

M0016/92A

République Algérienne Démocratique et Populaire

MINISTERE AUX UNIVERSITES

Ecole Nationale Polytechnique

THESE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

pour l'obtention du Diplôme de

MAGISTER EN GENIE INDUSTRIEL

*Mise en ligne du flux dans l'atelier Ferrures
du Centre Mécanique du Complexe de
Véhicules Industriels de Rouiba par la
simulation*

Par

Mme Yasmina KERBOUA épouse ZIARI

Ingénieur d'Etat en Electronique E.N.P

Présentée le 18 Avril 1992 devant le jury composé de :

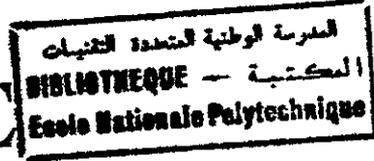
Mme O. BELMOKHTAR	Maître de Conférences	Président
Mr L. KERBACHE	Professeur à l'E.S.C.R	Rapporteur
Melle N. ABOUN	Chargé de Cours	Examineur
Mr A. OUABDESSLEM	"	"
Mr A. AISSANI	Maitre de Conférences	"
Mr S. OUDJIT	Directeur C.V.I	Invité

République Algérienne Démocratique et Populaire

MINISTÈRE AUX UNIVERSITÉS

Ecole Nationale Polytechnique

THESE



pour l'obtention du Diplôme de

MAGISTER EN GENIE INDUSTRIEL

*Mise en ligne du flux dans l'atelier Ferrures
du Centre Mécanique du Complexe de
Véhicules Industriels de Rouiba par la
simulation*

Par

Mme Yasmina KERBOUA épouse ZIARI

Ingénieur d'Etat en Electronique E.N.P

Présentée le 18 Avril 1992 devant le jury composé de :

Mme O. BELMOKHTAR	Maître de Conférences	Président
Mr L. KERBACHE	Professeur à l'E.S.C.R	Rapporteur
Melle N. ABOUN	Chargé de Cours	Examineur
Mr A. OUABDESSEM	"	"
Mr A. AISSANI	Maitre de Conférences	"
Mr S. OUDJIT	Directeur C.V.I	Invité

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

A TOUS CEUX QUI ME SONT CHERS.

MINISTERE AUX UNIVERSITES
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
Département de Génie Industriel

Résumé de thèse de Magister

Titre: OPTIMISATION DU FLUX DANS L'ATELIER FERRURES DU CENTRE MECANIQUE
DU COMPLEXE DE VEHICULES INDUSTRIELS DE ROUBA PAR LA SIMULATION

Par : Yasmina KERBOUA épouse ZIARI M A S à L'U S T H B

Directeur de thèse: Laoucine KERACHE ph.D, Professeur à l'Ecole

Supérieure de Commerce de Rennes

ملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو تحقيق تجربة تطبيقية لاستعمال تشابه في الميدان الصناعي المركب لصناعة للسيارات بروبيقة آختر لاتمام هذه التجربة، لقد قمنا باعداد نموذج تشابهي باستعمال برنامج آلي خاص بميدان التصنيع (MAP 1) وهذا للخروج باقتراحات لمسؤولي مركب صناعة السيارات لاعتماد تنظيم تجهيزات الانتاج بصدد تطوير فعالية وتقليص حركة ونقل شبكة المنتج.

Résumé:

Le but de cette thèse est d'effectuer une expérience pratique d'utilisation de la simulation dans un milieu industriel. Le (C.V.I) de Rouba a été choisi pour mener à terme cette expérience. Nous avons établi un modèle de simulation en utilisant un logiciel connu pour la simulation dans le domaine manufacturier (MAP1) et cela afin de proposer aux responsables du C V I des scénarios de réorganisation des moyens de production pour accroître l'efficacité de production et minimiser les manutentions et circulation des produits fabriqués.

Abstract:

The purpose of this work is to make a practical experiment-simulation use in the industry. A computer program for simulation in manufacturing (MAP1) was used establish our simulation model. To increase the efficiency of production and minimise the handling circulation of the products, we proposed different scenarios reorganising the production's ressources.

Ce travail a été effectué sous la direction de Monsieur L. KERBACHE professeur à l'école supérieure de Commerce de RENNES.

Je tiens à lui exprimer ici toute ma gratitude pour la confiance qu'il m'a accordée, pour m'avoir prodigué son savoir sans réserve. Ses encouragements et surtout sa patience m'ont été d'une grande aide, que ces lignes soient le témoignage de ma profonde gratitude.

Je remercie aussi Monsieur L.VILLENEUVE professeur à l'école polytechnique de MONTREAL, pour son aide efficace apporté à ce travail et ses précieux conseils, lors de mes stages à l'E.P.M et à l'université de SAINT-JEROME de Marseille.

Je remercie Madame O.BELMOKHTAR chargé de cours au département de GENIE INDUSTRIEL d'avoir accepté d'examiner ce travail et de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Ce travail n'aurait pu être mené à bien sans l'aide permanente de Mademoiselle N.ABOUN Chef de département du GENIE INDUSTRIEL, ses encouragements et son soutien m'ont été d'une grande aide. Je lui adresse mes sincères remerciements.

Messieurs A.OUABDESSELEM professeur à l'E.N.P et A.AISSANI professeur à l'université de BLIDA, ont accordé une attention particulière à ce travail et ont accepté de l'examiner et faire partie de ce jury. Je les en remercie vivement.

Monsieur H.DAMERDJI a accepté de juger ce travail je lui exprime ma vive reconnaissance.

J'adresse mes sincères remerciements à Monsieur OUDJIT du C.V.I pour avoir accepté notre invitation et à Monsieur HAMMAN du C.V.I (centre mécanique) pour son aide lors de la collecte des données.

Un grand merci à tous les ingénieurs du centre de calcul.

Sommaire

	Pages
Introduction.....	1
.....	2
Chapitre1: Problématique	
1-1: Introduction.....	3
1-2: Présentation de l'entreprise S N V I.....	3
1-2-1: Activité recherche et développement.....	4
1-2-2: Activité production.....	4
1-2-3: Activité import-export- distribution et maintenance.....	4
1-3: Présentation du C V I.....	5
1-3-1: Processus de production du C V I.....	5
1-3-2: Politique de production.....	6
1-4: Présentation du centre mécanique.....	7
1-5: Présentation de l'atelier Ferrures.....	9
1-5-1: Processus de fabrication.....	11
1-5-2: Problèmes rencontrés dans l'atelier.....	12
1-6: Définition du problème à traiter.....	13
1-7: Conclusion.....	14
Chapitre2: Méthodes de résolution des systèmes manufacturiers	
2-1: Introduction.....	15
2-1: Rappels	15
2-3: Méthodes de résolution des systèmes manufacturiers.....	23
2-3-1: Modèles mathématiques.....	23
2-3-1-1: Méthodes de décomposition.....	24
2-3-1-2: Méthodes d'aggrégation.....	25
2-3-1-3: Méthodes d'isolation.....	25
2-3-1-4: L'analyse par valeur moyenne.....	26
2-3-2: La simulation.....	26
2-3-2-1: Introduction.....	26
2-3-2-2: Le modèle.....	27
2-3-2-3: Les différentes visions univeerselles en simulation.....	28
2-3-2-4: Les domaines d'application de la simulation.....	29
2-3-2-5: Les avantages de la simulation.....	31
2-3-2-6: Les inconvénients de la simulation.....	32
2-3-2-7: Evolution des langages informatiques.....	33
2-4: Conclusion.....	36

Chapitre3: Présentation du logiciel de simulation MAP1

3-1: Introduction.....	37
3-2: Logiciel retenu.....	37
3-3: Description de MAP1.....	38
3-4: Etablissement des délais dans le modèle MAP1.....	39
3-5: Conceptualisation par MAP1.....	39
3-5-1: Les pièces.....	40
3-5-2: les postes de travail.....	41
3-5-3: Les transporteurs.....	42
3-5-4: Les opérateurs.....	42
3-5-5: Les portes-pièces.....	42
3-6: Les rapports de MAP1.....	42
3-6-1: Les rapports des entrées de MAP1.....	42
3-6-1-1: Le rapport de listage des entrées.....	43
3-6-1-2: Le rapport de rappel des entrées.....	44
3-6-1-3: Le rapport de l'espace mémoire occupé par le modèle.....	44
3-6-2: Les rapports d'exécution de MAP1.....	44
3-6-3: Les rapports de résultats de MAP1.....	45
3-6-3-1: Rapport de l'état actuel.....	45
3-6-3-2: Rapport de débit.....	45
3-6-3-3: Rapport de taux d'occupation.....	46
3-6-3-4: Rapport de temps supplémentaire.....	46
3-6-3-5: Rapport du temps d'arrêt.....	46
3-6-3-6: Rapport d'encours au poste de travail.....	46
3-6-3-7: Rapport de mesure des temps.....	46
3-7: Conception de l'expérience de simulation.....	47
3-8: Conclusion.....	49

Chapitre4: Collecte et organisation des données

4-1: Introduction.....	50
4-2: Modélisation de l'atelier.....	50
4-3: Collecte des données.....	51
4-4: Organisation des données.....	52
4-5: Regroupement des pièces.....	60
4-6: Analyse ABC.....	61
4-7: Conclusion.....	63

Chapitre 5: Conceptualisation du modèle de simulation

5-1: Introduction.....	64
5-2: Programme.....	64
5-3: Vérification du modèle.....	66
5-4: Régime permanent.....	66
5-5: Stabilité.....	69
5-6: Validation du modèle.....	71
5-6-1: Application à notre modèle.....	72
5-7: Conclusion.....	76

Chapitre 6: Execution du programme de simulation et analyse des résultats

6-1: Introduction.....	77
6-2: Analyse des résultats de la simulation du système actuel.....	77
6-3: Simulation de scénarios de fonctionnement et analyse des résultats.....	85
6-3-1: Variation de la charge de production.....	85
6-3-2: Réorganisation de l'atelier.....	89
6-3-2-1: Investissement en équipements.....	89
6-3-2-2: Rétablissement de la méthode d'ordonancement.....	90
6-3-2-3: Réexamen de la politique de maintenance.....	91
6-4: Conclusion.....	95

Conclusion et recommandations

1: Conclusion.....	96
2: Recommandations.....	97

Bibliographie.....	99
--------------------	----

ANNEXES.....	104
--------------	-----

INTRODUCTION

Le développement technologique a favorisé l'apparition de la production de masse puis la diversification des produits, ce qui a eu pour effet de complexifier les structures des entreprises. Les gestionnaires sont aujourd'hui confrontés à de nouveaux problèmes de gestion et ont de plus en plus recours à des techniques d'aide à la décision. La simulation constitue un de ces outils qui a vu le jour grâce à l'essor de l'informatique. Elle permet de représenter un système par un modèle, de l'analyser et de tirer des conclusions sur le comportement probable du système modélisé.

Dans les systèmes manufacturiers, la simulation par ordinateur permet d'étudier un système de production dans son ensemble ou en partie et d'évaluer l'effet de certaines modifications qu'on souhaiterait lui apporter.

Actuellement, en Algérie, la simulation est peu utilisée dans les entreprises de production.

Le but de cette thèse est d'effectuer une expérience pratique d'utilisation de la simulation dans un milieu industriel, domaine où cet outil a rendu d'énormes services aux décideurs des entreprises dans les pays occidentaux, notamment aux U S A Le Complexe de Vehicules Industriels (C V I) de Rouiba a été choisi pour mener à terme cette expérience pour plusieurs raisons dont les plus importantes sont:

- L'industrie mécanique est un domaine de choix pour l'utilisation de la simulation.
- La complexité de la production est hors de portée d'une analyse, théorique exacte, d'où le recours à l'outil de simulation.
- La volonté des responsables du C V I d'améliorer la gestion du complexe en utilisant les outils appropriés.

L'objectif est donc de proposer aux responsables du C V I des scénarios de réorganisation des moyens de production afin d'accroître l'efficacité de production et minimiser les manutentions et circulation des produits fabriqués.

Dans le premier chapitre de cette thèse nous présenterons brièvement l'Entreprise Nationale de Véhicules Industriels S N V I nous donnerons également une fiche technique du C V I. Nous y souleverons les problèmes rencontrés dans ce complexe et notamment au niveau de l'atelier "Ferrures" sur lequel portera essentiellement ce travail.

Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation des différentes méthodes récentes de résolution des systèmes manufacturiers.

Le troisième chapitre comportera la description de la méthode choisie pour ce travail ainsi que le logiciel utilisé.

La phase de la collecte des données et leur traitement pour la réalisation de la simulation fera l'objet du quatrième chapitre.

Dans le cinquième chapitre sera présenté le modèle de simulation développé ainsi que ses principaux composants.

Le sixième chapitre comportera les différentes étapes suivies pour l'exécution du programme de simulation et l'interprétation des résultats. La validité du modèle sera testée et différents scénarios seront réalisés pour évaluer la performance du système de production.

CHAPITRE 1: Problématique

1-1 Introduction

Dans cette partie nous présenterons brièvement l'Entreprise Nationale de Véhicules Industriels S N V I, ainsi que le Complexe de véhicules industriels de Rouiba C.V.I et l'atelier Ferrures sur lequel portera ce travail.

1-2 PRESENTATION DE L'ENTREPRISE S N V I

L'Entreprise Nationale de Vehicules Industriels dénommée S N V I est issue de la restructuration de la société nationale de construction mécanique (SONACOME), par décret présidentiel N°81-342 du 12 décembre 1981 et s'est vue chargée dans le cadre du plan national de développement économique et social

- de la recherche
- du développement
- de la production
- des importations
- des exportations
- de la distribution
- et de la maintenance

dans le secteur des véhicules industriels et de leurs composants tout en assurant les activités après vente.

1-2-1 Activité recherche et développement

Assurée par l'unité étude et recherche elle a pour missions:

- L'innovation, l'étude et le lancement de nouveaux produits
- L'accroissement de l'intégration nationale et la maîtrise des nouvelles technologies
- La dynamisation du secteur de la sous-traitance nationale.

1-2-2 Activité production

En 1987 la restructuration s'est poursuivie et a donné lieu, au sein de l'entreprise, à la création de cinq (05) unités opérationnelles de production:

- Carrosserie industrielle de TIARET
- Carrosserie industrielle de ROUIBA
- Fonderie de ROUIBA
- Carrosserie de HUSSEIN-DEY
- Complexe de véhicules industriels de ROUIBA

1-2-3 Activité import-export-distribution et maintenance

Elle est assurée par des réseaux primaires constitués de quatres (04) unités commerciales:

- Unité de ROUIBA pour la gamme S N V I
- Unité de TIZI-OUZOU pour la gamme RENAULT
- Unité ORAN pour la gamme HINO-TOYOTA
- Unité HAMIZ pour la gamme IVECO

1-3 Présentation du C V I

Le Complexe de Vehicules Industriels de ROUIBA fabrique neuf (09) types de produits (camions haute et basse gamme, autocars et autobus) dont la codification est donnée en annexe 1, tableau 1-1.

Le taux moyen global est de 58%, le programme de production porté sur 7800 véhicules par an avec 6700 agents.

1-3-1 Processus de production du C V I

La production de véhicules industriels qui s'apparente aux typologies de fabrication par lots, est un processus complexe à cause de l'importance et de la diversité des opérations le composant. Le C V I est organisé en un ensemble d'ateliers spécialisés où sont regroupées toutes les fonctions propres à une catégorie d'opérations. Le processus de production est schématisé par un certain nombre de fonctions choisies selon l'importance de leurs activités.

Ces fonctions représentent les différentes étapes de fabrication qui sont au nombre de cinq.

- La Forge

Pour la fabrication des essieux, barres de torsion et brut d'engrenage pour boîtes de vitesses, etc..

- L'Emboutissage

Pour la fabrication des longerons pour chassis, cabines et diverses pièces pour la tolerie

- La Mécanique

Usinage des pièces et montages des organes

- Le Montage Camions

Assemblage des organes pour le montage des camions

- Le Montage Autobus

Usinage, assemblage et montage des cars et bus.

Le C V I utilise deux (02) unités d'oeuvres: L'U A S' (unité allouée standard) qui est le temps nécessaire à un agent direct pour réaliser une opération (usinage-montage).

L'U T S (unité temps standard) qui est le temps nécessaire à une machine pour réaliser une opération sur une pièce. Ces deux unités sont exprimées en minutes pendulaires.

Le tableau 1-2 fournit, par fonction, les proportions moyennes en terme de durée d'activité U A S.

FONCTION	PROPORTIONS(%)
Mécanique	38.8
Emboutissage	12.2
Montage camion	13.6
Montage autobus	27.6
Forge	7.8
	100%

Tableau 1-2: Proportions d'U A S par fonction.

On remarque, d'après le tableau ci-dessus, que la fonction mécanique est la plus importante. En effet, elle représente 40% de l'activité U A S totale.

Par ailleurs, la fonction mécanique représente actuellement un goulot d'étranglement qui conditionne la capacité de fabrication du complexe particulièrement au niveau de l'atelier Ferrures situé dans le centre mécanique.

1-3-2 Politique de production du C V I

Le C V I travaille selon un programme annuel et doit respecter un carnet de commande. Il gère ses approvisionnements selon une politique à reconstituer périodique (périodes fixes de dix mois) et quantités variables.

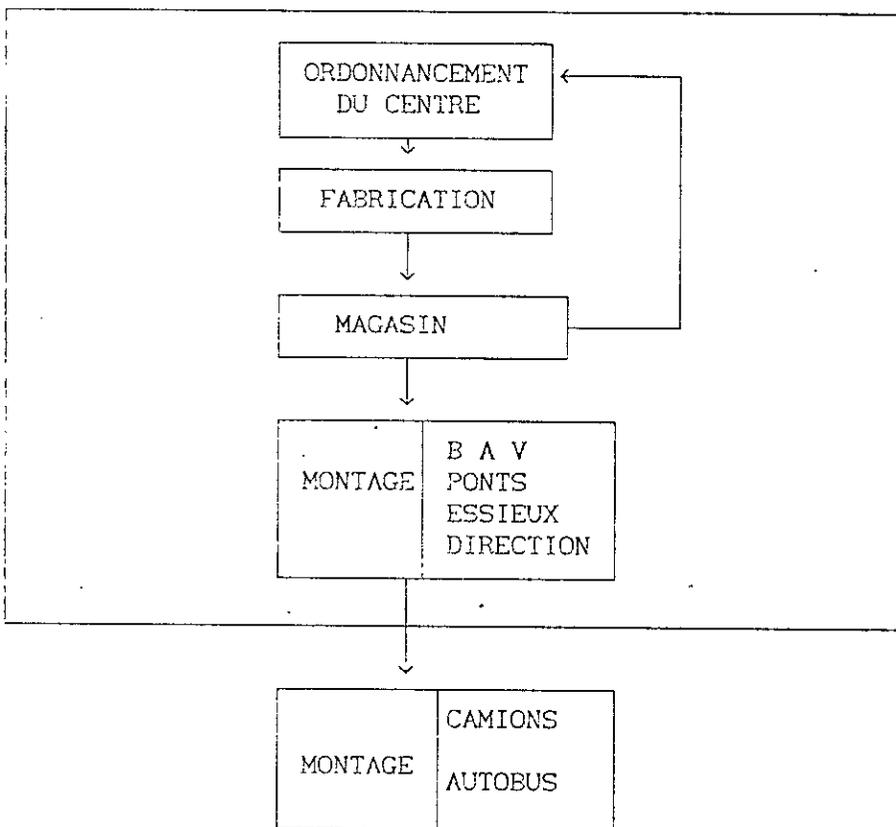
1-4 Présentation du centre mécanique

Le centre mécanique occupe une superficie de 40625 m², il comporte 23 ateliers pour 500 machines et un effectif de 562 ouvriers.

Ce qui est représenté par la figure 1-3-a.

La principale fonction de ce centre est l'usinage des pièces reçues de la fonderie et de la forge pour leur montage sur des organes tels-que chassis et boites à vitesses (B A V).

La fabrication d'un organe dans le centre mécanique se fait selon le synoptique suivant:



1-5 Présentation de l'atelier FERRURES

L'atelier ferrures se situe au centre du bâtiment mécanique du C.V.I et occupe une superficie de 1487m^2 (voir figure 1-3-b).

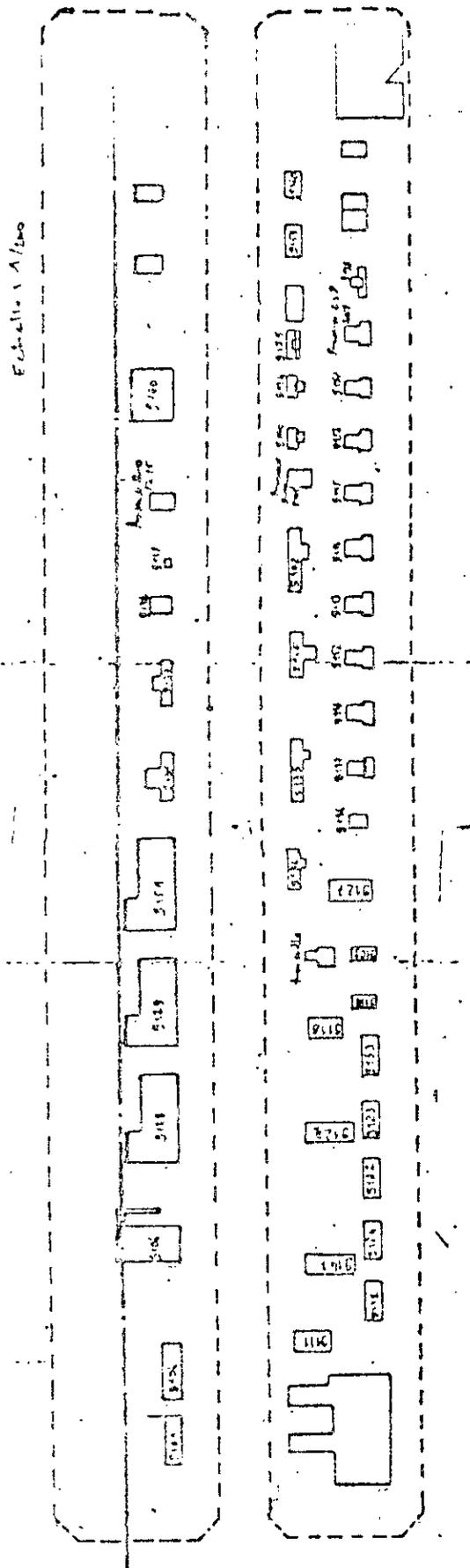


FIGURE 1-3-D: ATELIER FERRURES

Dans cet atelier des petites pièces sont usinées et sont destinées au montage sur des châssis. Ces pièces proviennent en majorité de la forge et de la fonderie. Le parc de l'atelier Ferrures se compose de quarante cinq machines et est partitionné en sous ateliers spécialisés par type de machines. Chaque machine est identifiée par un matricule composé de deux numéros (voir annexe 1 tableau 1-4):

- le premier numéro de matricule est composé de 4 chiffres
- le second, d'une lettre suivie de six chiffres et un code composé de cinq chiffres, dont les deux premiers désignent le genre de la machine.

1-5-1 Processus de fabrication

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

- Opération (usinage sur la machine)
- Attente
- Transport
- Contrôle

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

- toutes les opérations par lesquelles doit passer la pièce lors de sa fabrication
- le type de chaque opération (perçage, fraisage, etc..)
- La partie à usiner (désignée sur croquis de la pièce)
- la machine à utiliser pour cette opération

Sur demande du centre de montage, le service ordonnancement lance la fabrication des pièces commandées selon le schéma suivant:

1-Un lot de pièces est réceptionné sous forme de brut dans une caisse-palette.

3- Les dommages matériels: Ils sont de deux types

- Les machines sont endommagées suite à leur mauvaise utilisation par les ouvriers (ex: mauvais réglage des pas ou des vitesses de rotation des machines, non utilisation des circuits de refroidissement).

- les pièces sont endommagées à la suite de chûtes pendant les manoeuvres.

Ces dommages provoquent une détérioration de la qualité des pièces et par conséquent, il faut soit:

- retoucher ces pièces, d'où une immobilisation des machines
- déclarer ces pièces comme rebuts si elles sont irrécupérables.

4- Espace de stockage: L'atelier Ferrures souffre d'un problème d'insuffisance d'espace de stockage amplifié par la présence de stocks importants d'encours.

1-6 Définition du problème à traiter

Dans le cadre de ce travail, nous essayerons de répondre aux problèmes qui conditionnent la capacité de fabrication du complexe, particulièrement au niveau de la fonction mécanique qui représente actuellement un goulot d'étranglement et ce, en réamenageant d'une part l'implantation des machines et d'autres part, en examinant le flux des pièces à usiner.

L'analyse se fera à l'aide d'un progiciel de simulation approprié à savoir MAP1, après une modélisation de l'atelier sous forme d'un réseau à files d'attente.

A partir des résultats de la simulation, nous proposerons différentes implantations possibles des équipements au niveau de l'atelier et nous évaluerons les gains de productivité attendus.

1-7 Conclusion

L'atelier Ferrures, un des plus importants goulets d'étranglement du complexe de véhicules industriels de Rouiba, constituera l'objet de notre travail.

Afin d'apporter des solutions à cet épineux problème, nous ferons une analyse à l'aide de la simulation.

Celle-ci permet d'une part d'identifier les dysfonctionnements des topologies existantes au niveau de l'atelier, et d'autre part, elle permet de proposer des topologies nouvelles et d'en évaluer leur impact sur la production. La simulation par le langage MAP1 nécessite cependant une modélisation de l'atelier sous forme d'un réseau à files d'attente. Les résultats obtenus seront, bien sûr, vérifiés à l'aide des bornes théoriques.

CHAPITRE 2: Méthodes de résolution des systèmes manufacturiers

2-1 Introduction

Dans ce chapitre nous rappellerons les différentes méthodes récentes de résolutions des systèmes manufacturiers et nous présenterons la méthode adoptée pour notre travail. Au préalable, nous énoncerons quelques définitions de base afin de faciliter la compréhension des thèmes développés.

2-2-Rappels [33]

a) Notion de système

Un système est un ensemble d'objets (appelés éléments, composants ou entités) liés entre eux et qui sont en interaction ou interdépendance dans le but d'accomplir le même objectif.

Exemple: Un système de production d'automobiles, machines, pièces et ouvriers opèrent conjointement sur une ligne d'assemblage dans le but de produire un véhicule de haute qualité.

Parce que un système est souvent affecté par les changements qui viennent de l'extérieur, il faut bien définir la frontière (limite) entre le système et son environnement.

On peut représenter schématiquement un système comme suit (voir figure 2-1).

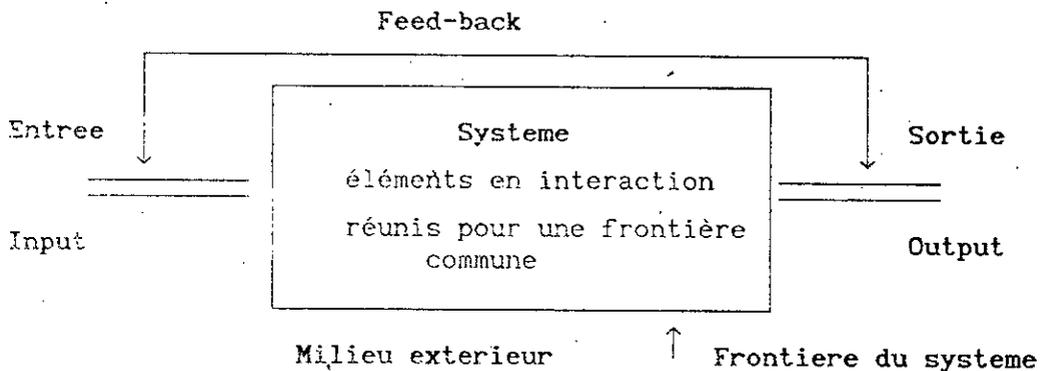


Figure 2-1: Notion de Système

b) Composantes d'un système: événement, activité, processus

Pendant tout intervalle de temps où l'état d'un objet du système ne change pas (ses attributs ne changent pas de valeur) on dit que cette entité est engagée dans une activité

Dès que l'état de cette entité change, on dit qu'un événement a eu lieu. Cet événement est donc un changement de l'état d'une entité: il initialise donc une activité qui n'était pas en cours auparavant.

Ainsi, nous pouvons affirmer que dans le temps, l'entité subit une suite d'activités, le passage d'une activité à l'autre étant induit par l'occurrence d'un événement. Pour chaque type d'entité, la succession des activités dans lesquelles elle s'engage est appelée processus.

Ceci est décrit par le schéma suivant: (figure 2-2)

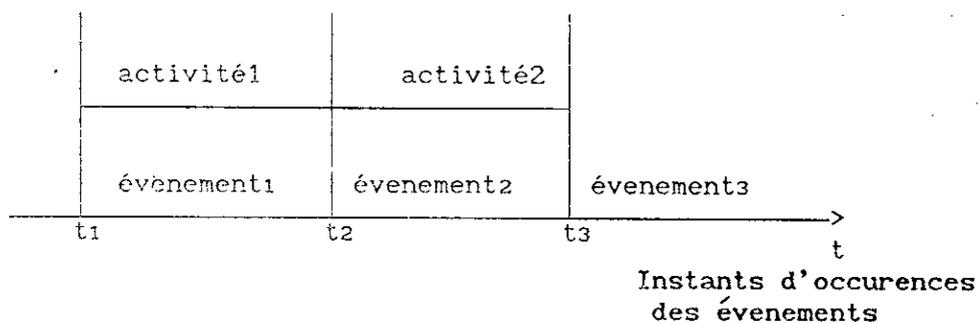


Figure 2-2: Composantes d'un système

c) Description d'un système d'attente

Un système d'attente est défini par:

- des clients qui arrivent pour un certain service
- des clients en attente de service
- des départs après service

ce qui est schématisé par la figure 2-3

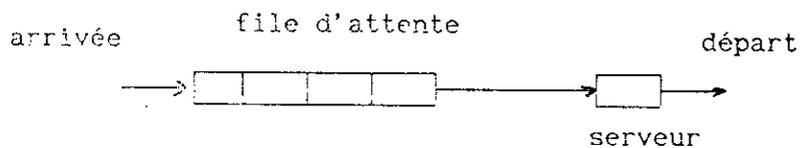


fig2-3: système d'attente

- Caractéristiques d'un système d'attente

Un système d'attente est défini par:

- le processus d'arrivée
- le processus de service
- la discipline de service
- la capacité du système
- le nombre de stations ou serveurs
- le nombre d'étapes de services

- Processus d'arrivée

Le processus d'arrivée peut être déterministe ou aléatoire.

- i) Déterministe: Il est décrit par un intervalle de temps constant entre les arrivées. Les arrivées sont donc programmées et le processus est connu.

ii) Aléatoire: Il est défini par le taux moyen, entre les arrivées ou le nombre moyen d'arrivées par unité de temps. Ce processus est décrit par des distributions de probabilités.

- Processus de service

Il est décrit par un taux représentant le nombre de clients servis par unité de temps. (ou le temps moyen nécessaire pour servir un client).

Le temps de service peut être déterministe ou aléatoire, et peut dépendre du nombre de clients en attente de service.

- Discipline d'attente

Les principales disciplines de service utilisées sont les suivantes:

- FIFO: premier arrivé premier servi
- LIFO: dernier arrivé premier servi
- SIRO: sélection dans un ordre aléatoire
- Temps partagé

- Capacité du système

Généralement, la taille du système est supposée infinie. Cependant dans beaucoup de systèmes, il n'y a pas assez d'espace et donc les files d'attentes sont limitées. En d'autres termes la capacité du système est finie.

- Nombre de stations

C'est le nombre de serveurs ou de guichets en parallèle qui peuvent servir simultanément

- Nombres d'étapes de service

Parfois pour réaliser un service il faut passer par plusieurs opérations et chacune a sa propre distribution de service. Ainsi le temps de service est dit par étapes.

- Notation de KENDALL[31]

La notation de KENDALL est la suivante:

$$A/B/C/K/m/Z$$

Elle précise les six facteurs qui définissent une station de service à savoir:

- A: Processus d'arrivée
- B: Processus de service
- C: Nombre de serveurs
- K: Capacité maximale de la file d'attente
- m: Population des usagers
- Z: Discipline de service

Dans la description des processus d'arrivée ou de service, les symboles suivants sont utilisés:

- GI: loi générale indépendante
- G : loi générale
- Hk: loi hyperexponentielle d'ordre k
- Ek: loi Erlang d'ordre k
- M: loi exponentielle (service) et loi Poisson(arrivées)
- D: loi constante

(voir annexe 2-1 pour la définition de ces lois)

Exemple de file d'attente simple

On note par $M/M/1$ la file d'attente simple définie par des arrivées suivant la loi de poisson et un service exponentiel, avec un seul serveur et une capacité infinie.

Les mesures de performance d'une station de service sont:

- ρ : taux d'utilisation
- P_n : probabilité qu'il y ait n clients dans le système
- L : nombre de clients dans le système
- L_q : nombre de clients en attente devant une station
- W : le temps d'attente dans le système
- W_q : le temps d'attente devant une station

c) Réseaux à files d'attente R.A.F [5,29]

Il ya deux types de réseaux à files d'attente:

- Les réseaux ouverts
- Les réseaux fermés

-réseau ouvert: C'est un système dans lequel les files d'attente sont interconnectées de manière quelconque. Les clients arrivent de l'extérieur du réseau suivant un processus décrit par des paramètres λ ; Le réseau comporte plusieurs stations(ex:N), chacune pouvant avoir une ou plusieurs files d'attente. Les clients arrivant de l'extérieur circulent dans le réseau suivant des probabilités pré-établies et quittent le système une fois servis (figure2-2).

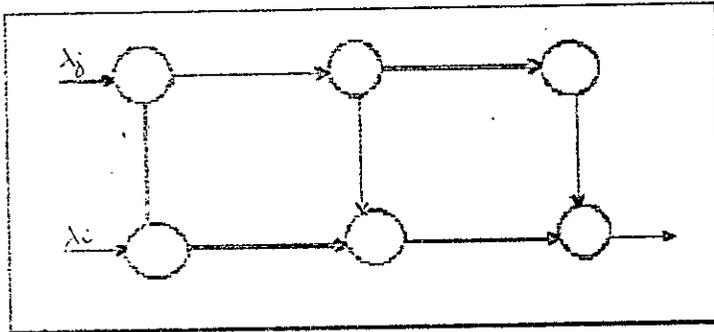


Figure 2-2 Réseau ouvert

Réseau fermé C'est un système à plusieurs stations et un nombre constant de clients (ex:K)circulant entre les différentes stations de service. Dans ce réseau, il n'y a ni arrivée ni départ vers l'extérieur (Figure 2-3).

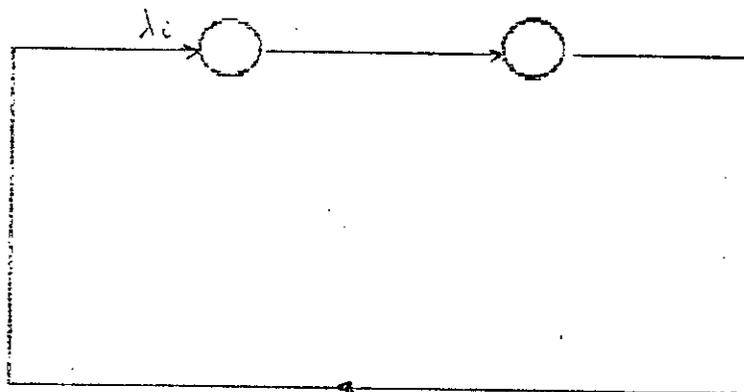


Figure 2-3 Réseau fermé

Les réseaux à files d'attentes les plus connus sont les réseaux de Jackson, ils sont à capacité infinie avec des temps de services exponentiels et des lois d'arrivées Poissonniennes.

Parmi ces réseaux, le plus utilisé est sans doute le modèle d'ERLANG

- Modèles d'ERLANG[31]

Le modèle d'ERLANG repose sur des hypothèses assez peu restrictives, ce qui lui assure un vaste domaine d'application. son étude a été suffisamment poussée pour permettre d'établir des formules mathématiques qui permettent de déterminer parfaitement les caractéristiques d'un phénomène d'attente.

Le modèle d'ERLANG repose sur les 5 hypothèses ci-après:

H1: Les arrivées se font selon un processus de Poisson de taux λ (λ clients arrivent, en moyenne, par unité de temps)

H2: Les durées de service obéissent à une loi exponentielle de taux μ (μ clients en moyenne sont servis par unité de temps)

H3: Il y a une seule file d'attente commune aux stations ou, ce qui est équivalent, s'il y a plusieurs files, les clients changent de file de manière à se trouver toujours dans la file la plus courte.

H4: Il n'y a pas de priorités entre les clients. Les stations ont la même loi de temps de service et il n'y a pas de préférence de la part des clients. Ils se présentent toujours devant la station qui se libère.

H5: La longueur de file d'attente n'est pas limitée.

2-3 Méthodes de résolution des systèmes manufacturiers

Les méthodes de résolution des systèmes manufacturiers sont souvent bien adaptées à l'étude des performances des systèmes Kobayashi[24], Reiser[34], Halachimi[15], Gelembe[12]. et Newell[29] En effet, les performances d'un système dépendent directement de ses ressources matérielles et humaines, de l'organisation et de la gestion de ces ressources.

En raison de la complexité croissante de ces systèmes, il est de plus en plus difficile de prévoir leur comportement et leurs performances sans faire appel aux modèles de simulation ou aux modèles analytiques.

Ces derniers sont utilisés quand les problèmes analysés peuvent être entièrement formulés sous forme de modèles mathématiques. Quand à la simulation, elle est souvent utilisée pour des systèmes complexes que l'on ne peut pas résoudre par des approches analytiques.

1-3-1-Modèles mathématiques

Ces modèles sont principalement basés sur la théorie des files d'attente. Les premières études sur une file d'attente simple avec un seul serveur datent de ce siècle avec les travaux d'ERLANG. Cependant il a fallu attendre les années trente pour voir apparaître les premiers résultats concrets sur les files d'attentes, avec KHINCHIN[22].

En raison de la complexité croissante des systèmes de nos jours, il est devenu de plus en plus difficile de prévoir leur comportement et leurs performances sans faire appel à l'utilisation des réseaux à files d'attente (R A F) plutôt qu'à celle des files d'attentes simples.

Vers les années soixante, les réseaux de JACKSON[17] ont été utilisés pour la modélisation de systèmes complexes. Ils ont été les plus utilisés entre les années 1963 et 1975, et ce en raison de leur très grande simplicité d'emploi.

De plus, la distribution exponentielle a une propriété particulièrement intéressante. Il s'agit de sa propriété markovienne.

L'introduction de la modélisation des systèmes informatiques vers les années 1970, a relancé la recherche de solutions simples pour ces réseaux. C'est ainsi que sont nés les réseaux de Baskett, Chandy, Muntz et Palacios ou réseaux BCMP[3].

L'avantage essentiel de la théorie BCMP par rapport aux réseaux de Jackson est l'existence de différentes classes de clients et de nouvelles disciplines de service autre que FIFO.

Il est à noter que les seuls réseaux de files d'attentes dont on connaît actuellement la solution sous forme explicite sont les réseaux de Jackson et les réseaux BCMP. Si on veut étudier de très grands réseaux avec plusieurs centaines de files d'attentes l'analyse pose des problèmes et peut même se révéler impossible. Pour cela des méthodes d'approximation ont été développées permettant d'analyser et d'approcher les solutions. On peut distinguer quatre approches :

- Les méthodes de décomposition
- Les méthodes d'aggrégation
- Les méthodes d'isolation
- L'analyse par valeur moyenne

2-3-1-1 Méthodes de décomposition

Développées par Kuehn[23], Whitt[43], Buzacott[5] et Smith[38] ces méthodes consistent à étudier le réseau par sa décomposition station par station.

Les distributions des temps de service et des intervalles de temps entre deux arrivées successives sont caractérisées par leur taux et le carré de leur coefficient de variation (le coefficient de variation au carré est égal à la variance sur l'espérance mathématique au carré). Elles ont été aussi utilisées par Willier[16] et Altiook[1].

2-3-1-2 Méthodes d'aggregation

Le principe de ces méthodes est de former, avec les variables d'état d'un système complexe, des groupes de solutions tels que:

- les interactions des variables à l'intérieur d'un groupe puissent être étudiées comme si les interactions avec l'extérieur n'existent pas.
- les interactions des groupes puissent être étudiées sans qu'il soit nécessaire de considérer les interactions entre les variables à l'intérieur de chaque groupe.

Les systèmes satisfaisant aux conditions nécessaires pour que la technique d'aggrégation fournisse des résultats exacts sont dits systèmes complètement décomposables .

Ces méthodes sont utilisées dans le cas de réseaux ouverts et ont été analysées en détail notamment par Courtois et Chandy[7].

2-3-1-3 Les méthodes d'isolation

Elles consistent à subdiviser le système global en L sous-systèmes et à les étudier séparément en tenant compte des paramètres d'interaction avec l'extérieur et entre les sous systèmes. La résolution explicite est effectuée ensuite sur l'ensemble du système.

Ces méthodes ont fait l'objet de plusieurs travaux réalisés par Labetoulle[25], Kuehn[23], Gelembe[12], Pujolle[31], Caseau[6] Takahashi[39], Kerbache[19] et Fredericks[11].

2-3-1-4 L'analyse par valeur moyenne

Elle s'applique aux types de réseaux ouverts ou fermés. Elle a pour but d'étudier les valeurs moyennes comme celles du temps de réponse et du nombre de clients dans une file.

Reiser et Kobayashi[33] ont démontré que le nombre moyen de clients à l'entrée dans une file est égal à leur nombre moyen à l'état stationnaire.. Il existe d'autres méthodes approximatives hybrides telles que la méthode d'expansion générale développée par Kerbache[20] Cette méthode est basée sur la méthode de décomposition mais avec la modélisation des clients en attente par des noeuds fictifs ce qui permet l'expansion du réseau. Les réseaux de Jackson peuvent ensuite être utilisés pour analyser le réseau résultant.

2-3-2 La simulation[10,2]

2-3-2-1 Introduction

La simulation est à la base, une activité de modélisation et un moyen de représentation d'un phénomène ou d'un système quelconque, souvent de façon schématique ou abrégée. C'est donc un raccourci que l'on emprunte lorsqu'on veut décrire et étudier un système.

On peut aussi le représenter soit par un modèle physique soit par une abstraction mathématique comportant une série de relations et d'équations logiques. Un modèle de simulation est caractérisé par un comportement dynamique susceptible de changer dans le temps.

2-3-2-2 Le modèle[33]

Un modèle est défini comme une représentation d'un système dans le but d'étudier le système en question. Un modèle est une substitution mais aussi une simplification toutefois, le modèle doit contenir assez de détails pour tirer des conclusions valables sur le système réel. La figure 2-4 montre bien le lien qui relie le phénomène réel avec le système modélisé et la simulation.

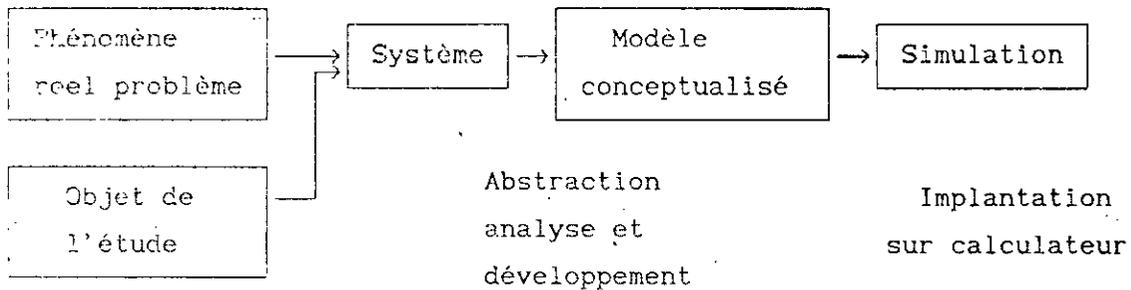


Figure 2-4 Lien entre le phénomène réel le système modélisé et la simulation

- Différents types de modèles

Nous pouvons résumer trois grands types de modèles:

- Les modèles iconiques ou physiques
- Les modèles mathématiques ou abstraits
- Les modèles visuels ou graphiques

a) Les modèles iconiques

Ces modèles englobent les maquettes, modèles réduits et objets à l'échelle. Ce sont des répliques miniaturisées du système.

Exemple: maquette d'un atelier de production

b) Les modèles abstraits

Le système est traduit en équations mathématiques et relations logiques. Ces modèles sont généralement transcrits en langage informatique pour être exploités par un ordinateur.

Exemple: modèle d'ateliers.

c) Les modèles visuels:

Le système est représenté schématiquement par un diagramme, une courbe ou un réseau.

Exemple: réseau de transport

2-3-2-3 Les différentes visions universelles en simulation

Les différents types de simulation sont classés selon trois types:

- Simulation statique/dynamique
- Simulation déterministe/stochastique
- Simulation en discret/en continu

d-Simulation statique et dynamique:

Dans ce cas la simulation peut être considérée comme étant un portrait à la fois statique et dynamique du système objet de l'étude. Il arrive dans certains cas que l'évolution du système soit totalement indépendante du temps et que seul l'aspect statique de la simulation persiste.

Exemple: le calcul d'une intégrale par simulation

e- Simulation déterministe et stochastique:

Un modèle de simulation est dit déterministe s'il ne contient aucune variable aléatoire.

Exemple: arrivée des patients selon l'horaire des rendez-vous à l'opposé, si au moins l'une de ces variables est aléatoire le modèle de simulation est dit aléatoire ou stochastique.

g- Simulation en discret et en continu:

- Simulation en discret . . .

D'une manière générale, le temps est la variable indépendante et les autres variables sont dépendantes du temps.

Dans ce cas, les valeurs des variables d'état varient à des instants bien déterminées qui sont les instants d'occurrence des événements. On dit que le système évolue de manière discrète.

- Simulation en continu

Dans ce cas, les variables d'état changent instantanément au cours de la simulation. On dit que le système évolue continûment.

Un exemple de système évoluant continûment serait l'évolution d'un procédé chimique.

2-3-2-4 Les domaines d'application de la simulation

Au niveau des systèmes de production, la simulation sera utile par exemple pour étudier:

- La politique d'investissement
- L'aménagement et la manutention
- Les inventaires
- Le contrôle
- L'ordonnancement des opérations
- La maintenance
- etc

La simulation a déjà été utilisée avec succès dans de nombreuses situations. Quelques exemples de plus ou moins grandes envergures sont cités ci-dessous:

- Simulation de vols et de conditions d'apesanteur à la NASA;
- Simulation des effets limites à la croissance sur la planète par le club de Rome;
- Simulation du trafic pour étudier différents systèmes de route ou de flux de contrôle;
- Simulation d'ateliers (job shops) pour analyser le rendement de différents procédés d'ordonnement;
- Simulation des inventaires (niveaux, coûts,...)
- Simulation du trafic aérien
- etc

Selon R-E Shanon[37] les objectifs communs qui ont motivé les études par simulation dans le passé sont résumés dans le tableau ci-dessous:

Sujet	objectifs de la simulation
Evolution	déterminer les performances du design de systèmes proposés quant ils sont évalués sous des critères bien spécifiques
Comparaison	comparer différentes politiques d'opération sous certaines conditions
Prédiction	estimer les performances du système sous certaines conditions
analyse de sensibilité	déterminer lesquels des facteurs sont les plus significatifs dans l'affectation des performances d'un système
optimisation	déterminer quelle combinaison de variables donne la meilleure réponse d'un système
relations fonctionnelles	établir la nature des relations entre les variables et la réponse du système.

Tableau 2-1: Objectifs de la simulation

Cette liste n'est pas exhaustive mais elle suggère la grande utilité de la simulation d'un grand nombre de problèmes réels et de grande importance.

2-3-2-5 Les avantages de la simulation

Selon R-E Shanon[37], les avantages de la simulation sont:

- L'utilisation pour explorer de nouvelles politiques des procédures d'opérations des règles de décision, des des structures organisationnelles, des flux d'information etc..., sans perturber les opérations en cours.
- La détermination des variables les plus importantes de la performance du système ainsi que l'interaction de ces variables.
- L'identification des goulots d'étranglement dans les ateliers, l'information et le flux de produits.
- L'expérimentation de nouvelles situations pour lesquelles on a des connaissances limitées.

La force de la simulation réside dans le fait qu'elle permette d'explorer des questions du type "what-if?" telles-que:

- peut-on ajouter de nouveaux produits ? si oui combien?
- peut-on modifier le nombre d'équipements de main-d'oeuvre?
si oui, combien et quels en sont les effets?
- quel est l'effet de l'introduction de nouveaux procédés?
- etc..

2-3-2-6 Les inconvénients de la simulation

- La simulation coûte chère à cause des dépenses nécessaires lors de la construction et la validation du modèle.
- Les résultats obtenus sont approximatifs et peuvent être loin de la réalité à cause des simplifications introduites dans le modèle.

2-3-2-7 Evolution des langages informatiques[36,13]

A ce jour, les langages informatiques ont évolué à travers cinq générations:

1- Première génération

La première génération est celle des langages-machine où les instructions sont écrites en code binaire. Ecrire un programme en langage machine est pratiquement impossible pour la simulation.

2- Deuxième génération

La deuxième génération est celle des langages-assembleurs qui utilisent un ensemble de symboles mnémoniques correspondant à des fonctions machines, lesquels sont traduits par l'ordinateur à l'aide d'un programme assembleur, en un langage machine.

Bien que l'apparition de cette génération ait permis de réduire le temps de programmation ainsi que les possibilités d'erreurs de programmation, elle reste cependant insuffisante pour être utilisée par la simulation.

3- Troisième génération

La troisième génération est celle des langages à orientation générale comme Fortran, Apl, Basic, Cobol, C, Pascal, Ada etc., qui sont conçus pour solutionner un vaste ensemble de problèmes.

Ces langages peuvent être utilisés en simulation, ils sont généralement connus par les analystes et leur compilateur est disponible, mais le temps de programmation est long. Ce qui constitue un inconvénient hors de l'utilisation par la simulation.

4- Quatrième génération

Cette génération comporte les langages conçus à partir des langages de la troisième génération, spécialement pour la simulation. Ils doivent répondre aux critères suivants:

- diminuer le temps de programmation
- aider à conceptualiser
- offrir une certaine flexibilité vis-à-vis des changements dans le modèle
- ajouter le nombre d'entités à mesure que les conditions évoluent dans le système simulé.

Parmi les langages spécialisés on peut citer GPSS, SIMSCRIPT, QGERT, SLAMII, MAP1, GASP, etc....

5- Cinquième génération:

Les langages de la cinquième génération ont des caractéristiques qui les différencient de ceux de la quatrième, notamment le fait de permettre l'utilisation des commandes de langage naturel ce qui les rend facile à apprendre et à entretenir. Ils sont portables d'un ordinateur à un autre et utilisent la mémoire virtuelle pour accélérer l'exécution.

Les langages de la cinquième génération devraient intégrer d'une part, les outils développés dans la quatrième génération et d'autre part les connaissances des experts en programmation et ceux des experts en simulation.

L'impact des logiciels de la cinquième génération est schématisé dans la figure 2-5

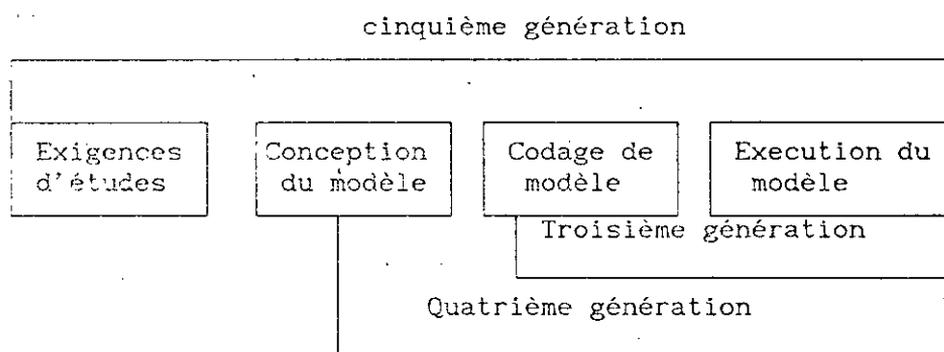


Figure 2-5 Rôle des langages de programmation

Les langages de la troisième génération ont facilité le codage et l'exécution des modèles de simulation. Le développement de la quatrième génération par contre a apporté de considérables progrès dans la programmation et dans la conception de la phase de modélisation.

Les langages de la cinquième génération tels que définis, n'existent pas encore, mais il est apparent que la phase de transition de la quatrième vers la cinquième génération a déjà commencé. L'utilisation accrue de modèles interactifs, l'animation graphique, la séparation de la modélisation, de l'expérimentation et de l'analyse des résultats, l'incorporation de plus en plus d'analyses statistiques dans les langages, etc..., constituent des pas en avant vers la réalisation du langage de la cinquième génération.

2-4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons exposé les méthodes analytiques de résolution des systèmes manufacturiers et la simulation. Etant donné les limites des méthodes analytiques et les possibilités que peut procurer la simulation dans le domaine manufacturier et la complexité du cas à étudier (voir chapitre 1), la simulation a été préconisée comme la meilleure technique pour la réalisation de ce travail.

CHAPITRE 3: Présentation du logiciel de simulation MAP1

3-1 Introduction

Ce chapitre sera entièrement consacré au logiciel de simulation que nous avons retenu pour le présent travail. En effet après avoir justifié notre choix, nous présenterons ses principales fonctions ainsi que les techniques de modélisation.

3-2 logiciel retenu

Pour le choix du logiciel de simulation approprié, nous nous sommes basés sur les critères suggérés par Law et Kelton[27] et qui sont:

- 1) La disponibilité du logiciel.
- 2) Le coût d'installation et de l'entretien du logiciel.
- 3) Le nombre d'études de simulation susceptibles d'être menées à l'aide du logiciel.
- 4) Le type de systèmes à simuler.
- 5) La qualité de la documentation disponible concernant le langage.
- 6) L'efficacité-temps du langage
- 7) La flexibilité et la puissance du langage
- 8) La facilité de compréhension du modèle pour les personnes tierces.

Il est à mentionner que les critères de la liste ci-dessus ne peuvent être que relatifs et qu'une décision éclairée quant à l'utilisation d'un logiciel plutôt qu'un autre devra être prise en fonction de l'ensemble de ces critères en les pondérant selon les objectifs de l'entreprise concernée.

Pour notre travail, le logiciel MAP1 de Pritsker et Associates (1982), a été choisi. C'est un logiciel de simulation spécialisé développé en Fortran (quatrième génération), ce choix est motivé par les objectifs et les exigences du projet et les critères déjà mentionnés.

3-3 Description de MAP1 [31,42]

Le programme de modélisation et d'analyse MAP1 est un programme d'ordinateur écrit dans le langage "ANSI STANDARD 66FORTRAN". Il reçoit les énoncés d'entrées qui définissent la structure et le fonctionnement d'un système de fabrication par lots. Il simule donc les opérations du modèle dans le temps, et produit des rapports des mesures de performance du système. Les entrées pour le logiciel AP1 doivent être formulées dans une des deux formes possibles. Les énoncés d'entrées qui décrivent chacune des composantes d'un système de fabrication par lots peuvent être créés en utilisant l'éditeur de texte de n'importe quel ordinateur.

Un système interactif d'entrée (I I S) est aussi disponible aux sites VAX/VMS pour construire des modèles MAP1.

Il y a un ou plusieurs types d'énoncés d'entrée qui peuvent être utilisés pour décrire chacun des composants du système de fabrication par lots. Chaque énoncé d'entrée est constitué de champs et chacun des champs contient des informations spécifiques. Chaque caractéristique d'un composant d'un système de fabrication par lots est décrite dans un champ des énoncés d'entrée de MAP1.

Les énoncés d'entrée de MAP1 se présentent sous la forme suivante :

Mot-clé, champ1, champ2, ... champn;

Le mot-clé identifie le type d'énoncé d'entrée et chacun des champs, de champ1 au champn, est une description d'un composant. Seulement les quatre premiers caractères des champs du mot-clé sont nécessaires. Chaque champ se termine par une virgule et chaque énoncé d'entrée complet par un point virgule.

3-4 Établissement des délais dans le modèle MAP1

Dans un modèle de fabrication par lots, les situations durant lesquelles le temps s'écoule sont appelées activités.

Les activités qui sont représentées par le modèle MAP1 se déroulent dans les postes de service et les postes de mise en route, pendant le transport, le convoyage, les réparations, et les réponses des transporteurs.

La longueur de la période de temps qui s'écoule pendant une activité est appelée dure de l'activité. Il y a deux manières d'établir les durées d'activités pour MAP1.

- La première est d'indiquer qu'une activité a toujours la même durée à chaque fois qu'elle se déroule; à ce moment là la durée de l'activité est constante.

- La durée des activités peut également être une variable aléatoire qui peut être définie soit par une distribution statistique connue, soit par une fonction de masse de probabilité définie par l'utilisateur (voir annexe 3-1).

3-5 Conceptualisation par MAP1

Les informations nécessaires pour représenter les composantes d'un système de fabrication par lots dans un modèle MAP1 sont :

- Les pièces
- Les postes de travail
- Les transporteurs
- Les opérateurs
- Les portes-pièces

3-5-1 Les pièces

a) énoncé d'entrée

Avec MAP1 les pièces sont des items qui sont usinées aux postes et transportées entre les postes par le matériel de manutention.

L'écoulement des pièces à travers le système, de postes en postes, suit un cheminement prédéterminé.

Toutes les pièces du même type suivent le même trajet. Chaque énoncé d'entrée pour une pièce débute avec le mot-clé "pièce" (part) suivi par les six champs de données:

- Type de la pièce
- Type de priorité de la pièce
- La cadence d'arrivée (temps d'arrivée entre les pièces)
- L'instant d'arrivée de la première pièce
- La taille du lot
- Le temps de passage prévu

b) Cheminement des pièces

Dans un système de fabrication par lots, les pièces suivent une séquence d'opérations à travers différents postes de travail.

Chaque type de pièce possède son propre cheminement en fonction de sa gamme de fabrication. Pour définir le cheminement d'un type de pièce, il faut identifier ses opérations, et de là établir les postes de travail où s'effectueront ces opérations.

Le cheminement pour chaque type de pièce dans MAP1 est donc composé de plusieurs petits segments. Chaque segment est défini par un énoncé d'entrée qui commence par le mot-clé (ROUTE).

Route,postei,,T,,postej;

- Temps nécessaire pour accomplir une opération
- Index du poste d'origine
- Index du prochain poste.

Souvent une pièce doit retourner à un poste par lequel elle est déjà passée et l'énoncé devient :

Route, poste*i*/i', .T., poste*j*;

- index de l'opération

3-5-2 Les postes de travail

Chaque énoncé d'entrée pour un poste de travail commence par le mot clé STATION (poste de travail), et se poursuit avec les champs qui contiennent les enregistrements se rapportent au:

- nom du poste
- taille du poste
- espace d'entreposage précédant le poste
- espace d'entreposage suivant le poste
- nom du type de l'équipement de manutention
- taille des lots à transporter
- règles d'excès
- indicateur des périodes de travail
- mode d'opération

3-5-3 Les transporteurs

Ce sont les matériels de manutention. Il existe deux types de transporteurs: ceux qui peuvent être automatisés ou contrôlés par ordinateur comme les robots et ceux contrôlés manuellement comme les treuils, les chariots-élévateurs, les camions des gerbeuses ou les chariots.

3-3-4 Les opérateurs

Dans les systèmes de fabrication par lots, les opérateurs sont nécessaires pour opérer les machines et les transporteurs.

3-3-5 Les portes-pièces

Un porte-pièce peut être défini comme étant toute pièce d'équipement qui est requise pour qu'une pièce ou un groupe de pièces soient traitées à des postes de travail. Cela peut être une caisse-palette, un ensemble d'outils ou toute autre ressource qui est nécessaire pour que des pièces puissent être traitées à un poste de travail ou transportées.

3-4 Les rapports de MAP1

Le but de l'exécution d'un modèle MAP1 est de générer de l'information au sujet des performances du modèle. Il y a trois types de rapports MAP1:

- Les rapports des entrées
- Les rapports d'exécution
- Les rapports de résultats

3-6-1 Les rapports des entrées de MAP1

Les rapports des entrées sont imprimés durant et immédiatement après l'entrée des entrées, avant que l'exécution du modèle ne commence. Ils fournissent de l'information sur la traduction des entrées brutes en une forme exécutable du modèle, en incluant des messages d'erreurs pour indiquer les erreurs de syntaxe.

Il y a trois types de rapports des entrées imprimés par MAP1:

- Le rapport de listage des entrées
- Le rapport de rappel des entrées
- Le rapport d'espace occupé par le modèle

3-6-1-1- Le rapport de listage des entrées (Input listing report)

Le rapport de listage des entrées montre chaque énoncé d'entrée de MAPI en premier avec tous les messages d'erreurs détectées par le logiciel, avant l'exécution du modèle.

Chaque message d'erreur sera imprimé directement après l'énoncé d'entrée dans lequel l'erreur a été trouvée et les valeurs incorrectes pour des champs particuliers seront identifiées.

3-6-1-2- Le rapport de rappel des entrées (Echo report)

Le rapport MAPI de rappel des entrées procure un sommaire reformaté du système tel que défini par les énoncés d'entrées. Le but du rapport de rappel des entrées est de faciliter la vérification des énoncés d'entrée.

Ce rapport contient de l'information au sujet des pièces, des postes de travail, des transporteurs, du personnel, des convoyeurs des portes-pièces, des quarts de travail et des horaires de production.

3-6-1-3 Le rapport de l'espace mémoire occupé par le modèle (Model storage report)

Le rapport d'espace mémoire occupé par MAPI nous permet de connaître l'espace mémoire total disponible du logiciel pour stocker les caractéristiques des pièces individuelles telles qu'elles passent à travers le système. Il rapporte aussi le nombre maximum de pièces qui peuvent se trouver au même moment dans le système pour un modèle MAPI.

Le rapport d'espace mémoire occupé par le modèle peut être utilisé pour déterminer avant que l'exécution du modèle ne commence, si suffisamment d'espace mémoire est disponible pour le maximum de pièces qui seront dans le système au même moment.

3-5-2 Les rapports d'exécution de MAPI

Ces rapports sont imprimés durant l'exécution du modèle, et procurent une information sommaire et détaillée sur l'évolution du modèle au fur et à mesure que le temps s'écoule. Le rapport disponible pour l'expression comprend le rapport de tractabilité.

- Le rapport de tractabilité (Trace report)

Ce rapport imprime un message détaillé chaque fois que l'état du modèle change. C'est un excellent outil pour s'assurer que le modèle s'exécute de la façon désirée.

Par exemple, chaque fois qu'un poste de travail commence à opérer sur une pièce, chaque fois qu'un transporteur commence à transporter un lot, des messages sont imprimés. Il permet aussi de suivre le cheminement de chaque pièce dans le système.

3-5-3 Les rapports de résultats de MAPI

Les rapports de résultats de MAPI fournissent des informations résumées sur les performances du modèle pour un intervalle de temps de simulation spécifique. Un ensemble standard de rapports sera imprimé à la fin de chaque exécution de la simulation. Cet ensemble comprend:

- Un rapport de l'état actuel
- Un rapport de débit
- Un rapport de taux d'utilisation
- Un rapport de temps supplémentaire
- Un rapport des temps d'arrêt
- Un rapport de l'inventaire de chaque poste de travail
- Un rapport de mesure des temps

3-6-3-5 Rapport du temps d'arrêt (DOWNTIME REPORT)

Un rapport de temps d'arrêt est imprimé pour apporter de l'information détaillée sur les occasions où les postes de travail s'arrêtent. Pour chaque poste de travail où le temps d'arrêt a été spécifié, un rapport détaille ce temps d'arrêt causé par des bris de machines, de la maintenance préventive et des changements d'outils. Dans chacun de ces cas, la somme totale de temps d'arrêt, le nombre de fois où il y a eu des arrêts et la durée maximale de l'arrêt sont enregistrés.

3-6-3-6 Rapport d'encours au poste de travail (STATION INVENTORY REPORT)

Le rapport de l'inventaire au poste de travail fournit les statistiques sur les encours de pièces dans au niveau d'espace d'entreposage de chaque poste de travail. Les statistiques pour tous les espaces d'entreposage qui précèdent les postes de travail sont listées en premier, suivies par celles relatives aux espaces qui suivent les postes de travail. Dans les deux cas MAP1 procure des statistiques sur le nombre de pièces en attente dans l'espace d'entreposage, le nombre de pièces qui bloquent parce que l'espace d'entreposage est plein et le temps d'attente pour toutes les pièces.

3-6-3-7 Rapport de mesure des temps (MEASUREMENT REPORT)

MAP1 donne des statistiques sur le temps total dans le système, divisant celui-ci en quatre catégories:

- Le temps de travail
- Le temps de déplacement
- Le temps d'attente aux postes de travail
- Le temps d'attente d'un moyen de transport

Ce rapport indique la moyenne, l'écart-type, le temps maximum et minimum enregistré pour chaque catégorie, avec le pourcentage du temps total que représente la moyenne de chacune des catégories.

3-7 Conception de l'expérience de simulation

Shannon[37], Pritsker[33], et Law[27], parmi tant d'autres ont proposés 10 étapes traditionnelles à suivre dans toute expérience de simulation, cette méthodologie par étapes permet d'établir plus aisément un échéancier et aider à contrôler l'évolution du projet.

La figure 3-1 montre ces étapes, ainsi que l'ordre suivi lors de l'expérience de simulation.

Étape	explication de l'étape
définition des buts	établissement des buts à atteindre et spécification des limites du système
collecte des données	il s'agit de collecter des données susceptibles d'aider à définir et à décrire le système à étudier
conception du modèle	représentation du système par des relations logiques et mathématiques schématisées en un diagramme de cheminement logique
écriture du programme	traduction du modèle en un programme, à l'aide des symboles, codes et fonctions du logiciel de simulation utilisé
vérification du modèle	exécution du programme pour vérification de son fonctionnement selon les exigences du modélisateur
validation du modèle	comparaison des résultats du programme aux performances de la production de l'atelier pour s'assurer qu'il est une représentation fidèle du système
test d'hypothèses	simulation de divers scénarios pour répondre aux questions qui ont amené à réaliser le projet
analyse des résultats	interprétation et analyse des résultats des expériences de simulation et conclusions relatives au fonctionnement du système
remise du modèle	remise des résultats des premières exécutions au partenaire industriel
documentation du projet	rédaction d'un rapport complet sur l'expérience effectuée afin de dégager les éléments permettant la répartition d'autres expériences de simulation

Tableau 3-1: Étapes d'une conception de simulation

3-3 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons en premier lieu décrit comment MAP1 gère les délais puis nous avons abordé la conceptualisation du modèle par le logiciel en question. Finalement, nous avons résumé les différentes étapes à suivre dans toute expérience de simulation.

Chapitre 4: Collecte et organisation des données

4-1: Introduction

L'obtention des données est l'étape la plus ardue et la plus longue de ce travail. La règle "Garbage in, Garbage out" montre l'importance des données dans un programme de simulation. En effet, la qualité des résultats de simulation et la validation du modèle dépendent de celle des données. Il est donc très important important que celles-ci soient convenablement préparées.

4-2 Modélisation de l'atelier

Comme déjà mentionné (chapitre 1), l'atelier "Ferrures" est équipé de 45 machines. Ayant constaté qu'il existait parmi elles certaines machines parfaitement identiques nous les avons regroupées en 24 postes distincts (voir annexe 4-2). Comme le montre la figure 2-1 nous avons modélisé l'atelier sous forme de réseau à files d'attente en partitionnant l'ensemble des machines en 5 grandes familles

- Les fraiseuses
- Les perceuses
- Les tours
- Le touret
- Le mape meule

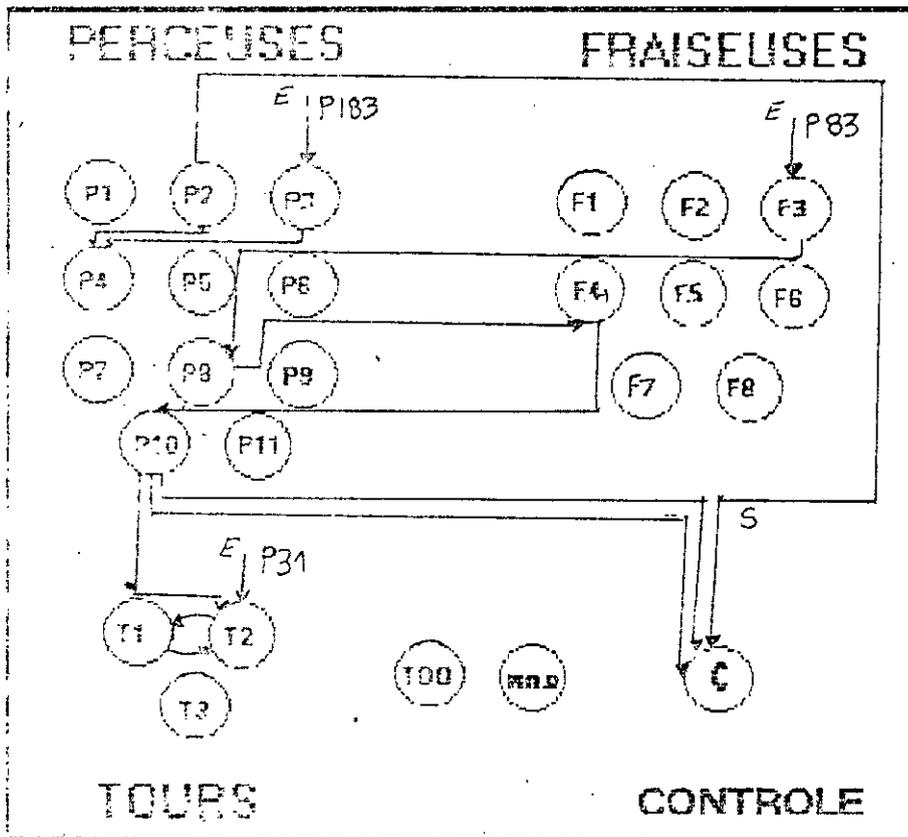


Figure 2-1 Modélisation de l'atelier

Nous avons regroupé toutes les pièces ayant une même fonction dans un même réseau, nous avons introduit également un réseau fictif qui est le réseau contrôle.

Au niveau de chaque noeud ou station nous pouvons imaginer une station à file d'attente dont le taux de service est le nombre de pièces usinées ou fabriquées par la machine. Les en-cours en attente d'usinage ou fabrication représentent la file d'attente et il y a autant de serveurs que de pièces usinées simultanément. La nouvelle implantation des machines dans l'atelier est donnée en annexe 4-3.

4-3 Collecte des données

Pour la collecte des données, nous avons commencé par recueillir celles déjà disponibles au niveau de l'atelier "Ferrures" telles-que:

- nombre de machines disponibles
- nombre de pièces usinées dans l'atelier
- charge machine
- conditions de travail

Ces données sont résumées sur des fiches techniques relatives à chaque machine (voir annexe 4-1).

4-4 Organisation des données

Pour simplifier les traitements nous avons adopté des codes différents de ceux du C V I. Nous avons d'abord noté les 24 postes par M_i ($i=1,24$), puis pour obtenir un code plus simple nous avons utilisé la notation $X_j(i)$ pour chaque poste de charge où :

- X: représente la famille
- i= le nombre de postes dans la famille
- $j=1, i$ le numéro du poste

Pour les différentes familles nous avons adopté la notation suivante:

- F = fraiseuse
- T = tours
- P = perceuses
- Too = touret
- Mad = mape meule

Nous avons ensuite saisi l'ensemble des informations fournies par les fiches techniques grâce au logiciel LOTUS 123 sur micro ordinateur. Comme sur ces fiches, une pièce est caractérisée par:

- Un numéro opératoire: Nop
- Un temps opératoire: Top
- Un temps nécessaire pour régler la machine: Tr
- La quantité du lot: N
- La quantité annuelle planifiée: Q/A

Il est à souligner toutefois qu'une pièce donnée peut être usinée plus d'une fois à un même poste (ce qui se traduit par la répétition d'un même numéro), Nous nous sommes donc retrouvés en présence d'un tableau (1000x120).

Voilà la capacité mémoire insuffisante, le traitement simultané d'un tel nombre de données était impossible. Ceci nous a évidemment amené à réduire la taille du tableau par le biais de différents traitements effectué en plusieurs étapes:

Etape 1:

Tri ascendant des numéros des numéros de pièces qui a parmi de définir 207 types de pièces:

Etape 2

Réduction de la matrice (1000x120) en une matrice X (207x24) booléenne, dans laquelle :

$X_{ij} = 1$ si la pièce i passe par la machine j

$X_{ij} = 0$ sinon

Etape 3

Nouvelle codification des pièces (voir annexe 4-3).

Etape 4

Classification de l'ensemble des cheminements des 207 types de pièces (constitution de familles de pièces).

Pour ce faire, nous avons sommé les lignes de X et avons constaté que la somme était comprise entre 1 et 6, d'où une répartition en six classes selon le nombre de machines intervenant dans le processus de fabrication de la pièce. Les résultats obtenus sont consignés sur le tableau 4-1 et la figure 4-b.

Classes	Pourcentage de pieces appartenant la classe i
1	7.2%
2	30.9%
3	21.3%
4	18.8%
5	18.8%
6	2.9%

Tableau 4-1: Différentes classes

Classes i : pieces passant par machines i .

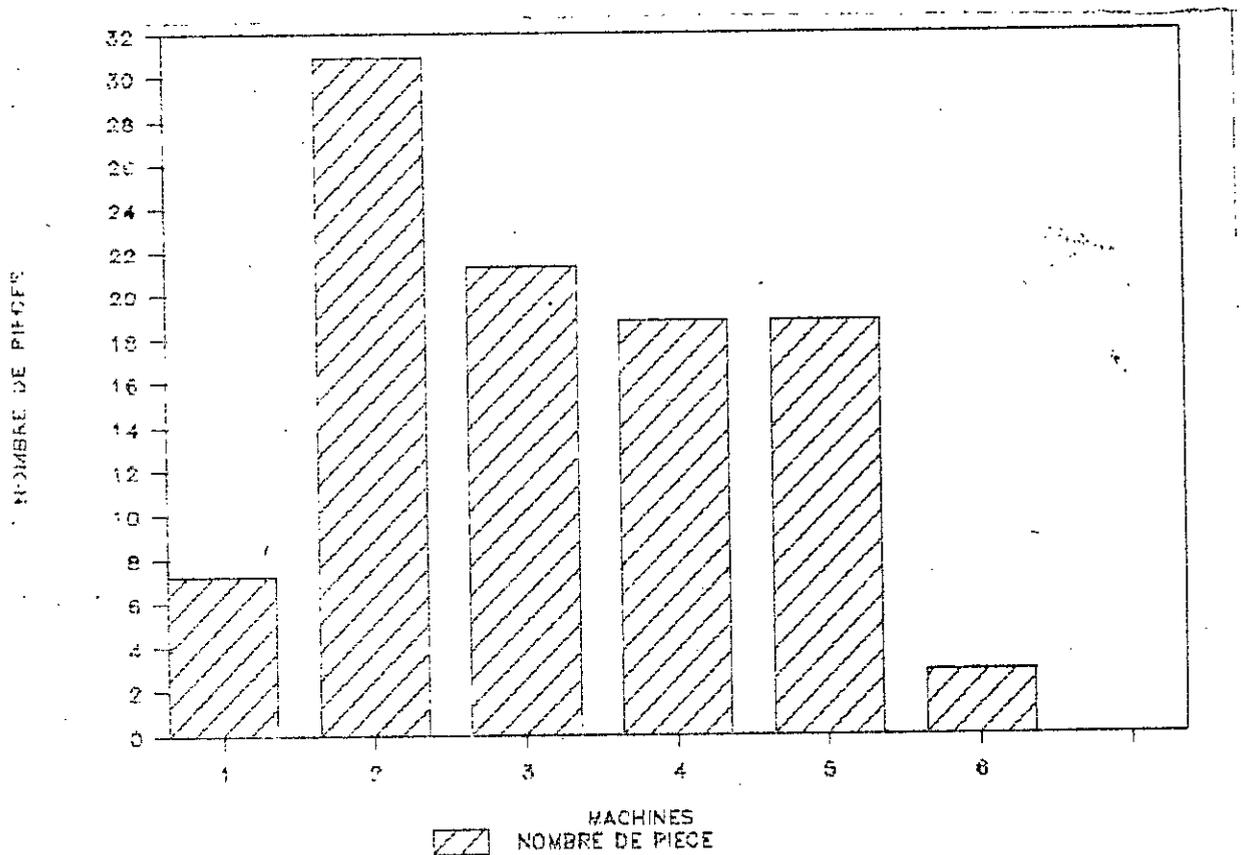


Figure 4-b: Nombre de pièces pour chaque classes

On constate à travers la figure 4-b que la majorité des pièces passent par deux machines. Parallèlement, on dénombre 136 cheminements distincts. Une illustration de ces cheminements au sein de chaque classe est présenté ci-après:

Pieces	Chemins
P4, P195, P188	M17
P8, P200, P27	M12
P43, P207	M21
P181, P132	M19
P150	M22
P170	M11
P190	M7
P133	M13
P194	M18

CLASSE 1. Pièces passant sur une seule machine

Pieces	Chemins
P1, P6, P11, P204	M4, M12
P5	M13, M14
P7	M2, M13
P12, P25, P78	M13, M18
P22	M12, M13
P24	M13, M15
P35, P36, P38	M1, M13
P37	M7, M12
P158	M4, M12
P187	M8, M18

CLASSE 2. Pièces passant sur deux machines

P203	M7, M16
P175	M5, M112
P191	M2, M11
P197	M13, M17
P198, P199	M13, M16
P202	M1, M18
P109	M8, M12
P67	M11, M13
P90	M14, M23
P187	M10, M12
P40, P113	M1, M12
P41	M12, M16
P49, P50	M12, M15
P52	M9, M11
P56	M12, M21
P58	M13, M21
P105	M4, M7
P114, P162	M11, M12
P115, P176	M11, M23
P116	M11, M15
P117	M5, M15
P119, P120	M11, M21
P121	M1, M5
P122	M2, M21
P123	M2, M15
P67	M4, M13
P79	M5, M22
P95	M5, M21
P128	M8, M17
P137	M5, M12
P138	M8, M21
P140	M9, M21
P157	M16, M21

Suite CLASSE2.. Pièces passant sur deux machines

Pieces	Chemins
P3	M2, M12, M13
P9	M4, M12, M17
P10	M2, M8, M12
P13	M8, M13, M15
P14	M3, M13, M15
P21, P99	M9, M12, M17
P29	M10, M12, M13
P33	M11, M13, M17
P39	M8, M11, M12
P42	M7, M12, M21
P201, P44	M1, M12, M17
P51	M13, M21, M23
P57	M2, M12, M21
P60	M9, M11, M13
P65	M10, M12, M17
P103	M7, M11, M12
P110	M8, M13, M19
P66	M9, M11, M21
P68	M5, M11, M13
P69	M2, M11, M22
P71	M4, M5, M18
P77	M2, M7, M13
P80	M1, M7, M12
P88, P189	M9, M12, M13
P94	M2, M11, M21
P97	M9, M12, M16
P134	M5, M17, M13
P168	M11, M12, M19
P173	M5, M12, M17
P183	M13, M15, M19
P185	M10, M12, M23
P193	M1, M9, M13
P205	M12, M13, M14

CLASSE3: Pièces passant sur trois machines

Pieces	Chemins
P2	M1, M12, M13, M17
P15	M3, M13, M14, M15
P31	M5, M6, M21, M22
P47, P48	M9, M12, M12, M15
P53	M7, M10, M13, M21
P59	M6, M7, M12, M13
P63, P64	M2, M9, M13, M18
P106	M7, M11, M12, M21
P124	M2, M11, M17, M21
P125	M6, M7, M10, M21
P70	M9, M11, M13, M15
P72	M5, M10, M16, M18
P82	M4, M7, M12, M21
P83, P136	M6, M7, M19, M21
P84	M6, M11, M12, M13
P85	M7, M11, M12, M13
P86, P87	M9, M11, M12, M13
P91	M2, M7, M13, M15
P130, P131	M4, M5, M12, M18
P136	M6, M7, M19, M21
P139	M6, M11, M14, M22
P142, P143	M2, M9, M13, M18
P158	M14, M15, M16, M17
P160, P161	M9, M11, M12, M23
P163	M7, M8, M12, M17
P164	M4, M8, M12, M14
P192	M1, M7, M9, M13
P196	M12, M13, M16, M18

CLASSE4. Pièces passant sur quatres machines

Pieces	Chemins
P17	M5, M6, M10, M21, M22
P18	M3, M12, M13, M15, M18
P26	M7, M14, M15, M21, M23
P28	M10, M13, M15, M18, M21
P30	M6, M10, M12, M13, M21
P45	M1, M10, M12, M13, M15
P54	M5, M10, M11, M15, M21
P62, P144, P145	M1, M5, M9, M14, M16
P98	M4, M8, M12, M14, M15
P100	M8, M11, M17, M19, M21
P111	M8, M9, M12, M16, M18
P112	M4, M6, M11, M19, M21
P74, P75	M1, M9, M11, M12, M13
P92, P93	M4, M8, M13, M20, M22
P96	M2, M6, M10, M13, M20
P135	M4, M6, M7, M19, M21
P146	M4, M6, M11, M19, M21

CLASSE5. Pieces passant sur cinq machines

Pieces	Chemins
P20	M2, M5, M7, M13, M21, M23
P141	M9, M11, M12, M14, M19, M22
P150	M9, M11, M12, M14, M19, M21
P154	M9, M11, M13, M14, M19, M22
P178	M4, M6, M10, M12, M19, M21
P182	M2, M6, M13, M17, M19, M21

CLASSE6. pièces passant sur six machines

Etape 5

Pour définir quelles machines sont les plus sollicitées dans le processus de fabrication, nous avons sommé les colonnes de la matrice X et comptabilisé pour chaque type de machines le nombre de pièces qui y passent.

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 4-c:

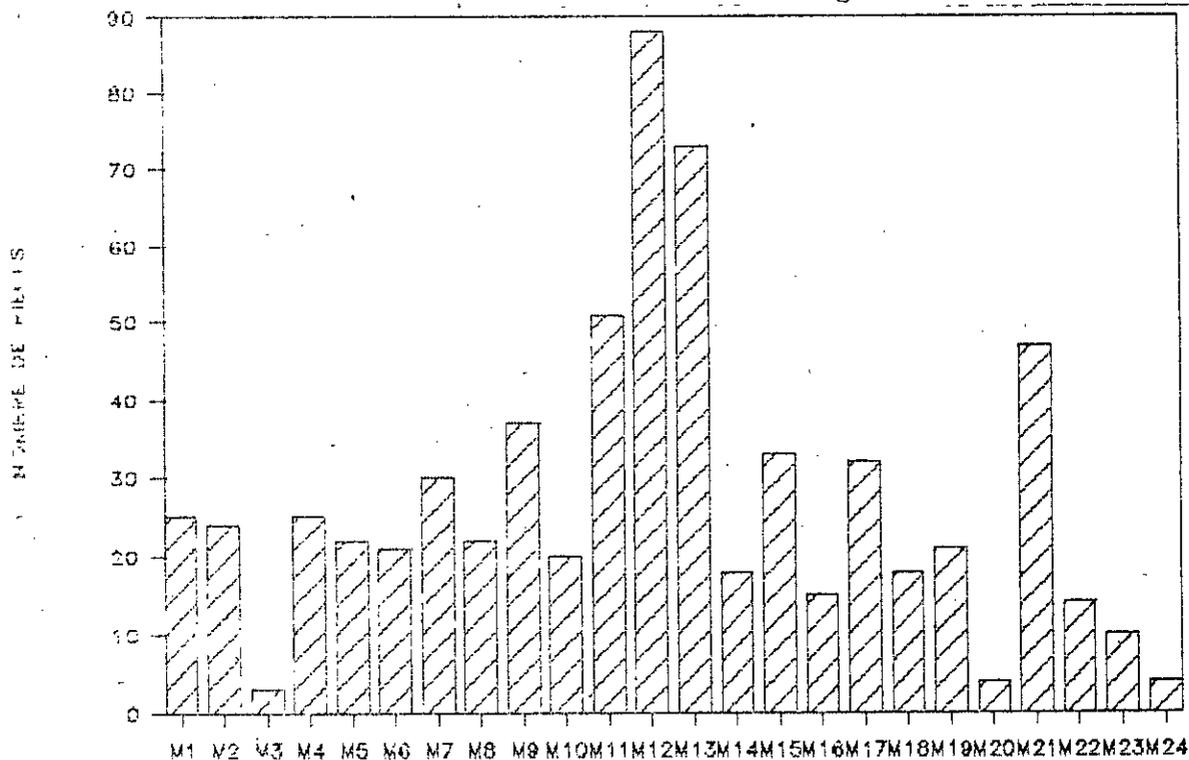


FIGURE 4-C: Nombre de pièces passant sur chaque machine

Il apparaît qu'un maximum de pièces passent par la machine M12.

4-5 Regroupement des pièces

A cette étape nous sommes en présence de 207 types de pièces. Or, le logiciel MAP1 a été dimensionné pour le traitement de 100 pièces au maximum. D'autre part, de part l'expérience des utilisateurs de la simulation des systèmes manufacturiers sur MAP1, il s'est avéré que même en deçà de ce seuil, dès que le nombre de pièces traitées dépasse 40, il apparaît des difficultés lors du chargement des fichiers de travail.

Nous avons donc tenté de réduire le nombre de pièces à 40 et ce en procédant à leur regroupement:

- La première idée a été de définir des macros sur lotus123 pour regrouper celles ayant même chemin et même numéro opératoire:

Exemple:

Pièces	Chemins	Numéro opératoire
A	M17	2
B	M8, M21	5, 10
C	M8, M17	5, 10
D	M17	2

Dans ce cas, on regroupe les pièces A et D

Après ce regroupement, nous n'avons réussi à réduire la taille de la liste que de 17 pièces ce qui restait nettement insuffisant. Il nous fallait donc procéder à un deuxième regroupement.

-Le nouveau critère choisi consistait à définir des sous familles de pièces dans lesquelles on rassemble les pièces ayant des chemins longs avec des pièces ayant des chemins plus courts inclus dans les premiers, à condition qu'elles aient, pour les machines communes les mêmes numéros opératoires.

Exemple:

Pièces	Chemins	Numéro opératoire
E	M4, M17, M8	2, 3, 4
F	M8, M21	2
G	M4, M17	2, 3

On peut regrouper la pièce G et E.

Ce regroupement a permis d'avoir une liste de 140 sous-familles de pièces (il a été donné à la sous-famille constituée après un regroupement le nom de la pièce ayant le cheminement le plus long (voir annexe 4-6).

Finalement, ayant constaté que la procédure consistant à regrouper les pièces n'aboutissait pas à l'objectif visé nous avons pensé à faire une analyse ABC afin de sélectionner les pièces les plus représentatives du système.

4-6 Analyse ABC

Dans ce cas cette analyse permet de repérer les pièces à gros volumes de production et par conséquent les pièces les plus importantes à incorporer dans le modèle.

Toujours en utilisant LOTUS, nous avons procédé à un tri dans un ordre descendant des volumes de production calculés comme suit:

$$\text{Volume} = \frac{Q}{A} \times \text{Top}$$

Nous avons obtenu le résultat illustré par la figure 4-d

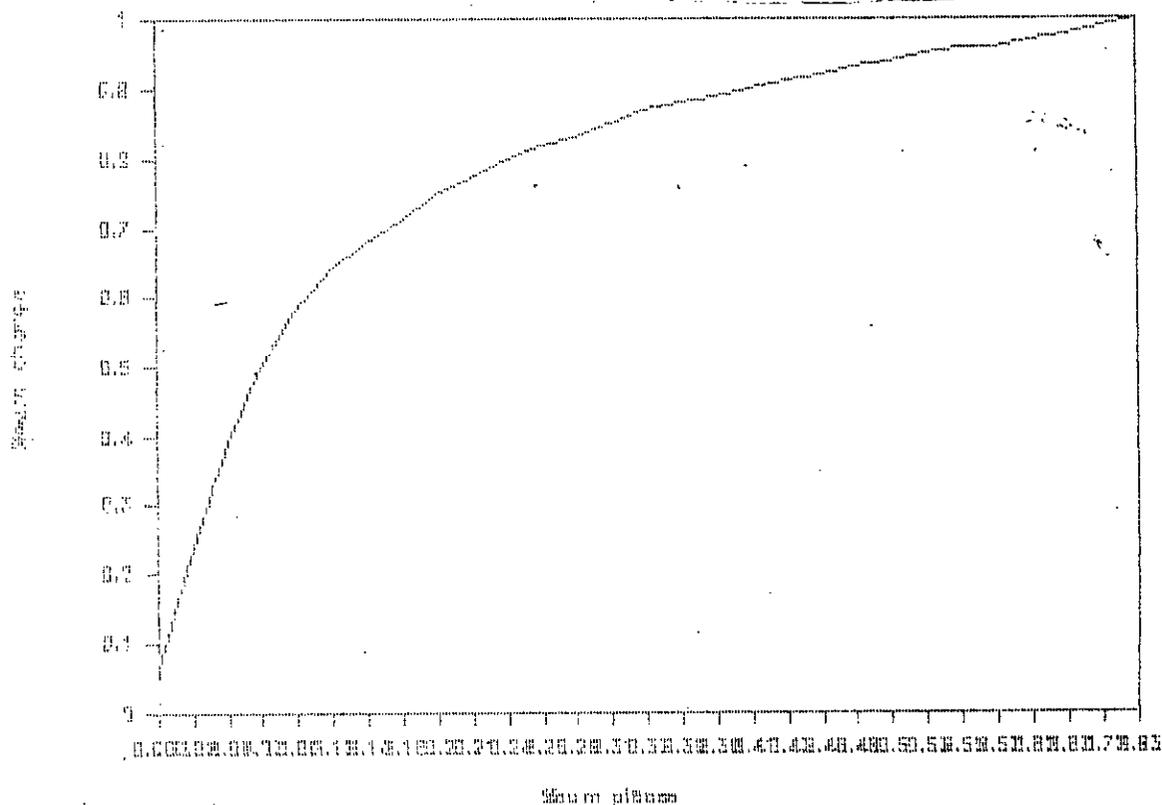


Figure 4-d: Analyse ABC

La classe A correspond à 19.4% des pièces qui représentent 75.3% du volume de la production. Ainsi nous avons à traiter les sous familles de pièces constituant la classe A soit 40 parmi les 140.

Les références des pièces constituant la classe A sont:

P153	P62	P165	P147
P125	P112	P179	P30
P83	P168	P155	P174
P111	P61	P154	P16
P96	P36	P178	P92
P31	P15	P182	P19
P34	P156	P82	P126
P66	P98	P100	P54
P189	P172	P170	P18
P28	P145	P192	P183

En les confrontant, avec les figures relatives aux cheminements nous constatons que ces pièces sont celles appartenant aux classes 5 et 6.

4-7 Conclusion

A cette étape de nos travaux, nous avons collecté après lecture des fiches techniques les données de l'atelier "FERRURES" suite à cela nous les avons dépouillées avec le logiciel LOTUS pour en simplifier le traitement.

Après avoir classifié les pièces, nous avons procédé d'abord à des regroupements selon plusieurs critères, puis à une analyse ABC des volumes de production pour enfin sélectionner les quarante pièces principales et ce pour permettre la simulation.

Chapitre 5: Conception du modèle de simulation

5-1 Introduction

Le travail de préparation de la simulation ayant été achevé, il s'agit à présent d'écrire le programme de simulation, de le vérifier puis d'établir le régime permanent. Finalement nous vérifierons la stabilité du modèle puis nous le validerons.

5-2 Programme

Le modèle programmé reflète exactement la structure réelle de l'atelier, à l'exception du fait que le nombre de types de pièces considérés est de quarante seulement.

Après plusieurs discussions avec les responsables de l'atelier, nous avons pu définir les composantes du programme tel que:

- La discipline de service est "first in, first out" (FIFO).
- L'atelier FERRURES travaille 20 jours/mois à raison de 2x8 heures/jours, ce qui correspond à 320 heures/mois, ou 3200 heures/an (en supposant 10 mois de travail).
- Le temps de séjour de la pièce dans le poste de charge est supposé déterministe, défini par:

$$T = T_{op} \times \frac{Q/A}{N} + T_r$$

Avec:

- T_{op} : temps opératoire
- Q/A : quantité annuelle planifiée
- N : nombre de lancements
- T_r : temps de réglage de la machine

Remarque: ce temps (T) a été utilisé pour les pièces non regroupées. Pour les pièces regroupées, nous avons calculé un temps de séjour grâce à la distribution statistique UPROB que nous décrivons en annexe 3-1.

Le temps de séjour ainsi calculé a été pondéré par le coefficient $4/3$ pour tenir compte de 100% de la production (l'unité de temps utilisée est l'heure).

- Le nombre de postes de travail disponibles au niveau de l'atelier est de vingt-quatre stations. Pour chaque station il est prévu des aires d'entreposage "pré-process" et "post-process". Elles ont été dimensionnées toutes les deux pour un lot.

- Un opérateur par machine.

- Les pannes:

Dans ce cadre, nous avons pris l'hypothèse que la durée des pannes suit une loi normale, cette hypothèse est réaliste Rochette[34]. Cette technique exige une taille de l'échantillon d'au moins cinquante. Malheureusement, vu le nombre limité de données dont nous disposons, nous avons été obligés d'accepter cette hypothèse sans validation. Pour chaque poste de travail, nous avons estimé la durée moyenne des pannes.

S'agissant de la fréquence des pannes, nous nous sommes également fiées à l'expérience du personnel intervenant dans l'atelier. Selon ces derniers, les pannes surviennent environ une fois par mois, surtout au niveau des fraiseuses et des tours. Nous avons supposé dans un second temps que l'intervalle séparant deux occurrences de pannes suivait une loi exponentielle;

Cette hypothèse est universellement utilisée en maintenance et par conséquent, ne nécessite pas une validation surtout que le nombre de données disponibles au niveau de l'atelier n'est pas suffisamment important pour la tester.

5-3 La vérification du modèle

Nous jugeons ici opportun de rappeler la signification de la "vérification". Il s'agit de l'exécution du programme pour vérification de son fonctionnement selon les exigences du modélisateur.

En ce qui nous concerne, nous avons opté pour une technique de vérification très usuelle: elle consiste à lancer la fabrication pièce par pièce, et d'autre part à utiliser le mode "Trace". Le logiciel MAP1 facilite la tâche de l'utilisateur car la "trace" est affichée sur simple demande (dans l'énoncé BEGIN, mettre Y).

La "trace" nous a permis de suivre la logique de changement d'état du système sur un intervalle de temps spécifié par l'utilisateur.

Dès qu'un événement se produit, elle signale son occurrence et tous les changements que cette occurrence entraîne au niveau du système. Grâce à cette technique, toutes les sources d'erreurs dans la logique de changement d'état du système peuvent être détectées pour ensuite être éliminées. Le modèle aura ainsi été vérifié.

5-4 Régime permanent [36,14]

Dans toute expérience de simulation on s'intéresse généralement au système dans son régime permanent c'est à dire dans ses conditions normales d'opération. Les premiers instants de simulation ne sont pas représentatifs car:

1- Les conditions initiales du modèle sont généralement vides. Ces conditions peuvent être assez différentes des conditions normales de fonctionnement du système réel, par exemple, dans notre cas, l'atelier est rarement sans activités et les files d'attente sont rarement vides (il y a souvent des en-cours entre les postes de travail).

2- Simuler, consiste à générer des nombres aléatoires et les faire interagir. Ce processus nécessite un certain nombre de valeurs avant d'obtenir des statistiques significatives.

D'où la nécessité de minimiser l'effet de l'état transitoire en:

- Utilisant des expériences très longues, pour négliger l'effet des résultats transitoires sur le total.
- Effectuant des expériences pilotes.
- Ne tenant pas compte des résultats des premiers instants de simulation.

Il n'y a pas de règles satisfaisantes pour déterminer avec certitude et précision l'entrée en régime permanent, cependant les méthodes suivantes ont été utilisées avec un certain succès:

- Rejeter une suite de mesures. Exemple:
si un point n'est ni maximum ni minimum, il ya une certaine stabilité (Conway).
- Calculer la période K la plus longue (durant une expérience pilote) pour laquelle les résultats ont une autocorrelation significative; rejeter une même période initiale de même longueur pour les expériences suivantes (Fishman).
- Executer au moins trois à quatre fois le plus long cycle du modèle pour faire disparaître les effets transitoires (Tocher).
- Calculer une moyenne mobile des résultats et supposer que le régime permanent est atteint quand cette moyenne ne change pas de façon significative avec le temps (et ce durant une expérience pilote).

- Utiliser plusieurs valeurs pour constituer un échantillon de mesures à des durées de simulation et effectuer des tests sur les moyennes.

Dans notre expérience de simulation proprement dite, nous avons pris l'année comme durée de simulation.

Puis nous avons varié la période de simulation de un à dix années et nous avons relevé le nombre de pièces produites (en nombre de lots). Le tableau 5-1 ci-dessous et la courbe (figure 5-a) récapitule les résultats obtenus pour le système total.

ANNEES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LOTS	129	315	487	660	836	836	836	836	836	836

Tableau 5-1: Evolution de la production sur 10 années

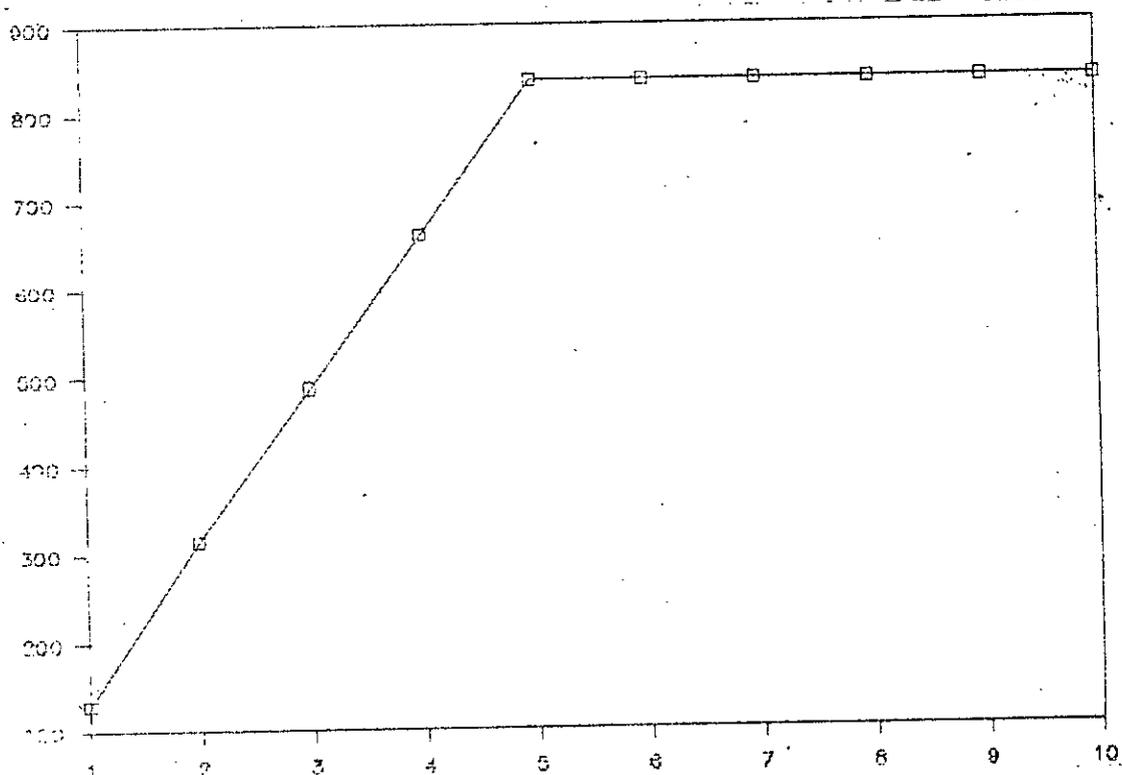


Figure 5-a: Evolution de la production sur 10 années

D'après la courbe ci-dessus nous pouvons dire que le régime permanent est atteint après une durée de 5 années. En d'autres termes; nous nous sommes fiés à la règle de Fishman pour nous prononcer pour le régime permanent.

Nous allons donc considérer des périodes de simulation de cinq années et nous éliminerons les quatre premières années.

5-5 Stabilité

Afin de s'assurer que le modèle, sous les mêmes conditions, donne des résultats approximativement similaires; il faut tester sa stabilité. Dans notre cas, il a été décidé d'examiner deux situations:

- 1- Celle où il n'y a pas de sous-traitance
- 2- Celle où il y a sous-traitance

Pour chacun des cas, nous avons renouvelé dix fois l'expérience de simulation. Les résultats en termes de nombre moyens de lots fabriqués sont indiqués dans le tableau suivant:

Simulations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Avec sous traitance	177	180	178	178	178	178	178	178	178	178
Sans sous traitance	164	178	175	178	174	184	181	190	179	179

Tableau 5 2: Stabilité du modèle

Dès les premières lectures, nous constatons que cette moyenne tourne autour de 178. Nous pouvons donc affirmer la stabilité du modèle. Nous avons alors été amenés à construire des intervalles de confiance pour la moyenne de population.

Soient:

n : nombre d'expériences de simulation réalisées

x_i : nombre de lots fabriqués observés pour l'expérience i

μ : performance réelle du système (en nombre de lots fabriqués)

s : écart-type de l'échantillon.

Sous l'hypothèse que X suit une loi normale, et que l'échantillon est de taille petite nous pouvons postuler que:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\sqrt{\frac{S^2}{n}}} \rightarrow t_{n-1}$$

donc,

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\sqrt{\frac{S^2}{n}}} \rightarrow t_g$$

Pour un degré de confiance de 95%;

d'où.

$$\bar{x} - \frac{s}{\sqrt{10}} \times a < \mu < \bar{x} + \frac{s}{\sqrt{10}} \times a$$

avec: $F_t(a) = \text{Prob}(t \leq a) = 95\%$

a- En cas de sous-traitance:

$$s_{\text{calcul}} = .74$$

$$\bar{x}_{\text{calcul}} = 178$$

d'où: $177.47 < \mu < 178.53$

b- En cas de non sous-traitance:

$$S_{\text{calcul}} = 6.82$$

$$\bar{X}_{\text{calcul}} = 173$$

d'où: $173.12 < \mu < 182.88$

5-6 Validation du modèle

La validation du modèle est une étape cruciale du processus de simulation. Elle consiste à déterminer si ce dernier est une représentation fidèle du système à étudier.

Il faut s'efforcer de découvrir, dès les débuts du projet, les indices de performance que l'utilisateur emploiera pour juger si le modèle est crédible ou non. Lors du développement du modèle, des efforts particuliers devront être faits pour privilégier ces indices. Si la validation ne peut être accomplie de façon satisfaisante, le modèle ne pourra être utilisé, car sa crédibilité auprès de l'utilisateur n'aura pu être établie. Il importe donc d'apporter beaucoup de soins à cette étape.

La validation d'un modèle est obtenue d'après la procédure suivante:

- Séries d'exécution du programme
- Analyse des résultats et comparaison avec la réalité
- Modification du programme si nécessaire

Il est souvent nécessaire, à cette étape du projet de simulation, de modifier le programme initial pour le raffiner et pour améliorer ses

performances de façon à les rapprocher de la réalité. Le modèle est considéré comme valide quand les résultats sont suffisamment représentatifs.

5-6-1 Application a notre modèle

Etant donné l'imperatif de reproduire intégralement le fonctionnement réel de l'atelier lors de la simulation, nous nous sommes penchés dans un premier temps sur le cas où il y a sous-traitance de vingt types de pièces (situation observée au C V I). Nous nous sommes alors intéressés à la production exprimée en nombre de pièces, ces résultats seront comparés à ceux réalisés par le C V I (voir tableau 5-3).

Soit graphiquement:

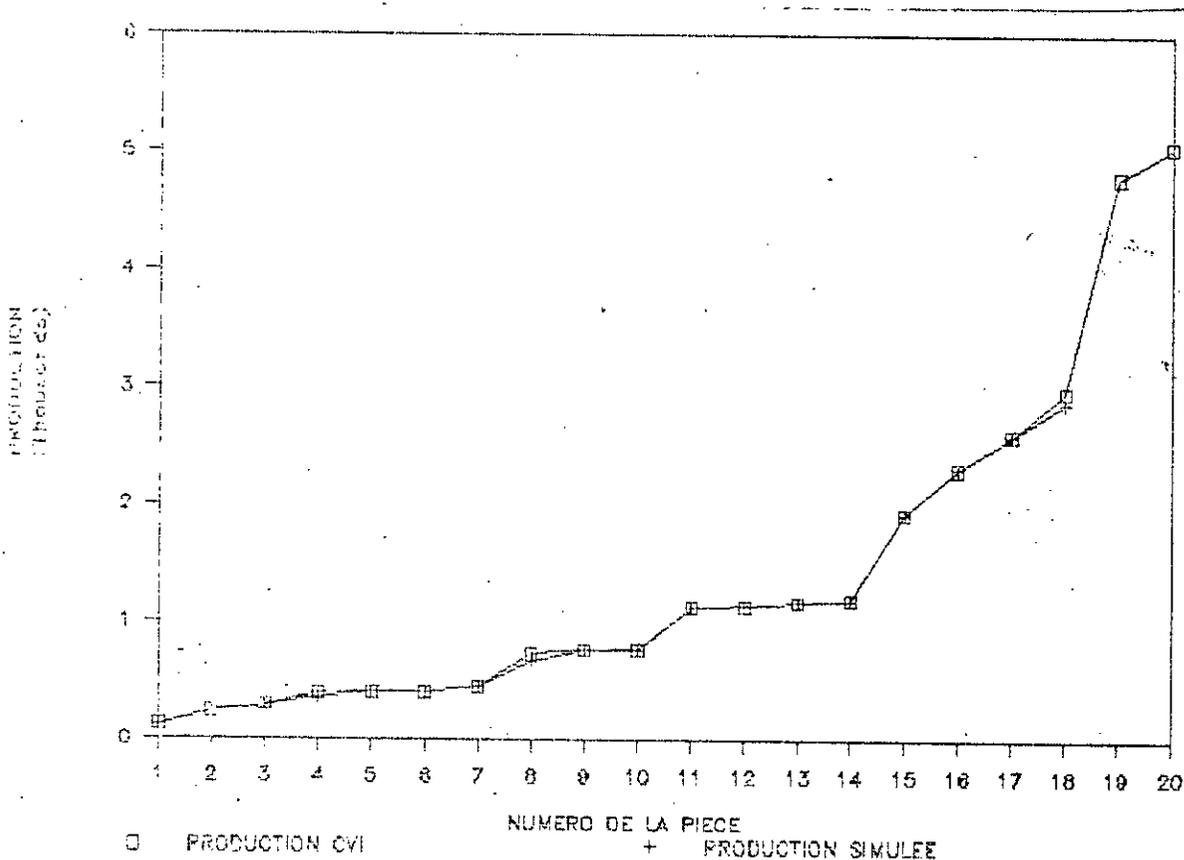


Figure 5-b. Comparaison de la production simulée et réelle

La première conclusion qui s'impose est le fait que le modèle reflète très bien la réalité dans le cas où il y a sous traitance. En effet la simulation aboutit à un résultat qui correspond à 95% de production réelle du C V I.

Numéro de la pièce	Nombre de pièces produites par le C V I (1)	Nombre de pièces produites par la simulation (2)	Erreur relative $\frac{(2)-(1)}{(2)}$
28	119	119	0%
15	235	235	0%
18	291	291	0%
155	392	362	8%
66	400	400	0%
30	401	401	0%
54	446	446	0%
125	736	666.4	10%
111	762	762	0%
147	767	765	0.26%
36	1120	1120	0%
100	1136	1136	0%
155	1162	1162	0%
170	1189	1189	0%
179	1930	1930	0%
174	2311	2311	0%
183	2597	2597	0%
82	2970	2876	3.2%
178	4789	4789	0%
192	5055	4649	8.7%
	Total = 28808	Total = 28206	

Tableau S-3: Tableau comparatif des productions réelles et simulées

Pour poursuivre nos investigations nous avons tenu à considérer le cas où le C V I ne fait pas appel à la sous-traitance. Etant donné que nous ne disposions pas des données relatives à la production nous nous sommes basés sur le taux de pannes de chaque poste de travail. Nous avons sollicité alors du service maintenance un historique sur l'évolution des pannes sur les huit dernières années (voir annexe 5-2).

Ceci nous a permis d'estimer le taux moyen de pannes pour chaque poste de travail. Ces données constitueront une référence de comparaison pour les résultats de la simulation. Concernant cette dernière, nous avons effectué dix expériences. Pour chacune d'elles, nous avons relevé le taux de pannes pour chaque poste (voir annexe 5-3).

Les valeurs réelles et simulées sont confrontées dans le Tableau 5-4, et la figure 5-c.

Stations	% pannes réelles	% pannes simulées
F ⁸ (2)	25.70%	27.75%
P ⁸ (1)	7.52%	6.4%
P ⁸ (2)	11.33%	9.8%
F ³ (1)	2.02%	1.18%
P ⁶ (2)	3.02%	2.31%
F ¹¹ (1)	2.30%	1.99%
F ⁷ (2)	18.58%	24.9%
P ³ (6)	3.96%	6.04%
F ¹⁰ (1)	9.72%	7.31%
F ⁴ (2)	16.54%	13.70%
P ⁵ (1)	1.13%	.89%
P ⁶ (1)	1.61%	1.35%
T ⁹ (2)	6.93%	5.58%
P ² (4)	43.34%	42.69%
T ² (1)	13.54%	10.97%
F ¹ (1)	3.90%	3.31%
P ¹ (4)	9.38%	12.00%
P ¹ (1)	.18%	.31%
P ⁷ (2)	19.17%	17.19%
F ⁴ (1)	1.74%	2.15%
P ² (2)	3.13%	2.49%
T ⁵ (1)	25.70%	22.40%
T ³ (1)	.50%	.80%
MAD(1)	1.02%	1.11%

Tableau 5-4: Tableau comparatif des pannes réelles et simulées

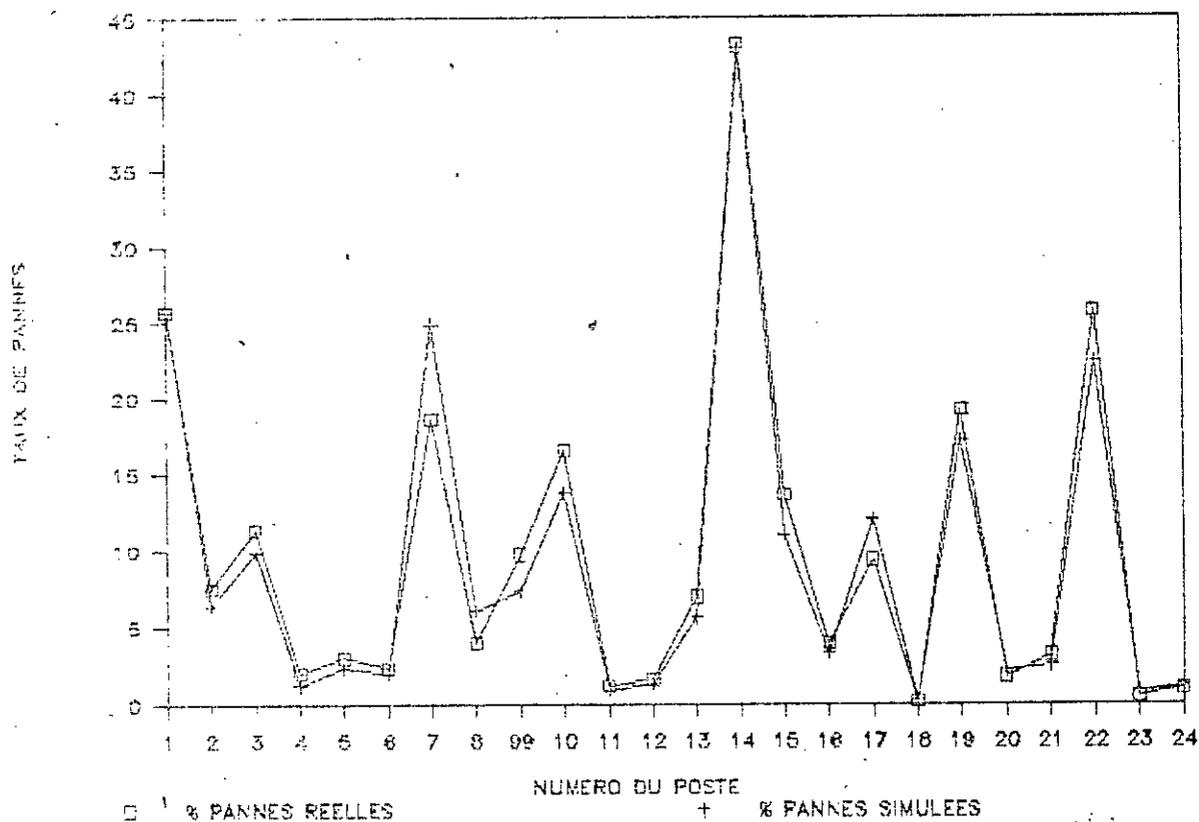


Figure 5-c: Comparaison des pannes réelles et simulées.

Dans la majorité des cas; il est constaté une grande déviation entre le réel et le simulé. Nous avons alors poussé la comparaison en utilisant non plus la valeur moyenne des pannes calculée à partir des dix expériences, mais l'intervalle de confiance à 95% pour cette moyenne sachant que la durée des pannes est normale; et que le taux de pannes l'est par conséquent.

ci-après figure le tableau 5-5 pour résumer la comparaison.

Stations	% pannes réelles	Borne inférieure	Borne supérieure
F ₈ (2)	25.70%	23.80%	31.60%
P ₈ (1)	7.52%	5.10%	7.68%
P ₃ (2)	11.33%	8.00%	11.50%
F ₆ (1)	2.02%	.007%	1.63%
P ₄ (2)	3.02%	1.00%	3.6%
F ₇ (1)	2.30%	1.45%	2.50%
F ₂ (2)	18.58%	20.30%	29.61%
P ₆ (6)	3.96%	5.00%	7.02%
F ₁₀ (1)	9.72%	5.48%	9.13%
P ₄ (2)	16.54%	9.89%	17.60%
P ₅ (1)	1.13%	.005%	1.25%
T ₉ (1)	1.61%	.002%	2.49%
T ₂ (1)	6.93%	3.79%	7.36%
P ₂ (4)	40.34%	36.40%	42.90%
T ₁ (1)	10.54%	10.00%	11.90%
F ₁ (1)	3.90%	2.33%	4.28%
P ₁ (4)	9.38%	8.96%	15.04%
P ₁ (1)	.18%	.10%	.40%
P ₁ (2)	19.17%	14.75%	19.62%
T ₄ (1)	1.74%	1.47%	2.82%
P ₁ (2)	3.13%	1.51%	3.47%
T ₅ (1)	25.70%	18.00%	26.70%
T ₃ (1)	.50%	.20%	.60%
MAD(1)	1.02%	.80%	1.10%

Tableau 5-5: tableau comparatif des pannes réelles et simulées par intervalle de confiance.

Il ressort de cette comparaison que l'ensemble des valeurs réelles sont contenues dans le dit intervalle de confiance. D'autres part, on constate que le Tour3 est la machine qui pose le plus de problèmes. Ceci rejoint les dires des responsables de l'atelier. Nous avons, en résumé prouvé la validité du modèle et ce quelque soit le cas de figure envisagé (avec ou sans sous-traitance).

6-7 Conclusion:

Au terme de ce chapitre, nous nous sommes assurés de la validité et de la stabilité de notre modèle. En effet, grâce à des comparaisons par le biais de techniques statistiques nous avons vérifié que le modèle traduisait fidèlement le système réel (à 95%). En outre, nous avons pu établir le régime permanent au bout d'une durée de simulation de cinq années.

Chapitre 6: Execution du programme de simulation et analyse des resultats

6-1 Introduction

La réalisation d'un modèle de simulation par ordinateur n'est pas un but en soi dans une expérience de simulation. On désire avant tout pouvoir s'en servir pour tester diverses hypothèses par le biais de scénarios de simulation. Cette importante étape peut être effectuée une fois que la validation du modèle a été accomplie.

Le modèle validé fournit les données qui constituent les résultats standards nécessaires à l'analyse du système de production. Ces résultats représentent de manière réaliste le fonctionnement et les performances actuelles du système modélisé. Ils seront utilisés comme base de comparaison avec les résultats obtenus après modification de la situation du modèle original. Une évaluation pourra donc être faite de l'effet de ces modifications.

6-2 Analyse des résultats de la simulation du système actuel

Le rapport de mesure de temps fourni après simulation du lancement de 221 lots est représenté dans le tableau 6-1.

TOTAL SYSTEM

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM NUMBER	PCT. OF TOTAL TE
PROCESSING TIME	221.41	125.01	36.48	791.75 180	4.00
TRAVELING TIME	0.51	0.18	0.20	0.80 180	0.01
TOTAL WAIT TIME	5309.35	2881.94	47.99	10304.89 180	
STAL. WAIT TIME	5309.35	2881.94	47.99	10304.89 180	95.99
TRAN. WAIT TIME	0.00	0.01	0.00	0.06 180	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	5531.28	2935.34	139.39	10689.14 180	100.00
TIME BET. DEPART	16.52	16.07	0.06	90.05 179	
EARLY TIME	519.55	265.43	224.39	922.98 21	
LATE TIME	4682.30	2238.99	36.61	9182.13 159	

Tableau 6-1: Résultat de la simulation du système actuel

Outre la description du système global, MAP1 offre également des renseignements concernant chaque pièce. Ces renseignements figurant dans les tableaux 6-2-1 jusqu'à 6-2-40 sont extrêmement importants car non disponible au niveau de l'atelier (voir listing résultats annexe 6-1).

Pour analyser le fonctionnement réel de l'atelier FERRURES et quantifier les performances actuelles du système; nous avons jugé opportun d'examiner les critères d'évaluation suivants:

- Temps de passage moyen* des nombres de pièces dans le système
- Le niveau d'inventaire moyen** des pièces dans le système
- La production annuelle moyenne des pièces (en nombre de lots)
- Les goulots d'étranglements.

Ces informations ont été extraites aussi bien du tableau précédant 6-1 que du rapport de l'inventaire.

Temps de passage moyen dans l'atelier en jours	inventaire moyen en lots	production annuelle moyenne en lots
230	36	180

Tableau 6-3: Résultat standards du modèle de simulation

- * Somme des temps de fabrication d'attente et de transport.
- ** Nombre moyen de pièces dans le système comprenant les pièces en attente et celles en cours de fabrication.

Dès les premières lectures, nous pouvons relever la durée excessive de passage dans l'atelier.

Ceci ne manquera pas également d'affecter le niveau de l'inventaire. Ce qui suggère l'existence de goulots d'étranglement qui restreignent la capacité de l'atelier. D'ailleurs l'étude combinée des statistiques sur la taille des files d'attentes et celles sur l'utilisation des ressources (équipements) a révélé ce fait et a permis d'identifier les principaux goulots d'étranglement.

Le tableau 6-4 résume les éléments de cette étude.

Stations	Taux d'occupation	Longueur (lots) des files d'attentes	temps d'attente moyen en heures
F ₈ (2)	97.00%	3.69	29.97
P ₈ (1)	100.00%	48.63	660.59
P ₇ (2)	54.50%	.49	9.55
F ₆ (1)	100.00%	145.64	1132.68
P ₄ (2)	19.75%	.14	5.46
F ₁ (1)	100.00%	156.07	1503.70
F ₃ (2)	96.85%	4.28	41.54
P ₁₀ (6)	89.33%	3.38	11.92
F ₄ (1)	100.00%	110.99	1278.25
F ₅ (2)	65.50%	.89	10.82
F ₅ (1)	76.40%	.91	18.59
P ₉ (1)	21.50%	.12	6.72
T ₂ (1)	100.00%	63.22	841.12
P ₂ (4)	100.00%	70.22	306.45
P ₁ (1)	100.00%	9.65	188.75
F ₁ (1)	100.00%	109.86	1261.38
P ₁ (4)	52.27%	.85	7.15
P ₇ (1)	11.50%	.03	4.03
P ₄ (2)	100.00%	93.12	609.26
F ₂ (1)	100.00%	9.52	144.45
P ₅ (2)	27.20%	.19	5.92
T ₃ (1)	100.00%	38.16	601.13
M ₂ (1)	.40%	0.00	4.00
Too(1)	.90%	0.00	2.66

Tableau 6-4. Performances du système dans les conditions normales de fonctionnement

Le taux d'occupation a été calculé comme étant la somme de pourcentages des heures de fonctionnement et des durées de pannes.

Il ressort donc, après lecture de ce tableau, que les postes qui constituent des goulots sont:

- Fraiseuse 6
- Fraiseuse 7
- Fraiseuse 4
- Tour 2
- Fraiseuse 1

- Tour 3

Il faut néanmoins nuancer ces affirmations dans le sens où ces résultats sont faussés par l'interférence avec les pannes des équipements qui ne manquent pas de survenir.

Pour éliminer l'effet des pannes nous avons simulé le système en ayant imposé un fonctionnement des machines sans pannes.

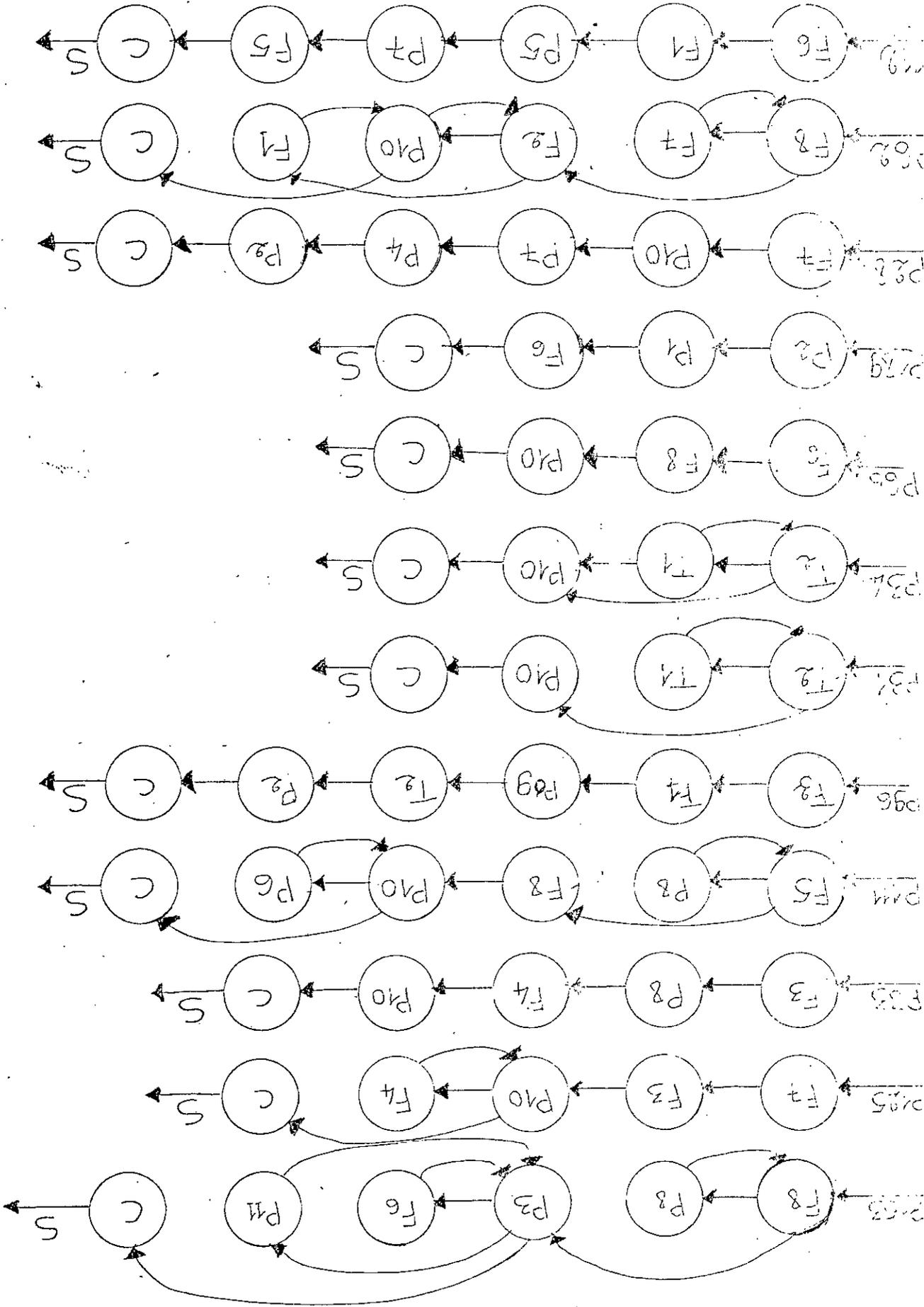
Les nouvelles performances de l'atelier deviennent alors:

Stations	Taux d'occupation	Longueur (lots) des files d'attente	temps d'attente moyen en heures
F ₁ (2)	77.75%	1.92	16.09
P ₈ (1)	100.00%	47.27	639.22
P ₈ (2)	48.50%	.30	6.84
F ₁₁ (1)	100.00%	140.62	1148.87
P ₁₁ (2)	24.45%	.14	5.46
F ₇ (1)	100.00%	146.42	5.46
F ₇ (2)	80.00%	1.83	18.52
P ₃ (6)	36.60%	2.99	10.90
F ₁₀ (1)	100.00%	91.18	1125.00
P ₅ (2)	56.25%	.62	7.44
P ₅ (1)	72.20%	.93	19.26
P ₉ (1)	20.60%	.14	8.09
T ₂ (1)	100.00%	60.92	791.53
P ₂ (4)	100.00%	82.83	330.32
T ₁ (1)	90.00%	2.29	44.56
F ₁ (1)	100.00%	112.19	1408.47
P ₁ (4)	46.50%	.72	5.93
P ₇ (1)	16.60%	.07	6.41
P ₄ (2)	100.00%	105.85	663.30
F ₂ (1)	100.00%	7.94	122.30
P ₂ (2)	26.80%	.18	5.84
T ₅ (1)	100.00%	12.75	227.78
Méd(1)	.80%	0.00	2.00
Too(1)	1.40%	0.00	1.08

Tableau 6-5 Performance du système dans le cas où il n'y a pas de pannes

Ces résultats apportent donc la preuve que ce sont uniquement les fraiseuses 1,6,7,11 qui posent des problèmes. En effet ces machines interviennent généralement au début du processus de fabrication d'un grand nombre de pièce (voir figures 6-6-1 jusqu'à 6-6-4).

Figure 6-6-1: Cheminement des pièces



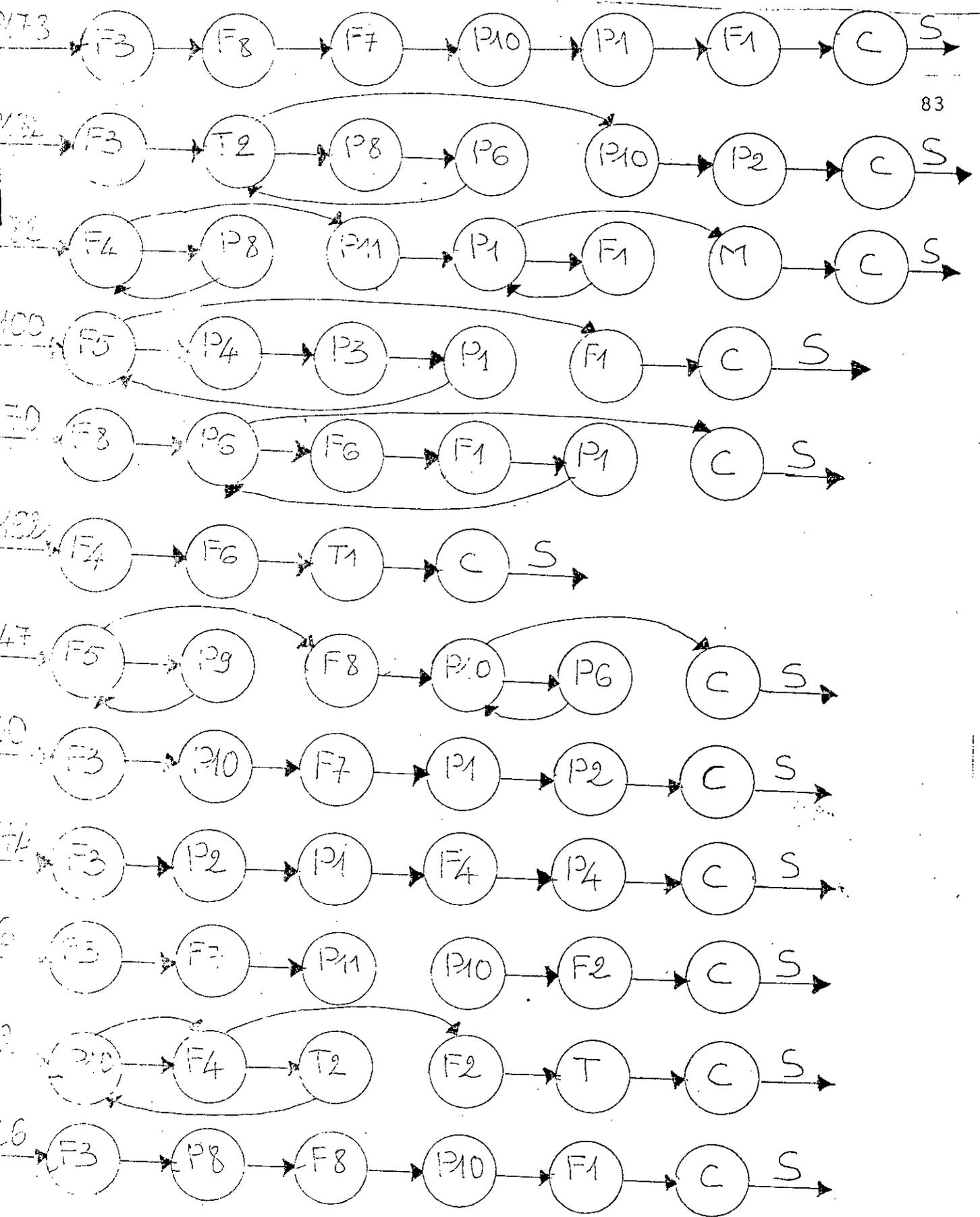


Figure 6-6-2: Cheminement des pièces

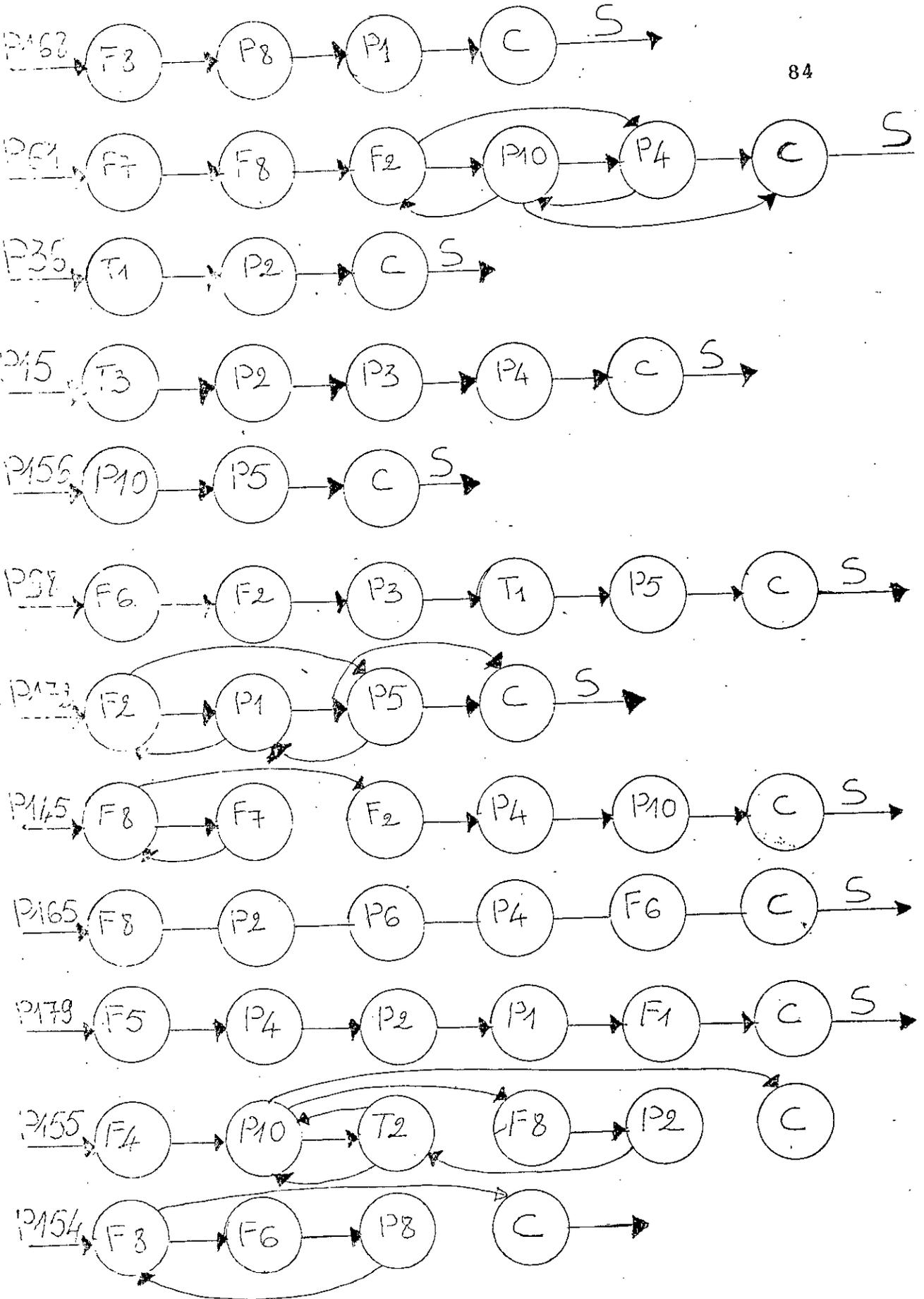


Figure 6-6-3: Cheminements des pièces

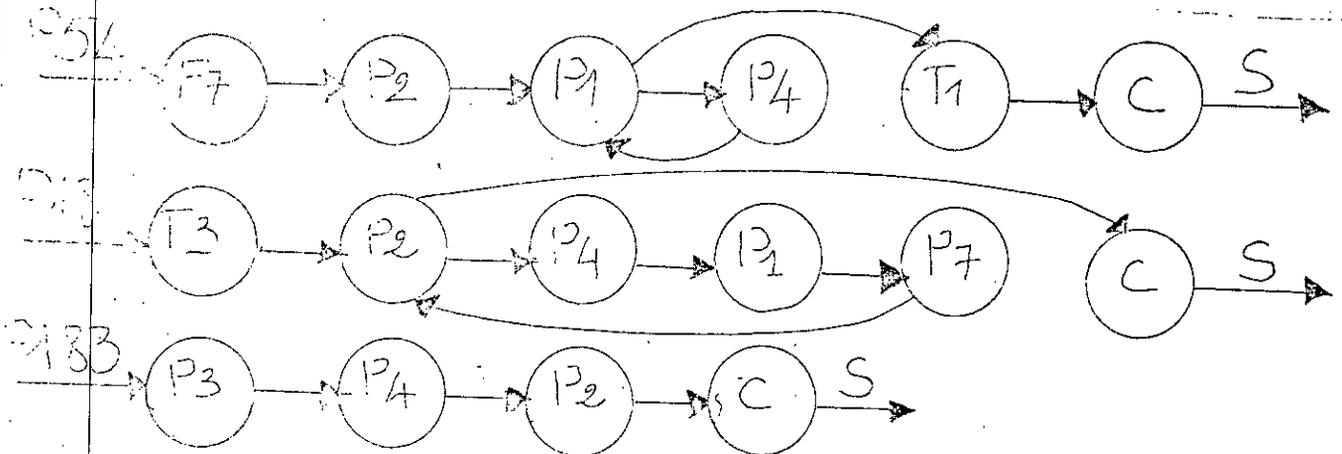


Figure 6-6-4 Cheminement des pièces

Nous avons ainsi démontré que cette réalité des pannes amoindrit dans une large mesure la productivité du système puisqu'elle concourt à créer des goulots d'étranglement (voir les tableaux 6-5 et 6-6); par conséquent provoque une baisse de la production (192 contre 180).

6-3 Simulation de scénarios de fonctionnement et analyse des résultats

6-3-1 Variation de la charge de production

Dans un premier temps, il serait très intéressant d'observer la réaction du système face à une variation de la demande soit dans le

sens de la baisse ou de celle la hausse. Nous supposerons évidemment que les ressources de l'atelier qu'elles soient humaines ou matérielles sont maintenues. En simulant une variation de la charge du système, il nous est possible de détecter les problèmes potentiels reliés à de telles variations.

Des séries d'exécutions ont été faites en faisant varier la charge de production, c'est à dire, (en lançant) en production entre 20% et 140% du niveau actuel (correspondant à 100%).

Le tableau 6-3 résume les résultats de cette variation.

% de la charge normale	Inventaire moyen en (lots)	Temps de passage moyen en jours	Production annuelle moyenne en (lots)
20	.35	22	80
40	1.75	37	148
80	24.21	183	168
100	40	233	180
120	55.23	259	176
140	62	278	8

Tableau 6-3 Performance du système en fonction de la variation du pourcentage de la charge normale

Les graphiques des figures 6-3-a, 6-3-b et 6-3-c illustrent l'évolution des performances de l'atelier en fonction de la charge de production.

INVENTAIRE MOYEN

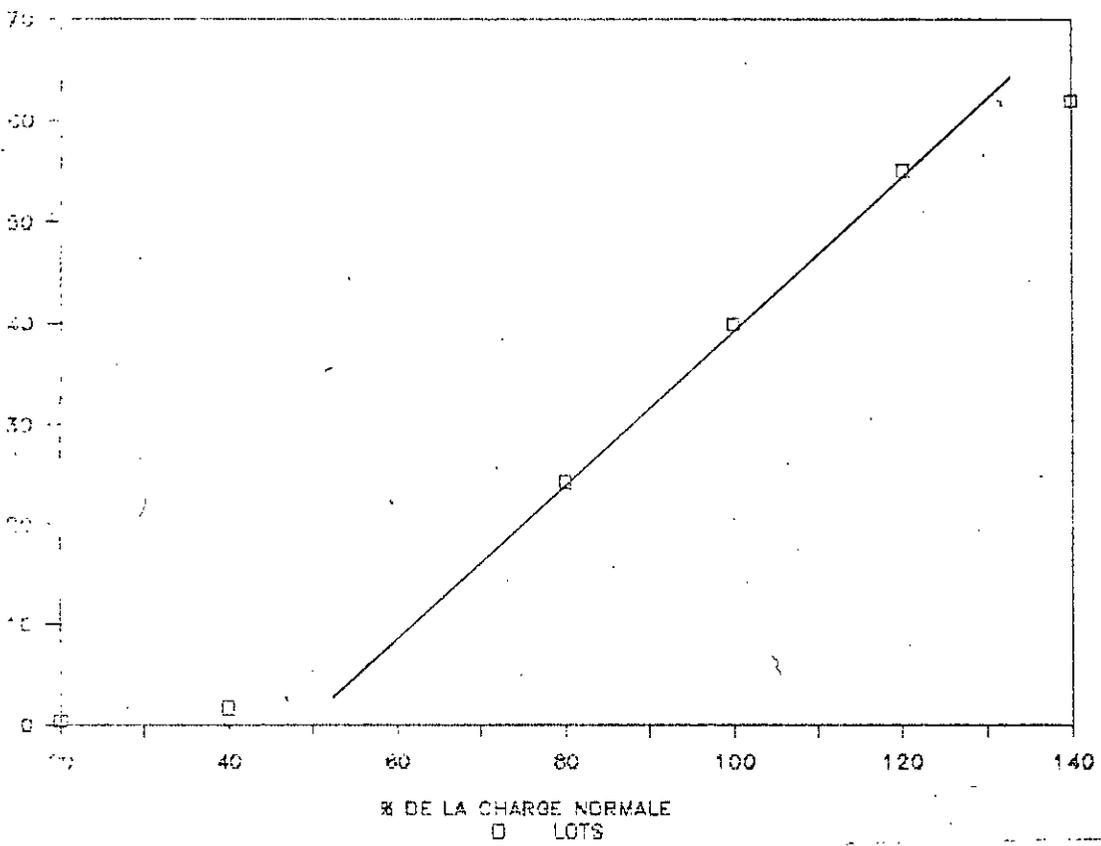


Figure 6-3-a: Inventaire moyen en fonction du pourcentage de la charge de production normale

DUREE DE PASSAGE EN JOURS

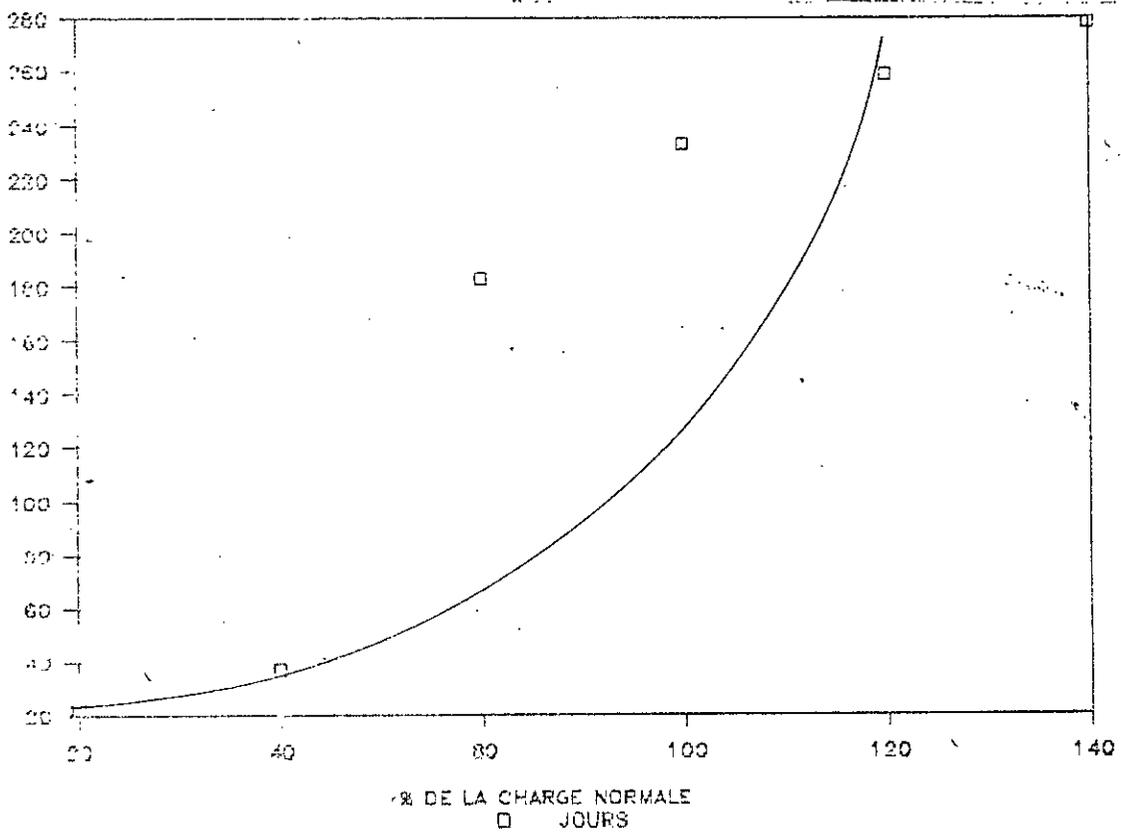


Figure 6-3-b: Temps de passage en fonction du pourcentage de la charge de production normale

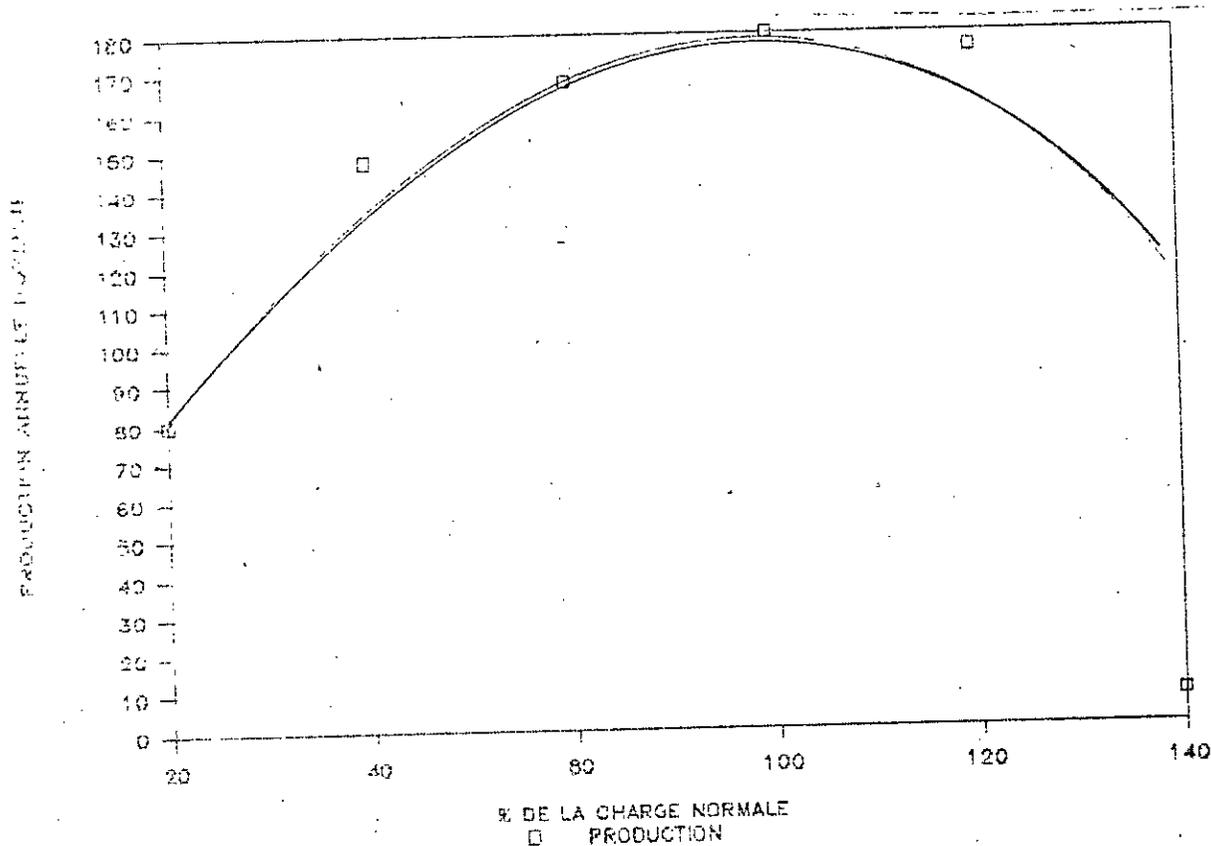


Figure 6-3-c: Production annuelle moyenne des pièces en fonction du pourcentage de la charge de production normale

Il est évident, lorsque l'on étudie la figure 6-3-a, que le niveau d'inventaire moyen augmente, face à l'accroissement de la charge de production.

Cette augmentation semble être linéaire, le système n'est plus en mesure de répondre à la demande. Les pièces restent donc plus longtemps dans l'atelier, ce qui provoque une hausse de l'inventaire. L'augmentation du temps de passage moyen des pièces dans l'atelier est confirmé par le graphique figure 6-3-b.

Cette augmentation semble être de plus en plus grande, à mesure que décroît la charge de production. Apparemment, le système devient saturé lorsque celle-ci atteint 100% c'est à partir de ce niveau que le temps de passage croît plus rapidement.

Le graphique 6-3-c, qui représente l'évolution de la production annuelle des pièces, est encore plus révélateur; on y remarque que le système produit toujours plus de pièces jusqu'à un point où la production décroîtra. Le système est complètement congestionné lorsque la charge de production atteint le niveau 100%.

Pour permettre la décongestion du système de production il faudra donc s'intéresser à l'organisation de l'atelier.

6-3-2 Réorganisation de l'atelier

6-3-2-1- Investissement en équipements

Généralement lorsqu'il s'agit de répondre à un impératif de décongestion du système de production, on songe à augmenter les capacités du système et ce en ayant recours à des investissements au niveau des goulots d'étranglement. Ayant, dans une étape antérieure identifié les fraiseuses F4, F6, F7 comme étant les goulots nous avons ajouté à chacune d'elles un poste de travail. En observant alors les quantités produites (voir tableau 6-4) nous nous apercevons que le niveau de production s'accroît uniquement lorsque nous intervenons au niveau de la fraiseuse F6.

Stations	Production annuelle moyenne (lots)
F ₇ + 1	186
F ₄ + 1	187
T ₃ + 1	188
T ₂ + 1	195
F ₁ + 1	200
F ₅ + 1	202

Tableau 6-4. Investissement en équipements

6-3-2-2- Rétablissement de la méthode d'ordonnement

A l'heure actuelle, le service ordonnancement du complexe C.V.I. pratique la politique du premier arrivé, premier servi. La question que l'on se pose alors est: est-ce que la discipline de service (FIFO) est la plus appropriée pour l'ordonnement de la production au sein de l'atelier FERRURES?

Le logiciel de simulation MAP1 offre la possibilité de tester d'autres règles de priorité parmi lesquelles nous avons choisi la règle "RANKING,,DUEDATE". C'est une règle de mise en rang de sorte que les pièces dans l'encours précédant le poste de travail soient ordonnées en fonction du moment auquel il est prévu qu'elles finissent de subir les opérations du processus. Ceci revient à accorder la priorité aux pièces qui sont attendues en premier (voir tableau 6-5).

Temps de passage moyen dans l'atelier en jours	Inventaire moyen en lots	Production annuelle moyenne en lots
190	28	202

Tableau 6-5 Performance du système avec politique
d'ordonnement "ranking-due date"

Cette nouvelle discipline permet d'élever le niveau de la production à 202 lots. Cette quantité atteindra 207 lots si la nouvelle politique d'ordonnement était accompagnée par un investissement en fraiseuse F6.

3-2-3- Réexamen de la politique de maintenance

Nous ne visons pas ici une étude approfondie de la politique de maintenance. Nous désirons juste mesurer l'impact qui découlerait d'un réexamen de cette dernière. Qu'advierait, par exemple le volume de production si on réduisait la fréquence des pannes de moitié; conjointement à l'investissement et à la nouvelle politique d'ordonnement.

La simulation de ce scénario a abouti aux résultats suivants:

TOTAL SYSTEM

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT. OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	220.23	117.67	36.48	624.00	207	4.98
TRAVELING TIME	0.53	0.17	0.20	0.80	207	0.01
TOTAL WAIT TIME	4201.95	2186.55	44.00	11976.41	207	
QUEL WAIT TIME	4201.76	2186.39	44.00	11976.41	207	95.99
TRAN. WAIT TIME	0.19	1.23	0.00	8.00	207	0.00
TIME IN SYSTEM	4422.71	2263.26	135.39	12457.27	207	100.00
TIME BWT DEPART	14.43	15.22	0.00	85.55	206	
EARLY TIME	424.86	191.10	166.01	835.30	20	
LATE TIME	3391.77	1229.87	48.42	5365.27	187	

Tableau 6-6 Résultats de la simulation après changements

Il est donc évident qu'une meilleure politique de maintenance améliore de beaucoup les performances du système. L'impératif qui s'impose est donc de renforcer l'équipe de maintenance et de mener une étude sérieuse pour décider de la politique à adopter (soit une maintenance préventive, curative, ou conditionnelle).

Pour conclure, il nous serait aisé de constater que l'adoption de scénarios sus-cités octroie au C V I de nouvelles capacités de production. Il suffit pour cela d'étudier de nouveau le comportement du système en cas de variation de la charge de travail. Les résultats obtenus sont consignés au tableau 6-7.

% de la charge normale	Inventaire moyen en (lots)	Temps de passage moyen en heures	Production annuelle moyenne en (lots)
20	.23	443.39	80
40	.62	489.49	161
60	4.60	1482.88	206
80	15.59	3054.04	211
100	25.61	4456.74	214
120	37.77	5370.75	230
140	49.93	5962.75	227

Tableau 6-7 Performance du systeme en fonction de la variation du pourcentage de la charge normale

Afin de les analyser, nous avons représenté pour chacun des critères de mesure, sur un même graphe, les données du systèmes initial et modifié: (voir figures 6-7-a, 6-7-b et 6-7-c)

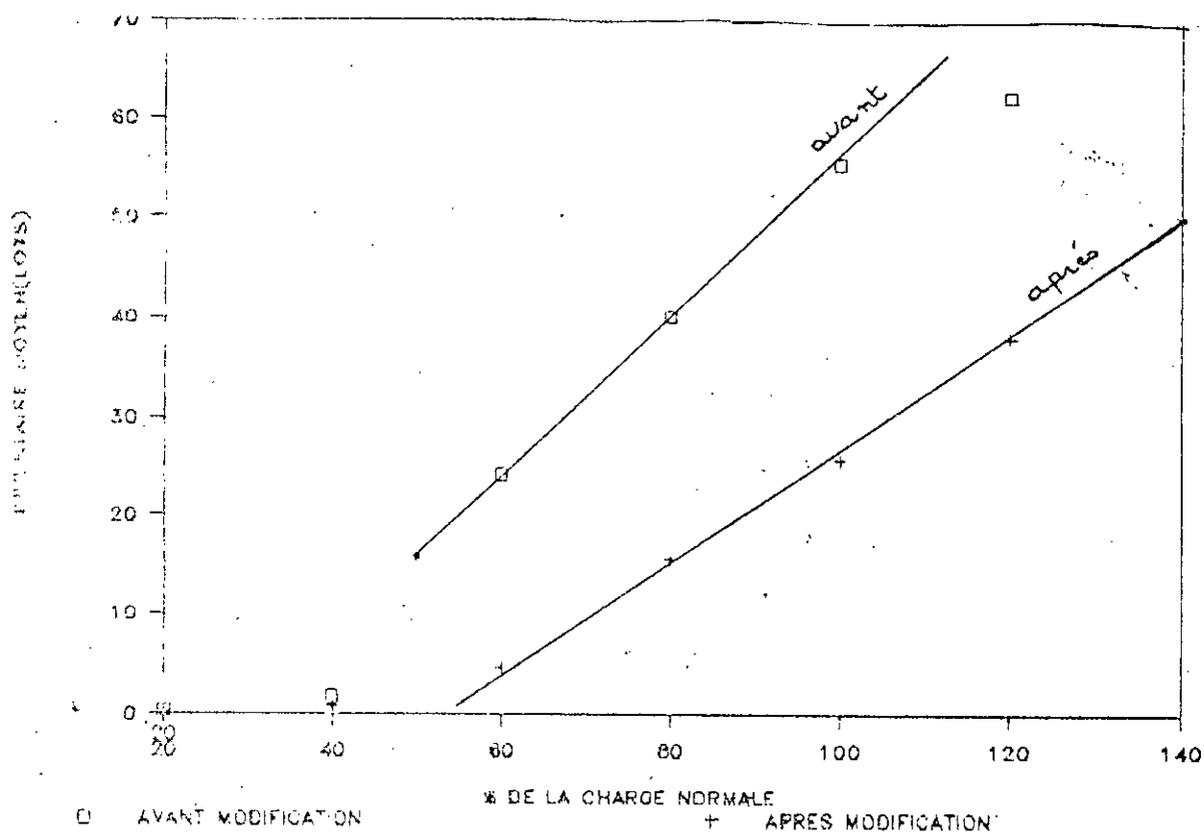


Figure 6-3-e: Comparaison du niveau d'inventaire avant et après modification

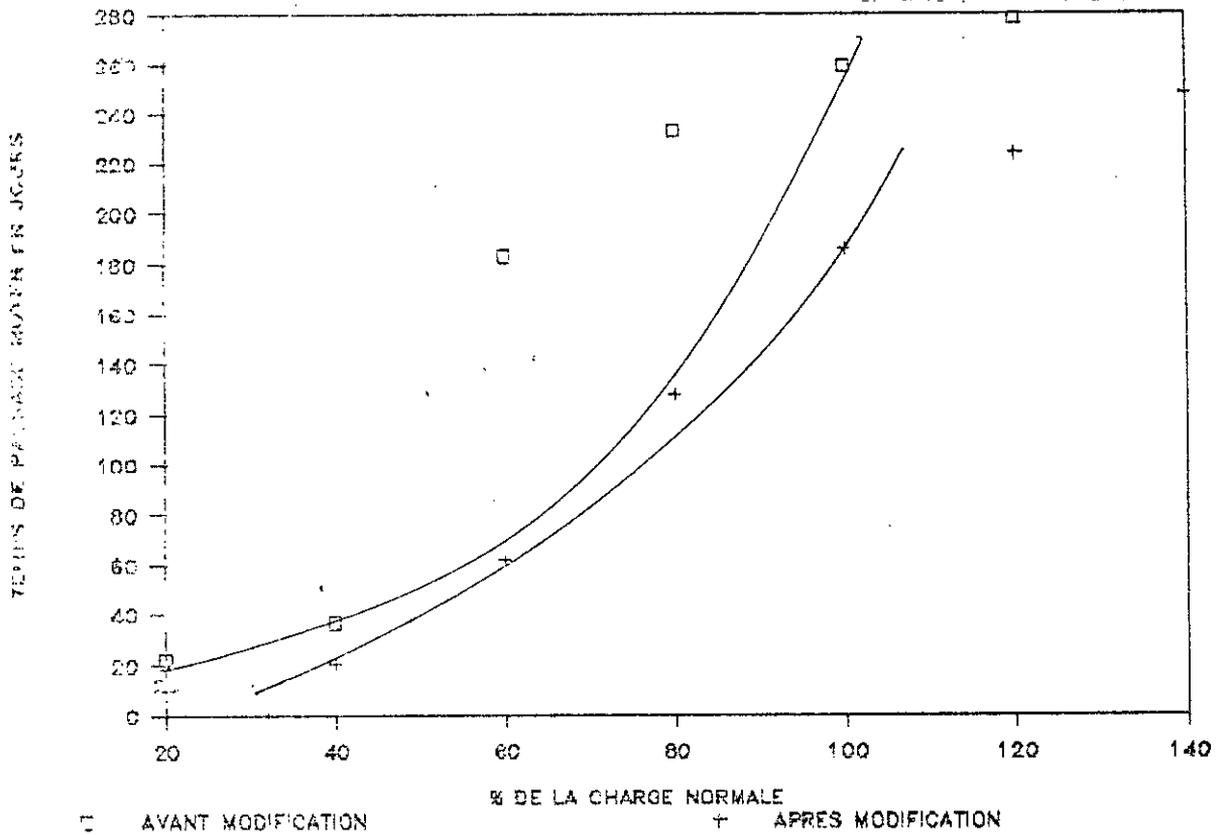


Figure 6-3-e: Comparaison du temps de passage dans l'usine avant et après modification

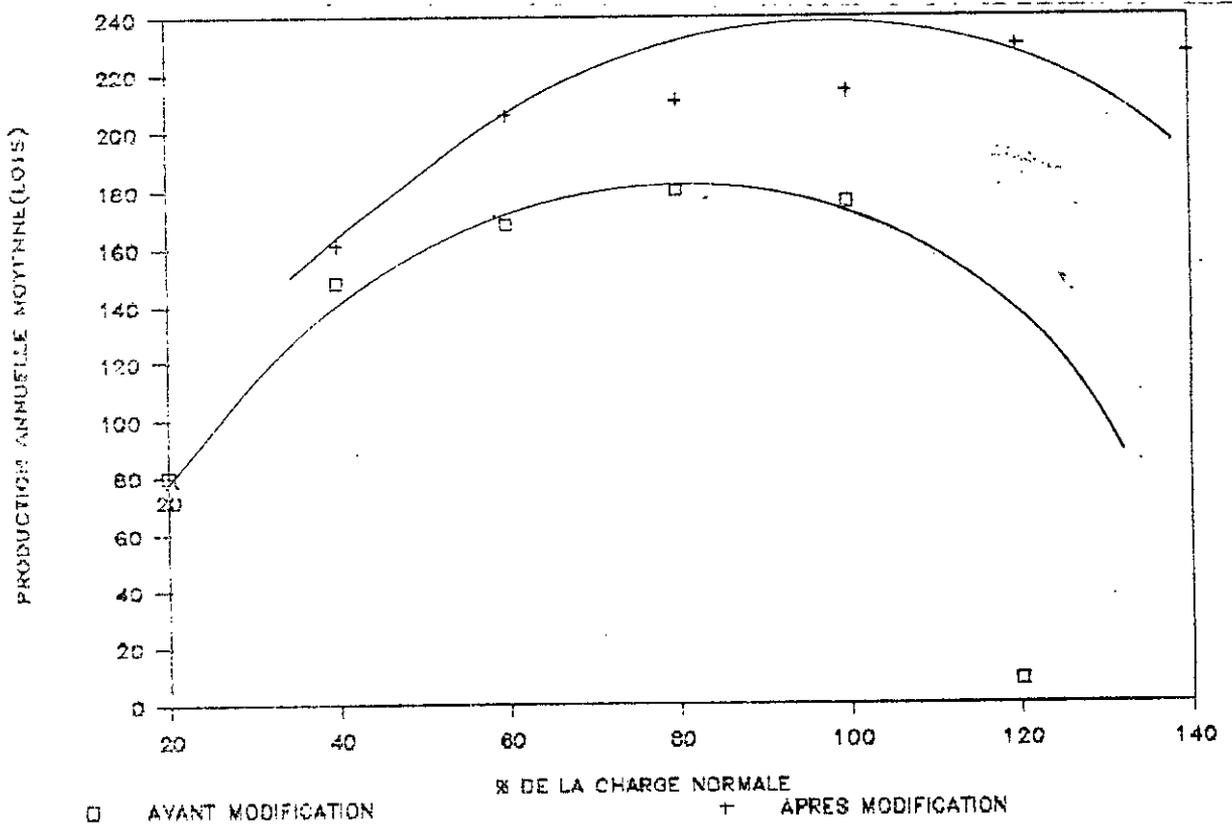


Tableau 6-3-f: Comparaison de la production avant et après modification

D'après ces trois courbes on peut constater que tout aussi bien le niveau d'inventaire que le temps de passage ont diminué. Par ailleurs la production a augmenté.

6-4 Conclusion

A l'issue de la simulation du système actuel, nous avons mis en évidence des goulots d'étranglement. Nous avons ensuite testé sa sensibilité à la variation de la demande pour constater que la configuration actuelle de l'atelier occasionne une congestion totale du système.

Il s'agira donc pour la simulation de quantifier les conséquences qu'impliquerait:

- Un nouvel investissement
- Un rétablissement de la politique d'ordonancement
- Un réexamen de la politique de maintenance

Nous nous sommes assurés après simulation des scénarios envisagés que les capacités de l'atelier en termes de nombre de lots produits s'accroissent d'une manière appréciable et qu'en outre les problèmes d'attente qui affectent considérablement le rendement de l'atelier s'atténuent.

Finalement la simulation révèle aux gestionnaires qu'en agissant simultanément sur les investissements, l'ordonancement et les pannes, il leur est possible de répondre à une augmentation du volume de production de l'ordre de 20%.

Conclusion et recommandations

Conclusion

A la base du présent travail reposait l'idée que la simulation par ordinateur d'un système manufacturier pourrait être de plus en plus employée par les entreprises algériennes désireuses de mieux connaître le comportement de leurs systèmes de production.

L'application d'une méthodologie précise a grandement contribué à la réussite de ce projet. La construction d'un modèle de simulation est une tâche qui doit être effectuée avec soin si l'on veut que l'outil créé puisse être utilisable. Parmi les dix étapes de la démarche, trois d'entre elles se sont avérées plus importantes que les autres:

- La définition des objectifs,
- La collecte des données,
- La validation du modèle.

La définition des objectifs du modèle de simulation permet d'orienter le projet dans la bonne direction et de concentrer les efforts de tous les intervenants sur les sujets que l'on veut vraiment étudier.

Notre objectif était donc de réaliser une expérience de simulation au sein de l'atelier "FERRURES" situé dans le centre mécanique du Complexe de Véhicules Industriels de Rouiba pour y analyser les phénomènes d'attente responsables d'une baisse de la production et suggérer aux gestionnaires des solutions envisageables.

Pour la concrétisation de nos travaux nous avons choisi d'utiliser le logiciel de simulation MAP1 fonctionnant sur gros systèmes et destiné aux systèmes de fabrication par lots.

Comme étape préalable à la base de conception de modèle, nous nous sommes attelés à la tâche de collecte de données. Cette étape est cruciale car l'introduction de données erronées ou incomplètes entraîne l'utilisation d'un modèle non valable ne reflétant nullement le fonctionnement de l'atelier. Cela étant, en ce qui nous concerne, les limites du logiciel nous imposaient un nombre maximum de 40 références à introduire dans le système, qu'il nous fallait impérativement sélectionner comme étant les plus représentatives de l'ensemble des 207 types de pièces produites dans l'atelier.

Nous avons, par la suite, abordé l'écriture du programme en tenant compte de certaines hypothèses de travail relatives entre autres à la discipline de service, au temps de séjour au niveau du poste de travail, à la distribution des pannes, ...etc. Après vérification et établissement du régime permanent, il s'agissait pour nous de valider le modèle. L'étape de la validation permet à l'utilisateur de vérifier que le modèle est une représentation fidèle du système de production étudié. Pour cela, nous avons considéré deux cas de figures selon qu'il y ait sous-traitance (situation de l'atelier en 1988) ou pas.

La comparaison de la simulation et du réel s'est établie sur la base de la quantité produite et des taux de pannes. Après s'être assurés de la validité et de la stabilité du modèle nous sommes passés à une étape non moins importante que les précédentes à savoir l'analyse des outputs après plusieurs séries d'exécutions effectuées avec le modèle validé. Nous avons donc identifié les goulots d'étranglement de l'atelier "FERRURES". Pour répondre à ces problèmes, nous avons proposé des scénarios de changement de politique d'ordonnancement, d'investissement ou de révision de la politique de maintenance dans l'atelier.

Nous avons simulé les différentes propositions pour montrer leur apport en terme de production dans l'atelier et quantifier les gains qui en résultent.

Au terme de ce travail, nous sommes à même d'émettre un certain nombre de suggestions concernant son application et les perspectives futures de son développement.

Recommandations

Dans ce cadre, nous proposons aux gestionnaires de la production C V I:

- D'étudier sérieusement les propositions d'investissement de changement de politique d'ordonnancement et de réexaminer la fonction maintenance et ce pour réduire la taille des en-cours.

- De se pencher avec le maximum d'intérêt sur la constitution et mise à jour d'une base de données (nomenclatures et gammes opératoires) dans laquelle figureraient des informations détaillées concernant le système de production globalement ou les pièces et machines en particulier. L'exploitation de renseignements tels que les mouvements des pièces serait très profitable pour l'entreprise.

- D'opter pour la généralisation de MAP1 ou d'un autre langage de simulation approprié aux autres ateliers, qui leur permettra non seulement de connaître parfaitement leur système de production, de mieux en cerner ses limites mais aussi de prévoir son comportement futur vis à vis des éventuels changements qui y opèrent.

- De combiner la simulation et un système expert et ce, afin de développer des systèmes intégrés de décision aidant les gestionnaires, dans toutes les étapes du processus de décision pour aboutir à des recommandations concernant la résolution de problèmes concrets de gestion.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Altiock, T.F., "Approximate analysis exponential tandem queues with blocking", Journal of operations research(1984).
- [2] Banks, J. and Carson, J.S., "Discrete Event System Simulation " , Prentice-Hall International Series in Industrial and systems Engineering(1980):
- [3] Basket, et Palacios., "Processor sharing in a central servers queueing model of Muliprogramming with application", N.J(1972).
- [4] Buzacott, J.A, and Cheng, D.W.H., "Quality Modeling of Assembly Systems". Proceeding of the Winter Simulation Conference(1984).
- [5] Buzacott, J., and Shanthikumar, J., "An Approximate Queueing models of Dynamic Job Shop", Département de recherche opératinnelle, Syracuse University, N.Y(1981).
- [6] Caseau, P. and G. Pujolle." Throughput CAPacity of a Sequence of Queues with Blocking due to Finite Waiting Room" IEEE Trans. Soft. Engineering(1979).
- [7] Chandy, K.M and, Sauer, C.H " Approximate Methods for Analysing Queueing Network Models of Computing Systems," Computers Surveys(1978).
- [8] Conway. M.R.W.. William., "Theory of schedulling reading", Mason, Edition Wesley(1967).
- [9] Cox, D.R. and Miller, H.D., "The Theory of Stochastic Processes " , Wiley, N.Y(1985).
- [10] Diesch, Kurt H. and Malstron, Eric M., "Physical Modeling of Flexible Manufacturing Systems", Proceeding of the Fall Industrial Engineering(1984).

- [11] Fredericks, A.A. " Congestion in Blocking Systems-A simple Approximations technique." The Bell System Technical Journal (1980).
- [12] Gelembé, E. and G. Pujolle. "The Behavior of a single Queue in a General Queueing Network," ACTA INF(1976).
- [13] Charbi, A., "Simulation interactive des activités manufacturières", mémoire de maîtrise Ecole polytechnique de Montréal(1988).
- [14] Charbi, A., "Cours de simulation ", Ecole polytechnique de Montréal(1989).
- [15] Halachimi, B. and W.R. Franta ."A diffusion Approximation Solution to the G/G/k Queueing System," Computers and Operations Research(1977).
- [16] Hillier, F.S. and Boling, R.W. "Finite Queues in Series with Exponential or Erlang Service Times-A Numerical Approach," Operation Research (1977).
- [17] Jackson, J.P., "Networks of Waiting Lines", Operations research (1957).
- [18] Kelton D.W., " Input data collection and analysis ", Proceeding. winter simulation", conference, IEEE, N.Y(1983).
- [19] Kerbache, L., and MacGregor Smith., " Asymptotic Behaviour of the expansion Method for open Finite Queueing Networks", Département of Industrial Engineering and Operations of Massachussetts (1986).
- [20] Kerbache, L., and MacGregor Smith., " The generalized expansion method for open finite queueing networks", Shool of Engineering, University of Massachussetts, Amrherst, M.A (1987).

- [21] Kerbache, L., " An open queuing network model for material handling system analysis", Département de Genie Industriel et de la recherche opérationelle , université de Massachussett, Amherst(1986).
- [22] Khintchine, A.Y.A., " Mathematical method in the theory of Queues", Hafner, N.Y(1969).
- [23] Kuehn, P.J. "Approximate Analysis of General Network by Decomposition," IEEE Trans. on Commun(1979).
- [24] Kobayashi, H., " Application of the diffusion approximation to queueing networks: equilibrium queue distributions", Journal of the ACM(1974).
- [25] Labetoulle, J., and Pujolle, G., " Isolation method in a networks of queues ", IEEE Transactions on software engineering(1980).
- [26] Law, A.M., " Introduction to simulation: A powerful tool for analyzing complex manufacturing systems", University of Arizona, Industrial Engineering(1986).
- [27] Law, A. and Kelton.D., "Simulation modeling analysys", MC Graw Hill, N.Y (1982).
- [28] Marx, J.L. et Thibault.A., "Clefs pour lotus 1-2-3", Editions P.SI, Paris(1988).
- [29] Newell, G.F., " Approximate Behavior of Tandem Queues", Springer-Verlag. Berlin(1980).
- [30] Pujolle, G.and E. Gelembel., " The behavior of a single queue in a general queueing networks," ACTA INF (1976).

- [31] Fajolle, G et E. Gelembé, " Introduction aux réseaux de files d'attente", Editions Eyrolles Paris(1985).
- [32] Pritsker, A.A.B. , " Manufacturing Analysis Program using simulation MAP1 ", Laurie.J. Rolston & Robin .J. Miner Indiana(1986).
- [33] Pritsker, A.A.B., "Introduction to simulation and SLAMII ", 3rd Edition, John Wiley & sons, N.Y(1986).
- [34] Reiser, M; and H. Kobayashi." Accuracy of the diffusion Approximation for some Queueing Systems." IBM J. Res.(1974).
- [35] Riopel, D," Ingénierie du produit ", Département de génie industriel Ecole polytechnique de Montréal(1989).
- [36] Rochette, R, "Notes de cours, simulation ", Université du Quebec à trois rivières(1985).
- [37] Shanon, R.E., "Simulation: an overview ", Proceeding winter simulation conference ", IEEE, N.Y(1983).
- [38] Smith, J.M., and Bouanaka, B., "Queueing networks decomposition in facilities planning", Computers and operational resarch, 12(1), 1-16, (1985).
- [39] Takahashi, Y. Miyahara, H., and Hasegawa,T., "An approximation method for open restricted queueing networks", Operations research 28(3), PARTI, (1980).
- [40] Tison, A., "Stratégie manufacturière à l'aide de la simulation par ordinateur ", Mémoire de maîtrise, école polytechnique de Montréal(1986).

- [41] Villeneuve, L. and Tison, A., "Experience pratique et analyse des résultats ", Ecole polytechnique de Montréal(1989).
- [42] Villeneuve, L., "Guide de l'utilisateur de MAP1, traduction du texte de pritsker et Associates, Inc", Ecole polytechnique de Montréal(1989).
- [43] Whitt, W., " Approximations for networks of queues: A simple two parameter linear algorithm", Bell laboratories Holmdel, N.J(1982).

ANNEXE 2-1: Définition des lois de distribution statistique:

a- la loi exponentielle(M):

La distribution exponentielle est couramment utilisée pour représenter les durées des activités, elle a la possibilité d'être complète dans n'importe quel intervalle de temps. De cette façon, si une activité s'est poursuivie pour plus que t unités de temps, alors la probabilité que celle-ci se terminera dans la prochaine période de t unités de temps est la même que si l'activité venait juste de débuter. C'est ce qui est défini par propriété Markovienne de l'exponentielle ou sans mémoire.

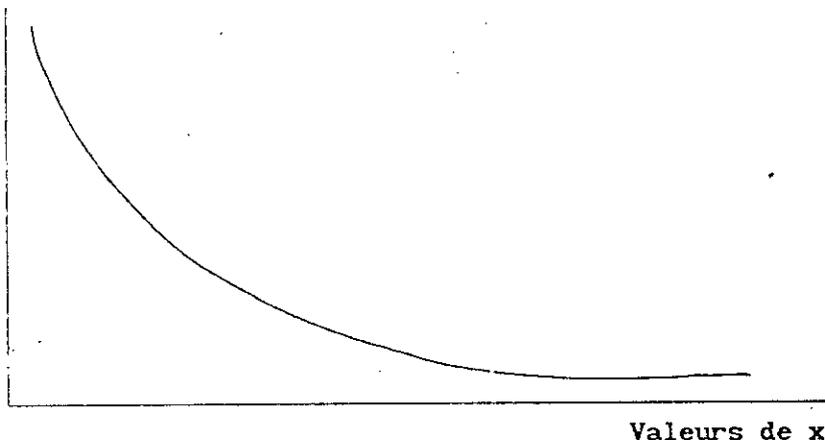
La seule donnée nécessaire pour caractériser une distribution exponentielle est la moyenne \bar{x} telle que:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

où $\sum x_i$ est la somme de toutes les valeurs de données et n le nombre de valeurs de données.

Une distribution exponentielle peut être représentée de la sorte:

Fonction de
densité
exponentielle



b-loi de Poisson:

La loi de poisson est une loi importante, elle intervient dans de nombreux phénomènes.

Soit λ un nombre réel positif ou nul, on dit qu'une variable aléatoire x suit la loi de poisson de paramètre λ si elle prend des valeurs entières ≥ 0 et les probabilités d'avoir n clients dans une station est définie par la formule:

$$P(x=n) = \frac{\lambda^n e^{-\lambda}}{n!}$$

$$n \in \mathbb{N}$$

c-LOI d'ERLANG:

La distribution d'Erlang est notée par E_k telle que:

k décrit le nombre de phase, k est un entier positif.

Si $k=1$ elle se réduit à la loi exponentielle

$k=\infty$ c'est un modèle déterministe

on définit par μ le paramètre de distribution:

$$\lambda = k \times \mu$$

d-LOI générale:

Une arrive (depart) suit une loi de distribution générale quand les clients arrivent (partent) une station de service d'une manière tout fait quelconque.

e- LOI générale indépendante:

Les arrivées (départs) des clients à une station sont indépendantes entre elles.

e-loi constante:

Une arrivée (départ) suit une loi de distribution constante, quand les clients arrivent (partent) à une station de service d'une manière déterministe.

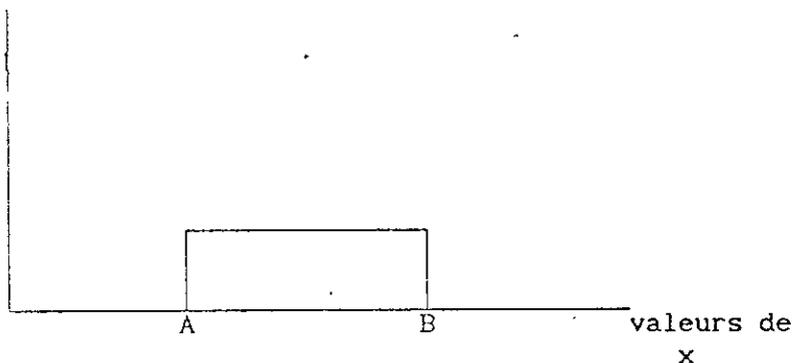
e- Loi uniforme:

C'est une fonction où la probabilité qu'une valeur se retrouve entre une valeur minimum et une valeur maximum est inversement proportionnelle à la longueur de l'intervalle.

Si la valeur minimum de la fonction est A et la valeur maximum est B alors, toutes les valeurs à l'intérieur des intervalles seront également probables et la fonction de probabilité est donnée par:

fonction de
densité
uniforme

$$\frac{1}{B-A}$$



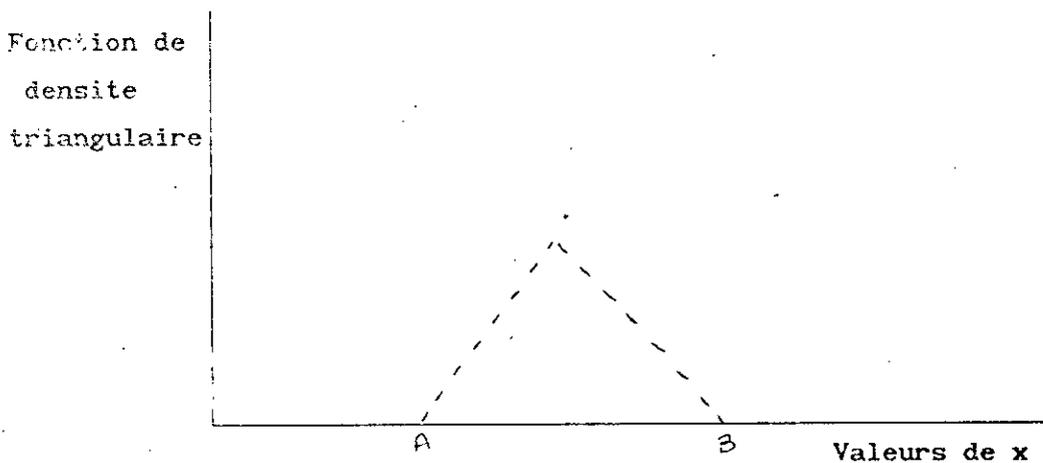
La distribution uniforme est souvent utilisée lorsque peu de données sont connues et que les seules qui soient disponibles sont effectivement les valeurs minimum et maximum.

f-la distribution triangulaire:

C'est une distribution qui peut être utilisée pour caractériser les durées d'activités si la valeur la plus vraisemblable de la fonction est connue de même que les valeurs maximum et minimum. Si pour la variable x , la valeur minimum est A , la valeur maximum B et la valeur la plus vraisemblable est M , alors la fonction pour x lorsque x est plus petit que M sera:

$$\frac{2(B-x)}{(B-M)(B-A)}$$

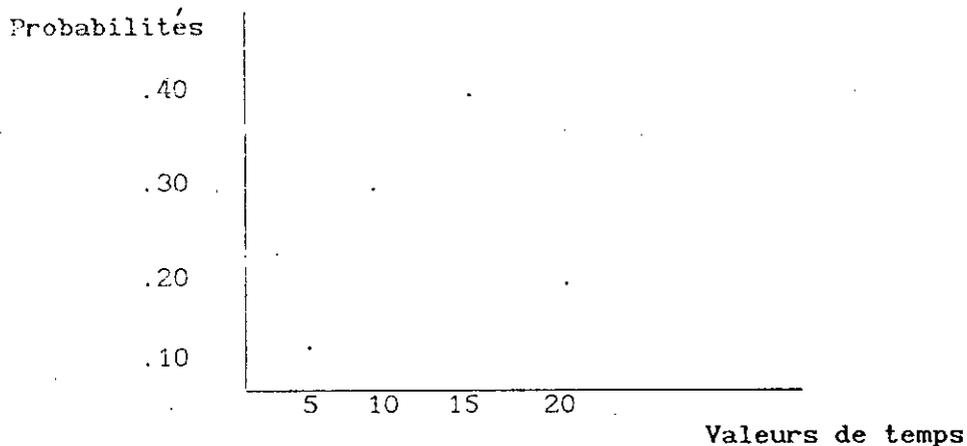
La distribution statistique triangulaire peut être représentée graphiquement de la sorte:



ANNEXE 3-1: Distribution statistique conue par l'utilisateur

Elle consiste en des paires de valeurs de temps et de probabilité qui leur sont associées qui définissent une fonction de masse des probabilités.

Exemple: Soit la distribution suivante



Cette distribution définit une valeur de temps possédant une probabilité de 10% d'être égale à 5, une probabilité de 30% d'être égale à 10, une de 40% d'être égale à 15, et 20% de probabilité d'être égale à 20.

Le format pour spécifier une distribution définie par l'utilisateur est le suivant:

UPROB(nombre des premiere, probabilite , seconde, probabilite ,.....)
valeurs de temps de valeur de la premiere valeur de la seconde valeur

Les distributions ci-dessus seraient spécifiées comme:

```
UPROB(4, 5.0, .10, 10.0, .30, 15.0, .40, 20.0, .20)
```

Il est possible de spécifier jusqu'à 20 valeurs pour une distribution uprob. Ces valeurs de temps peuvent être des constantes ou des distributions statistiques.

PIECES PASSANT PAR UNE MACHINE

Part	NO	N	M17			M12			M21			M14			M13		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	TR	Top	Q/A	TR	Top
163569	30	2	1950	30	1.00												
709972	10	1	400	60	0.50												
5810579	20	2	3730	60	1.10												
5251424	10	1	400	60	2.00												
701005	15	1	210	30	0.50												
160573	20	2		1750	30	1.7											
160973	25	2		1750	30	2.85											
689971	10	2		1200	60	3.3											
5010008	15	6		1950	60	2											
672112	10	2						400	60	3.5							
5000715734	30	6						800	120	6.3							
720360	10	2									300	30	1.25				
758554	10	6												1600	30	3.05	

Part	NO	N	M19			M16			M11			M7					
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top			
750417	5	11	1000	180	0.9												
5000130	10	6	1750	180	2.5												
9201300	10	2		6400	60	1.8											
1000052	5	6						1950	180	2.7							
5000000	5	2						7800	180	1.95							
5010002	10	6									1950	120	3.75				

Part	NO	N	M22			M16		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
1000524	50	6	200	120	3			
702100	5	2		1600	60	2.8		

PIECES PASSANT PAR DEUX MACHINES

Part	NO	N	M12			M4		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
	163456	10	2	1900	30	3.6		
	163456	15	2	1900	30	1.7		
	162456	20	2	1900	30	1.7		
	163406	30	2				1900	20 0.9
	163604	10	2	1000	30	0.69		
	163604	15	2	1000	30	3.6		
	163604	20	2	1000	30	1.7		
	163604	30	2				1000	20 1.1
	189749	5	1	800	60	2		
	139749	10	1				800	30 1
	5000655213	10	1	1000	30	2.6		
	5000-55213	15	1	1000	30	1.05		
	5000655213	20	1	1000	60	2		
	5000655213	25	1	1000	60	1.4		
	5000655213	35	1				1000	15 0.62

Part	NO	N	M13			M14		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
	163600	10	1	1950	60	2.85		
	163600	20	1				1950	60 1.6

Part	NO	N	M13			M2		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
	163631	10	2	1000	60	2.1		
	163631	15	2				1000	360 4.9
	163631	15	2				1000	180 4.9
	163631	20	2	1000	60	2.7		
	163631	25	2	1000	60	1.8		

Part	NO	N	M13			M15		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
	482156	5	6	2000	60	5.25		
	482156	10	6				2000	30 2.8

Part	NO	N	M12			M13		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
	406542	10	6				2400	60 14.5
	406542	15	6	2400	60	4.3		

Part	NO	N	M16			M13		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
	9360271	10	6	4000	30	2		
	9360271	15	6				4000	60 3.8
	9360271	5	1	1200	60	1.75		
	9360271	10	1				1200	60 2
	9360272	5	1	1200	60	1.75		
	9360272	10	1				1200	60 2

Part	NO	N	M13			M16		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
	190697	15	1	1000	60	4.5		
	190697	20	1				1000	60 2
	190697	25	1				1000	60 1.7
	482176	10	2	800	30	2.5		
	482176	15	2				800	30 1.5
	707770	10	5	1600	60	3.15		

Part	M1			M13				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
599390	5	2	2000	120	6			
599390	10	2				2000	60	3.2
599391	10	2	2000	120	2.4			
599391	15	2	2000	120	3.5			
599391	20	2	2000	120	3.25			
599391	25	2				2000	60	4.5
617458	5	2	1800	180	2.3			
617458	10	2				1800	60	2.85

Part	M1			M12				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
643492	10	2				1800	60	2
643492	20	2	1800	180	2.5			
672692	10	1	400	120	7.05			
672692	20	1				400	60	3.6
672692	25	1				400	30	1.4
744213	10	2	400	120	3.2			
744213	15	2				400	60	3.3
744215	10	2	400	120	3.2			
744215	15	2				400	60	3.3

Part	M16			M12				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
662441	5	2	2600	30	1.35			
662441	10	2				2600	60	1.2
731029	10	1	200	30	1.05			

731029 15 1 200 60 6.1

Part	M15			M12				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
672787	5	1	400	60	1.8			
672787	10	1				400	60	1
672788	5	1	400	60	1.8			
672788	10	1				400	60	1.2

Part	M13			M21				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
673809	15	2	800	60	2			
673809	20	2				800	30	3.7
679055	10	2				200	120	33
679055	15	2	200	60	10			
679055	20	2	200	30	2.2			

Part	M11			M9				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
680421	5	2	5300	120	1.1			
680421	20	2				5300	120	0.9

Part M12 M21

NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
694220	10	2	400	60	1.6		
694220	15	2				400	60 7.2

Part	M7			M4		
	NO	N	Q/A Tr Top	Q/A	Tr	Top
733049	15	1	400 120 2.5			
733049	20	1		400	60	1
733050	15	1	400 120 2.5			
733050	20	1		400	30	1

Part	M8			M12		
	NO	N	Q/A Tr Top	Q/A	Tr	Top
742316	10	2	1600 120 2.3			
742316	15	6	1600 120 2.3			
742316	20	6		600	60	2.1
743916	5	6	400 120 1.4			
743916	10	6		400	60	2

Part	M11			M13		
	NO	N	Q/A Tr Top	Q/A	Tr	Top
699227	5	1	400 120 2.2			
699227	10	1	400 120 2.2			
699227	15	1		200	60	2.3
744237	5	6	400 120 2.6			
744237	10	6		400	60	7
744237	15	6		400	60	0.7
744237	20	6		400	120	1.4
5010024	5	2		3500	90	1.05
5010024	15	2		3500	30	1.5

Part	M11			M15		
	NO	N	Q/A Tr Top	Q/A	TR	Top
707598	5	6	800 30 1.6			
707598	10	6	800 30 1.6			
707598	15	6	800 30 1.3			
707598	20	6	800 30 1.3			
707598	25	6		800	60	4
744323	5	2	400 120 3			
744323	10	2		400	60	1.6

Part	M5			M15		
	NO	N	Q/A Tr Top	Q/A	TR	Top
744384	10	1	800 90 1.35			
744384	15	2		200	60	2.5
744384	20	2		200	60	3

Part	M11			M21		
	NO	N	Q/A Tr Top	Q/A	Tr	Top
744395	5	6	800 120 2.35			
744395	10	6		800	120	12.5
744397	5	6	800 120 1.4			
744397	10	6		800	120	12.5

Part	M1			M5		
	NO	N	Q/A Tr Top	Q/A	Tr	Top
744398	5	1		400	120	1.6
744398	10	1	800 180 1.95			

Part	M2			M21		
	NO	N	Q/A Tr Top	Q/A	Tr	Top
744503	5	6	200 120 10			
744503	6	6	200 120 18			
744503	6	6	200 90 5			
744503	45	6	200 120 10			

744503 50 6 200 90 5
 744503 55 6 200 120 19

744503 60 6 200 120 4

Part	M2			M15				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
744566	5	6	300	120	1.8			
744566	6	6	300	120	1.8			
744566	6	6	300	120	1.8			
744566	6	6	500	120	1.8			
744566	10	6	500	120	1.8			
744566	15	6	500	120	1.8			
744566	20	6				800	60	1.8

Part	M22			M5				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
707261	10	11	500	120	12			
707261	15	2				500	180	15.5
707311	10	2	4150	120	12			
707311	15	6				800	160	2.5

Part	M5			M21				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
720920	10	2	1950	90	2.6			
720920	20	6				800	120	3
720920	20	6				200	120	3

Part	M21			M16				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
1141337	10	11	1800	120	7.85			
1141337	15	11				1800	60	2.5
1141337	20	11				1800	60	3.8

Part	M12			M9				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
1141598	10	2	600	60	3.5			
1141598	15	2				800	120	2
1141598	15	2	300	60	4.05			
1141598	20	2	600	60	0.5			

Part	M13			M17				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5003007	5	1	1750	60	3.2			
5003007	10	1				1750	30	0.50
2300160	20	1				400	60	1.30
2300160	25	1	400	60	2.5			

Part	M16			M8				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5003107	15	2	1750	60	1.9			
5003107	20	2				1750	120	2.8

Part	M5			M12				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
230008	15	1	400	120	1.3			

750003	20	1				400	60	1.6
5003125	5	2	1950	30	1.5			
5003125	10	2	1950	30	1.5			
5003125	15	2				1950	60	9.45

Part	M8					M17		
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
743913	5	11	200	120	1.4			
743913	10	11				200	60	2.60
743914	5	2	200	120	1.4			
743914	10	2				200	60	2.60

Part	M8					M21		
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
794114	5	6	4000	120	4			
794114	20	6				800	120	6.1

Part	M9					M21		
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
795254	10	6	800	60	1.9			
795254	15	6	800	120	1.5			
795254	25	2				200	120	35

Part	M14					M12		
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5010318	10	6	7400	60	3.65			
5010318	15	6				7400	60	1.25

Part	M12					M10		
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5010389	5	2	1950	60	2			
5010389	10	2				1950	120	1.85
5010542	5	1	1750	60	2.7			
5010542	10	1				1750	120	1

Part	M11					M2		
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top

5010644	5	6	3900	180	2			
5010644	6	3				3900	120	3.35
5010644	10	6				3900	120	3.35

Part	M1					M16		
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
50752045	10	2				200	60	1.5
50752045	15	2	200	120	3.6			

Part	M7					M16		
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top

Part	M7			M16				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
369727579	10	1	1000	120	1.2			
369727579	15	1				1000	60	3.35

Part	M7			M12				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
579591	5	6	4000	120	5			
579591	5	6	4000	120	2.5			
599591	10	6				4000	60	1
599591	15	6				4000	60	2.2
599591	25	6				4000	60	2.5

Part	M12			M11				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5003028	10	1	1750	60	2.05			
5003028	20	1				1750	120	0.35
5003028	25	1				1750	120	0.3

Part	M14			M12				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5010318	10	6	7400	60	3.65			
5010318	15	6				7400	60	1.25

Part	M12			M10				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5010389	5	2	1950	60	2			
5010389	10	2				1950	120	1.85

Part	M11			M2				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5010644	5	6	3900	180	2			
5010644	6	6				3900	120	3.35
5010644	10	6				3900	120	3.35

Part	M17			M13				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
9300160	20	1	400	60	1.30			
9300160	25	1				400	60	2.5

Part	M18			M1				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
369882042	10	2	200	60	1.5			
369882043	15	2				200	120	3.6

Part	M7			M16				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
369727579	10	1	1000	120	1.2			
369727579	15	1				1000	60	3.35

PIECES PASSANT PAR TROIS MACHINES

Part	M13			M12			M2				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
163512	10	2	400	60	2.7						
163512	15	2	400	60	2						
163512	20	2				400	60	2.2			
163512	25	2							400	180	7.6
163512	25	2							400	360	7.6
163512	30	2				400	60	0.4			
163512	35	2	400	60	3.25						

Part	M12			M17			M4				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
164973	10	2	1750	30	2.95						
164973	15	2	1750	30	3.6						
164973	30	2				1750	30	1.00			
164973	40	2							1750	20	1.2

Part	M12			M8			M2				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
173134	10	6	2400	60	0.67						
173134	15	6				2400	120	1			
173134	20	6							2400	120	0.85
173134	20	6							2400	720	0.85

Part	M8			M13			M15				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
190851	10	2	800	120	1.35						
190851	15	2				800	60	6.25			
190851	20	2							800	60	4.5
190851	25	2									

Part	M3			M13			M15				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
191445	10	2	1000	240	4.8						
191445	15	2				1000	60	11.35			
191445	25	2							1000	60	6.5
191445	30	2							1000	20	1

Part	M12			M17			M9				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
241665	10	2	500	60	1.7						
241665	15	2				300	60	0.30			
241665	20	2							500	120	0.7
723805	15	1	1750	30	3.35						
723805	20	1				1750	40	0.80			
723805	30	1							1750	120	1.6
5003086	10	2							1950	120	1.5
5003086	15	6	1950	60	4						
5003086	20	6	1950	60	3.8						
5003086	25	6	1950	60	1.2						
5003086	30	2				1950	60	1.40			

Part	M10			M13			M12				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
551754	5	2	2000	120	2.5						
551754	10	2				2000	60	7.9			
551754	20	2							2000	60	3

699058 10 2 200 120 7.5
 699058 10 2 200 120 4
 699058 20 2 200 60 7

Part	NO	N	M10			M12			M17		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
699165	5	2	400	120	1.5						
699165	10	2				400	60	6.3			
699165	15	2							400	30	2.00

Part	NO	N	M9			M11			M21		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
699174	5	1	400	120	2.7						
699174	5	2				400	120	2.75			
699174	10	2				400	120	15			
699174	20	2							400	120	8
699174	20	2							400	120	8
699174	22	2							1600	120	7.25
699174	22	2							400	120	7.25

Part	NO	N	M11			M5			M13		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
699228	5	1	400	120	2.2						
699228	10	1	400	120	2.2						
699228	10	1				400	90	1			
699228	15	1							200	60	2.3

Part	NO	N	M11			M2			M22		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
699497	5	2	200	180	15.2						
699497	10	2				200	240	12			
699497	15	2				200	120	12			
699497	15	2							200	120	4
699497	20	2							200	60	1.5

Part	NO	N	M5			M4			M18		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
699830	15	1	400	90	1						
699830	20	1				400	90	0.8			
699830	25	1	200	120	3						
699830	30	1							400	60	2.4

Part	NO	N	M2			M7			M13		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
707789	10	11	1600	180	4.6						
707789	10	11				1600	120	1.95			
707789	10	11	1600	1780	4.6						
707789	20	11							1600	60	8.5

Part	NO	N	M12			M1			M7		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
714914	10	1	400	30	1.2						
714914	15	1				400	90	2			
714914	20	1							400	120	2
714914	25	1	400	60	4.25						

Part	NO	N	M12			M17			M15		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
714915	10	1	400	30	3.3						
714915	15	1				400	60	1.20			
714915	20	1							400	60	2.2
714915	25	1	400	30	0.6						
714915	30	1	400	20	0.8						
714915	25	1	400	20	0.8						

Part	M12			M11			M9				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5003025	10	1	1750	60	1.55						
5003025	20	1				1750	120	0.5			
5003025	30	1							1750	120	0.9
5003027	10	1	1750	60	1.55						
5003027	20	1				1750	180	0.9			
5003027	25	1							1750	120	0.8
5003027	30	1							1750	120	2.8

Part	M11			M19			M12				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5003108	5	6	7000	120	1.4						
5003108	10	6				7800	120	1.7			
5003108	15	6							7000	60	0.8

Part	M5			M12			M17				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5003128	10	2	1950	30	0.9						
5003128	15	2				1950	60	1.9			
5003128	20	2	1950	30	1						
5003128	25	2	6400	30	1						
5003128	30	2	1950	180	2.8						
5003128	35	2							1950	60	1.00
5003128	40	2				1950	60	1.8			

Part	M19			M15			M13				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5010306	10	6	5900	180	1.3						
5010306	15	6				7400	30	5.2			
5010306	20	6							7400	60	1.55

Part	M2			M13			M1				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5010514	2	2	1950	120	3						
5010514	5	2	1950	180	3						
5010514	10	2				1950	60	3.5			
5010514	11	2							1950	120	2.2

Part	M13			M1			M9				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5010792	20	2	7400	60	2.5						
5010792	23	2				7400	120	2.55			
5010792	25	2							7400	120	1.5

Part	M13			M12			M14				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5006705537	15	6	1750	45	2.95						
5006705557	20	6				1750	30	3			
5006705537	30	6							1750	30	2.75

Part	M13			M12			M9				
	NO	N	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5010594	10	2	3700	60	1.7						
5010594	15	2				3700	60	2.4			
5010594	45	2							3700	120	5.85

Part	M9			M13			M12		
	NO	N	Q/A Tr Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
720109	5	6	600 120 1.7						
720109	5	11	2000 120 1.35						
720109	10	1		2000	60	3.2			
720109	20	11					2000	60	0.72
720109	25	11					2000	60	1

Part	M11			M2			M21		
	NO	N	Q/A Tr Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
720919	5	11	900 180 2.2						
720919	10	11	900 180 2						
720919	10	11		800	1980	8.5			
720919	15	11					800	120	3.5
720919	15	11					800	120	3.5
720919	20	11		600	180	8.5			
720919	25	11					800	120	4.5
720919	25	11					800	120	4.5
720919	30	11					800	120	3
720919	30	11					800	120	3

Part	M12			M9			M16		
	NO	N	Q/A Tr Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
720975	10	2	800 60 3.2						
720975	15	2	800 60 3.1						
720975	20	2		800	120	1.5			
720975	20	2					800	60	2.5

Part	M12			M11			M7		
	NO	N	Q/A Tr Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
731779	5	2	400 60 4.75						
731779	10	2		400	120	8			
731779	15	2					400	120	2.5
731779	20	2	400 60 5						

Part	M19			M8			M13		
	NO	N	Q/A Tr Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
742317	5	6	1600 60 2.5						
742317	10	6		1600	120	2.2			
742317	10	6		1600	120	2.3			
742317	15	6		1600	120	2.35			
742317	25	6					600	60	3

Part	M5			M13			M1		
	NO	N	Q/A Tr Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
753604	10	1	400 120 1.3						
753604	10	2		800	60	1.3			
753604	15	2					800	90	2

Part	M19			M14			M22		
	NO	N	Q/A Tr Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
1090439	10	2	1750 180 1.8						
1090439	25	2		1750	60	4.2			
1090439	30	2		1750	60	4.1			
1090439	40	2					1750	120	4.7

1090429 45 2 1750 60 4.05

Part	NO	N	M12			M11			M9		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5003025	10	1	1750	60	1.55						
5003025	20	1				1750	120	0.5			
5003025	30	1							1750	120	0.9
5003027	10	1	1750	60	1.55						
5003027	20	1				1750	180	0.9			
5003027	25	1							1750	120	0.8
5003027	30	1							1750	120	2.3

Part	NO	N	M11			M19			M12		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5003108	5	6	7000	120	1.4						
5003108	10	6				7800	120	1.7			
5003108	15	6							7000	60	0.8

Part	NO	N	M5			M12			M17		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5003128	10	2	1950	30	0.9						
5003128	15	2				1950	60	1.9			
5003128	20	2	1950	30	1						
5003128	25	2	6400	30	1						
5003128	30	2	1950	180	2.9						
5003128	35	2							1950	60	1.00
5003128	40	2				1950	60	1.8			

Part	NO	N	M19			M15			M13		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5010306	10	6	5900	180	1.3						
5010306	15	6				7400	30	5.2			
5010306	20	6							7400	60	1.55

Part	NO	N	M2			M13			M1		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top

Part	NO	N	M13			M1			M9		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5010514	2	2	1950	120	3						
5010514	5	2	1950	180	3						
5010514	10	2				1950	60	3.5			
5010514	11	2							1950	120	2.2

Part	NO	N	M13			M1			M9		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5010992	20	2	7400	60	2.5						
5010992	20	2				7400	120	2.55			
5010992	25	2							7400	120	1.5

Part	NO	N	M13			M12			M14		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5000705837	15	6	1750	45	2.85						
5000705837	20	6				1750	30	3			
5000705837	30	6							1750	30	2.75

Part	NO	N	M13			M12			M9		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5010594	10	2	3700	60	1.7						

PIECES PASSANT PAR QUATRES MACHINES

Part	NO	M	M13			M17			M1			M12		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
163488	10	1	1000	60	2.3									
153488	15	1				1000	60	1.10						
163488	20	1							1000	180	2.05			
153488	25	1										1000	60	2.85
163488	30	1				1000	60	0.80						

Part	NO	M	M3			M13			M14			M15		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
191446	10	2	1.00	240	5.4									
191446	15	2				1000	60	11.35						
191446	20	2							1000	20	1.3			
191446	25	2										1000	60	6.5
191446	30	2										1000	20	1

Part	NO	M	M21			M7			M2			M13		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
193767	10	2	400	120	7									
193767	15	2				400	120	3						
193767	15	2	400	120	21									
193767	20	2				400	120	2.55						
193767	25	2												
193767	30	2							400	240	3			
193767	30	2							400	120	3			
193767	35	2							400	120	3			
193767	35	2							400	240	3			
193767	40	2	400	120	35									
193767	50	2										400	60	2.5
193767	55	2										400	60	3.5

Part	NO	M	M21			M7			M15			M14		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
487655	10	6	800	120	10									
487655	20	6				800	120	1.95						
487655	20	6							800	60	5			
487655	25	6										800	30	1.8

Part	NO	M	M1			M8			M4			M12		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
551780	5	6	2800	60	1.4									
551780	10	6				8800	120	1.5						
551780	15	6							8800	30	0.7			
551780	25	6										8800	60	2.2

Part	NO	M	M11			M9			M15			M12		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
672707	5	2	400	180	2.5									
672707	10	2				400	120	5						
672707	15	2							400	60	2.3			
672707	20	2	400	180	3									
672707	25	2							400	60	4.6			
672707	30	2										400	60	3.2
672708	10	2	400	180	3									
672708	15	2							400	60	2.3			
672708	20	2				400	120	5						
672708	25	6	400	180	2.5									
672708	25	2							400	60	4.6			
672708	30	2										400	60	3.2

Part	NO	M	M10			M7			M21			M13		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
691963	5	5	800	120	2.05									
691963	10	6				800	120	1.7						
691963	10	6							800	90	9.5			
691963	15	6										800	60	2.8
51463	20	6				800	120	2.65						
691963	30	6										800	60	5.8

Part	NO	M	M6			M12			M7			M13		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
699056	5	1	200	120	4									
699056	10	1				200	60	3.25						
699056	15	1				200	60	1.4						
699056	20	1							200	120	4			
699056	25	1										200	60	12.6

Part	NO	M	M2			M13			M9			M18		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
699103	10	1	200	120	6									
699103	15	1				200	60	8						
699103	20	1							200	120	3.8			
699103	20	1	200	120	6							200	60	8
699103	20	1							200	120	3.8			
699104	15	1				200	60	8						
699104	15	1	200	120	6							200	60	8
699104	20	1												
699104	25	1	200	120	6									
1089451	2	2	200	120	4									
1089451	15	2							200	120	2.5			
1089451	10	2	200	180	4									
1089451	15	2				200	60	4.5				200	60	4.6
1089451	20	2												
1089452	2	2	200	120	4				200	120	1.5			
1089452	5	2												
1089452	10	2	200	180	4									
1089452	15	2				200	60	4.5				200	60	4.6
1089452	20	2												

Part	NO	M	M9			M11			M13			M15		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
699645	5	2	200	120	3.3									
699645	5	1				200	120	2						
699645	10	1							200	60	3.4			
699645	20	1										200	90	12.8

Part	NO	M	M10			M5			M16			M18		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
699819	10	1	200	90	1.4									
699839	15	11				800	120	12						
699839	15	1							200	60	8.5			
699839	20	1										200	60	1.5
699839	30	1				200	120	3						

Part	NO	N	M21			M7			M12			M4		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
715700	10	11	1600	120	4.95									
715700	15	11	1600	120	4.95									
715700	15	11				1600	120	1.8						
715700	20	11							1600	60	3.3			
715700	25	11							1600	60	0.7			
715700	30	11	1600	120	9.1									
715700	30	11	1600	120	9.1									
715700	35	11										1600	60	0.8
720107	10	6	1000	60	3.65									
720107	15	6				1000	180	1.65						
720107	20	6							1000	60	1.8			
720107	25	11										1000	120	3.2
720107	25	6							1000	60	1.3			
720107	30	6							1000	60	0.8			
720108	10	6	1000	60	3.65									
720108	15	6				1000	180	1.65						
720108	20	6							1000	60	1.8			
720108	25	6							1000	60	1.3			
720108	30	6							1000	60	0.8			
720108	35	6										1000	120	3.2

Part	NO	N	M2			M15			M13			M7		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
720685	10	2	800	120	2.4									
720685	15	2	800	60	2									
720685	15	2	800	30	2									
720685	20	2				800	60	1.2						
720685	25	2	800	240	2.4									
720685	30	2							800	60	2.6			
720685	35	2										800	120	0.85

Part	NO	N	M7			M11			M21			M12		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
738088	5	2	400	120	6									
738088	10	2	1000	120	1.9	400	180	2.1						
738088	15	2	400	120	2.1	1000	60	2.8						
738088	20	2							400	120	11			
738088	25	2										400	60	1

Part	NO	N	M9			M12			M17			M11		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
694191	10	2	800	120	2									
694191	15	2				800	60	3.7						
694191	20	2							800	20	0.70			
694191	25	2										800	180	3.15
694191	25	2							800	20	0.50			

Part	NO	N	M11			M21			M10			M15		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
744391	5	6	800	120	2.7									
744391	10	6				800	120	6.5						
744391	15	6							800	120	6.6			
744391	20	6										800	60	5.5

Part	NO	N	M10			M6			M21			M7		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
744609	5	11	1600	120	3									
744609	10	11				800	120	3						
744609	15	11							1600	120	23.1			
744609	20	11										1600	120	4
744609	25	11							1600	120	24			

Part	NO	N	M11			M13			M17			M15			M9		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5003070	5	6	1950	120	2												
5003070	10	6				1950	60	2.3									
5003070	15	6							1950	30	1.50						
5003070	20	6							1950	30	0.50						
5003070	25	6										1950	60	6.2			
5003070	30	6													1950	120	1.7

Part	NO	N	M11			M17			M9			M4			M12		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5003122	5	2	1950	120	0.95												
5003122	10	2				1950	60	2.50									
5003122	15	2							1950	120	1.7						
5003122	20	2										1950	60	0.73			
5003122	25	2													1950	60	1.8
5003122	30	2													1950	60	1.7
5003122	35	2				1950	60	1.00									

Part	NO	N	M6			M13			M12			M7			M15		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5010016	5	6	3500	120	4												
5010016	10	6				3500	30	2.5									
5010016	15	6							3500	30	0.63						
5010016	20	6										3500	120	1.4			
5010016	25	6													3500	30	6.45

Part	NO	N	M7			M19			M21			M4			M12		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5010017	5	6	3500	120	5.05												
5010017	10	11				3500	120	2.6									
5010017	15	6	3500	120	1.85												
5010017	20	6							3500	120	5.65						
5010017	25	6													3500	30	0.6
5010017	30	6										3500	20	0.73			
5010017	35	6													3500	30	0.8

Part	NO	N	M6			M12			M10			M21			M4		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5010032	5	6	3500	120	2												
5010032	10	6				3500	30	2.5									
5010032	15	6							3500	210	2						
5010032	20	6										3500	120	5.2			
5010032	25	6				3500	30	1.15									
5010032	30	6													3500	20	0.75

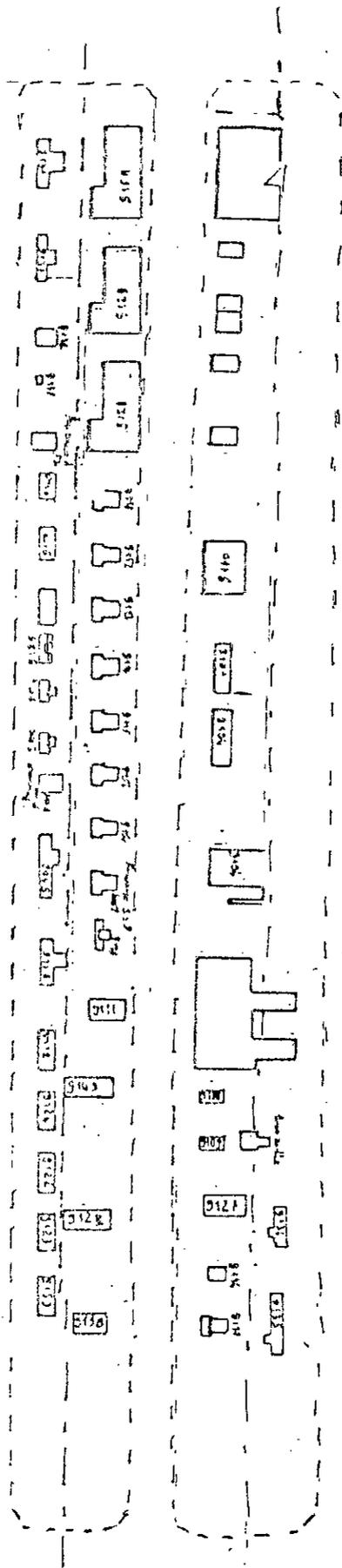
Part	NO	N	M8			M15			M13			M4			M12		
			Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top	Q/A	Tr	Top
5010066	10	6	3900	120	1.85												
5010066	15	6				3900	30	8.85									
5010066	20	6							3900	30	8						
5010066	25	6													3900	30	0.45
5010066	30	6										3500	20	0.55			
5010071	10	6	5900	120	1.35												
5010071	15	6				5900	30	7.85									
5010071	20	6							5900	30	8.1						
5010071	25	6													5900	30	0.6
5010071	30	6										5500	20	0.55			

Annexe 4-2: Regroupement des 45 machines en 24 postes de travail

Machina Genre	Code C. V. I	Code utilisé	Nombre de machines identiques
Tour // a.m.c P240	11161	M1	1
Tour // Cazeneuve	11191	M2	1
Tour vle Graffenstaden	11721	M3	1
Fraiseuse à levier FH40	31131	M4	1
Fraiseuse univers Gambin	31441	M5	1
Fraiseuse Forest H500D0	31851	M6	2
Fraiseuse Rouchaud FH80	31852	M7	1
Fraiseuse Rouchaud FH80	31853	M8	2
Fraiseuse Rouchaud FH80	31854	M9	1
Fraiseuse Forest V50080	31951	M10	1
Fraiseuse Rouchaud FV80	31952	M11	2
Perceuse GSP "205S"	32151	M12	4
Perceuse GSP "205S"	32152	M13	4
Perceuse GSP "25RB"	32153	M14	2
Perceuse GSP "240S"	32161	M15	2
Perceuse Rochelet "4BRS"	32231	M16	2
Perceuse Rochelet "2BRS"	32232	M17	1
Perceuse Rochelet "3BRS"	32233	M18	1
Perceuse Trosseille	32481	M19	1
Perceuse GSP 405 K150	32561	M20	6
Perceuse Radiale 407 Q17	32581	M21	2
Tour de Meule	43411	M22	1
Machine à dresser	43561	M23	1
Fraiseuse Almo "M15	31220	M24	1

ANNEXE 4-3 Nouvelle implantation des machines

Echelle: 1/2000



Annexe 4-5: Nouvelle codification des pièces

Code C V I	Code utilisé	Code C V I	Code utilisé
163485	P1	672892	P46
163489	P2	672707	P47
163512	P3	672708	P48
163559	P4	672787	P49
163600	P5	672788	P50
163604	P6	673809	P51
163631	P7	680421	P52
163973	P8	691963	P53
163973	P9	694190	P54
173134	P10	694191	P55
189949	P11	694320	P56
190697	P12	696102	P57
190851	P13	699055	P58
191445	P14	699056	P59
191446	P15	699058	P60
192753	P16	699101	P61
192754	P17	699102	P62
192773	P18	699103	P63
193767	P19	699104	P64
193768	P20	699165	P65
241665	P21	699174	P66
408542	P22	699227	P67
431301	P23	699228	P68
482156	P24	699497	P69
482176	P25	699645	P70
487655	P26	699830	P71
499671	P27	699839	P72
551723	P28	707261	P73
551754	P29	707429	P74
551765	P30	707430	P75
551780	P31	707588	P76
551804	P32	707789	P77
551889	P33	707790	P78
558092	P34	707811	P79
599390	P35	714914	P80
599391	P36	714915	P81
599591	P37	715700	P82
617458	P38	715701	P83
617526	P39	720067	P84
643492	P40	720098	P85
662441	P41	720107	P86
672110	P42	720108	P87
672112	P43	720109	P88
672114	P44	720369	P89
672186	P45	720675	P90

Suite annexe4-5

Code C V I	Code utilisé	Code C V I	Code utilisé
720685	P91	758861	P135
720854	P92	758862	P136
720855	P93	780008	P137
720919	P94	784114	P138
720920	P95	786701	P139
720966	P96	796254	P140
720975	P97	1089038	P141
723129	P98	1089451	P142
723805	P99	1089452	P143
729136	P100	1089608	P144
731005	P101	1089609	P145
731029	P102	1090293	P146
731779	P103	1090294	P147
738049	P104	1090439	P148
738050	P105	1090524	P149
738888	P106	1140452	P150
738972	P107	1141059	P151
742166	P108	1141060	P152
742316	P109	1141083	P153
742317	P110	1141084	P154
744104	P111	1141328	P155
744152	P112	1141337	P156
744213	P113	1141598	P157
744215	P114	1141744	P158
744237	P115	5003007	P159
744323	P116	5003025	P160
744384	P117	5003027	P161
744391	P118	5003028	P162
744385	P119	5003047	P163
744397	P120	5003068	P164
744398	P121	5003070	P165
744503	P122	5003086	P166
744566	P123	5003107	P167
744571	P124	5003108	P168
744609	P125	5003109	P169
744714	P126	5003122	P170
748913	P127	5003125	P171
748914	P128	5003128	P172
748916	P129	5010001	P173
751647	P130	5010016	P174
751648	P131	5010017	P175
758417	P132	5010024	P176
758554	P133	5010032	P177
758604	P134	5010057	P178

Suite annexe 4-5

Code C V I	Code utilisé
5010066	P179
5010071	P180
5010130	P181
5010157	P182
5010306	P183
5010313	P184
5010389	P185
5010514	P186
5010542	P187
5010579	P188
5010594	P199
5010642	P190
5010644	P191
5010991	P192
5010992	P193
9201339	P194
9201424	P195
9300159	P196
9300160	P197
9300271	P198
9360272	P199
50003068	P200
369492730	P201
369782043	P202
369727579	P203
5000655213	P204
5000705837	P205
5000711489	P206
5030715734	P207

Annexe 4-E: Numeros des Pièces regroupées

Pièces	Regroupées avec
179	180,184
155	94,191
154	141,148,150,133
178	177
182	164
175	82,37
100	173
170	74
192	193
147	119
30	32,29
174	59,22
16	73
92	93
20	19
30	29
54	35
18	14

Annexe 5-1: Evolution des pannes de 1981 à 1988

Machines	81	82	83	84	85	86	87	88
M1	15	15	37	16	25	3	27.73	39.14
M2	12	12	10	13	20	20	1.32	20
M3	5	5	4	10	5	5	11.50	10
M4	4	4	5	5	3	3	2.20	5
M5	4	0	3	0	1	2	0	4
M6	9	8	6.03	7.03	10	12	15	10.5
M7	6	6	12	16	12	6	7.40	12.40
M8	4	4	10.55	14	5	5	3	10.4
	5	5	9.26	11	15	12	15	4.20
M9	2	4	1.50	1	2	1	2	2.70
M10	1.50	4	2	4	2	1	2	2
M11	12	12	9	9	15	10	15	9
	14	15	8	14	15	14	20	15
M12	13	10	8	9	7.60	10	16	13
	4	14	15	13	2	24	8	13
	13	15	15	7	8	9	4	4
	10	12	12	12	12	10	12	11
M13	3	3	2	2	3	2	3	3
	2	2	2	3	3	1.50	2	3
	3	3	2	2	1.50	0	1	2
	3	2	3	2	3	2	4	2
M14	7	7	7	10	10	6	10	5
	3	3	2	3	5	4	4	5
M15	10	10	16	7	4	7	6	8
	12	12	13	6	6	15	9	13
M16	2	2	1	2	3	1	2	1
	2	2	1	3	2	.18	1	1
M17	2	1	1	1	1	1	1	1.10
M18	.50	0	0	.50	0	.50	.13	0
	.20	0	.20	.20	0	.15	.20	.50
M19	6	10	8	8	12	8.50	5	3
M20	2	1	2	1	2	1	2	2
M21	0	0	5	1	0	1	.42	.83
	1	.5	0	2	.50	0	1.74	0
	.16	0	.16	1	.50	0	1	2
	0	.76	.50	0	0	1	0	.28
	0	.28	0	.50	0	0	1	.57
	0	0	1	.50	0	1	0	.42
M22	2	2	2	2	2	.15	1	2
	1	0	2	2	0	2	2	1
M23	.50	.50	.50	0	1	0	1	.50
M24	1	1.20	1.50	1	1	1	1	1

Annexe5-3: Taux de pannes de 10 expériences

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P3(2)	.24	.398	.279	.264	.338	.278	.296	.229	.239	.214
P3(1)	.094	.087	.068	.048	.058	.049	.076	.048	.072	.039
P4(2)	.096	.080	.096	.106	.112	.096	.160	.096	.064	.080
P4(1)	.008	.014	.012	.019	.005	.014	.021	.006	.017	.002
P11(2)	.015	.015	.030	.008	.045	.030	.007	.059	.022	.002
P7(1)	.015	.016	.035	.011	.021	.021	.022	.029	.012	.017
P8(2)	.211	.183	.250	.288	.290	.315	.161	.327	.162	.310
P10(6)	.048	.065	.052	.080	.069	.046	.078	.045	.072	.049
P4(1)	.050	.083	.054	.052	.053	.076	.070	.060	.123	.110
P5(2)	.090	.088	.119	.199	.107	.198	.126	.085	.126	.238
P6(1)	.094	.008	.012	.016	.016	.007	.012	.085	.008	.006
P9(1)	.154	.018	.009	.018	.009	.009	.012	.012	.018	.006
P2(3)	.048	.047	.078	.067	.060	.085	.010	.076	.019	.068
P1(4)	.427	.356	.418	.47	.529	.273	.477	.398	.329	.562
T1(1)	.115	.098	.098	.115	.115	.115	.082	.113	.115	.131
P1(2)	.040	.020	.041	.053	.045	.028	.023	.047	.020	.014
P1(3)	.122	.084	.181	.158	.110	.161	.080	.095	.156	.053
P7(1)	.005	.084	.181	.004	.005	.002	.003	.002	.006	.004
P4(1)	.171	.12	.179	.133	.198	.140	.221	.213	.190	.154
P2(1)	.019	.033	.015	.016	.030	.039	.021	.011	.011	.020
P5(2)	.007	.041	.041	.007	.036	.027	.007	.034	.022	.027
P3(1)	.186	.173	.253	.128	.214	.252	.171	.256	.276	.337

Annexe 6-1 Renseignements concernant les 40 types de pieces.
 (Tableau 6-2-1 jusqu'à 6-2-40)

TIME MEASUREMENT REPORT	
PROJECT NAME :	ATELIER FERRURES C.V.I.
ANALYST NAME :	KERBOUA
PROJECT DATE :	6 / 5 / 90

RUN NUMBER 1 OF 1
 CURRENT TIME 14000.0000
 DATA COLLECTION STARTED AT TIME 11008.0000
 TIME INTERVAL FOR DATA COLLECTION 2992.0000

P153

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT. OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	249.56	0.00	249.56	249.56	4	3.09
UNLOADING TIME	0.80	0.00	0.80	0.80	4	0.01
TOP WAIT TIME	7832.63	544.52	7257.01	8393.00	4	
SPA. WAIT TIME	7832.63	544.52	7257.01	8393.00	4	96.90
TRAN. WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	4	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	8082.99	544.51	7507.37	8643.36	4	100.00
TIME TO DEPART	600.69	589.28	66.07	1232.54	3	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	
LATE TIME	7907.99	544.52	7332.37	8468.36	4	

Suite annexe 6-1

P125

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	197.88	0.00	197.88	197.88	4	2.47
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	4	0.01
TOT WAIT TIME	7808.41	773.50	7078.11	8797.58	4	
STA.WAIT TIME	7808.41	773.50	7078.11	8797.58	4	97.52
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	4	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	8006.79	773.51	7276.49	8995.96	4	100.00
TIME BET DEPART	873.16	283.50	547.56	1065.31	3	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	
LATE TIME	7006.79	773.51	6276.49	7997.96	4	

P83

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	81.09	0.03	81.09	81.09	5	1.20
TRAVELING TIME	0.40	0.00	0.40	0.40	5	0.01
TOT WAIT TIME	6670.06	560.45	5994.53	7279.02	5	
STA.WAIT TIME	6670.06	560.45	5994.53	7297.02	5	98.79
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	5	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	6751.55	560.45	6076.02	7360.50	5	100.00
TIME BET DEPART	621.12	264.13	454.20	1012.73	4	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	4	
LATE TIME	6401.55	560.46	5726.02	7010.50	5	

P111

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	102.76	0.00	102.76	102.76	9	3.68
TRAVELING TIME	0.70	0.00	0.70	0.70	9	0.02
TOT WAIT TIME	2691.08	188.82	2469.98	3048.13	9	
STA.WAIT TIME	2691.08	188.82	2469.98	3048.13	9	96.30
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	9	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	2794.54	188.82	2573.44	3151.59	9	100.00
TIME BET DEPART	352.92	158.44	144.88	572.20	8	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	8	
LATE TIME	2264.54	188.82	2043.44	2621.59	9	

Suite annexe 6-1

P96

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	86.27	0.00	86.27	86.27	3	1.09
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	3	0.01
TOT WAIT TIME	7820.47	485.20	7316.23	8284.06	3	
STA.WAIT TIME	7820.47	485.20	7316.23	8284.06	3	98.90
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	7907.24	485.20	7403.00	8370.83	3	100.00
TIME BET DEPART	783.92	86.23	722.95	844.89	2	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	2	
LATE TIME	7467.24	485.19	6963.00	7930.83	3	

P31

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	102.43	0.00	102.43	102.43	6	1.97
TRAVELING TIME	0.40	0.00	0.40	0.40	6	0.01
TOT WAIT TIME	5089.08	317.75	4676.64	5415.62	6	
STA.WAIT TIME	5089.08	317.75	4676.64	5415.62	6	98.02
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	2	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	5191.91	317.76	4779.47	5518.45	6	100.00
TIME BET DEPART	422.19	249.87	141.59	770.44	5	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	5	
LATE TIME	4676.91	317.75	4264.47	5003.45	6	

P34

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	146.86	0.00	146.86	146.86	5	2.27
TRAVELING TIME	0.40	0.00	0.40	0.40	5	0.01
TOT WAIT TIME	6308.89	367.89	5895.52	6817.11	5	
STA.WAIT TIME	6308.89	367.89	5895.52	6817.11	5	97.72
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	5	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	6456.14	367.90	6042.77	6964.36	5	100.00
TIME BET DEPART	530.40	164.17	306.95	701.23	4	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	4	
LATE TIME	5721.14	367.90	5307.77	6229.36	5	

Suite annexe 6-1

P66

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	251.40	0.00	251.40	251.40	4	3.89
TRAVELING TIME	0.30	0.00	0.30	0.30	4	0.00
TOT WAIT TIME	6214.23	252.31	5906.33	6522.04	4	
STA.WAIT TIME	6214.23	252.31	5906.33	6522.04	4	96.11
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	4	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	6405.93	252.31	6158.03	6773.74	4	100.00
TIME BET DEPART	505.24	131.08	353.88	581.02	3	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	
LATE TIME	5205.93	252.32	4898.03	5513.74	4	

P189

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	414.38	0.00	414.38	414.38	4	5.62
TRAVELLING TIME	0.30	0.00	0.30	0.30	4	0.00
TOT WAIT TIME	6963.73	966.61	6130.56	8106.58	4	
STA.WAIT TIME	6963.73	966.61	6130.56	8106.58	4	94.38
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	4	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	7378.41	966.61	6545.24	8521.26	4	100.00
TIME BET DEPART	953.67	582.69	364.03	1528.63	3	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	
LATE TIME	5303.41	966.61	4470.24	6446.26	4	

P28

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	220.98	0.09	220.98	220.98	3	2.76
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	3	0.01
TOT WAIT TIME	7793.83	698.92	7011.83	8357.55	3	
STA.WAIT TIME	7793.83	998.92	7011.83	8357.55	3	97.24
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	8015.31	698.91	7233.30	8579.03	3	100.00
TIME BET DEPART	972.86	463.05	645.44	1300.29	2	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	2	
LATE TIME	6903.31	698.92	6123.30	7469.03	3	

Suite annexe 6-1

P62

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PREP. TIME	195.40	0.06	195.48	195.48	3	2.36
TRAVELING TIME	0.80	0.00	0.80	0.80	3	0.01
SET UP TIME	8084.72	468.14	7544.68	8375.26	3	
SHA. WARE TIME	8084.72	468.14	7544.68	8375.26	3	97.63
FINISH TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	8281.00	468.13	7740.96	8571.54	3	100.00
WASTE BLK REPORT	694.77	616.33	258.96	1130.58	2	
WASTE TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	2	
WASTE BLK	7291.00	468.13	6750.96	7581.54	3	

P112

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PREP. TIME	36.48	0.00	36.48	36.48	5	0.58
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	5	0.01
SET UP TIME	6294.29	479.85	5809.86	7059.56	5	
SHA. WARE TIME	6294.29	479.85	5809.86	7059.56	5	99.42
FINISH TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	5	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	6331.27	479.84	5846.84	7096.54	5	100.00
WASTE BLK REPORT	612.43	266.74	285.24	936.35	4	
WASTE TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	4	
WASTE BLK	6141.27	479.84	5656.84	6906.54	5	

P168

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PREP. TIME	107.77	0.03	107.77	107.77	8	3.95
TRAVELING TIME	0.30	0.00	0.30	0.30	8	0.01
SET UP TIME	2622.11	154.64	2429.06	2817.01	8	
SHA. WARE TIME	2622.11	154.64	2429.06	2817.01	8	96.04
FINISH TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	8	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	2730.18	154.64	2537.13	2925.08	8	100.00
WASTE BLK REPORT	355.42	73.92	241.18	462.21	7	
WASTE TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	7	
WASTE BLK	2190.18	154.63	1997.13	2385.08	8	

Suite annexe 6-1

P61

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	207.96	0.00	207.96	207.96	5	2.75
TRAVELING TIME	0.70	0.00	0.70	0.70	5	0.01
TOT WAIT TIME	7365.41	754.22	6563.47	8167.31	5	
SERV.WAIT TIME	7365.41	754.22	6763.47	8167.31	5	97.25
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	5	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	7574.06	754.22	6772.12	8375.97	5	100.00
TIME BET DEPART	700.96	418.99	318.20	1291.23	4	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	4	
LATE TIME	6524.06	754.21	5722.12	7325.97	5	

P36

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	201.80	0.07	201.80	201.80	8	6.55
TRAVELING TIME	0.20	0.00	0.20	0.20	8	0.01
TOT WAIT TIME	2876.93	207.03	2474.54	3127.91	8	
SERV.WAIT TIME	2876.93	207.03	2474.54	3127.91	8	93.44
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	8	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	3078.93	207.94	2676.54	3329.91	8	100.00
TIME BET DEPART	393.34	214.61	210.44	761.77	7	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	7	
LATE TIME	2068.93	207.04	1666.54	2319.91	8	

P15

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	385.20	0.00	385.20	385.20	5	5.15
TRAVELING TIME	0.40	0.00	0.40	0.40	5	0.01
TOT WAIT TIME	7087.93	628.60	6289.48	7884.53	5	
SERV.WAIT TIME	7087.93	628.60	6289.48	7884.53	5	94.84
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	5	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	7473.53	628.60	6675.08	8270.13	5	100.00
TIME BET DEPART	678.76	16.72	675.54	712.17	4	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	4	
LATE TIME	5543.53	628.60	4745.08	4340.13	5	

Suite annexe 6-1

P145

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	319.00	0.00	319.00	319.00	3	4.11
TRAVELING TIME	0.60	0.00	0.60	0.60	3	0.01
TOT WAIT TIME	7440.03	405.01	7102.65	7889.20	3	
STA.WAIT TIME	7440.03	405.01	7102.65	7889.20	3	95.88
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	7759.63	405.01	7422.25	8208.79	3	100.00
TIME BET DEPART	693.27	237.13	525.60	860.95	2	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	2	
LATE TIME	5940.63	405.01	5603.25	6389.79	3	

P165

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	108.60	0.04	108.60	108.60	3	1.32
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	3	0.01
TOT WAIT TIME	8139.95	541.53	7821.36	8765.23	3	
STA.WAIT TIME	8139.95	541.53	7821.36	8765.23	3	98.68
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	8249.05	541.54	7930.46	8874.33	3	100.00
TIME BET DEPART	771.93	650.59	311.90	1231.97	2	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	2	
LATE TIME	7706.05	541.55	7397.46	8331.33	3	

P179

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	294.40	12.30	280.20	301.50	3	3.84
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	3	0.01
TOT WAIT TIME	7377.06	620.79	6799.15	8033.28	3	
STA.WAIT TIME	7377.06	620.79	6799.15	8033.28	3	96.16
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	7671.96	622.25	7101.15	8335.28	3	100.00
TIME BET DEPART	917.07	196.23	778.31	1055.82	2	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	2	
LATE TIME	5634.96	622.24	5064.15	6298.28	3	

Suite annexe 6-1

P156

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	91.20	0.00	91.20	91.20	10	59.69
TRAVELING TIME	0.20	0.00	0.20	0.20	10	0.13
TOT WAIT TIME	61.38	25.35	44.00	124.39	10	
STA.WAIT TIME	61.37	25.35	44.00	124.39	10	40.17
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	10	<u>0.01</u>
TIME IN SYSTEM	152.78	25.35	135.39	215.79	10	100.00
TIME BET DEPART	291.07	33.29	219.61	329.89	9	
EARLY TIME	307.22	25.35	244.21	324.61	10	
LATE TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	10	

P98

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	291.40	0.00	291.40	291.40	5	4.14
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	5	0.01
TOT WAIT TIME	6750.36	538.12	6153.94	7332.03	5	
STA.WAIT TIME	6750.36	538.12	6153.94	7332.03	5	95.86
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	5	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	7042.26	538.12	6445.84	7623.93	5	100.00
TIME BET DEPART	547.27	388.62	110.99	990.85	4	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	4	
LATE TIME	5577.26	538.12	4980.84	6158.93	5	

P172

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	214.10	0.00	214.10	214.10	8	18.92
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	8	0.04
TOT WAIT TIME	917.14	107.13	776.62	1078.98	8	
STA.WAIT TIME	917.14	107.13	776.62	1078.98	8	81.04
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	8	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	1131.74	107.13	991.21	1293.58	8	100.00
TIME BET DEPART	343.19	123.00	169.76	461.76	7	
EARLY TIME	45.17	33.10	12.61	78.79	3	
LATE TIME	125.89	76.30	40.48	223.58	5	

Suite annexe 6-1

P155

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	195.81	22.08	180.20	211.42	2	1.93
TRAVELING TIME	0.80	0.00	0.80	0.80	2	0.01
TOT WAIT TIME	9973.03	846.39	9374.54	10571.52	2	
STA.WAIT TIME	9973.03	846.39	9374.54	10571.52	2	98.07
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.00
TIME IN SYSTEM	10169.64	824.33	9586.75	10752.52	2	100.00
TIME BET DEPART	1465.77	0.00	1465.77	1465.77	1	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	1	
LATE TIME	8603.64	824.33	8020.75	9186.52	2	

P154

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	410.77	54.24	372.42	449.12	2	4.97
TRAVELING TIME	0.80	0.00	0.80	0.80	2	0.01
TOT WAIT TIME	7859.21	832.87	7270.28	8448.14	2	
STA.WAIT TIME	7859.21	832.87	7270.28	8448.14	2	95.02
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.00
TIME IN SYSTEM	8270.78	778.62	7720.20	8821.36	2	100.00
TIME BET DEPART	1401.16	0.00	1401.16	1401.16	1	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	1	
LATE TIME	1178.78	778.64	628.20	1729.36	2	

P178

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	239.06	26.26	208.65	272.85	4	3.05
TRAVELING TIME	0.60	0.00	0.60	0.60	4	0.01
TOT WAIT TIME	7619.14	451.00	7100.95	8111.84	4	
STA.WAIT TIME	7619.14	451.00	7100.95	8111.84	4	96.95
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	4	0.00
TIME IN SYSTEM	7859.10	435.55	7339.31	8321.09	4	100.00
TIME BET DEPART	627.26	91.71	528.35	709.47	3	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	
LATE TIME	5290.10	435.55	4770.31	5752.09	4	

Suite annexe 6-1

P19

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	439.87	0.00	439.87	439.87	1	4.45
TRAVELLING TIME	0.70	0.00	0.70	0.70	1	0.01
TOT WAIT TIME	9446.89	0.00	9446.89	9446.89	1	
STA.WAIT TIME	9446.89	0.00	9446.89	9446.89	1	95.54
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	1	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	9887.46	0.00	9887.46	9887.46	1	100.00
TIME BET DEPART EARLY TIME			NO DEPARTURE DATA NO EARLY PARTS			
LATE TIME	7688.46	0.00	7688.46	7688.46	1	

P16

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	343.80	0.11	343.80	343.80	6	6.21
TRAVELING TIME	0.60	0.00	0.60	0.60	6	0.01
TOT WAIT TIME	5187.37	389.60	4675.52	5709.84	6	
STA.WAIT TIME	5187.37	389.60	4675.52	5709.84	6	93.77
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	6	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	5531.77	389.59	5019.91	6054.23	6	100.00
TIME BET DEPART	506.86	92.60	377.73	623.12	5	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	5	
LATE TIME	3197.77	389.59	2685.91	3720.23	6	

P174

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	184.61	24.05	170.72	212.38	3	2.32
TRAVELLING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	3	0.01
TOT WAIT TIME	7766.64	650.90	7031.04	8268.06	3	
STA.WAIT TIME	7766.64	650.90	7031.04	8268.06	3	97.67
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	7951.74	658.80	7202.26	8439.28	3	100.00
TIME BET DEPART	918.51	555.67	525.59	1311.43	2	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	2	
LATE TIME	6577.74	658.80	5828.26	7065.28	3	

Suite annexe 6-1

P183

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	312..64	23.12	297.87	346.52	4	4.26
TRAVELING TIME	0.30	0.00	0.30	0.30	4	0.00
TOT WAIT TIME	7018.55	584.37	6327.68	7597.31	4	
STA.WAIT TIME	7018.55	584.37	6327.68	7597.31	4	95.73
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	4	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	7331.49	573.25	6636.28	7895.48	4	100.00
TIME BET DEPART	719.73	199.35	501.87	893.01	3	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	
LATE TIME	4792.49	573.25	4097.28	5356.48	4	

P18

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	631.00	46.89	588.00	681.00	3	7.62
TRAVELING TIME	0.60	0.00	0.60	0.60	3	0.01
TOT WAIT TIME	7653.09	587.87	7049.02	8223.30	3	
STA.WAIT TIME	7653.09	587.87	7049.02	8223.30	3	92.38
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	8284.69	615.70	7673.62	8904.90	3	100.00
TIME BET DEPART	915.64	19.39	901.93	929.35	2	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	2	
LATE TIME	3329.69	615.69	2718.62	3989.90	3	

P54

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	189.80	6.58	182.40	195.00	3	2.25
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	3	0.01
TOT WAIT TIME	8251.97	815.81	7310.74	8755.97	3	
STA.WAIT TIME	8251.97	815.81	7310.74	8755.97	3	97.75
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	8442.27	811.14	7506.24	8938.87	3	100.00
TIME BET DEPART	1016.32	932.16	357.18	1675.45	2	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	2	
LATE TIME	7050.27	811.13	6114.24	7546.87	3	

Suite annexe 6-1

P182

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	347.39	350.79	306.86	374.63	3	4.03
TRAVELING TIME	0.70	0.00	0.70	0.70	3	0.01
TOT WAIT TIME	8275.24	716.36	7712.77	9081.74	3	
STA.WAIT TIME	8275.24	716.36	7712.77	9081.74	3	97.24
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	8623.33	745.64	8020.33	9457.07	3	100.00
TIME BET DEPART	1018.37	489.49	672.25	1364.49	2	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	2	
LATE TIME	6054.33	745.64	5451.33	6888.07	3	

P82

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	149.70	0.00	149.79	149.79	1	1.53
TRAVELING TIME	0.80	0.00	0.80	0.80	1	0.01
TOT WAIT TIME	9635.58	0.00	9635.58	9635.58	1	
STA.WAIT TIME	9635.58	0.00	9635.58	9635.58	1	98.46
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	1	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	9786.08	0.00	9786.08	9786.08	1	100.00
TIME BET DEPART			NO DEPARTURE DATA			
EARLY TIME			NO EARLY PARTS			
LATE TIME	7440.08	0.00	7440.08	7440.08	1	

P100

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	345.40	108.76	219.81	408.19	3	4.02
TRAVELING TIME	0.60	0.00	0.60	0.60	3	0.01
TOT WAIT TIME	8253.00	446.60	7868.36	8742.80	3	
STA.WAIT TIME	8253.00	446.60	7868.36	8742.80	3	95.98
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	8599.00	532.68	8088.77	9151.59	3	100.00
TIME BET DEPART	831.41	89.86	767.87	894.95	2	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	2	
LATE TIME	3974.00	532.68	3463.77	4526.59	3	

Suite annexe 6-1

P170

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	275.24	24.38	241.18	304.68	5	4.17
TRAVELLING TIME	0.60	0.00	0.60	0.60	5	0.01
TOT WAIT TIME	6330.49	386.52	5900.07	6739.81	5	
STA.WAIT TIME	6330.49	386.52	5900.07	6739.81	5	95.82
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	5	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	6606.33	400.11	6141.85	7024.89	5	100.00
TIME BET DEPART	500.70	292.23	219.75	911.58	5	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	4	
LATE TIME	4365.33	400.10	3900.85	4783.89	5	

P192

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	734.20	0.00	734.20	734.20	1	7.18
TRAVELING TIME	0.40	0.00	0.40	0.40	1	0.00
TOT WAIT TIME	9492.03	0.00	9492.03	9492.03	1	
STA.WAIT TIME	9492.03	0.00	9492.03	9492.03	1	92.82
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	1	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	10226.63	0.00	10226.63	10226.63	1	100.00
TIME BET DEPART			NO DEPARTURE DATA			
EARLY TIME			NO EARLY PARTS			
LATE TIME	336.63	0.00	336.63	336.63	1	

P147

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	219.74	4.20	217.29	226.29	11	4.17
TRAVELING TIME	0.70	0.00	0.70	0.70	11	0.01
TOT WAIT TIME	222.12	84.22	122.73	370.38	11	
STA.WAIT TIME	222.12	84.22	122.73	370.38	11	50.19
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	11	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	442.56	85.13	340.71	597.37	11	100.00
TIME BET DEPART	283.49	123.92	72.70	501.21	10	
EARLY TIME	793.44	85.13	638.63	895.29	11	
LATE TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	11	

Suite annexe 6-1

P30

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	337.17	70.80	259.61	388.87	5	5.03
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	5	0.01
TOT WAIT TIME	6358.80	527.52	5720.47	6973.50	5	
STA.WAIT TIME	6358.80	527.52	5720.47	6973.50	5	94.96
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	5	0.00
TIME IN SYSTEM	6696.46	519.00	6109.83	7233.60	5	100.00
TIME BET DEPART	580.94	225.60	374.96	840.35	4	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	4	
LATE TIME	4321.47	518.99	3734.83	4858.60	5	

P126

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	89.95	0.00	89.95	89.95	6	1.39
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	6	0.01
TOT WAIT TIME	6398.14	493.77	5865.69	7104.34	6	
STA.WAIT TIME	6398.14	493.77	5865.69	7104.34	6	98.61
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00
TIME IN SYSTEM	6488.59	493.00	5956.14	7194.79	6	100.00
TIME BET DEPART	546.73	140.70	365.85	722.39	5	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	5	
LATE TIME	6039.59	493.77	5507.14	6745.79	6	

P92

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	94.23	0.03	94.23	94.23	5	1.50
TRAVELING TIME	0.80	0.00	0.80	0.80	5	0.01
TOT WAIT TIME	6202.08	514.19	5565.30	6869.16	5	
STA.WAIT TIME	6202.08	514.19	5565.30	6869.16	5	98.49
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	5	0.00
TIME IN SYSTEM	6297.11	514.18	5660.33	6964.19	5	100.00
TIME BET DEPART	625.96	62.23	543.07	694.04	4	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	4	
LATE TIME	5826.11	514.18	5189.33	6493.19	5	

Suite annexe 6-1

P156

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	91.20	0.00	91.20	91.20	10	59.69
TRAVELING TIME	0.20	0.00	0.20	0.20	10	0.13
TOT WAIT TIME	61.38	25.35	44.00	124.39	10	
SEA.WAIT TIME	61.37	25.35	44.00	124.39	10	40.17
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	10	<u>0.01</u>
TIME IN SYSTEM	152.78	25.35	135.39	215.79	10	100.00
TIME BET DEPART	291.07	33.29	219.61	329.89	9	
EARLY TIME	307.22	25.35	244.21	324.61	10	
LATE TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	10	

P98

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	291.40	0.00	291.40	291.40	5	4.14
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	5	0.01
TOT WAIT TIME	6750.36	538.12	6153.94	7332.03	5	
SEA.WAIT TIME	6750.36	538.12	6153.94	7332.03	5	95.86
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	5	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	7042.26	538.12	6445.84	7623.93	5	100.00
TIME BET DEPART	547.27	388.62	110.99	990.85	4	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	4	
LATE TIME	5577.26	538.12	4980.84	6158.93	5	

P172

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	214.10	0.00	214.10	214.10	8	18.92
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	8	0.04
TOT WAIT TIME	917.14	107.13	776.62	1078.98	8	
SEA.WAIT TIME	917.14	107.13	776.62	1078.98	8	81.04
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	8	<u>0.00</u>
TIME IN SYSTEM	1131.74	107.13	991.21	1293.58	8	100.00
TIME BET DEPART	343.19	123.00	169.76	461.76	7	
EARLY TIME	45.17	33.10	12.61	78.79	3	
LATE TIME	125.89	76.30	40.48	223.58	5	

Suite annexe 6-1

P145

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	319.00	0.00	319.00	319.00	3	4.11
TRAVELING TIME	0.60	0.00	0.60	0.60	3	0.01
TOT WAIT TIME	7440.03	405.01	7102.65	7889.20	3	
TRAVEL TIME	7440.03	405.01	7102.65	7889.20	3	95.88
TRANS.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	0.00
TIME IN SYSTEM	7759.63	405.01	7422.25	8208.79	3	100.00
TIME WGT DEPART	693.27	237.13	525.60	860.95	2	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	2	
LATE TIME	5940.63	405.01	5603.25	6389.79	3	

P165

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	108.60	0.04	108.60	108.60	3	1.32
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	3	0.01
TOT WAIT TIME	8139.95	541.53	7821.36	8765.23	3	
TRAVEL TIME	8139.95	541.53	7821.36	8765.23	3	98.68
TRANS.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	0.00
TIME IN SYSTEM	8249.05	541.54	7930.46	8874.33	3	100.00
TIME WGT DEPART	771.93	650.59	311.50	1231.97	2	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	2	
LATE TIME	7706.05	541.55	7397.46	8331.33	3	

P179

	AVERAGE TIME	STANDART DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	294.40	12.30	280.20	301.50	3	3.84
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	3	0.01
TOT WAIT TIME	7377.06	620.79	6799.15	8033.28	3	
TRAVEL TIME	7377.06	620.79	6799.15	8033.28	3	96.16
TRANS.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	3	0.00
TIME IN SYSTEM	7671.96	622.25	7101.15	8335.28	3	100.00
TIME WGT DEPART	917.07	196.23	778.31	1055.82	2	
EARLY TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	2	
LATE TIME	5636.96	622.24	5064.15	6298.28	3	