

1/11/96 6/96

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE INDUSTRIEL

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ANALYSE DES PERFORMANCES DE
L'ATELIER D'ENTRETIEN DES LOCOMOTIVES
PAR LA SIMULATION

CAS : U.E.M.M - A.H (SNTF)

PROPOSE PAR :

U.E.M.M.-AH
(SNTF)

ETUDIE PAR:

Mr : N. BOUSSEFSSAF
Mr : F. ZEGTOUF

DIRIGE PAR:

Mme Y. KERBOUA

Promotion

Juin 1996

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE INDUSTRIEL

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ANALYSE DES PERFORMANCES DE
L'ATELIER D'ENTRETIEN DES LOCOMOTIVES
PAR LA SIMULATION

CAS : U.E.M.M - A.H (SNTF)

PROPOSE PAR :

U.E.M.M.-AH
(SNTF)

ETUDIE PAR:

Mr : N. BOUSSEFSAF
Mr : F. ZEGTOUF

DIRIGE PAR:

Mme Y. KERBOUA

Promotion

Juin 1996

Dédicace

Je dédie ce travail:

A mes parents, que je ne remercierai jamais assez pour leur soutien,
leur patience et leur amour. J'espère être à la hauteur de leurs espérances et
leurs efforts.

A mes frères Brahim et Khallef pour leurs aides et leurs encouragements.

A mes sœurs Linda, Malia et Sonia.

A ma belle sœur Fatiha pour son soutien moral.

A tous qui me sont chers

Fayçal

Dédicace

A mes très chers parents, pour leur amour et leur dévouement.
A mes soeurs et frères, pour leur encouragement.
A mes amis, qui sauront se distinguer
A tous qui ont su être quand il le fallait

je dédie ce modeste travail

Noureddine.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre promotrice M^{me} Y.KERBOUA d'avoir accepté de diriger ce travail ainsi que pour son soutien intellectuel et moral qu'elle n'a cessé de nous prodiguer.

Nous remercions également les responsables de l'UEMM-AH pour leur aide précieuse dans l'accomplissement de ce travail.

Que tous les enseignants du département GENIE-INDUSTRIEL, trouvent ici l'expression de notre reconnaissance.

Nous n'oublierons pas de remercier vivement tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, en souhaitant que tous trouveront ici l'expression de notre profonde gratitude.

SOMMAIRE

. Introduction générale.....	2
. Chapitre I : Présentation de l'unité..	5
I - La SNTF.....	5
II - L'UEMMAH.....	5
II-1- Historique.....	5
II-2- Mission de l'unité.....	5
II-3- Structures de l'unité.....	6
III- Problématique.....	9
Chapitre II : Méthodes d'analyses des systèmes manufacturiers.....	12
I- Introduction.....	12
II- Quelques concepts fondamentaux dues au système manufacturiers.....	12
III- Représentation par des modèles.....	13
III-1 Modèles à événements discrets et modèles continus.....	14
IV- Méthodes analytiques d'analyse du système.....	14
IV-1- Modèles stochastiques.....	14
IV-2- Méthodes utilisant l'algèbre des chemins.....	15
IV-3- Les limites des méthodes analytiques.....	15
V- La simulation.....	15
V-1- Définition.....	15
V-2- La simulation discrète.....	16
V-2-1- Approche par événement.....	16
V-2-2- Approche par activité.....	19
V-2-3- Approche par processus.....	19
V-3- Evolution des langages de simulation.....	20
V-4- Avantage et limites de la simulation.....	21
V-5- Le cadre méthodologique de la simulation.....	22
V-6- L'approche retenue.....	25
V-7- La simulation discrète.....	25
V-8- Le logiciel MAP/1.....	25
Chapitre III - Modélisation de l'atelier :.....	27
I- Introduction.....	
II- Processus de modélisation.....	27
III- L'atelier d'entretien : HAMMA.....	28
III-1- Les objets du système.....	28
III-2- Les relations.....	29
IV- Collecte et organisation des données.....	29
IV-1- Sélection des organes.....	30
IV-2- Sélection des postes de travail.....	31
IV-3- L'ajustement des données de fiabilité.....	31
IV-4- Le temps de réponse.....	33
V- La modélisation logico-mathématique.....	34

Chapitre IV - Vérifications et validations, analyse et présentation des résultats.....37.

I- Vérification et validation du modèle.....	37
I-1- Vérification.....	37
I-2- Validation du modèle.....	37
II- Analyse et présentation des résultats.....	38
II-1- Les postes de travail.....	38
II-2- Le temps de séjour dans le système "time in système".....	39
II-3- Les attentes devant les ressources.....	40
Conclusions.....	42

Chapitre V : Scénaris pour l'amélioration des performances de l'atelier..... 44

I- Introduction.....	44
II- Variation de la charge.....	44
III- Réorganisation de l'atelier.....	45
III-1- Augmentation de la capacité.....	45
III-2- Changement de la règle de conduite.....	49
III-3- Organisation du travail dans les postes.....	50

Conclusion générale et recommandation.....52

Bibliographies

Annexes

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE



C'est au début de ce siècle que Taylor a donné l'essor à l'ère scientifique de l'organisation du travail. Son objectif était d'employer l'organisme humain plutôt inefficace, de la meilleure façon possible dans le processus de production.

Un peu plus tard, Lillian et Frank Gilbreth développèrent des méthodes de mesure de temps et des mouvements.

Depuis, les dirigeants d'entreprises commencèrent à penser en terme de production horaire. La productivité devenait donc une préoccupation constante. Ils étaient constamment à la recherche des moyens qui leurs permettraient :

- D'accroître la productivité afin de réduire le coût de revient;
- De s'adapter rapidement à une variation de la demande;
- D'améliorer la qualité des produits;
- D'améliorer les conditions de travail et de sécurité;
- De réduire le délai de fabrication et les encours.

La fabrication simultanée des produits divers et son adaptation à des fluctuations rapides du carnet de commandes ont contribué à complexifier la conduite des ateliers et nécessite la compréhension du système de production dans son ensemble et tout au long de son cycle de vie.

Il est donc nécessaire de disposer d'outils d'aide à la décision qui permettent, d'une part, une analyse quantitative et rationnelle du système de production, et d'autre part, faciliter la tâche de l'homme dans sa fonction de gestion et d'organisation.

Notre travail appliqué au sein de l'atelier d'entretien des locomotives Alger-Hamma, consiste en une étude détaillée de son fonctionnement. Notre objectif est de mettre à la disposition des responsables de l'atelier une représentation simplifiée de la réalité pour servir les objectifs suivants :

- Aider à mieux percevoir la réalité;
- Aider à mieux atteindre les objectifs fixés.

Ce mémoire est présenté en cinq chapitres:

Le premier chapitre sera consacré à la présentation de l'unité d'entretien des matériels moteur d'Alger suivie par la problématique qui a motivée cette étude.

Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation des méthodes de résolutions des systèmes manufacturiers ainsi que l'approche retenue pour faire notre étude.

Dans le troisième chapitre, nous construisons un modèle représentant du fonctionnement réel de l'atelier à l'aide du logiciel MAP/1 . Les étapes de modélisation , de collecte et d'organisation des données sont précisées.

La vérification, la validation du modèle et l'analyse des résultats feront l'objet du quatrième chapitre.

Dans le cinquième chapitre nous évaluerons quelques scénarii visant à améliorer les performances de l'atelier.

Une synthèse de l'étude et des recommandations seront présentées dans la conclusion générale.

CHAPITRE I
PRESENTATION
DE L'UNITE

PRESENTATION DE L'UNITE

I- LA SNTF :

La société nationale des transports ferroviaires (SNTF) est un établissement à caractère industriel et commercial (EPIC). Sa mission principale consiste à assurer le transport des voyageurs et celui des marchandises.

Le Parc de la SNTF comporte 269 locomotives. Ces locomotives nécessitent un entretien continu, cette fonction est assurée par les six unités de la SNTF. L'unité d'entretien matériel moteur Alger-Hamma (UEMMAH) est considérée comme la plus importante du réseau, vu le rôle qu'elle joue entre les différents dépôts et ateliers.

II- L'UEMMAH :

II.1- Historique :

Les ateliers de Hamma à Alger ont été construits en 1929, pour assurer la réparation des locomotives à vapeur, l'année 1946 marque un tournant décisif dans l'histoire des chemins de fer algériens ; la locomotive électrique fait son apparition et remplace la locomotive à vapeur.

Les locomotives de type BALDWIN et ALCO furent les premières. L'utilisation des locomotives ALSTHON s'est faite dès 1957 et elles sont restées en service jusqu'en 1971, date de l'acquisition de la première série de locomotive diesel-électrique-GM-.

L'acquisition de nouvelles locomotives pour l'extension du parc national se poursuit. Actuellement près de 150 locomotives subissent un entretien périodique dans les ateliers de Hamma.

II.2- Mission de l'unité :

L'unité a pour mission principale l'entretien préventif et curatif des locomotives diesel-électrique-GM-.

Les principaux travaux effectués à l'unité sont :

A- La maintenance de 150 locomotives pour :

- une visite biannuelle VA2 ;
- une révision limitée RL : tous les 4 ans ;
- une révision générale RG : tous les 8 ans ;
- une grande révision générale : tous les 16 ans.

B- La maintenance et la réparation des équipements fixes et des moyens de production de l'unité et des établissements de la région d'Alger.

C- La réparation et la révision des matériels de pompage et de freinage et des appareils électriques et électroniques du réseau.

II.3- Structure de l'Unité :

L'unité, pour accomplir sa fonction, est organisée de la façon suivante :

1/- Sous direction technique :

C'est la sous direction qui assure l'organisation, la planification et les prévisions. Elle s'occupe de tout ce qui est technique.

2/- Sous direction maintenance locomotive :

Elle a pour rôle d'exécuter les travaux mécaniques, électrique et tout autres travaux sur la locomotive.

3/- Sous-direction production :

Elle est chargée de :

- La fabrication de certaines pièces de rechanges ;
- Les travaux de forge et de fonderie ;
- L'usinage des pièces ;
- La remise en état des moteurs électriques ;
- La réparation des organes de roulement.

4/- Sous-direction maintenance des moyens de production :

Elle est :

- Chargée de l'entretien des équipements et des installations fixes et mobiles ;
- Chargée de la sécurité de la main-d'oeuvre ;
- Responsable du centre de distribution de l'outillage.

5/- Sous-direction du personnel et comptabilité :

Composée de deux divisions :

a/- Division comptabilité et finance :

Assure toutes les fonctions qui s'attachent à la finance : Etablissement et contrôle du budget, achats, paiementetc.

b/- Division personnel :

Elle s'occupe de la gestion et la formation du personnel, et de tous les travaux administratifs.

II.4- Organigramme de l'Unité :

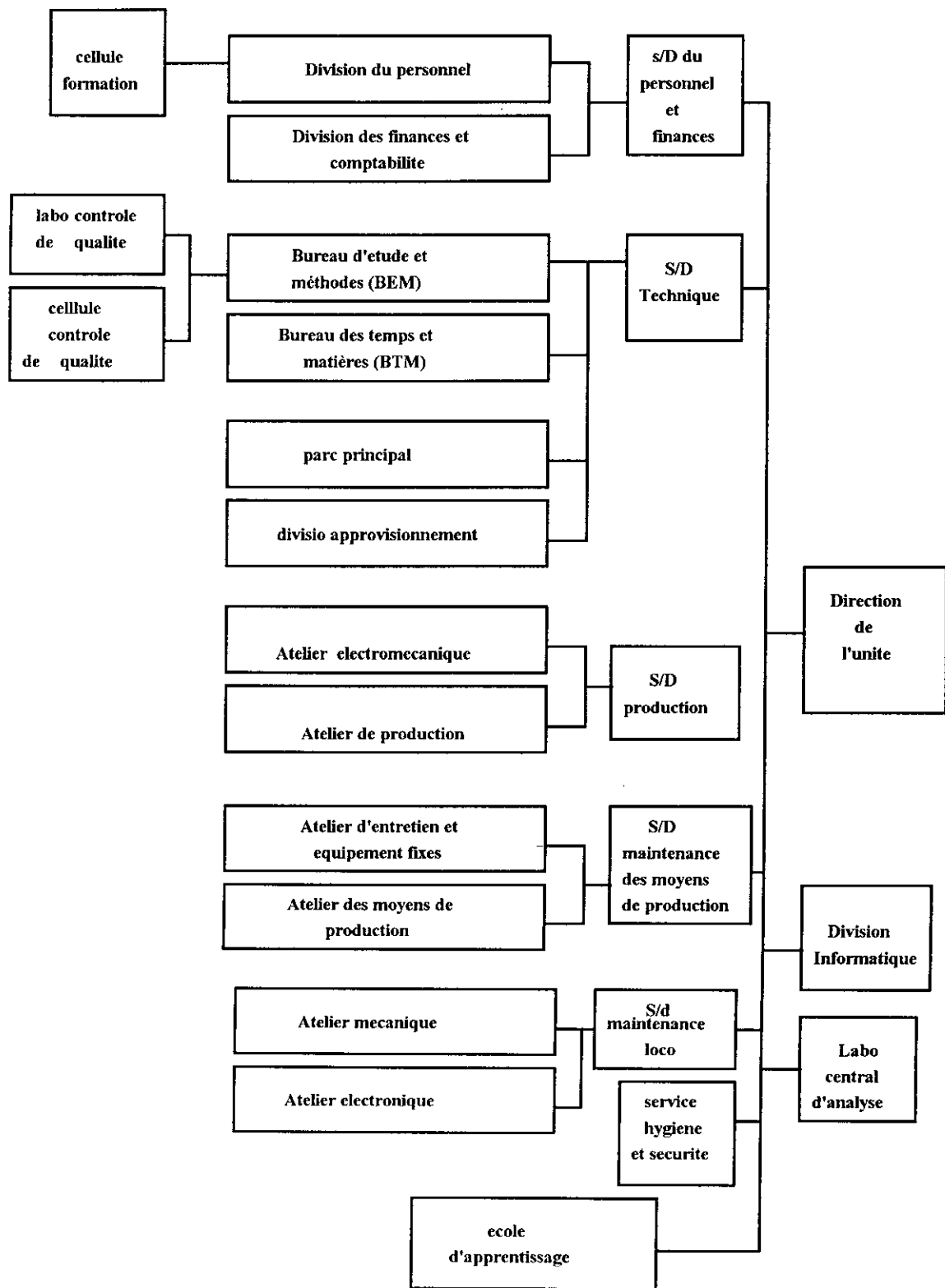


fig. I.1 : Organigramme de l'unité.

III-Problématique :

L'entretien du matériel moteur (locomotives) pose des problèmes spécifiques car, il constitue en soi une fonction particulière de la SNTF.

L'UEMM-AH est la seule unité d'entretien en son genre sur le réseau de la SNTF. De ce fait, elle accueille en son sein toutes les locomotives (GM) pour subir un entretien suivant un programme préétabli.

L'unité connaît des problèmes divers qui se répercutent sur le délai d'immobilisation de la locomotive, et qui entraînent par la suite la modification du plan de charge annuel presque tout les deux mois.

Le tableau (I-1) met en évidence l'écart entre le plan théorique établi et le plan réalisé :

Année	1991	1992	1993	1994	1995
Plan théorique (nbre de loco)	26	38	28	33	30
Plan réalisée	28	27	26	25	25

Tableau. I-1 : Comparaison entre le plan théorique et réalisé.

Parmi les problèmes qu'on a constatés auprès des responsables de l'unité, nous citons :

- 1- L'indisponibilité d'information concernant la capacité réelle de chaque ressource.
- 2- Les files d'attentes au niveau des postes sont inconnues (leurs longueurs, et leurs temps moyens).
- 3- Les temps de réponse des moyens de manutention représentent des temps considérables pourtant ne sont pas comptabilisés.

Face à ces problèmes et pour aider les responsables de l'unité à mieux percevoir la réalité et à mieux atteindre leurs objectifs, nous nous sommes intéressés à l'étude détaillée du fonctionnement de l'atelier.

Cette étude sera donc destinée à acquérir une méthodologie de conduite et une vision organisée de l'atelier. Ceci se traduira par la détermination des indicateurs qui caractérisent bien le fonctionnement de l'atelier, à savoir :

- Le taux d'utilisation de chaque ressource ;
- La longueur des files d'attentes devant les postes de travail, le temps moyen d'attente ;
- Le cycle opératoire moyen d'entretien des organes de la locomotive ;
- L'influence des pannes machine et moyens de manutention ;
- L'identification des goulots d'étranglement.

CHAPITRE II
METHODES D'ANALYSE DES
SYSTEMES
MANUFACTURIERS

METHODES D'ANALYSE DES SYSTEMES MANUFACTURIERS

I- INTRODUCTION :

Les méthodes de résolution des systèmes manufacturiers sont souvent bien adaptées à l'étude des performances des systèmes, 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 leur performances sans faire appel aux modèles analytiques ou à la simulation.

Dans ce chapitre nous rappellerons les différentes méthodes de résolution des systèmes manufacturiers et nous présenterons la méthode adoptée pour notre travail.

II - QUELQUES CONCEPTS FONDAMENTAUX LIES AU SYSTEME MANUFACTURIER [10] :

Un système manufacturier peut être assimilé à un ensemble complexe d'éléments interagissant les uns sur les autres dans le but d'accomplir le même objectif.

Nous donnons dans ce paragraphe une liste de concepts nécessaires pour la description d'un système de production.

- Une ressource est un élément nécessaire à la réalisation d'une tâche.

Exemple : Une machine, des outils, du personnel.

- Une activité est l'intervalle de temps pendant lequel un ensemble de ressources est engagé dans une même tâche.

Le repos peut être considéré comme une activité dont l'ensemble des ressources associées est vide.

La théorie des réseaux de file d'attente propose les concepts suivants [8] :

- l'élément mobile ou client représente toute entité matérielle dont le "déplacement" est pris en compte. Les lots de pièces sont des clients par exemple .

- une file d'attente est un ensemble de clients ayant une "chose" en commun (utilisation de la même ressources). A chaque file d'attente on associe une politique de gestion .

- un serveur est une ressource particulière associée à une file d'attente. Les activités de cette ressource sont spécifiées (durée de service, création et destruction de client...).

III- REPRESENTATION PAR DES MODELES : [6]

La modélisation consiste à construire une représentation logico-mathématique du comportement d'un système réel.

Un modèle d'un système est composé "d'objets" ou "d'entités" (lots de pièces, machine,...) et des relations entre ces objets (possibilité pour un lot de passer sur une machine...).

Un objet est caractérisé par un ou plusieurs "attributs" auquel des valeurs peuvent être affectées, il sont de deux types :

- Attributs fixes qui définissent la nature de l'objet (objet de type machine, type de la machine...) et les caractéristiques de celui-ci (taux de panne...);

- Attributs variables : qui évoluent au cours du temps (état d'occupation d'un poste, position d'une pièce dans l'atelier).

Nous pouvons affiner cette classification en introduisant les notions d'attributs physiques et d'attributs de gestion, ainsi pour une machine, nous pouvons utiliser les attributs suivants :

1- Attributs physiques fixes :

- Type de la machine
- Taux de panne

2- Attributs physiques variables :

- Occupation de la machine
- Etat de marche

3- Attributs de gestion fixes :

- Politique de gestion de la file d'attente

4- Attributs de gestion variables :

- Réservation de la machine par un lot.

De la même façon, les relations sont décrites à l'aide d'attributs fixes (dits relationnels) qui précisent les caractéristiques de la relation (exp : temps opératoire pour chaque lot dans chaque poste de travail,...).

III.1- Modèles à événements discrets et modèles continus :

Les concepts introduits ci-dessus ne permettent de décrire que l'ensemble des états possibles du système [6]. Le modèle complet contient les règles opératoires qui permettront au système d'évoluer d'état en état.

Si le changement d'état a lieu de façon continue, on a un "modèle continu". Si ce changement ne peut avoir lieu qu'à certains instants et de façon discontinue, on a "un modèle à événements discrets". Dans les problèmes de production on emploie en général des modèles à événement discrets.

IV- METHODES ANALYTIQUES D'ANALYSE DU SYSTEME :

Nous présenterons dans ce paragraphe le cadre générale des méthodes analytiques, leurs avantages et leurs inconvénients.

IV.1 : Modèles stochastiques : [8]

Ces modèles sont principalement basés sur la théorie des files d'attente. Ils fournissent des résultats sur le fonctionnement du système en régime permanent :

- Taux d'occupation du poste ;
- Nombre moyen de clients dans le système ;
- Temps moyen d'attente dans le système.

Ces modèles sont généralement utilisés pour les systèmes de production ayant un fonctionnement stable. Il sont très robustes à la violation de l'hypothèse de loi exponentielle. Le modèle n'est pas représentatif des phénomènes de blocage rencontrés dans un atelier, de

plus, la prise en compte des pannes est difficile et s'avère impossible en pratique sur des exemples de taille réaliste [10].

IV.2- Méthodes utilisant l'algèbre des chemins :

Cette méthode permet une description précise de l'ordonnancement [10] des tâches dans l'atelier, obtenue par un graphe potentiels-tâches.

Bien que la modélisation des pannes soit impossible, l'algèbre des chemins constitue une approche privilégiée pour l'étude de certains problèmes d'ordonnancement. Elle est bien adaptée en particulier à l'étude des problèmes dans lesquels les contraintes sont modélisables par un ensemble d'inégalités de potentiels devant être satisfaites conjointement.

IV.3- Les limites des méthodes analytiques :

Les méthodes analytiques, ne sont applicables que pour des configurations d'installation et des conditions d'exploitation particulières. Elles ont l'avantage de fournir très rapidement des résultats car elles ne nécessitent pas le déroulement de l'historique du système. L'étude détaillée ainsi que la phase d'exploitation nécessitent l'utilisation d'outils pouvant prendre en compte les phénomènes de blocage et de panne. Ces outils doivent aussi permettre la modélisation de règles de gestion plus puissantes et le regroupement par lot des pièces.

La simulation que nous présenterons dans la partie suivante est le seul outil qui permette actuellement de résoudre ces problèmes.

V- LA SIMULATION :

V.1- Définition :

La simulation est une méthode qui consiste à construire un modèle d'un système, ou d'un phénomène, que l'on désire étudier, de manière à pouvoir ensuite faire des expériences sur ce modèle et étudier son comportement dans différentes circonstances. [12]

Il faut noter que toute expérimentation à l'aide de modèle peut évidemment être tenue pour une simulation. Elle peut être substituée à l'expérimentation réelle, notamment dans les cas suivants:

- Pour l'évaluation d'un projet ;
- Si les coûts d'expérimentation réelle sont trop élevés ;
- Dans des conditions opérationnelles irréalistes ;
- En présence de danger lors d'essais sur site ;
- A cause de la non-reproductibilité de l'expérimentation ;
- Du fait d'un temps important d'expérimentation réelle.

V.2- La simulation discrète :

Les modèles de simulation discrète décrivent les changements d'état du système à étudier de manière discrète, ils permettent de reproduire événement par événement l'évolution de l'état du système dans le temps. [12]

Comme exemple de systèmes décrits par des modèles de simulation discrète, on peut citer :

- Le trafic (trafic aérien, conception d'aéroport...) ;
- Les banques et les postes ;
- La gestion des stocks, les entrepôts automatisés ;
- La gestion de la production ;
- La communication ;
- La distribution ;
- L'entretien d'un parc de machines.

Un modèle de simulation discrète, peut être réalisé selon trois approches : par événement, par activité ou par processus :

V.2.1- Approche par événement : [2]

L'approche par événement consiste à décrire les changements d'état provoqués par chaque événement. Ces événements sont dans une première étape regroupés, par type, ainsi, nous pourrions obtenir trois types d'événements dans un atelier :

- Le lancement des lots ;
- Le début d'usinage ;
- La fin d'usinage.

- **NB** : Le terme usinage doit être pris au sens large (lavage, contrôle, démontage, traitement par lot...).

Dans la seconde étape, seuls sont conservés, les types d'événement représentant la fin d'une activité de durée connue. Pour un lancement périodique des lots, les types "lancement de lot" et "fin d'usinage" sont conservés, car ils terminent des activités de durées égales à la période de lancement ou le temps d'usinage.

Après avoir déterminé tous les types d'événements significatifs du modèle, une procédure est associée à chaque type, elle effectue tous les traitements nécessaires lors de l'occurrence de l'événement et de prévoir éventuellement l'occurrence d'un ou plusieurs événements.

Enfin, nous rappelons que la progression du temps se fait par saut d'une date d'événement à la date de l'événement suivant :

Exemple :

Prenons l'exemple d'un atelier destiné à l'usinage de deux types de pièces P1 et P2. Cet atelier est constitué de quatre machines M1, M2, M3 et M4. Les pièces de type P1 passent sur les machines M1, M2 et M4 tandis que les pièces de type P2 passent par les machines M1, M3 et M4.

Notons t_{ij} le temps d'usinage du lot de pièces de type i sur la machine de type j . Supposons que le lancement des pièces se fait périodiquement de période (Per_j) et par lot.

Les types d'événements significatifs sont "le lancement des lots" et "la fin d'usinage des lots sur les machines". Les procédures associées effectuant les actions suivantes :

1- Procédure associée au lancement des lots de pièces :

- Ranger dans l'échéancier un événement "lancement d'un lot de pièce de type i " à la date : date actuelle + Per_i

- Si la machine M1 est libre.

Alors

- M1 devient occupée.

- Ranger dans l'échéancier un événement "fin d'usinage" à la date : date actuelle + T_{i1}

Sinon

- Mettre le lot dans la file d'attente devant M1.

Fin si.

2- Procédure associée à la fin d'usinage d'un lot :

Notons i le type de lot de pièces terminant son usinage et j la machine utilisée pour cet usinage.

- Si il y a au moins un lot en attente devant M_j .

Alors

- Sortir le premier lot de la file d'attente. Soit k son type.
- Ranger dans l'échéancier un événement "fin d'usinage" à la date : Date actuelle +

T_{kj} .

Sinon

- M_j devient libre.

Fin si.

- Si le lot de pièces de type i n'a pas fini sa gamme.

Alors

- Chercher le numéro noté " k " de la machine suivante :
- Si la machine M_k est libre.

Alors

- M_k devient occupée.
- Ranger dans l'échéancier un événement "fin d'usinage" à la date : Date actuelle + t_{ik} .

Sinon

- Mettre le lot dans la file d'attente devant M_k .

Fin si

Sinon

- détruire le lot de la simulation.

Fin si.

Le programme principal ne fait que lire dans l'ordre chronologique l'échéancier, actualiser la date actuelle et activer la procédure associée à l'événement courant.

Cette approche par événement est la plus connue et la plus utilisée.

V.2.2- Approche par activité : [11]

L'approche par activité consiste à décrire, pour chaque activité, l'ensemble logiquement organisé des opérations pouvant changer l'état du système. Toutes les conditions nécessaires au début et à la fin des activités sont spécifiées. Le changement d'état s'effectue lorsque ces conditions sont remplies.

En général, l'avance du temps consiste à utiliser une horloge et un pas fixe qui fait progresser celle-ci. A chaque avance du temps, on scrute pour chaque activité les conditions de début et on effectue les changements d'état possibles.

Cette approche nécessitant de tester à chaque pas d'horloge toutes les conditions, s'avère gourmande en temps de calcul et est donc réservée aux simulations faisant intervenir des activités de durées non connues a priori .

V.2.3- Approche par processus [12]:

L'approche par processus consiste à décrire une séquence d'événement (ou d'activités) ordonnés dans le temps et auxquels sont soumis les entités du système ou qu'elles déclenchent.

La description des processus est effectuée donc selon les méthodes liées à l'approche retenue (approche par activité ou par événement) puis il ne reste qu'à préciser les interactions entre les différents processus.

L'exemple développé dans le paragraphe (V-2-1) peut être traité comme l'indique le schéma suivant :

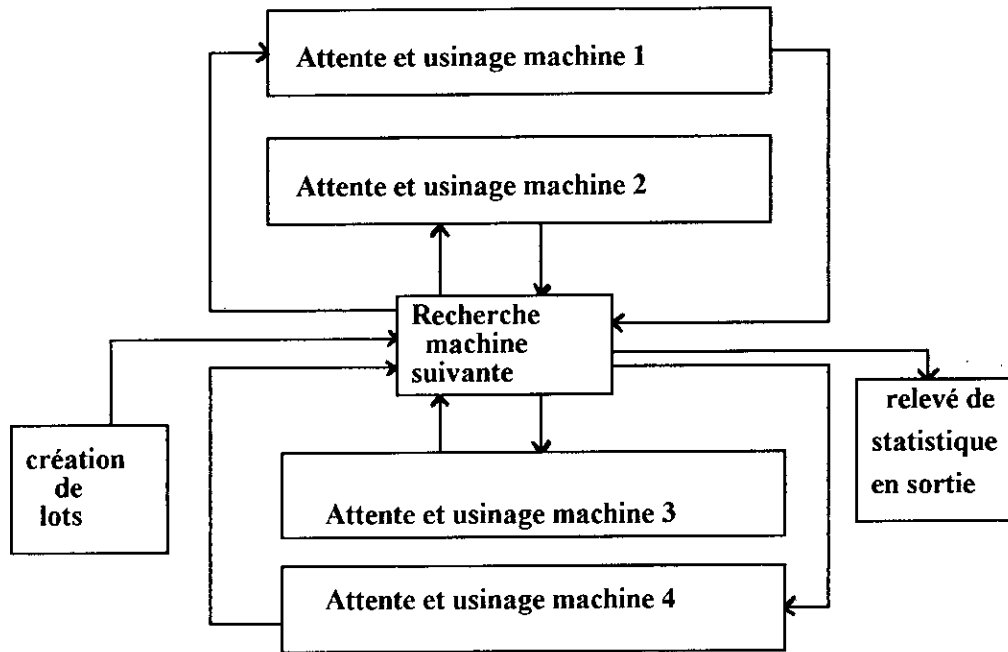


Fig. II-1 : Approche par processus.

Cette approche a d'une part l'avantage de structurer l'analyse du système en ramenant l'étude à la spécification d'un ensemble de processus et à leurs interactions et d'autre, permet de réutiliser des phases de travail effectuées lors d'études antérieures en ramenant l'étude en cours à un assemblage de processus.

L'approche par processus est très largement utilisée pour l'étude des systèmes de production.

V.3- Evolution des langages de simulation [6] :

Une première solution, pour mettre en oeuvre une simulation, est l'utilisation d'un langage de programmation tel FORTRAN ou PASCAL, dans un domaine bien particulier.

Les nouvelles générations de langages de programmation sont particulièrement adaptées à la programmation de simulation et permettent, grâce à leur structuration, de pouvoir constituer par enrichissement successifs, une base de modèles que l'on peut modifier et assembler à volonté.

C'est ainsi qu'entre les années 1960 et 1970, se sont développés des langages plus orientés vers la représentation et la simulation des systèmes discontinus. En même temps, apparaissait la notion de programmation structurée qui met l'accent sur l'organisation des

programmes et la structure des données. Parmi les langages les plus connus et diffusés dans le monde nous citons :

Simulateur	Auteur (s)	Date d'apparition	Pays d'origine
Simcript	Kivate H.Marovitz B.Hausner	1963	U.S.A
Simula	Nygaard et DAHL	1968	Norvège
GPSS	GORDON et EFRON	1968	U.S.A
GASP	P.KIVATE	1974	U.S.A
GASP/ECSL	Uni Birmingham	1980	G.B
Q-GERT	A.Pritsker	1977	U.S.A
SLAM	A.Pritsker	1979 - 1983	U.S.A
Q-NAP	Potier	1980 - 1983	France
SIMAN	CD Pedgen	1982	U.S.A
MAP/1	A. Pritsker	1983	U.S.A

Fig II-2 : Langages de simulation.

V.4- Avantage et limites de la simulations [9] :

Il convient bien de noter dès à présent les principaux avantages et inconvénients qui résultent de l'emploi des différents logiciels de modélisation et de simulation spécialisés. Selon R.E. Shann, les avantages de la simulation sont :

- La détermination des variables les plus importantes et la performance du système ainsi que l'interaction de ces variables ;
- L'identification des goulots d'étranglement dans les ateliers ;
- 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 de 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.....

En contrepartie, la simulation présente des inconvénients et son champ d'application est toujours limité du fait que :

- Sa maîtrise nécessite un investissement important 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.

V.5- Le cadre méthodologique de la simulation : [7]

L'outil simulation ayant été retenu, l'étude peut être décomposée en trois grandes étapes qui, elles-mêmes peuvent se décomposer en un certain nombre de phases :

Etape 1 : Analyse du problème

Cette étape, permet de préciser le contexte dans lequel vont être effectuées les étapes suivantes, réalisée avec sérieux, elle évitera de se lancer inconsidérablement dans n'importe quelle simulation.

Dans cette étape il faut :

- Bien identifier le problème qu'on veut résoudre, en spécifiant les objectifs qu'on se fixe et le contexte dans lequel on veut opérer ;
- Effectuer une première modélisation de ce système qui permettra en particulier d'en préciser les frontières et spécifiés les données dont on aura besoin.

Etape 2 : Construction de la simulation

Elle comprend la modélisation logico-mathématique puis peut être aidée par un support graphique et la programmation proprement dite. A ce stade-la, les valeurs numériques de la plupart des paramètres sont précisées.

Cette étape doit terminer par une validation qui consistera en des testes comparatifs dans le cas où le système étudié existe. Par contre, si ce dernier n'existe pas encore, il faudra porter un jugement par des experts.

Des techniques de "trace" informatique (suivi de tous les événements) pourront également apporter une aide précieuse à la validation du modèle.

Etape 3 : Exploitation de la simulation

Quant la simulation est validée, elle peut servir de banc d'essais et permettre l'évaluation du comportement dynamique. Son utilisation demande, bien sur, la définition des entrées et sorties.

Pour minimiser ou tout au moins économiser le temps machine et pour faciliter l'exploitation des résultats, il est important de bien définir la campagne d'exploitation c'est à dire de bien sélectionner les essais à effectuer et d'utiliser une mise en forme adéquate des résultats en fonction des objectifs fixés dans l'analyse des problèmes.

Toutes ces étapes et phases sont résumées sur la figure(fig.II-3).

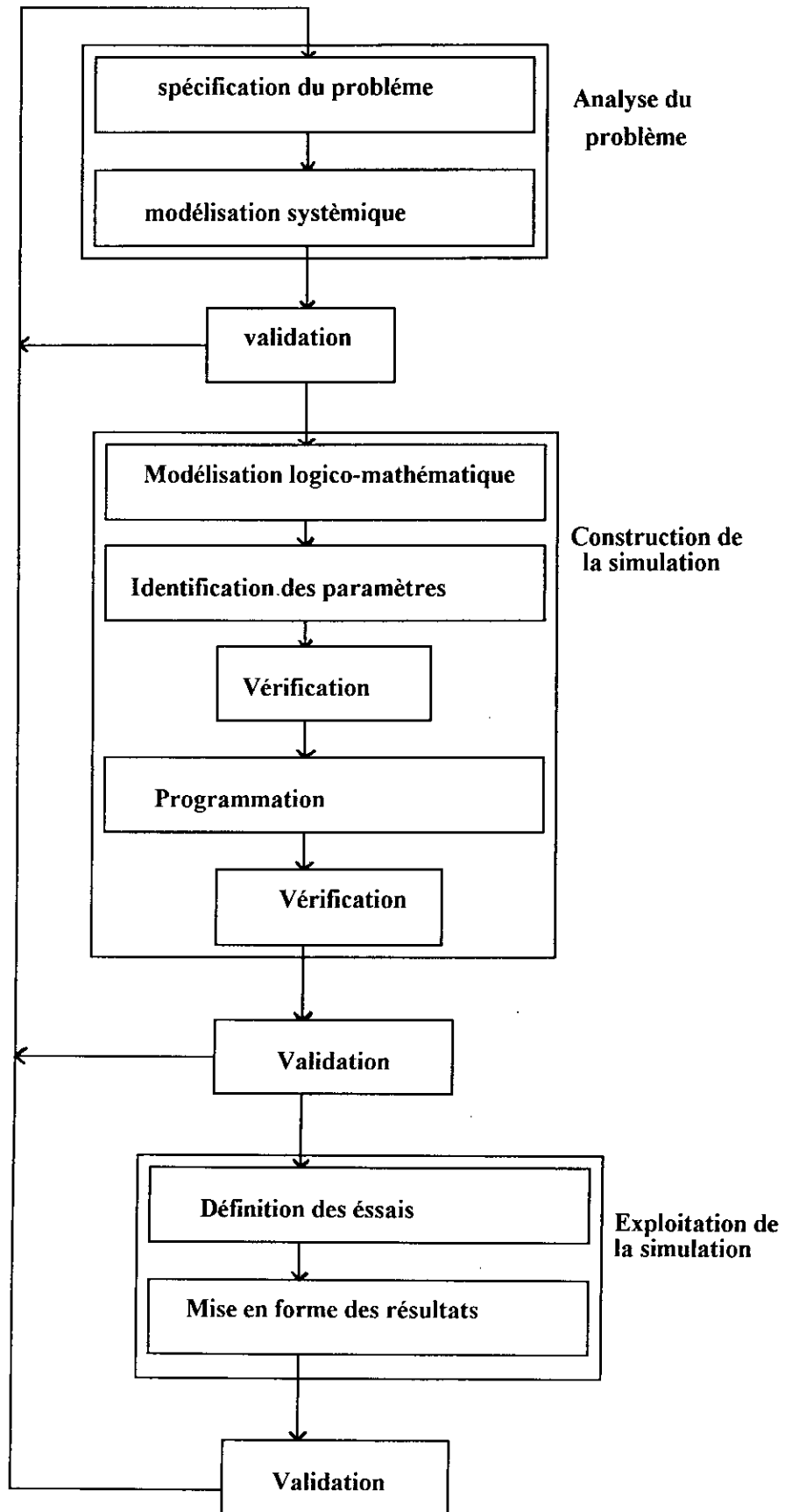


Fig. II-3 : Etapes de la simulation

V.6- L'approche retenue :

Le but de notre étude est de construire une image d'une part statique (éléments de l'atelier) et d'autre part dynamique (lancement, ordonnancement) en vue d'identifier les ressources clés de l'atelier (charge des postes de travail, temps d'attente,.....).

Pour cela nous avons opté pour :

V.7- La simulation discrète :

Les techniques analytiques d'évaluation des systèmes de production, bien qu'étant en progrès constant, ne permettent pas une étude détaillée du fonctionnement de l'atelier. La simulation, approche empirique, prend alors toute son importance.

V.8- Le logiciel MAP/1 [14]:

Nous avons retenu le logiciel MAP/1 pour les raisons suivantes :

- 1- Type de problème à simuler ;
- 2- La disponibilité du logiciel ;
- 3- La disponibilité de la documentation ;
- 4- Flexibilité du logiciel.

CHAPITRE III
MODELISATION DE
L'ATELIER

MODELISATION DE L'ATELIER

I- INTRODUCTION :

Dans une large mesure, la conceptualisation d'un modèle est pratiquement un art, c'est un processus qui consiste à identifier une à une les correspondances entre le système physique objet de l'étude et les éléments du modèle en suivant une technique particulière de modélisation.

La simulation est un outil qui nécessite une bonne connaissance des outils informatique afin de choisir celui qui est le plus approprié et d'en connaître les principales fonctionnalités pour établir un modèle logico-mathématique qui puisse s'adapter au problème posé.

Nous allons dans ce chapitre dresser une liste d'éléments et de relations jugés nécessaire pour la modélisation du système atelier et préciser les attributs les caractérisant.

II-PROCESSUS DE MODELISATION:

Le processus de modélisation peut être décomposé comme l'illustre la figure suivante :

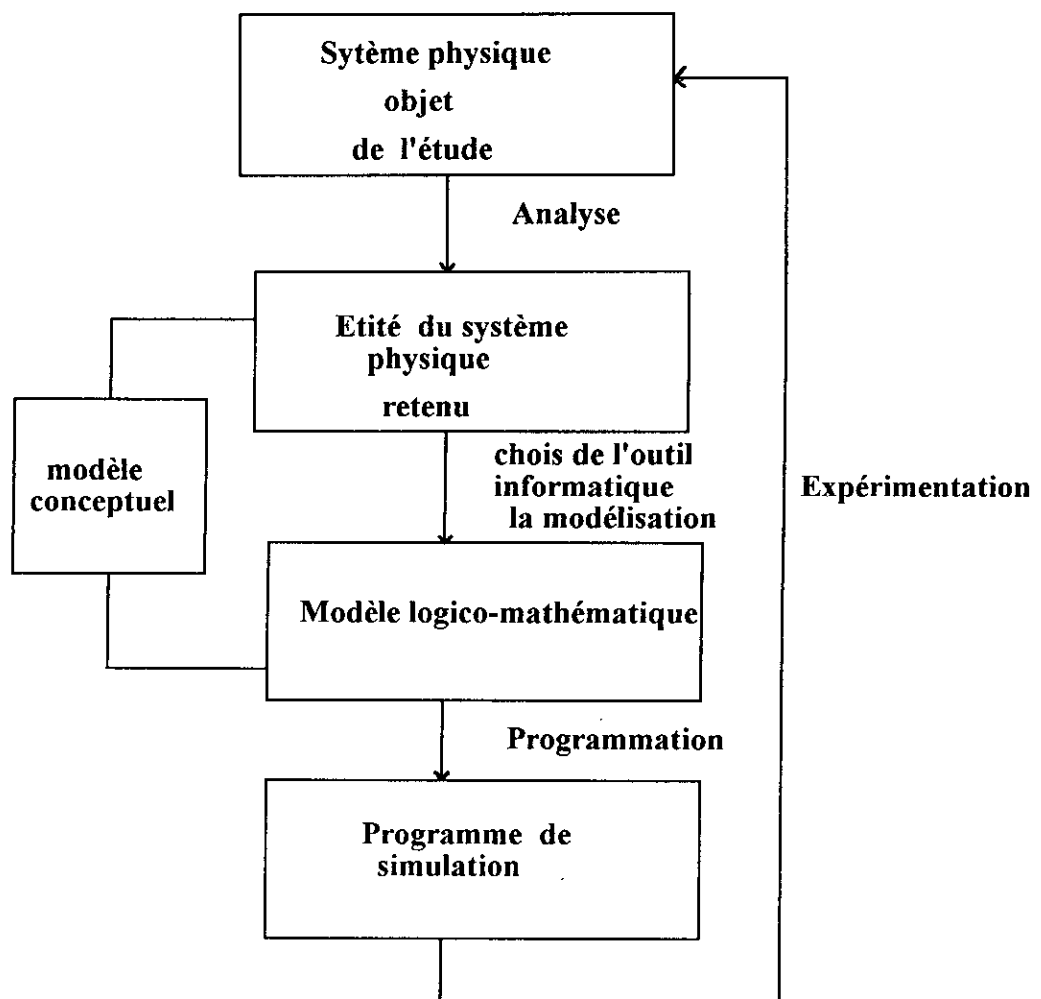


Fig. III-1 : Processus de modélisation.

III- L'ATELIER D'ENTRETIEN HAMMA :

III.1. Les objets du système :

A/- Les organes à réparer :

Se sont les entités travaillées aux postes et transportées par le matériel, de manutention la réparation se fait par lot, chaque lot est caractérisé par :

- La taille (la quantité d'organe par locomotive) ;
- Le nom (étiquette alpha numérique) ;
- La gamme opératoire ;
- La quantité annuelle à traiter.

B/- Les postes de travail :

Un poste est un regroupement dans l'espace d'un ou plusieurs serveurs (machine ou poste manuel de travail). Un poste est caractérisé par :

- Un nom ;
- La taille du poste ;
- Un stock amont (infini) ;
- Un stock aval (infini) ;
- Une loi des temps de bon fonctionnement (loi aléatoire) ;
- Une loi des durées de panne (loi aléatoire).

C/- Les moyens de manutention :

Le matériel de manutention déplace les organes entre les postes de travail, ces attributs sont :

- Le nom ;
- Le type ;
- Un temps de transport ;
- Une loi des temps de bon fonctionnement (loi aléatoire) ;
- Une loi des durées de panne (loi aléatoire).

III.2. Les relations :

A/- La gamme opératoire :

Une gamme décrit la séquence des opérations nécessaire à la réalisation d'un produit ou d'un service, elle comporte les informations suivantes :

- Le nom de la gamme ;
- La liste de succession des opérations ;
- Le temps opératoire de chaque opération.

B/- La règle de conduite : Lancement ordonnancement :

Le lancement des travaux, se fait selon un plan de charge annuelle communiqué par la direction. Les tâches seront ensuite réparties par le biais des bulletins des travaux au niveau de chaque section. La politique de gestion de la file devant les postes est FIFO.

IV. COLLECTE ET ORGANISATION DES DONNÉES :

Pour simplifier les traitements des données nous avons adopté des codes différents de ceux de la SNTF, les organes seront classés selon une codification simple de type :

- Organe mécanique : Mi
- Organe électrique : Ei
- Organe thermique : Ti
- Organe pneumatique : Pi

De même pour les postes de travail, nous avons adopté une codification alphanumérique comme suit :

S_{ij} tel que :

i : représente la section i

j : indique le numéro du poste dans la section i

Exemple : Le poste 1 de la section 07 est défini comme suite : S_{071} , ce poste rentre dans la gamme d'entretien de l'organe E16.

IV.1- Sélection des organes :

L'atelier effectue la réparation pour 606 organes de la locomotive, ce nombre s'avère très grand pour faire cette étude, pour la raison suivante :

Le logiciel MAP/1 a été dimensionné pour le traitement de 100 pièces au maximum, mais vu l'expérience des utilisateurs, il s'est avéré que dès que le nombre de pièces dépasse 40 il apparaît des difficultés dans le chargement des fichiers de travail.

Nous avons tenté à réduire le nombre à moins de 40, en passant par les étapes suivantes :

Etape 1 : classification ABC :

Dans cette étape, nous avons procédé par une analyse ABC afin de déterminer les organes qui occupent le plus l'atelier. Il s'agit de repérer les pièces à gros volume de production calculé par la formule :

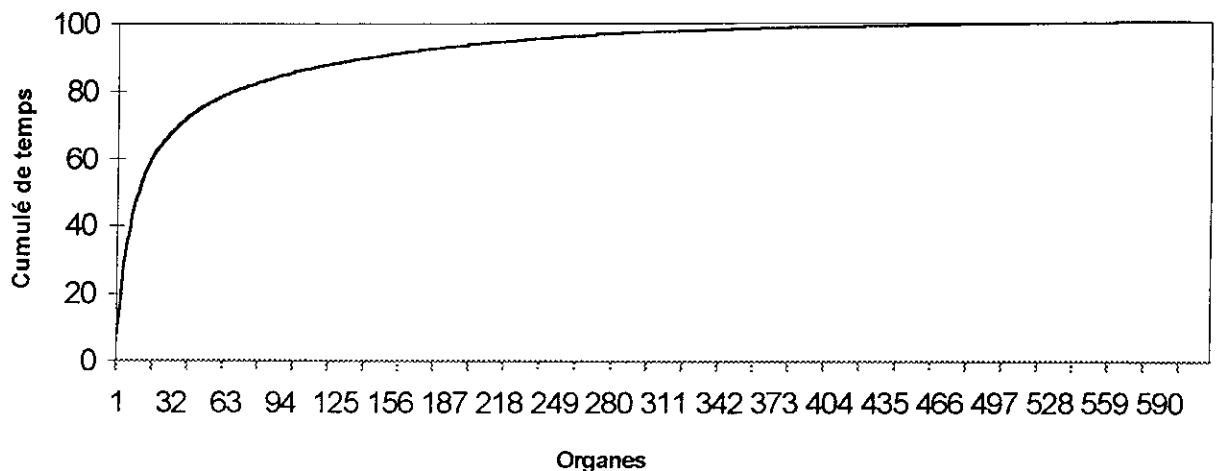
$$V_i = Q_i \cdot T_{op}$$

Tel que :

V_i : Le volume de la production annuelle de l'organe i

Q_i : La quantité produite par an.

T_{op} : Le temps opératoire.



FigIII-1: Classification ABC

Cette analyse a montré que 76 organes occupent 80% des temps totaux de l'atelier, ce qui reste nettement insuffisant.

Etape 2 : Regroupement des organes :

Nous avons lancé une étude détaillée des gammes de l'ensemble de 76 organes sélectionnés. Cette étude a montré que des regroupements sont possibles selon les critères suivants :

- Les organes passant par les mêmes postes ;
- L'ordre de passage est le même ;
- Les temps de traitement sont proches.

Exemple :

L'organe	L'acheminement entre les postes	Le temps opératoire (h)
M 25	S021/S031/S091/S101/S111/S114/S161	1.0,0.5,1.0,1.0,0.5,0.5,1.0,1.0,
M26	S021/S031/S091/S101/S111/S114/S161	1.0,0.5,1.0,1.5,0.5,0.5,0.5,1.0,
M27	S021/S031/S091/S101/S111/S114/S161	1.0,0.5,1.0,1.0,0.5,0.5,0.5,1.0,

Ces organes seront regroupés dans une même famille.

Après ce regroupement, nous avons réussi à réduire le nombre à 34 familles.

La liste complète des organes sélectionnés ainsi que leur regroupement est donnée en annexe 1.

IV.2. Sélection des postes de travail :

Suite à l'identification des organes les plus importants, et par le biais de la gamme opératoire nous avons obtenu une liste de 34 postes qui rentrent dans le processus d'entretien des organes sélectionnés.

La liste complète des postes de travail est donnée en Annexe 1 :

IV.3. L'ajustement des données de fiabilités :

La représentation des durées de pannes et des temps de bon fonctionnement par des lois probabilistes ayant une propriété analytique est une modélisation qui permet de condenser l'information en remplaçant les séries de valeurs par une formule facile à utiliser et à comprendre.

Toutefois, cette représentation est rarement parfaite, car il existe toujours des écarts entre la loi probabiliste et l'observation des faits. Il faut tester la validité de la distribution observée et la distribution théorique.

Le test, consiste essentiellement à définir une mesure de la distance entre la distribution observée et la distribution théorique et ensuite, à apprécier si la distance calculée est seulement le fait du hasard, ou si elle provient, bien au contraire d'une adéquation de la distribution théorique retenue.

La distance utilisée est celle de Kolmogorov-Smirnov (K-S) et par conséquent le test utilisé est celui de (K-S).

L'ajustement a été effectuée par UNIFIT.

UNIFIT est un logiciel qui permet d'adapter à un échantillon de données qu'on a collecté, une distribution théorique. Son avantage est qu'il permet de trouver la meilleure représentation qui s'adapte à un cas est ceci en un peu de temps.

Afin d'expliquer la méthode d'ajustement, nous présenterons dans ce qui suit un exemple qui restera valable pour tous les autres ajustements.

Exemple :

Considérons la série de valeurs sur "le chariot élévateur" des temps de bon fonctionnement "TBF" :

- Caractéristique de l'échantillon :

Nombre d'observation :	45
Nombre de classe :	6
La moyenne :	114,49
L'écart type :	71,07

Le nombre des classes est calculé par la formule de STURGE.

$$K = 1 + 10/3 \log_{10}(N)$$

N : La taille de l'échantillon.

On a constaté que la loi la mieux appropriée à l'allure de la série est la loi normale de moyenne 114.49 et d'écart type 71.07.

Validation :

Le teste d'hypothèse s'énonce comme suit :

$$\begin{cases} H_0: \text{ Le TBF} \rightarrow \mathcal{N} (114.49, 71.07) \\ H_1: \text{ non } H_0 \end{cases}$$

Il faut à présent vérifier si cette hypothèse est acceptable ou non.

Le résultat d'UNIFIT affiche que la distance de (K-S) calculée à partir de la formule :

$$D = \max_x |F_k(x) - F(x)|$$

où : $F_k(x)$: La fonction de répartition empirique

$F(x)$: La fonction de répartition théorique

$$D = 6.82944 \cdot 10^{-1}$$

Avec un seuil de signification betha égale 0.05. La valeur critique (alpha) correspondante à un échantillon de taille 45, tirée de la table de (K-S) est :

$$\alpha_{\text{critique}} = 0.8797$$

Comme : $D_{\text{calculé}} < \alpha_{\text{critique}}$

L'hypothèse H_0 formulée est acceptée.

L'ajustement des données de fiabilité est présentée en annexe 2.

IV.4. Le temps de réponse :

Durant la période de notre stage au sein de l'atelier, nous avons constaté qu'un temps non négligeable est dû à la réponse des moyens de manutention. Pour représenter ceci, nous avons pris un échantillon de taille 30 grâce aux interviews avec les chefs de section.

La série des valeurs obtenue, nous a permis de construire l'histogramme de fréquences de probabilités par rapport au temps.

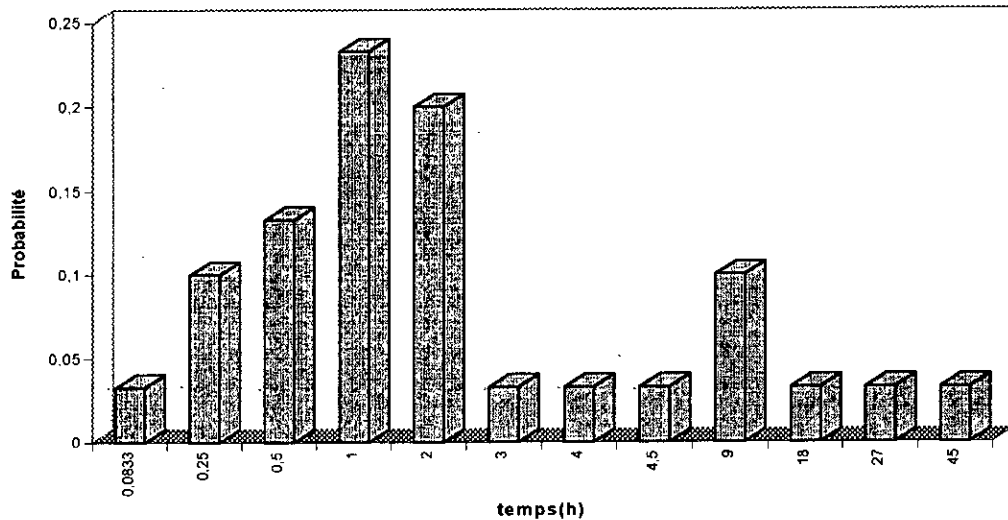


Fig III-2: Temps de réponse

L'histogramme ainsi construit, nous a permis d'utiliser la fonction UPROB offerte par le MAP/1; C'est une distribution définie par l'utilisateur en déclarant le nombre des paires à introduire suivi par une série de paires de valeurs de temps et de probabilités.

Ainsi la fonction sera définie comme suite :

UPROB (12, 0,083, 0,033, 0,25, 0,1, 0,5, 0,113, 1,0, 0,233, 2,0, 0,2, 3,0, 0,033, 4,0, 0,034, 4,5, 0,034, 9,0, 0,09, 18, 0,034).

V. LA MODELISATION LOGICO-MATHEMATIQUE :

Cette phase de modélisation, consiste à représenter le comportement dynamique du système physique retenu, en le formalisant dans le cadre de l'outil informatique retenu.

L'atelier simplifié est de type "JOB-Shop" c'est-à-dire un système dans lequel l'ordre de passage des pièces sur les postes de travail est imposé par les gammes opératoires.

La description du fonctionnement complet de l'atelier se fait, en spécifiant les interactions entre les processus. Nous avons ainsi :

- Processus arrivée des pièces ;
- Processus station de service + file d'attente ;
- Processus "demande" et attente des ressources ;
- Processus recherche de poste suivant.

La modélisation se fera donc en décrivant le déplacement des organes à travers les différents processus correspondants aux postes de travail.

MAP/1 est parmi les langages qui font appel à ce type de modélisation. [14] Les processus et leurs logique de changement d'état sont prédéfinis et déjà programmés. La description du fonctionnement de l'atelier se fera en connectant les primitives standards de MAP/1.

CHAPITRE IV
VERIFICATION ET VALIDATION,
ANALYSE ET PRESENTATION DES
RESULTATS

VERIFICATION ET VALIDATION, ANALYSE ET PRESENTATION DES RESULTATS

I. VERIFICATION ET VALIDATION DU MODELE :

I.1. Vérification :

Il s'agit de l'exécution du programme pour vérifier son fonctionnement, c'est-à-dire qu'il fonctionne de la façon tel que l'on pense. La première chose à faire et alors de simuler le système en ne faisant circuler que quelques entités, en suivant leur cheminement par l'option **trace** offerte par le MAP/1 de façon à vérifier que les séquences des processus sont bien conformes à celle prévues. On augmente petit à petit le débit jusqu'à arriver au fonctionnement nominal de l'atelier.

Cette technique a été très efficace, et nous a permis de détecter toutes les erreurs que comportait notre modèle et de les rectifier.

I.2. Validation du modèle :

La validation du modèle est une étape très importante dans le processus de simulation. Elle consiste à déterminer si ce dernier est une représentation fidèle du système étudié.

a/- Le régime permanent :

Dans une 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 temps de simulation ne sont pas représentatifs car, les conditions du modèle sont généralement vides (dans notre cas, les files d'attente et les encours sont nuls).

Il est donc nécessaire de laisser tourner le programme au préalable pendant un certain temps de façon à partir d'une situation stabilisée. Si la simulation est faite sur un an, une période simulée de 50 jours permettra d'arriver à une stabilisation.

Ainsi, on simulera une année soit 7800 heures, et on commencera de collecter les statistiques après une période de temps égale à 1200 heures (qui correspond au régime transitoire), à l'aide de l'option **clear** qu'offre le MAP/1.

b/- Validation par la production annuelle :

La production annuelle réalisée représente un indice de performance très significatif dans la validation du modèle. Pour cette raison, nous nous sommes intéressés à comparer la production annuelle simulée exprimée en nombre de locomotives révisées avec la production réelle réalisée pour l'année 1995.

Ainsi, on a :

- La production simulée = 24 locomotives.
- La production réalisée = 25 locomotives.

A cette étape, nous nous sommes assurés de la validité de notre modèle, et de la fiabilité des résultats obtenus par la simulation au seuil 96%.

II. ANALYSE ET PRESENTATION DES RESULTATS :

Pour analyser le fonctionnement réel de l'atelier, et quantifier les performances actuelles du système conformément aux objectifs assignés à l'étude, nous allons examiner les critères d'évaluation suivants :

- Pour chaque poste de travail, le taux d'occupation, la longueur de la file d'attente, et le temps moyen d'attente ;
- Pour chaque organe, le temps moyen de séjour dans l'atelier (cycle opératoire moyen) ;
- Les goulots d'étranglement.

II.1. Les postes de travail :

Le tableau (4.1) représente les charges des différents postes présents dans l'atelier ainsi que les caractéristiques de leurs files d'attente (longueur, temps moyen d'attente).

Poste	Taux d'occupation (%)	Nombre moyen d'attente (lots)	Temps moyen d'attente (h)	Poste	Taux d'occupation (%)	Nombre moyen d'attente (lots)	Temps moyen d'attente (h)
S011	70.80	01.11	46.394	S201	57.00	00.41	19.619
S021	56.20	00.77	36.339	S142	54.70	00.52	20.991
S031	58.00	02.88	38.175	S151	02.68	00.10	07.989
S041	1920	00.73	09.612	S111	01.50	00.00	00.00
S022	92.30	12.69	98.234	S114	01.50	00.00	00.00
S091	31.30	00.17	06.175	S181	12.60	01.12	00.14
S101	07.80	00.07	03.847	S191	69.90	00.15	20.310
S113	01.60	00.10	0.875	S143	23.60	00.10	11.863
S012	54.85	150.53	746.657	S072	11.00	00.09	21.652
S161	01.50	00.18	06.132	S051	12.60	00.00	00.00
S124	47.10	01.04	24.483	S123	06.30	00.00	00.00
S131	45.45	03.38	60.338	S171	09.40	00.00	00.00
S062	06.10	00.00	0.021	S141	04.70	00.00	00.00
S061	02.50	00.00	0.042	S172	06.30	00.06	02.645
S063	00.80	00.00	0.018	S121	98.55	03.64	54.064
S071	52.50	08.80	21.092	S122	90.81	01.45	25.386
S013	20.90	00.15	15.948				

Tableau 4-1 : Caractéristiques des postes de travail

Au vu de ces résultats, on remarque que les postes ne sont pas utilisés de la même façon, ceci peut-être expliquer par :

- Dans le processus d'entretien des organes dans l'atelier, il existe des postes spécialisés dans un type d'opération, ce qui entraîne soit leur forte utilisation, soit leur faible utilisation suivant le nombre de type d'organes travaillés dans ces poste .

- Les durées opératoires des organes diffèrent énormément d'un poste à un autre.

Pour faciliter l'analyse nous avons procédé à un classement des postes suivant leurs taux d'occupation, nous avons dégagé trois classes.

1/- Taux d'occupation inférieur à 50% :

Cette classe regroupe 23 poste, soit 69% des postes retenus. Les postes de cette classe sont sous-utilisés. Cette sous utilisation est dû essentiellement au nombre réduit des organes travaillés dans ces postes.

2/- Taux d'occupation compris entre 50% et 80% :

Cette classe, regroupe 7 postes, qui représentent 21% des postes retenus. Ces postes sont bien utilisés, les sont caractérisés par des files d'attente moyennes.

3/- Taux d'occupation supérieur à 80% :

Cette classe regroupe les 10% qui reste, elle est constituée par les ressources goulots (ayant un taux d'occupation entre 92% et 99%). Se sont les ressources qui freinent le flux dans l'atelier et provoquent l'allongement du délai d'immobilisation de la locomotive. Ils sont caractérisés par un temps opératoire et un temps d'attente très longs. Tous les investissements possibles dans l'atelier doivent être orientés vers cette classe.

II.2- Le temps de séjour dans le système (time in système) :

Le tableau (4.2), présente le temps moyen de séjour de chaque lot dans l'atelier. "Time in système" :

Familles	Temps de séjour (h)	Familles	Temps de séjour (h)
Loco	307,90	Famille 17	1092,61
Bogie	108,56	Famille 18	1092,16
Famille 1	246,95	Famille 19	1092,30
Famille 2	1092,61	Famille 20	1092,61
Famille 3	246,95	Famille 21	1092,42
Famille 4	1090	Famille 22	246,95
Famille 5	1092,61	Famille 23	1092,61
Famille 6	246,91	Famille 24	1092,61
Famille 7	246,90	Famille 25	1092,19
Famille 8	1092,61	Famille 26	1092,61
Famille 9	1090,40	Famille 27	1092,61
Famille 10	1092,61	Famille 28	3433,94
Famille 11	246,95	Famille 29	1092,61
Famille 12	1092,61	Famille 30	1092,61
Famille 13	246,85	Famille 31	1091,32
Famille 14	1092,16	Famille 32	1019,23
Famille 15	246,95	Bogirev	402,54
Famille 16	246,95	Locorev	737,61

Tableau 4-2 : Le temps de séjour dans le système

Dès les premières lectures du tableau (4.2), nous pouvons relever les durées excessives de passage dans l'atelier de certains organes. Ces organes sont souvent les causes principales du retard du remontage de la locomotive. L'allongement de leur délai est le résultat des causes suivantes :

- Les attentes devant certains postes sont très longues ;
- Les immobilisations qui provoquent le blocage du flux dans l'atelier ;
- Le temps important de la réponse des moyens de manutention .

Pour ces raisons, une planification particulière de ces organes s'impose, afin de minimiser le temps de séjour global de la locomotive.

L'histogramme de la figure (4.1) permet de visualiser le temps de séjour de manière à détecter les organes les plus critiques

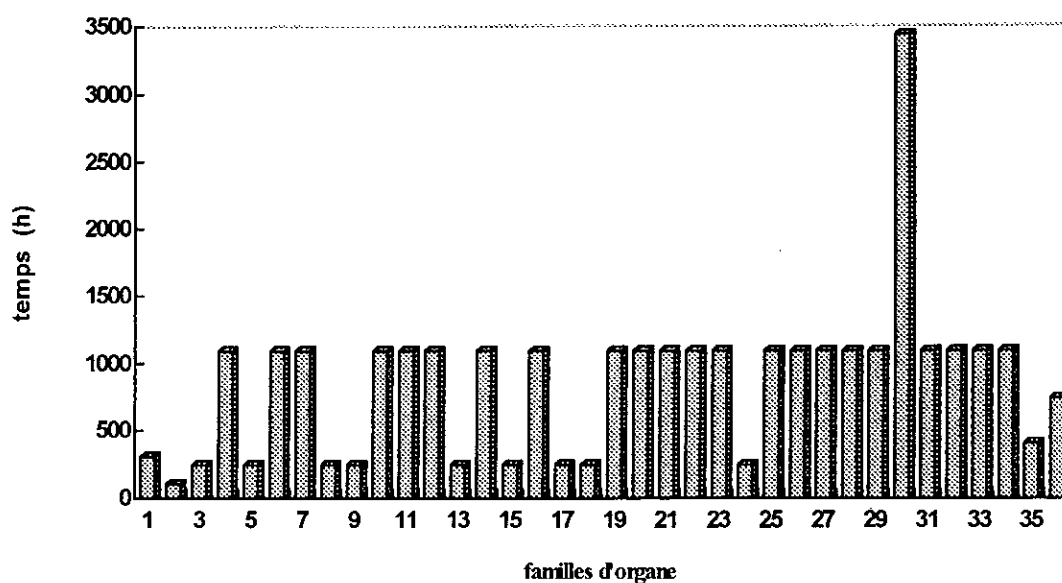


Fig 4-1: Le temps de séjour dans le système

II.3- Les attentes devant les ressources :

Le tableau (4.3), présente les temps d'attente moyens des organes devant chaque ressource à savoir :

- Le temps moyen d'attente devant les postes de travail .
- Le temps moyen de réponse des moyens de manutention.

Organes	Temps moyen d'attente (h)	Temps moyen de réponse (h)	Cumule des temps d'attentes (h)
Loco	262,70	0,0	262,90
Bogie	90,31	0,0	90,31
Famille 1	242,95	0,0	242,95
Famille 2	1071,89	2,55	1074,44
Famille 3	242,85	0,0	242,85
Famille 4	1077,71	3,45	1081,36
Famille 5	1084,71	0,16	1084,87
Famille 6	211,36	0,09	211,45
Famille 7	241,62	0,0	241,62
Famille 8	1079,51	0,26	1079,76
Famille 9	1046,83	0,04	1046,86
Famille 10	1055,61	0,0	1055,61
Famille 11	236,75	0,45	237,20
Famille 12	1084,36	0,0	1084,36
Famille 13	246,37	0,0	246,37
Famille 14	1082,51	3,28	1085,78
Famille 15	243,72	0,74	244,45
Famille 16	239,20	0,24	239,45
Famille 17	1046,95	37,16	1084,11
Famille 18	1043,95	37,16	1081,11
Famille 19	1005,08	42,03	1047,11
Famille 20	1046,10	37,16	1083,26
Famille 21	1039,95	37,16	1077,11
Famille 22	219,57	0,73	22,60
Famille 23	1047,95	37,16	1085,11
Famille 24	1046,95	37,16	1084,11
Famille 25	1050,87	37,25	1088,11
Famille 26	1048,95	37,16	1086,11
Famille 27	1051,63	37,49	1089,11
Famille 28	3387,59	40,44	3428,04
Famille 29	1046,34	42,77	1089,12
Famille 30	899,51	42,61	942,12
Famille 31	932,22	39,90	972,12
Famille 32	1049,19	40,92	1092,11
Bogrev	621,93	52,43	674,36
Locorev	293,87	0,41	294,29

Tableau 4-3 : Temps d'attente

De ce tableau, on peut lire le temps non négligeable de réponse des moyens de manutention, ce temps n'est pas comptabilisé au niveau du BTM (bureau temps et matière). Ce temps est dû à :

- La gamme de réparation des organes qui demande un grand nombre de déplacement inter postes ;

- L'implantation des sections réparatrice qui entraîne d'une part, une sous-utilisation des ponts-roulants et une surcharge des chariots élévateurs de l'autre part ;
- Le nombre limité des moyens de manutentions (2 chariots) pour tout l'atelier ;
- Les pannes fréquentes des moyens de manutention .

Du même tableau, on peut remarquer que les temps d'attente des organes devant les postes, peut atteindre pour certains organes 94% du temps de cycle. Cela peut s'expliquer par :

- Le temps opératoire important des lots d'organes sur le poste ;
- Le taux d'immobilisation de certains postes.

L'histogramme de la figure (4.3) permet de visualiser le cumulés du temps d'attente de chaque organe.

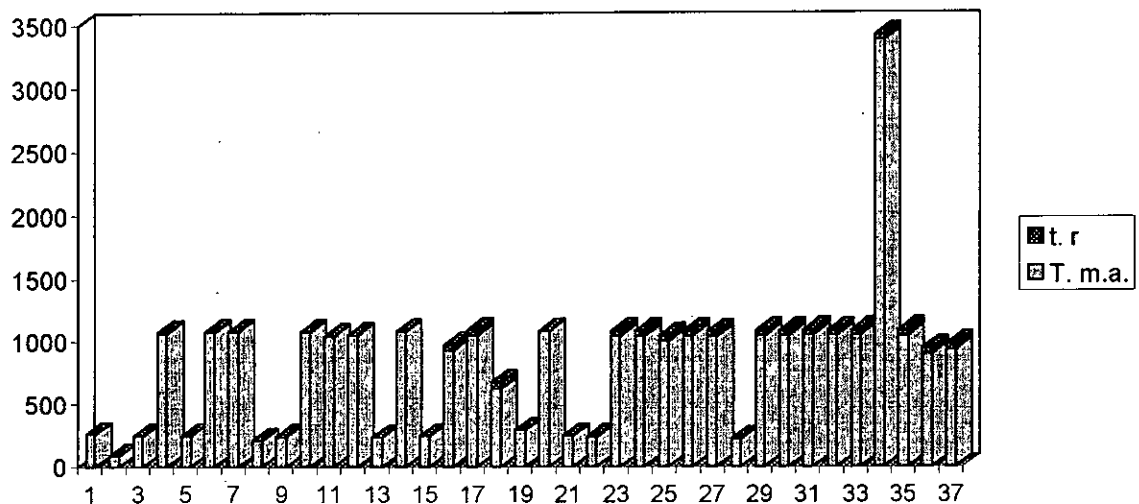


Fig. 4-2 : Les attentes devant les ressources

Conclusion :

Les résultats obtenus des rapports offert par MAP/1 tel que :

- Le rapport de mesure de temps "time measurement report";
- Le rapport d'inventaire des postes "station inventory report";
- Le rapport du temps total du système "total system report".

Nous ont permis d'analyser les performances du système actuel, et nous incitent aussi à examiner des scénaris pour l'amélioration de ces performances . Ces scénaris feront l'objet de prochain chapitre.

CHAPITRE V
SCENARIS POUR
L'AMELIORATION DES
PERFORMANCES DE L'ATELIER

SCENARIS POUR L'AMELIORATION DES PERFORMANCES DE L'ATELIER

I. INTRODUCTION :

La réalisation d'un modèle de simulation n'est pas un but en soi. On désire avant tout pouvoir s'en servir pour tester diverses hypothèses par le biais de scénaris de simulation . Le modèle de base fournit les résultats standards nécessaires à l'analyse du système actuel (voir chapitre.IV), ils seront ensuite utilisés pour la comparaison avec ceux obtenus après modification de la situation du modèle originel.

Dans ce chapitre, nous évaluerons les performances de l'atelier suite à quelques modifications à savoir :

- La variation de la charge annuelle de production ;
- La réorganisation de l'atelier.

II. VARIATION DE LA CHARGE :

Pour détecter les problèmes potentiels et leurs effets sur le système, il serait très intéressant dans un premier temps de voir la réaction du système face à une variation de la demande. La démarche qu'on a suivie consiste à :

- Maintenir les ressources humaines et matérielles de l'atelier ;
- Varier la charge de l'atelier de 10% à 220% ;
- Relever des statistiques sur les performances de l'atelier après une année de simulation.

Cette technique nous a permis de détecter les problèmes potentiels de l'atelier, et voir les performances du système suite à cette variation de la demande.

Le tableau (V-1) résume les résultats de cette variation :

% de la charge	Inventaire moyen (lots)	Temps de passage moyen (h)	Production annuelle (lots)	nombre de loco. revisé
10 %	23	433.94	100	2
20 %	56	567.72	250	5
40 %	113	785.23	500	10
60 %	161	967.32	700	14
80 %	195	1102.98	850	17
100 %	275	1417.02	1200	24
120 %	319	1521.32	1340	24
140 %	366	1556.44	1424	24
160 %	404	1561.84	1442	24
180 %	442	1570.00	1457	24
200 %	462	1577.18	1465	24
220 %	482	1577.18	1465	24

Tableau V-1 : Performance du système en fonction de la variation de la charge.

Les graphiques des figures (V-1), (V-2), (V-3) et (V-4) illustrent l'évolution des performances de l'atelier en fonction de la charge annuelle.

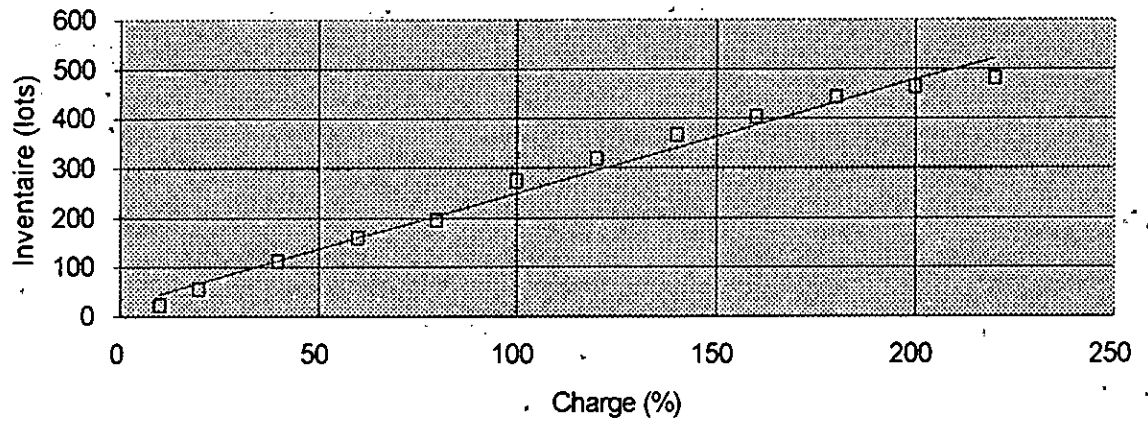


Fig V-1:Variation de l'inventaire en fonction de la charge

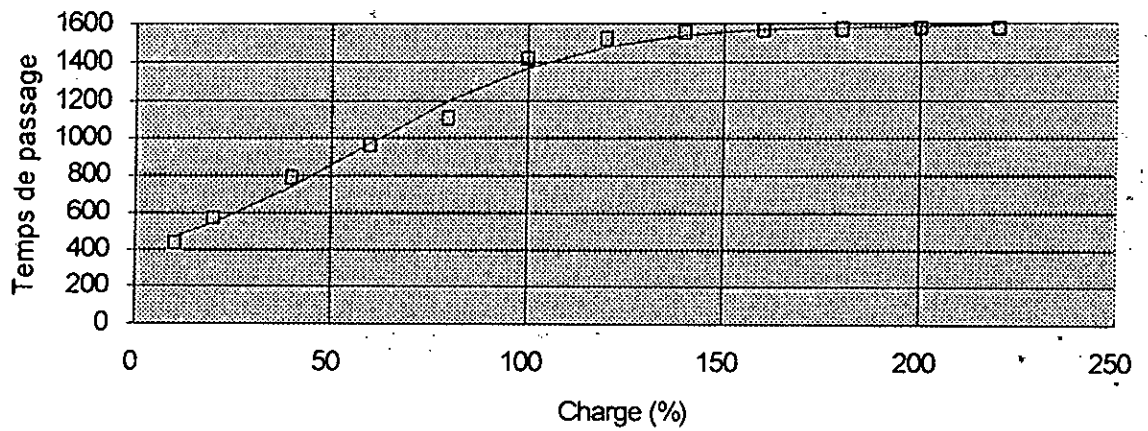


Fig-V-2:Temps de passage moyen en fonction de la charge

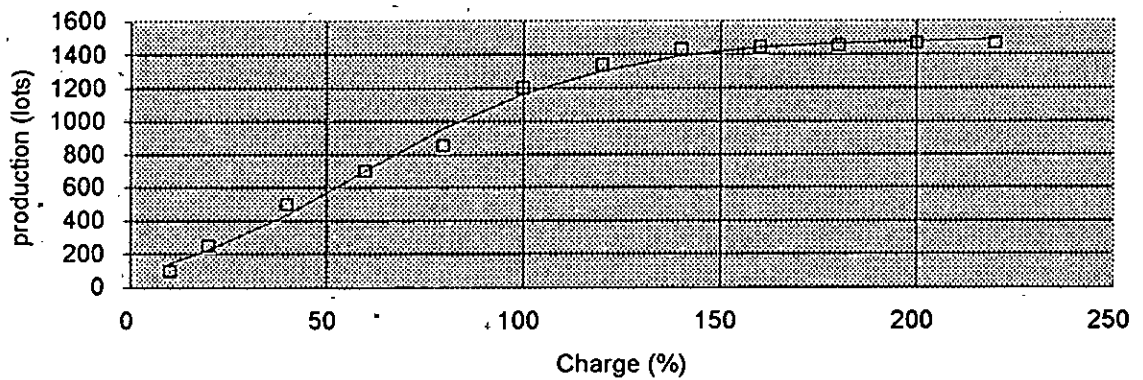


Fig V-3-Production annuelle en fonction de la charge

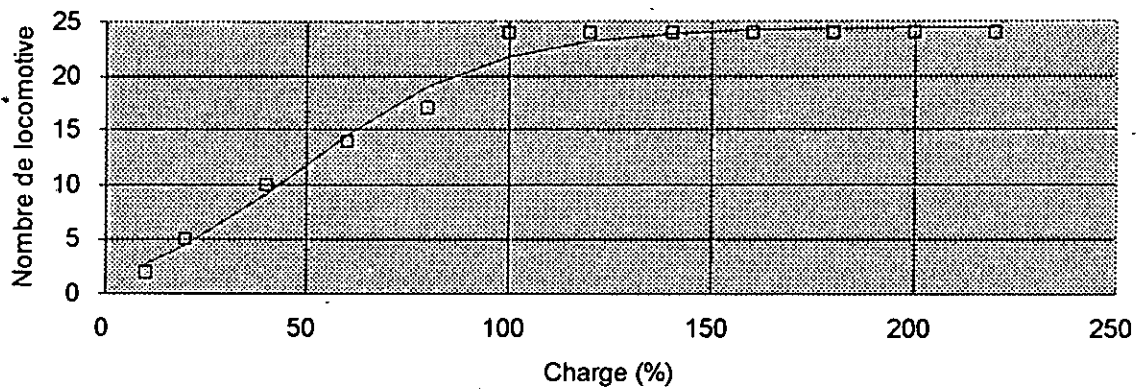


Fig V-4: Variation du nombre de locomotives en fonction de la charge

L'analyse des graphes (V-1) et (V-2) montre que la variation de la charge annuelle provoque une augmentation de l'inventaire. Ceci peut être expliqué par le fait que les postes de travail seront à un certain moment tout occupés, et donc, le système ne sera plus en mesure de répondre à cette variation de la demande, ce qui influe sur le temps de passage des organes dans l'atelier et provoque l'augmentation de ce dernier. (fig V-2).

Le graphe de la figure (V-3) qui représente l'évolution de la production annuelle est encore plus concluant, en effet, on remarque que le système produit toujours plus d'organes

jusqu'à un point où la production annuelle reste stable. Le système est complètement saturé, il est à la limite de sa capacité.

En revanche, la comparaison des deux graphes des figures (V-3) et (V-4) montre que le système reste en mesure de produire davantage. Par contre, le nombre de locomotives révisées par an demeure constant (24 loco/an). Ceci est dû aux postes goulots identifiés précédemment (voir chapitre IV).

Il faudra donc, penser à une réorganisation de l'atelier.

III. REORGANISATION DE L'ATELIER :

III.1. Augmentation de la capacité :

Pour augmenter la capacité annuelle, un ou plusieurs goulots d'étranglement doivent être supprimés. Un moyen rapide de réduire ou d'éliminer ces goulots est d'accroître la capacité du poste de travail, en y ajoutant de l'équipement et du personnel.

Avec une capacité additionnelle, les organes qui arrivent n'auront pas à attendre aussi longtemps pour être travaillés. Si les organes passent plus rapidement aux différents postes de travail, ils auront tendance à quitter le système plus rapidement, de plus le poste sera à même de produire plus de pièces pendant la même période de temps, de cette façon le temps moyens passer dans le système diminuera et le débit global du système augmentera.

Pour cela, nous évaluons des différentes politiques d'investissement aux niveaux des ressources goulots identifiées, en vue d'observer leurs effets sur les performances de l'atelier.

Politique	Station goulots			Débits loco. révi.
	S022	S121	S122	
0	[94.45]	[96.55]	[96.75]	24
1	[65.5 *]	[96.55]	[96.75]	24
2	[94.45]	[95.4 *]	[96.75]	29
3	[94.45]	[96.55]	[6.5 *]	24
4	[94.45]	[73.87 **]	[96.75]	29
5	[65.5 *]	[95.4 *]	[79.3 *]	30

Tableau V-2 : Performances du système en fonction du changement de la capacité.

Note :

* : signifie l'augmentation de la taille de la station d'une unité.

[...] : représente le taux d'occupation de la station.

L'analyse des outputs correspondant aux différentes politiques nous montre :

Pour une cadence de 4 locomotives par mois :

- L'augmentation de la taille de la station S121 (politique n°2) d'une unité permet la révision de 5 locomotives supplémentaires soit un total de 29 locomotives ;

- L'augmentation de la taille des stations S022, S121 et S122, d'une unité permet la révision de 6 locomotives supplémentaires soit un total annuel de 30 locomotives.

Au terme, de ce scénario, les investissements dans l'atelier, doivent s'orienter vers les stations S022, S121 et S122.

III.2- Changement de la règle de conduite :

La méthode de gestion de la file devant les postes de travail actuellement pratiqué dans l'atelier Hamma est : Le premier arrivé, le premier servi (FIFO). L'examen du rapport de mesure de temps soit en anglais "time measurement report" montre que le temps d'attente moyen devant les ressources présente 94,4% du temps total (voir annexe n°4).

Pour voir la réaction du système suite à un changement de la politique d'ordonnement, nous avons choisi la règle "RANKING, DUE DATE". C'est une règle de mise en rang de sorte que les organes dans l'encours précédant le poste de travail soient ordonnés en fonction du moment auquel il est prévu qu'ils finissent de subir les opérations du processus.

Cette nouvelle politique d'ordonnement permet d'augmenter le niveau de production à 1485 lots.

Performances du système	Politique fifo	politique 'ranking , ,duedate'	amélioration %
inventaires moyen (lots)	462	450	2.66
temps de passage moyen (h)	1577.18	1500.79	4.84
production annuelle (lots)	1465	1485	1.36

Tableau V.3 : Performance du système suite au changement de la politique d'ordonnement.

III.3. Organisation du travail dans les postes :

La plupart des postes de travail dans l'atelier sont manuels. C'est un système où la durée de l'activité dans ces postes est conditionnée par le degré de qualification des opérateurs ainsi que l'organisation des postes de travail.

Les techniques d'étude des méthodes et ceux de mesure du temps permettraient de diminuer le contenu du travail dans ces postes et d'améliorer les performances de l'atelier en éliminant les opérations et les mouvements inutiles (improductifs) et en créant des conditions de travail favorables.

Pour évaluer l'effet de cette politique sur les performances globales de l'atelier, nous diminuons le contenu du travail dans les postes goulots (S121, S122) de 20% et nous observons ensuite la réaction du système suite à cette diminution.

Postes	S121	S122
Performances		
Temps moyen d'attente (h)	25.386	25.948
La longueur de la file d'attente (lot)	3,64	1.45
Débit (Locomotives)	24 Locomotives	

Tableau V-4-1: performance du système avant modifications.

Postes	S121	S122
Performances		
Temps moyen d'attente (h)	25.539	22.523
La longueur moyenne d'attente(lots)	1.47	1.07
Débit	28 Loco	

Tableau V.4.2 : performance du système après modification.

Les tableaux (V.4) montrent qu'une légère diminution du contenu de travail dans les postes goulots augmente la productivité" de l'atelier de 17%.

**CONCLUSION GENERALE
ET RECOMMANDATIONS**

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

La complexité des systèmes manufacturiers permet rarement une approche analytique. La simulation prend alors toute son importance.

La simulation implantée sur site permet une aide à la conduite en évaluant les conséquences de certaines prises de décision.

Notre travail effectué au sein de l'atelier d'entretien des locomotives d'Alger s'insère dans le domaine de la simulation des systèmes manufacturiers. Notre objectif a été l'étude détaillée du fonctionnement réel de l'atelier afin de mettre à la disposition de ses responsables un outil d'aide à la décision.

Nous avons commencé l'étude par la définition du problème et la spécification des objectifs. Nous avons ensuite fait une synthèse des méthodes de résolution des systèmes manufacturiers pour finir par retenir la simulation comme outil approprié à notre étude.

Dans la phase suivante, on a construit un modèle de simulation décrivant le fonctionnement réel de l'atelier, en tenant compte de tous les éléments qui le constituent. Le logiciel MAP/1 nous a permis grâce à ses nombreuses fonctionnalités d'avoir une représentation assez simple du système atelier.

La validation du modèle, est une étape très importante dans un processus de simulation, elle consiste à tester le modèle vis à vis la réalité. Au terme de cette étape nous nous sommes assurés de la validation du modèle, ce qui nous a permis d'appréhender la phase d'analyse des résultats.

Cette phase nous a permis d'identifier tous les paramètres qui caractérisent le fonctionnement réel de l'atelier et particulièrement les goulots d'étranglement qui conditionnent le flux dans l'atelier, leur élimination a fait l'objet des quatre scénarios établis.

En fin, ce travail nous a été très bénéfique dans la mesure où il nous a permis de se rapprocher du domaine de la gestion de production, d'apprécier sa complexité et de maîtriser deux logiciels très importants pour un ingénieur en GENIE-INDUSTRIEL à savoir MAP/1 et UNIFIT.

RÉCOMMANDATIONS :

En ce qui concerne les perspectives, nous proposons aux responsables de l'unité de :

- 1/ Etudier sérieusement les propositions d'investissement et de changement de la politique d'ordonnancement afin de réduire le délai d'entretien et les encours.
- 2/ Réexaminer les méthodes de travail appliquées actuellement pour simplifier l'activité et augmenter la productivité des opérateurs.
- 3/ Se pencher avec le maximum d'intérêt sur la constitution et la mise à jour d'une base de données dans laquelle figurerait des informations concernant la nomenclature des organes ainsi que leurs gammes opératoires (temps opératoire et acheminement). L'exploitation de ces renseignements serait très profitable pour l'entreprise.
- 4/ Généraliser la procédure d'ajustement des données concernant la fiabilité des équipements et moyens de manutentions pour une meilleure prévision du stock de pièces de rechange et une meilleure organisation des opérations de maintenance.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

- [1] M. AMMAR, J.L DAMRET, J.P KIEFER
Utilisation d'un macro -langage dédié à la simulation des système
de production.
Actes congré INRIA-système de production , Avril 1985
- [2] S. AYADI, A. BAAZIZ.
Analyse des performances de l'atelier taillage droit et spiro-conique du centre mécanique du
C.V.I par la simulation.
Mémoire de fin d'étude , ENP 1992.
- [3] M. BABES.
Statistique, files d'attente et simulation.
O.P.U 1992
- [4] G. BAGLIN
Management industriel et logistique.
Edition Economica 1990.
- [5] C. BIALES.
L'analyse statistique des données.
Chotard et associés éditeurs , 1988.
- [6] G. BEL.
Modèle et langage de simulation.
Bulletin de l'INRIA N° 95, 1984, p 3-9.
- [7] A. CERNAUT.
Simulation des systèmes de production.
Cepadus - édition, 1988
- [8] E. GELENSE; J.LABATOULIE, R.MARIE, M.METIVIER, G. PUJOLE , W. STEWART.
Réseaux de files d'attente. Modélisation et traitement numérique.
Edition homme et technique , 1980.
- [9] Y. KERBOUA.
Optimisation du flux dans l'atelier " FERRURES" du complexe de véhicules industriels de Ruiba par
la simulation.
Thèse de magister ,ENP 1991.
- [10] D.MONTEIL.
SAGA: Simulation et aide à la gestion des ateliers.
Thèse d'état, université de Toulouse, 1985.
- [11] A.B.PRITSKER.
Introduction to simulation and SLAM II .
Edition PRITESKER et ASSOCIATES?, 1984.
- [12] A.R. PROBST.
Langage de simulation.
Technique de l'ingénieur , traité information, mars 1981.
- [13] SNTF.
Entretien planifier des locomotives -GM-.
Notice technique, SNTF , 1980.
- [14] L. VILLENEUVE.
Guide de l'utilisateur de MAP/1. Traduction de textes de Pritesker et associates;Inc.
Ecole polytechnique de montréal, 1989.
- [15] L.VILLENEUVE .
Introduction à l'UNIFIT . Manuel de l'utilisateur
Ecole plytechnique de Montréal 1989.

ANNEXES

ANNEXE I

Tab.1-1: Organes sélectionnés et leurs cheminements

Code SNTF	Désignation	Code simp.	Acheminement
4286053	Ejecteur de sable	M1	S021 / S031 / S041 / S022
4286061	Ressort	M2	S021 / S031 / S041 / S022
5050534	Crochet de traction	M3	S011 / S031 / S091 / S101 / S113 / S041 / S012
5281525	Porte semelles	M4	S021 / S031 / S091 / S161 / S022
8250426	Amortis de crochet	M5	S011 / S021 / S041 / S012
8255454	Boîtier crépine	M6	S011 / S031 / S124 / S012
8255444	Bolstere	M7	S021 / S031 / S022
8256152	Carters d'engrenage	M8	S021 / S031 / S131 / S022
8263794	Essieux	M9	S021 / S031 / S062 / S061 / S063 / S022
8265805	Frein à main	M10	S011 / S031 / S041 / S012
8277144	Pompe à huile turbo	M11	S011 / S124 / S012 / S124 / S012
8277145	Pompe huile lubri.	M12	S011 / S124 / S012 / S124 / S012
8277149	Pompe transfert	M13	S011 / S124 / S012 / S124 / S012
8280132	Radiateur eau	M14	S011 / S031 / S201 / S031 / S201 / S012
8280710	Réfrigér d'air turbo	M15	S011 / S031 / S201 / S031 / S201 / S012
8280711	Réfrigérant d'huile	M16	S011 / S031 / S201 / S031 / S201 / S012
8280853	Régleur de limonéri.	M17	S021 / S031 / S041 / S022
8280933	Régulateur	M18	S011 / S142 / S151 / S142 / S012
8281634	Réservoir sable	M19	S021 / S031 / S131 / S022
8284852	Soufflet d'air MT	M20	S021 / S041 / S131 / S041 / S022
8286306	Tampon de choc	M21	S011 / S031 / S041 / S101 / S041 / S012
8286350	Tampon graisseur	M22	S021 / S041 / S022
8286402	Tendeur d'attelage	M23	S011 / S041 / S161 / S041 / S012
np	Guide sablière	M24	S021 / S131 / S022
np	Leviers de pression	M25	S021 / S031 / S091 / S101 / S111 / S144 / S161 / S041 / S022
np	Leviers cylind frein	M26	S021 / S031 / S091 / S101 / S111 / S144 / S161 / S041 / S022
np	Tirant réglable	M27	S021 / S031 / S091 / S101 / S111 / S144 / S161 / S041 / S022
np	Stabilisat de timon.	M28	S021 / S031 / S133 / S022
8250536	Ampèremètre	E1	S011 / S181 / S012
8252242	Banc de diode	E2	S011 / S151 / S012
8254914	Batterie	E3	S011 / S191 / S012
8257882	Boite de dérivation	E4	S011 / S191 / S012
8258620	Câblot de chauffage	E5	S011 / S191 / S012
8257882	Contacteurs	E6	S011 / S191 / S012
8258590	Coupleur de chauff.	E7	S011 / S191 / S012
8256042	Démarrreur	E8	S011 / S191 / S012
8256738	Cheminet de souff	E9	S011 / S191 / S012
8262653	Electrovalve	E10	S011 / S191 / S012
8264410	Fanal électrique	E11	S011 / S191 / S012
8266457	G. auxiliaire	E12	S011 / S071 / S012
8266458	G. d'essieux	E13	S011 / S151 / S012
8267329	Indicate. tachymètre	E14	S011 / S143 / S012
8268756	Interrupteurs	E15	S011 / S151 / S012
8272632	Moteur de traction	E16	S021 / S071 / S082 / S071 / S022
8274101	Moteur filt. à inertie	E17	S011 / S072 / S012
8274103	Panneau de contrôle	E18	S011 / S181 / S012
8274103	Panneau de réponse	E19	S011 / S151 / S012
8280135	Radia compl. chauff	E20	S011 / S151 / S012
8280934	Régulat. de charge	E21	S011 / S181 / S012
8280935	Régulat. de tension	E22	S011 / S181 / S012
8281055	Relais de temporisat	E23	S011 / S181 / S012
8284321	Sensor by bass	E24	S011 / S181 / S012

Annexe I (suite)

8286822	Thermostat	E25	S011 / S181 / S012
8289526	Voltmètre	E26	S011 / S181 / S012
8252809	Bielle	T1	S011 / S051 / S012
8259652	Culasse	T2	S011 / S123 / S012
8260806	Détecteurs	T3	S011 / S171 / S012
8268451	Injecteurs	T4	S011 / S141 / S012
8277145	Pompe à huile	T5	S011 / S124 / S012
8277146	Pompe de refoul.	T6	S011 / S124 / S012
8277147	Pompe à eau	T7	S011 / S124 / S012
8277405	Pont complet	T8	S011 / S123 / S012
8270541	Manomètre	T9	S011 / S141 / S012
8283142	Robin. compresseur	T10	S011 / S172 / S012
8283143	Robinet vérificateur	T11	S011 / S172 / S012
8285035	Soupa. de décharge	T12	S011 / S172 / S012
8288016	Turbo compresseur	T13	S011 / S121 / S012
8257426	Compresseur d'air	P1	S011 / S122 / S012
8263927	Essuie glace	P2	S011 / S172 / S012
8270712	Manomères	P3	S011 / S143 / S012
8270712	Réfrigér. compres.	P4	S011 / S031 / S201 / S031 / S201 / S012
8283145	Robinets	P5	S011 / S172 / S012
8284937	Soupape	P6	S011 / S172 / S012
8281595	Réservoir d'air	P7	S011 / S131 / S012
8288843	Valve	P8	S011 / S171 / S012

Tab.1-3 : Regroupement des organes en famille

N° de la famille	Composant de la famille
Famille 1	M1 , M2 , M17
Famille2	M3
Famille 3	M4
Famille4	M5 , M10
Famille 5	M6
Famille6	M8 , M19 , M28
Famille 7	M9
Famille8	M11 , M12 , M13
Famille 9	M14 , M15 , M16 , P5
Famille10	M18
Famille 11	M20
Famille12	M21
Famille 13	M22
Famille14	M23
Famille 15	M24
Famille16	M25 , M26 , M27
Famille 17	E1 , E18 , E22 , E24 , E26
Famille18	E2 , E4 , E5 , E9 , E6 , E7 , E8 , E10 , E11 , E13 , E15 , E15 , E19 , E20 , E20 , E23 , E25 , E21
Famille 19	E3
Famille20	E12
Famille 21	E14 , P4
Famille22	E16
Famille 23	E17
Famille24	T1
Famille 25	T2 , T9
Famille26	T3 , P9
Famille 27	T4 , T5
Famille28	T6 , T7 , T8
Famille 29	T11 , T12 , T3 , P6 , P7 , P3
Famille30	T14
Famille 31	P2
Famille32	P8
Famille 33	Loco
Famille34	Bogie

Légende :

- M** : organe mécanique.
- E** : organe électrique.
- P** : organe pneumatique.
- T** : organe thermique.

Tab 1-2 : Les postes de travail

Rang	Code de la section	désignation	Code du poste	désignation	Taille du poste
01	S01	demontage-montage	S011	démontage	1
			S012	montage	1
			S013	banc d'essai	1
02	S02	Bogie	S021	démontage bogie	1
			S022	remontage bogie	1
03	S03	Lavage	S031	lavage	2
04	S04	Ajustage divers	S041	ajustage divers	3
05	S05	Moteur diesel	S051	moteur nu	1
06	S06	roue	S061	calage-decalage	1
			S062	tournage	1
			S063	polissage	1
07	S07	carcasse	S071	grand moteur éle	1
			S072	petit moteur élec	1
08	S08	Bobinage	S081	petit bobinage	1
			S082	grand bobinage	1
09	S09	Soudure	S091	soudage	1
10	S10	forge	S101	forge	1
11	S11	Machines outils	S111	fraisage	1
			S112	rectification	1
			S113	étau-limères	1
			S114	alusage	1
12	S12	Ajustage moteur nu	S121	turbo	1
			S122	compresseur	1
			S123	culasse	1
			S124	pompe	1
13	S13	Chaudronnerie	S131	chaudronnerie	2
14	S14	Injection	S141	Injecteur pompe	1
			S142	régulateur	1
			S143	tachymètre	1
15	S15	Petit appareillage	S151	petit appareillage	7
16	S16	Tour	S161	tournage	6
17	S17	freinage-robineterie	S171	freinage	1
			S172	robineterie	3
18	S18	Contrôle électrique	S181	contrôle électrique	2
19	S19	Batterie	S191	batterie	1
20	S20	Radiateur	S201	radiateur	1

ANNEXE II

Tab 2.1. Fiabilité des équipements

Equipement	Temps de bon fonctionnement TBF (jour)	Durée de panne DP (jour)
S062	Exponentielle(184.765)	Exponentielle(2.34)
S161	Exponentielle(150.500)	Distribution discrète
S063	Normale(244.667,139.275)	Distribution discrète
S114	Normale(214.615,130.52)	Distribution discrète
S111	Normale(264.5,143.308)	Distribution discrète
S101	Exponentielle(177.409)	Exponentielle(8.40)
S113	Distribution discrète	Distribution discrète
Chariot élévateur	Normale(114.49,71.0715)	Distribution discrète
Latil	Distribution discrète	Distribution discrète
Pont roulant 3 tonnes	Exponentielle(97.0)	Distribution discrète
Pont roulant 5 tonnes	Exponentielle(84.95)	Distribution discrète
Pont roulant 10 tonnes	Distribution discrète	Distribution discrète
Pont roulant 35 tonnes	Exponentielle(111.53)	Exponentielle(2.1)
Pont roulant 70 tonnes	Normale(170.78,95.7)	Exponentielle(2.77)

Note: 'Distribution discrète' Introduite dans le modèle par la fonction UPROB.

Fig-1-Temps de bon fonctionnement

CUMULATIVE FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1
AND SAMPLE : chariot elevateur thf

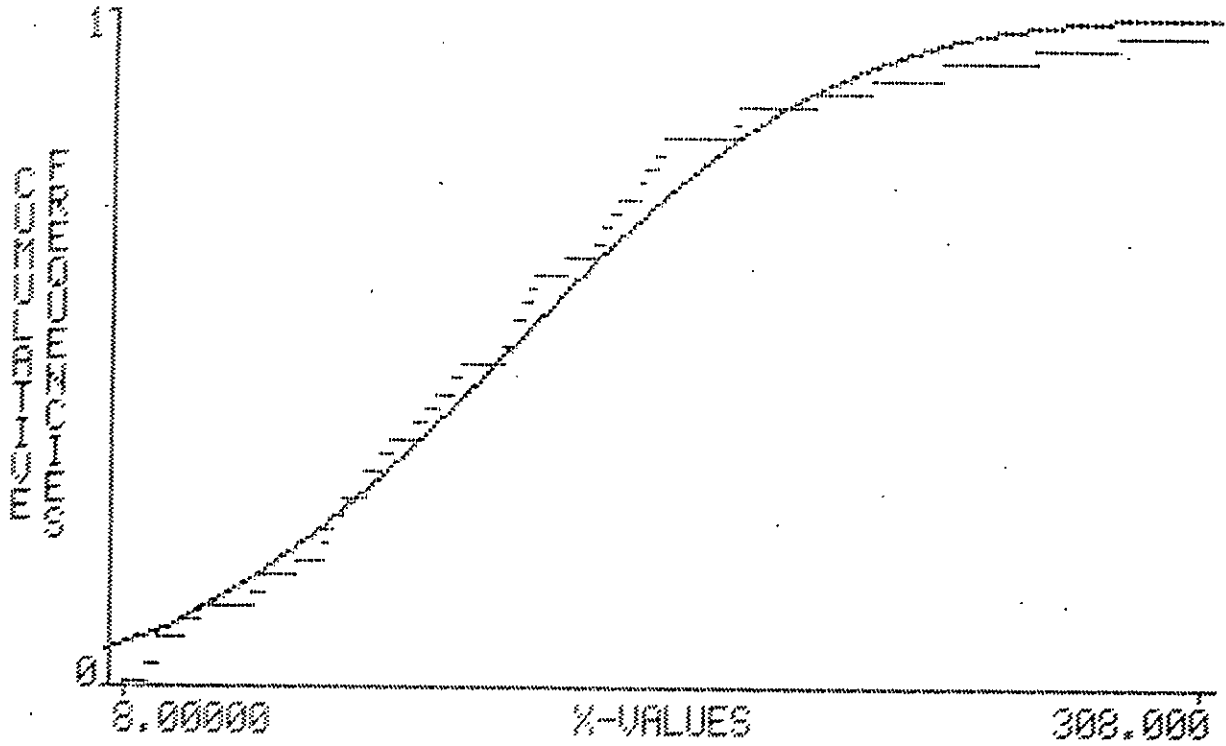


Fig-2-durée de panne.

Chariot elevateur DP

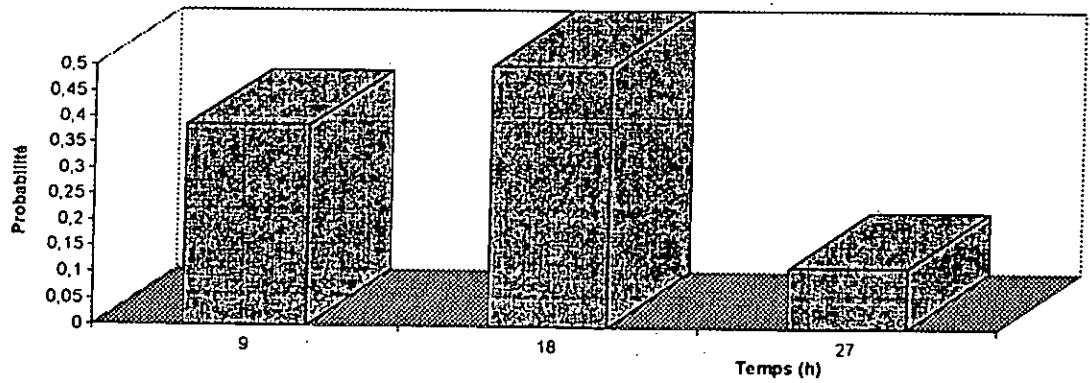


Fig-3-temps de bon fonctionnement

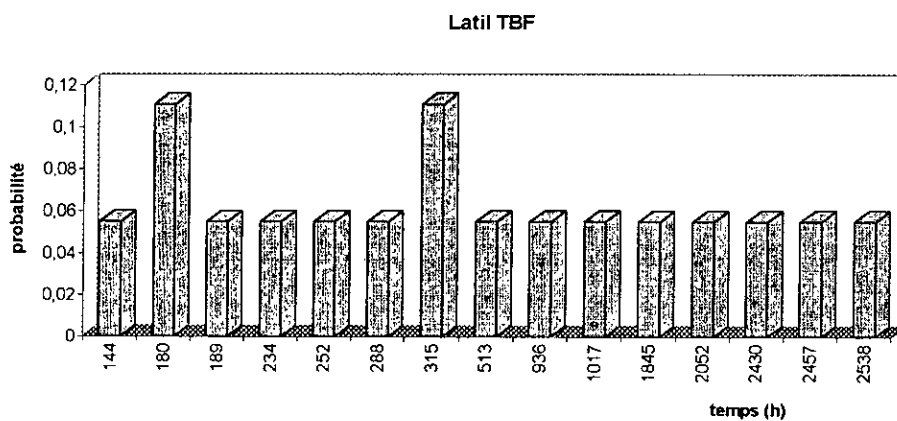


Fig-4-durée de panne

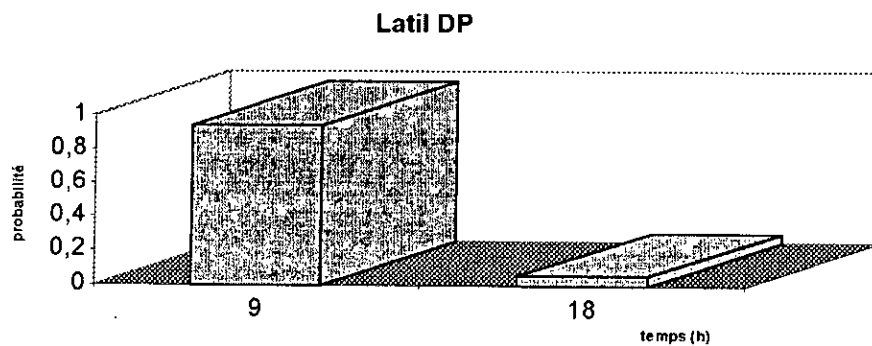


Fig-5-temps de bon fonctionnement

pont10t tbf

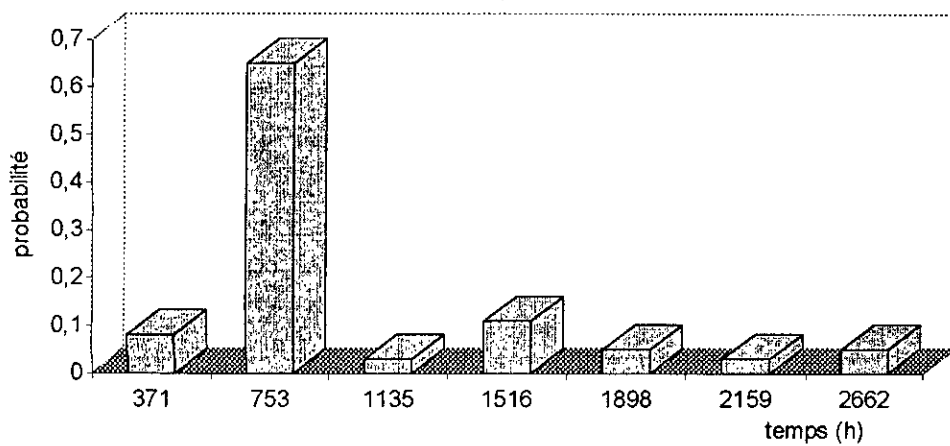


Fig-6-Durée de panne

Pont10t DP

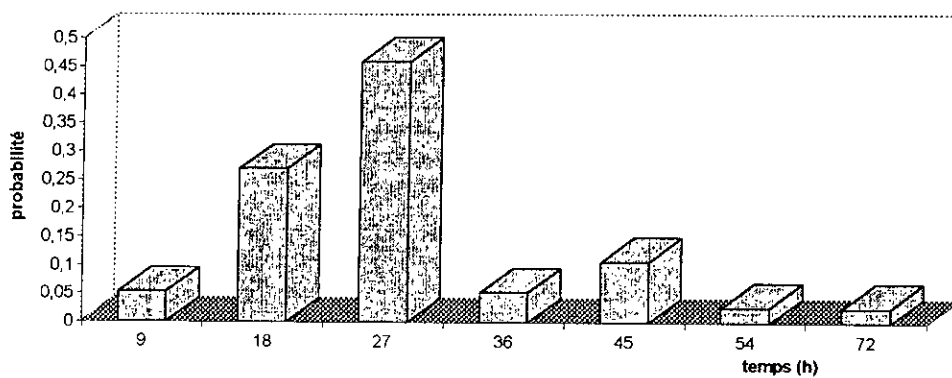


Fig-7-temps de bon fonctionnement

CUMULATIVE FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1
AND SAMPLE : pont 3t t.bf

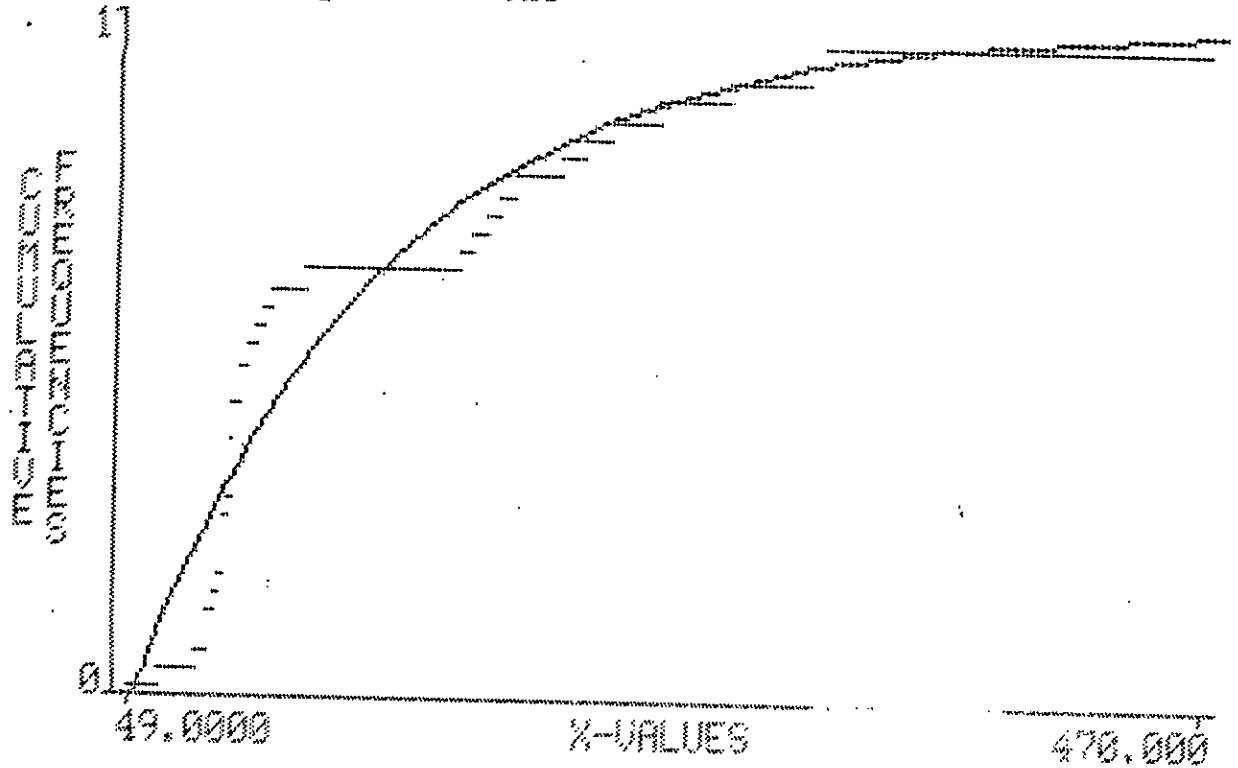


Fig-8-durée de panne

pont3t DP

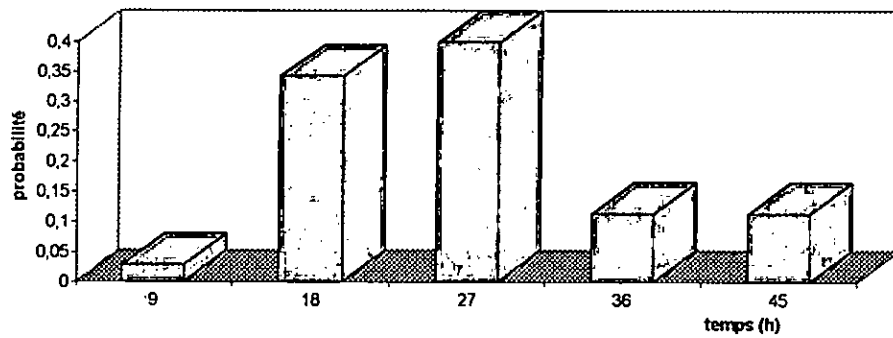


Fig-9-temps de bon fonctionnement

CUMULATIVE FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1
AND SAMPLE : pont 5t tlf

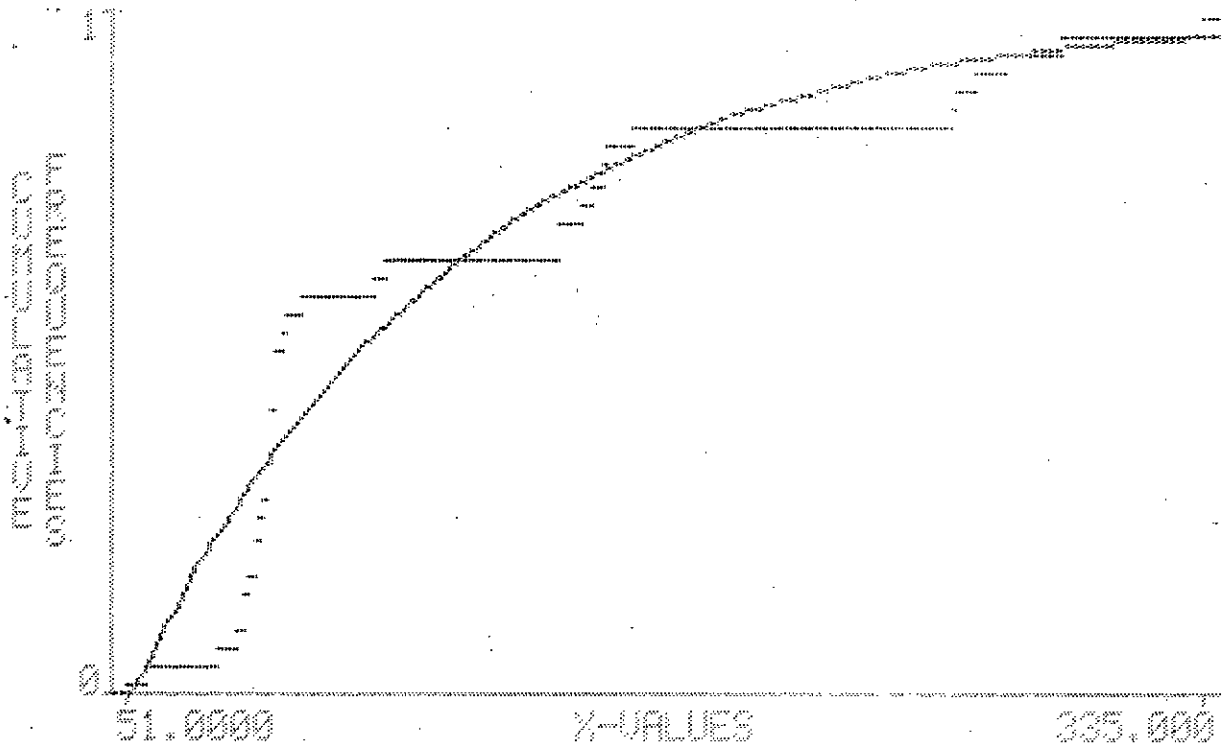


Fig-10-Durée de panne

Pont5t DP

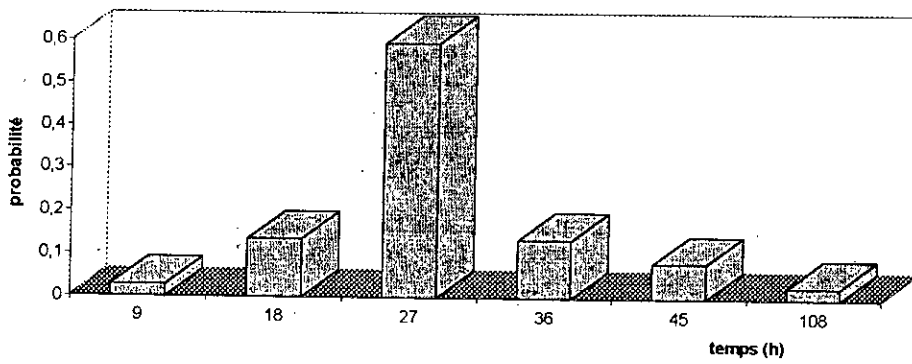


Fig-11:-Temps de bon fonctionnement

CUMULATIVE FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 2
AND SAMPLE : S063 TEF

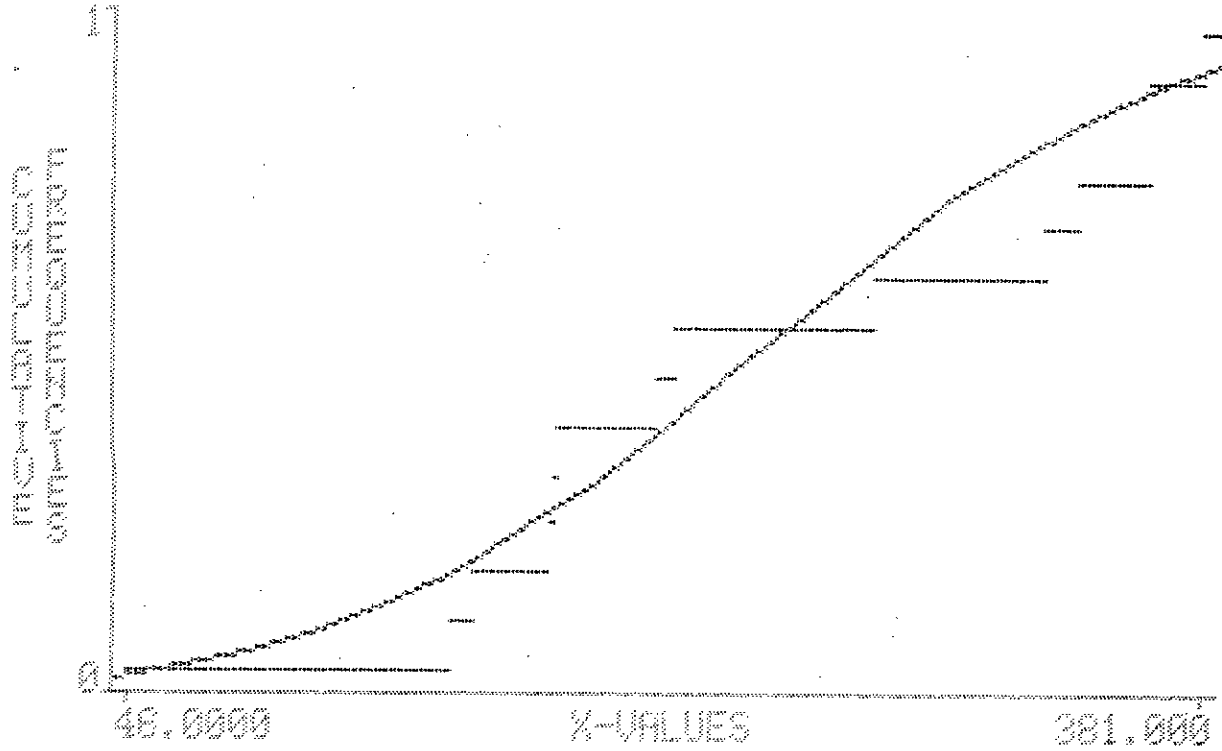


Fig-12 -:Durée de panne

S063 DP

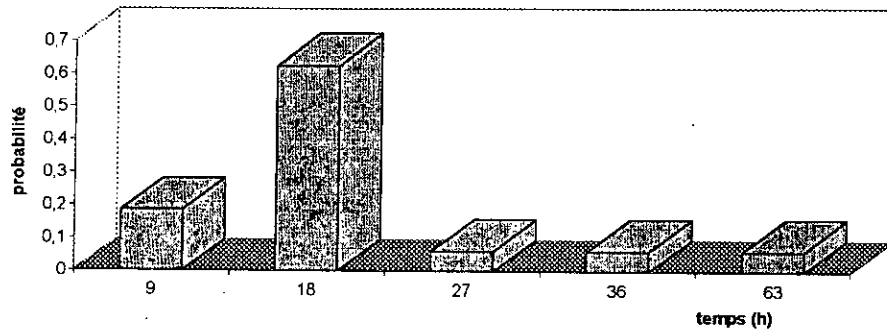


Fig-13:-Temps de bon fonctionnement

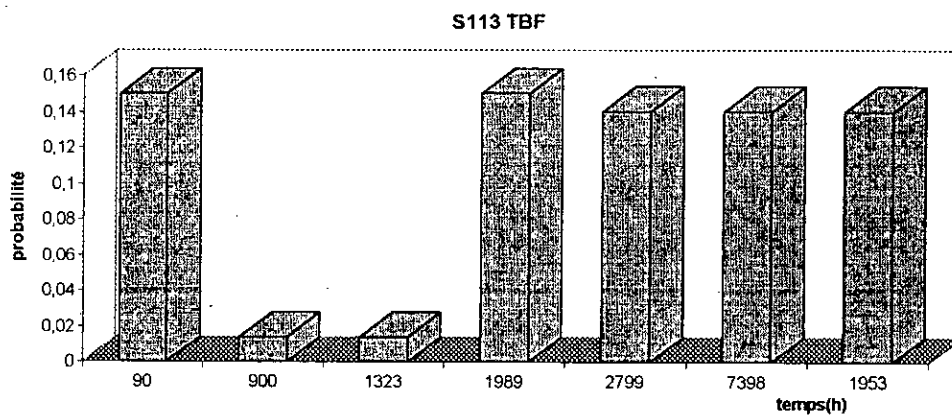


Fig-14:-Durée de panne

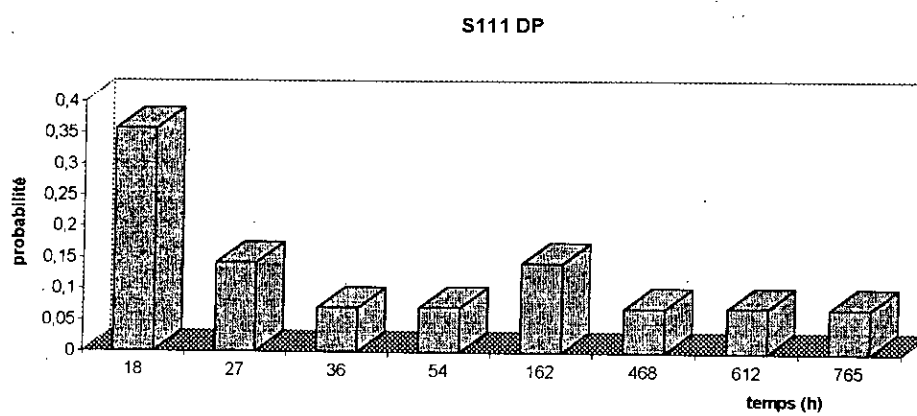


Fig-15-: Temps de bon fonctionnement

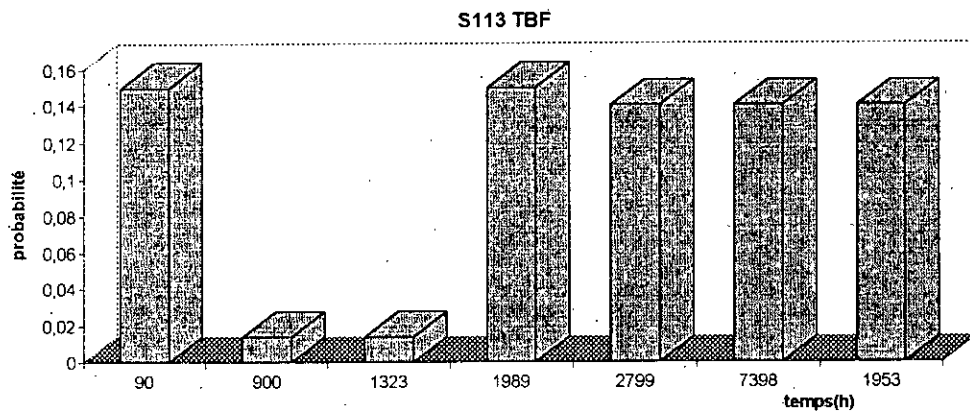


Fig-16-: Durée de panne

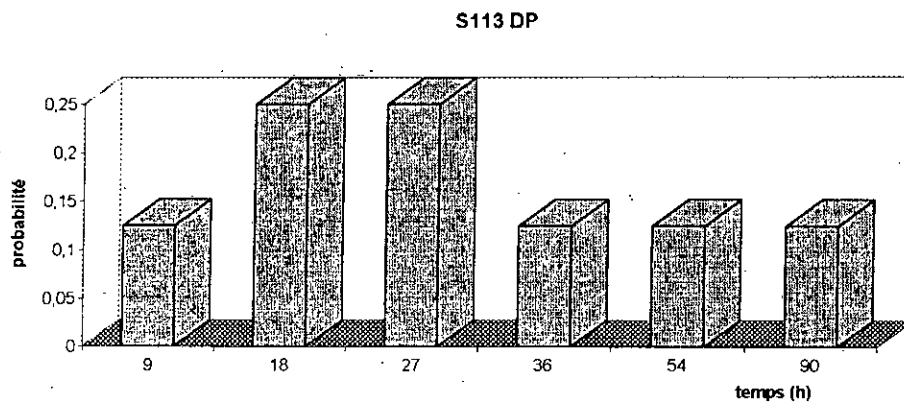


Fig-17:- Temps de bon fonctionnement

CUMULATIVE FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 2
AND SAMPLE : S114 TBF

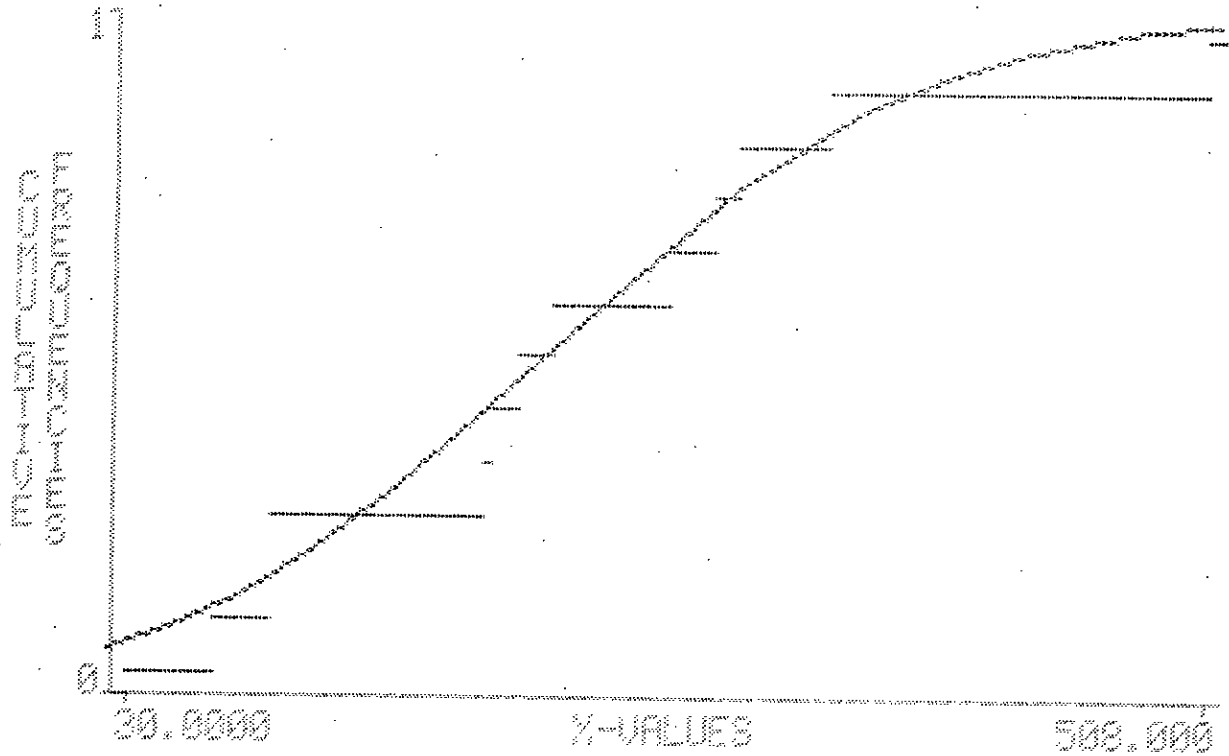


Fig-18 --Durée de panne

S114 DP

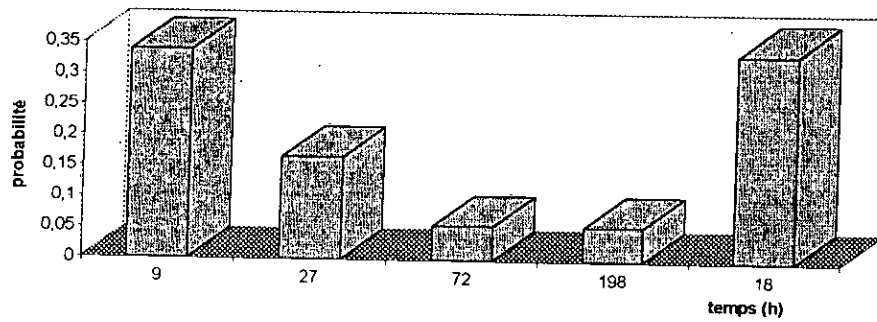


Fig-19 -: Temps de bon fonctionnement

CUMULATIVE FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1
AND SAMPLE : S161 TBF

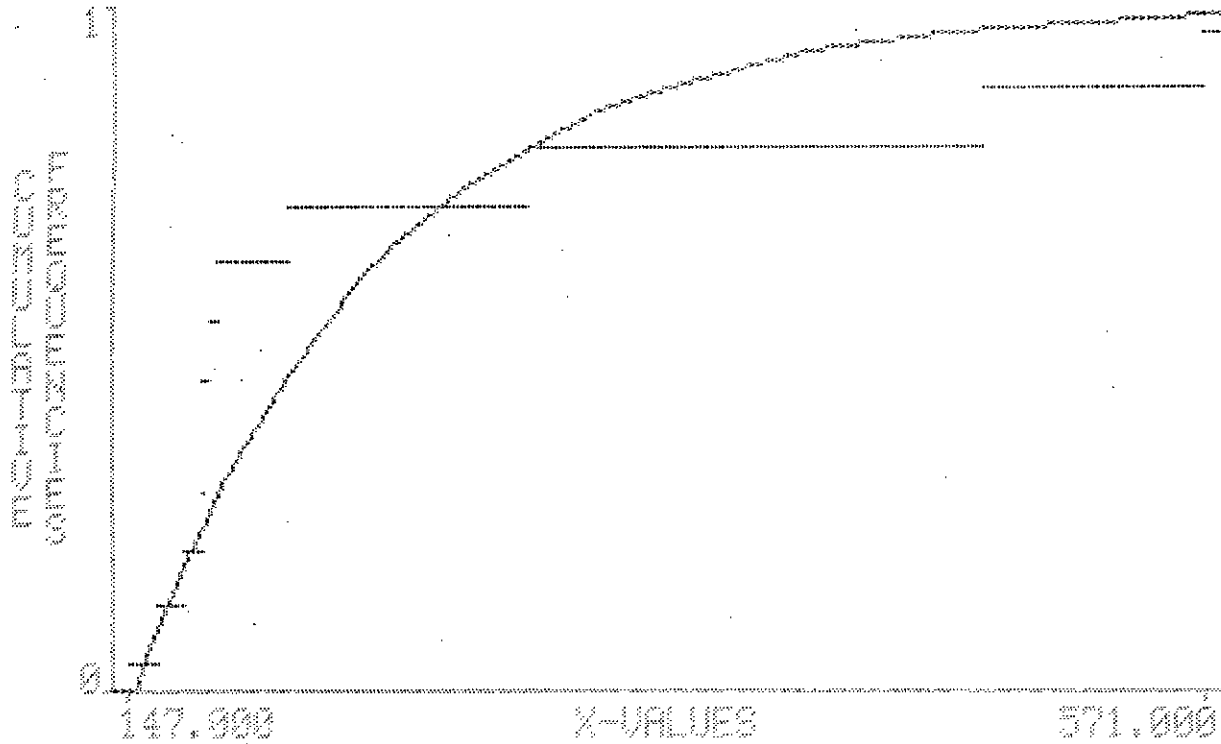
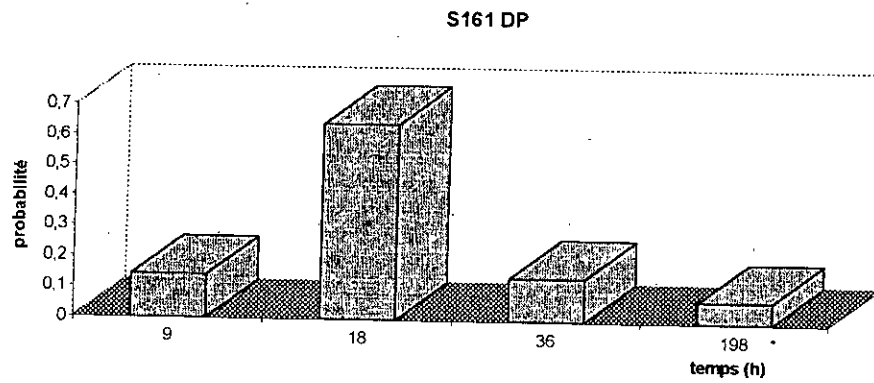
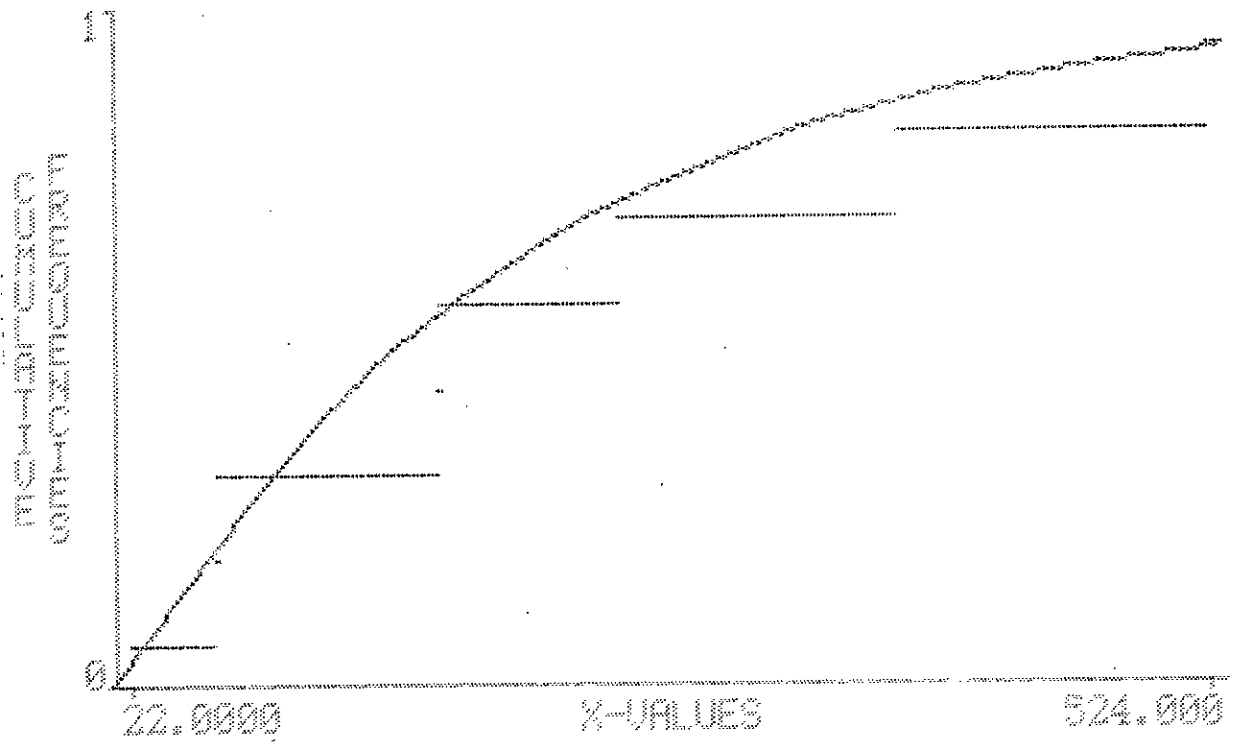


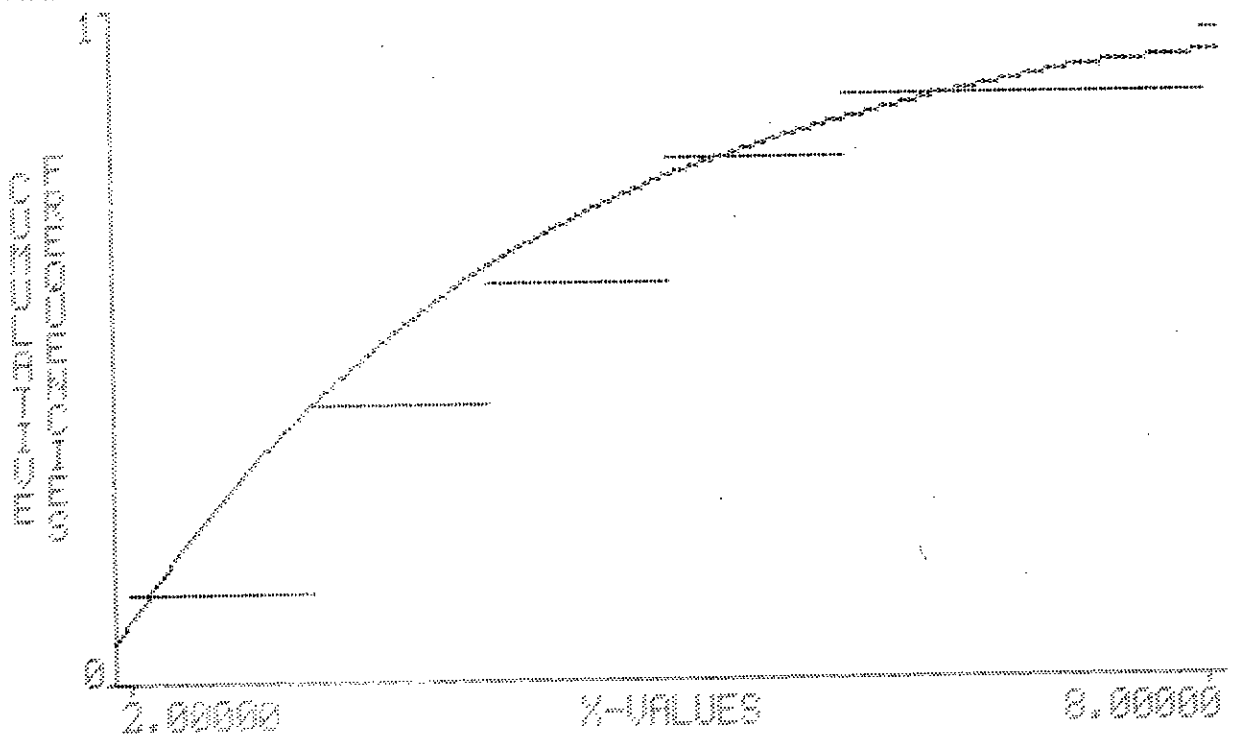
Fig-20 : Durée de panne



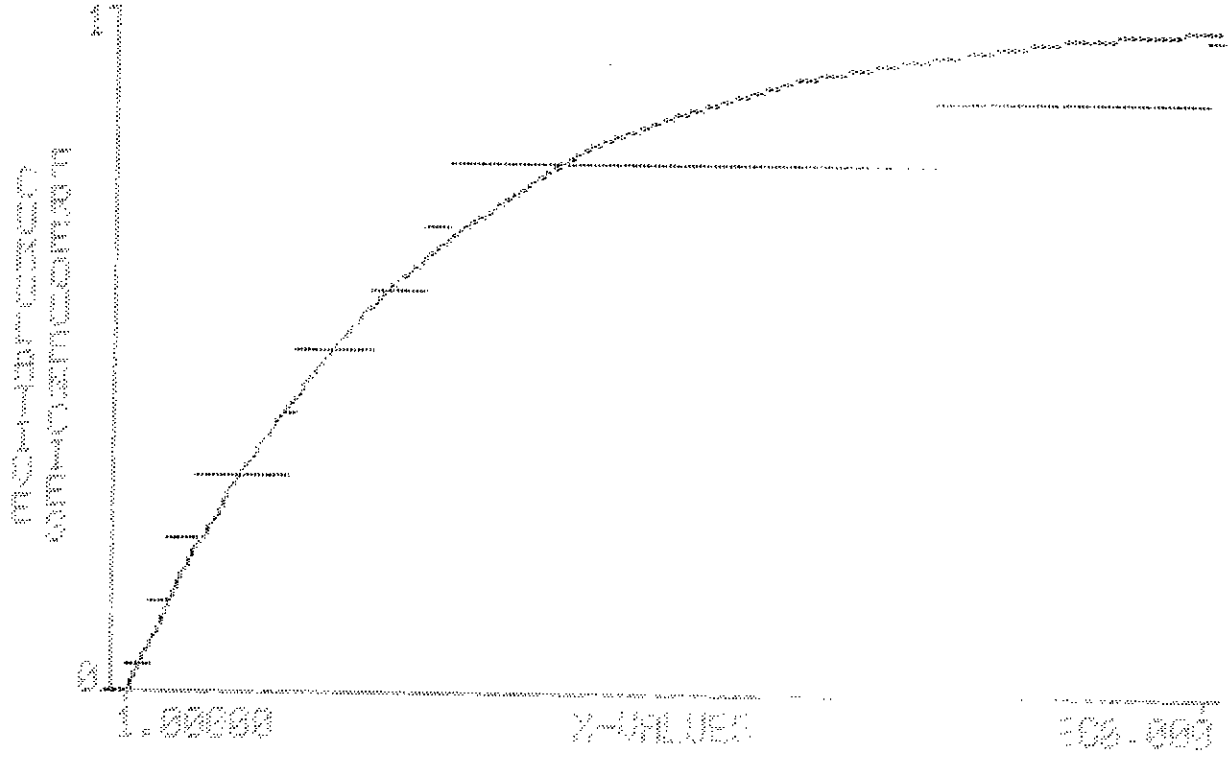
CUMULATIVE FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1
AND SAMPLE : S062 TBF



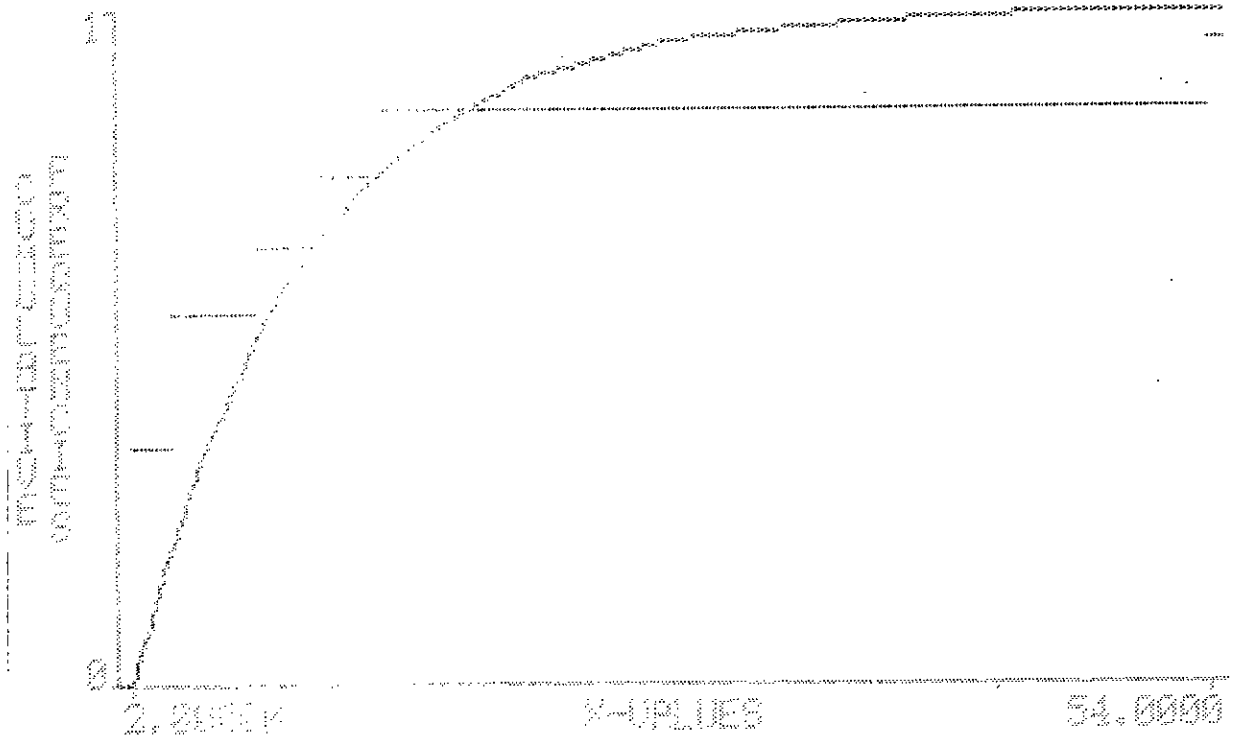
CUMULATIVE FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1
AND SAMPLE : S052 DP



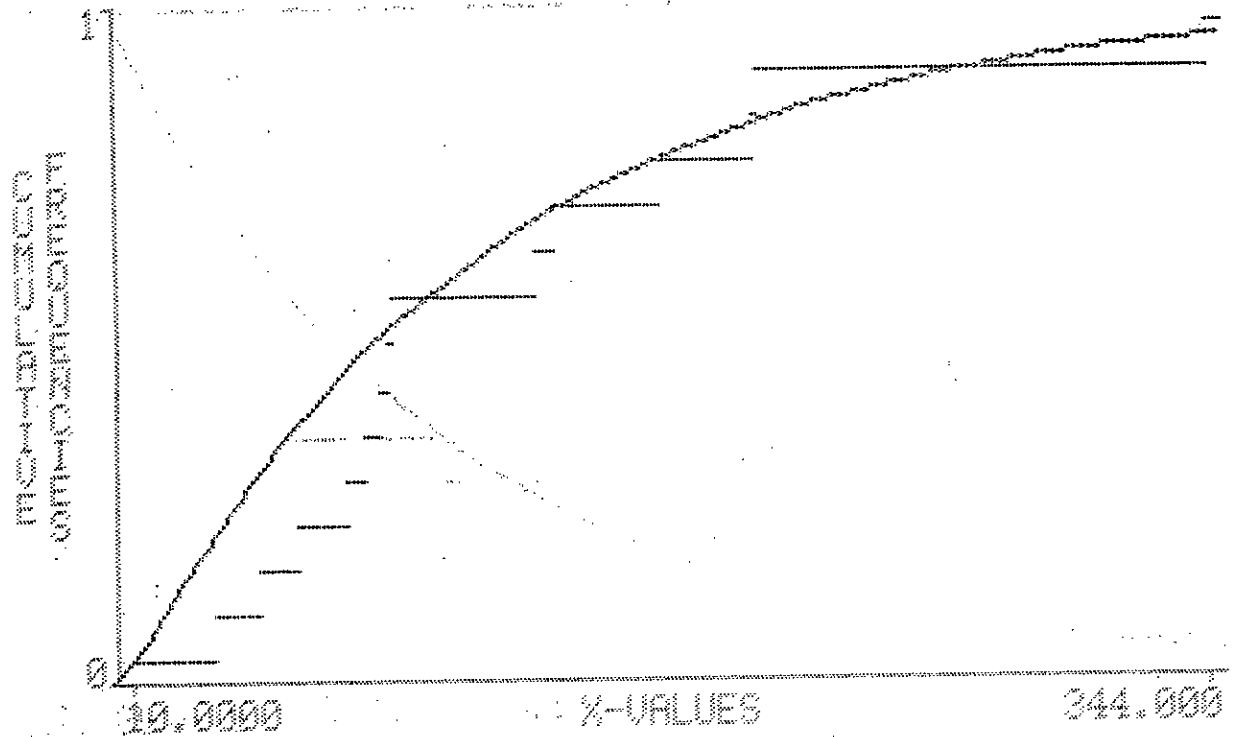
CUMULATIVE FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1
AND SAMPLE : S101 TEF



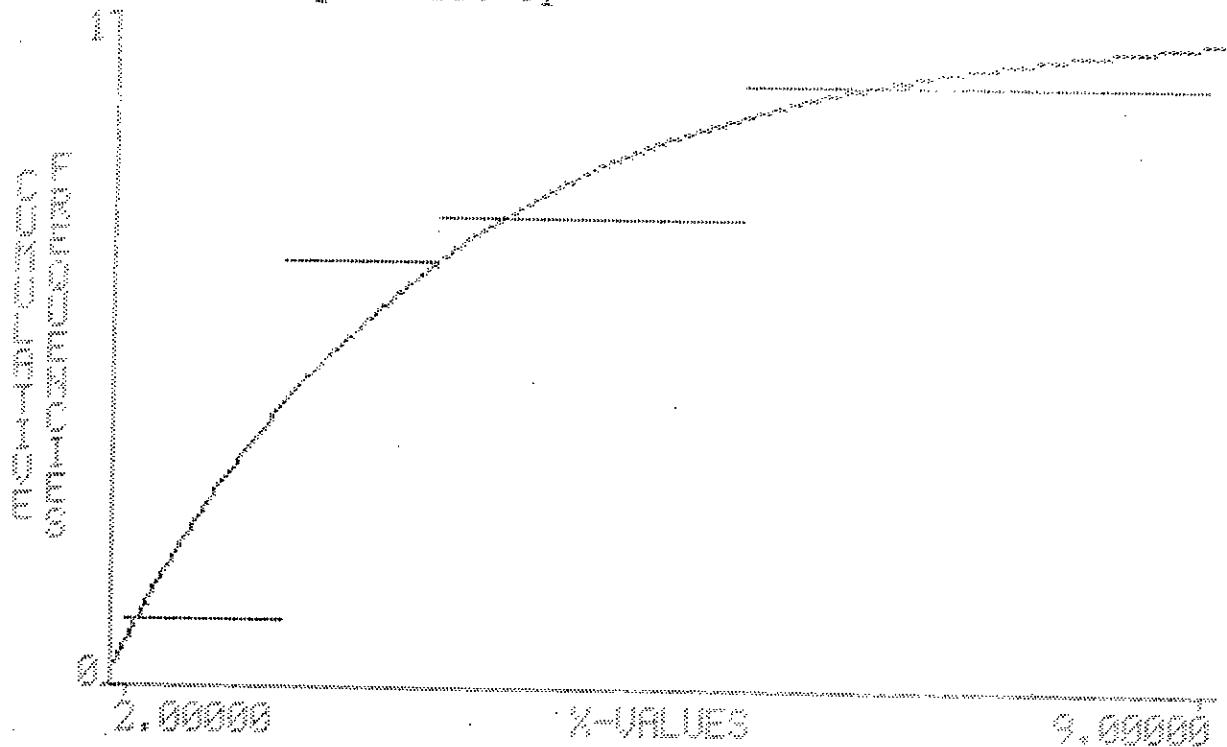
CUMULATIVE FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1
AND SAMPLE : S101 EP



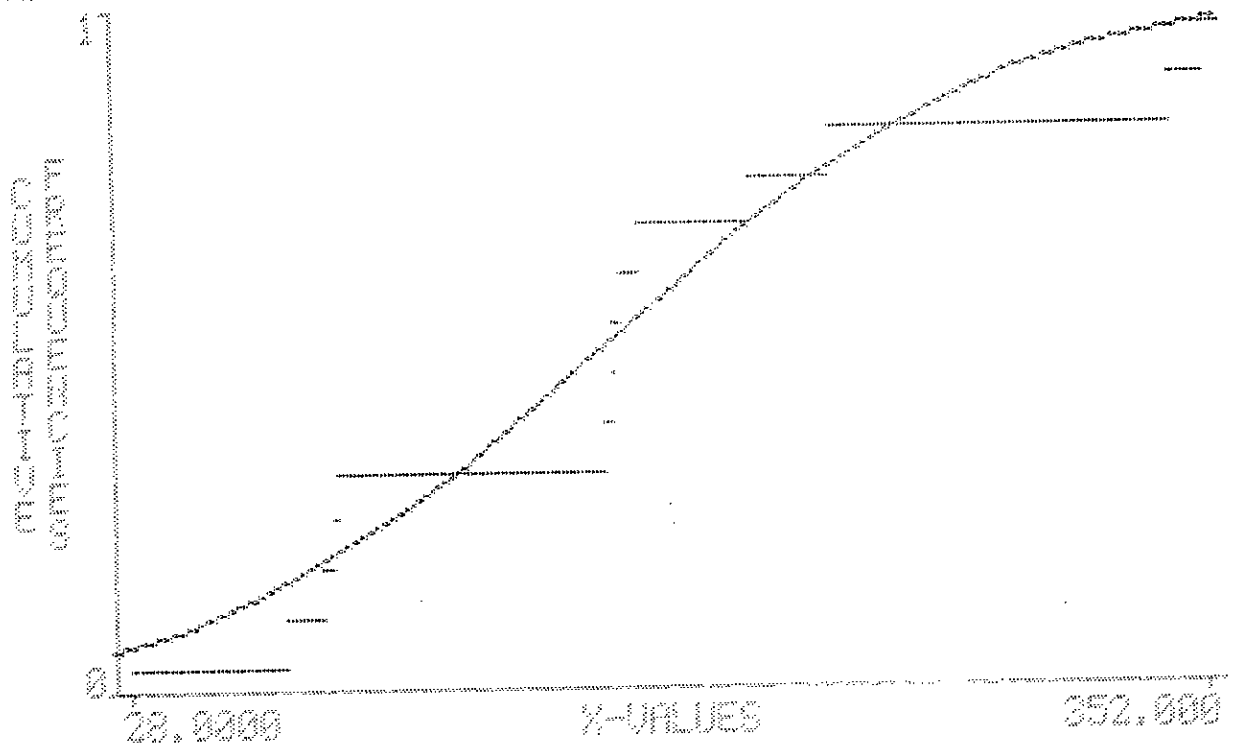
CUMULATIVE FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1
AND SAMPLE : pont 35t tbf



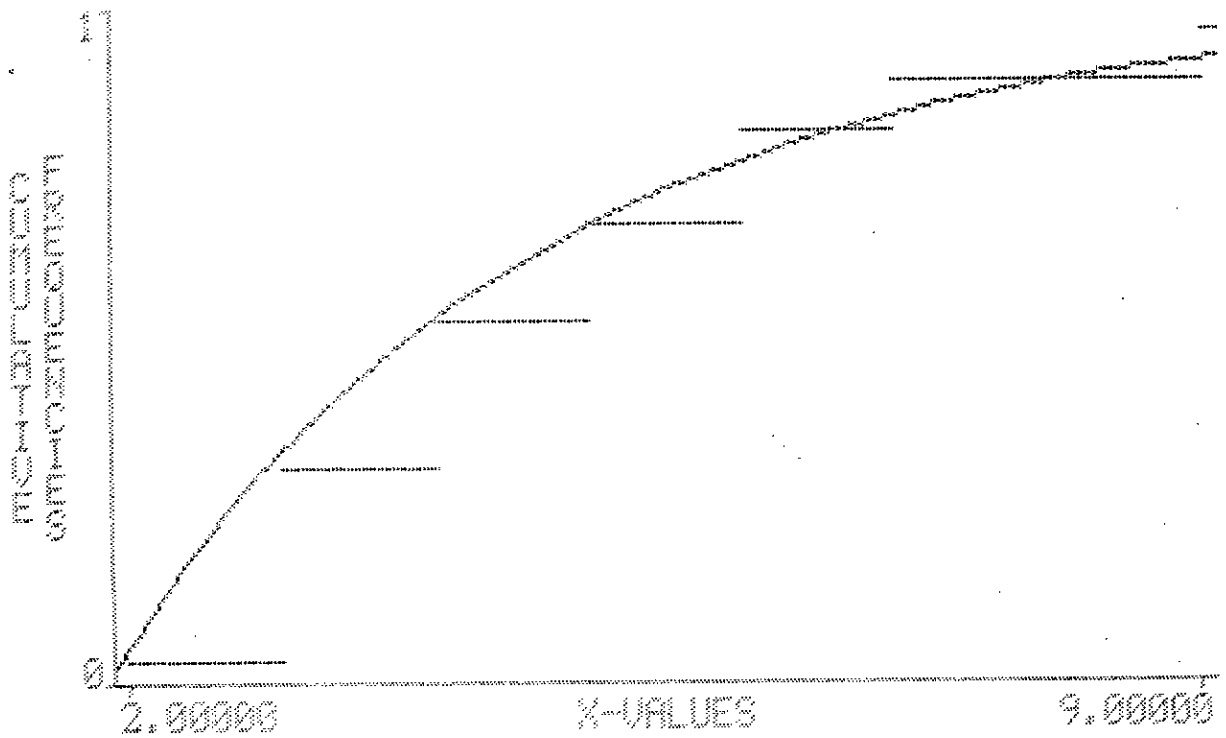
CUMULATIVE FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1
AND SAMPLE : pont 35t dp



CUMULATIVE FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1
AND SAMPLE : pont 70t tbf



CUMULATIVE FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1
AND SAMPLE : pont 70t dp



ANNEXE III

```

*****
*
*          TIME MEASUREMENT REPORT          *
*
* PROJECT NAME: UEMM_AH                    *
* ANALYST NAME: B & Z                      *
* PROJECT DATE: 5/21/1996                 *
*
*****

```

```

RUN NUMBER      1 OF      1
CURRENT TIME    7800.0000
DATA COLLECTION STARTED AT TIME      1200.0000
TIME INTERVAL FOR DATA COLLECTION    7800.0000

```

LOCO

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	45.00	0.00	45.00	45.00	33	14.62
TRAVELING TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	33	0.00
TOT WAIT TIME	262.90	140.59	60.00	443.99	33	
STA. WAIT TIME	262.90	140.59	60.00	443.99	33	85.38
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	33	0.00

TIME IN SYSTEM	307.90	140.59	105.00	488.99	33	100.00
TIME BET DEPART	236.25	104.19	167.99	432.01	32	
EARLY TIME	15.00	0.00	15.00	15.00	2	
LATE TIME	200.99	134.77	9.00	368.99	31	

BOGIE

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	18.00	0.00	18.00	18.00	65	16.58
TRAVELING TIME	0.25	0.00	0.25	0.25	65	0.23
TOT WAIT TIME	90.31	36.27	29.75	125.76	65	
STA. WAIT TIME	90.31	36.27	29.75	125.76	65	83.19
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	65	0.00

TIME IN SYSTEM	108.56	36.28	48.00	144.01	65	100.00
TIME BET DEPART	118.13	94.01	48.00	336.00	64	

FAMIL1

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	3.25	0.00	3.25	3.25	62	1.32
TRAVELING TIME	0.75	0.00	0.75	0.75	62	0.30
TOT WAIT TIME	242.95	62.60	157.35	353.56	62	
STA. WAIT TIME	242.95	62.60	157.35	353.56	62	98.38
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	62	0.00

TIME IN SYSTEM	246.95	62.60	161.35	357.56	62	100.00
TIME BET DEPART	119.64	28.97	74.25	165.77	61	

FAMIL2

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	16.67	0.01	16.67	16.67	26	1.53
TRAVELING TIME	1.50	0.00	1.50	1.50	26	0.14
TOT WAIT TIME	1074.45	313.12	533.57	1562.41	26	
STA. WAIT TIME	1071.89	313.25	523.24	1562.41	26	98.10
TRAN.WAIT TIME	2.55	5.88	0.00	27.58	26	0.23

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL3

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	3.10	0.00	3.10	3.10	62	1.26
TRAVELING TIME	1.00	0.00	1.00	1.00	62	0.40
TOT WAIT TIME	242.85	62.60	157.25	353.46	62	
STA. WAIT TIME	242.85	62.60	157.25	353.46	62	98.34
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	62	0.00

TIME IN SYSTEM	246.95	62.60	161.35	357.56	62	100.00
TIME BET DEPART	119.64	28.97	74.25	165.77	61	

FAMIL4

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	10.50	0.00	10.50	10.50	26	0.96
TRAVELING TIME	0.75	0.00	0.75	0.75	26	0.07
TOT WAIT TIME	1081.36	313.12	540.49	1569.33	26	
STA. WAIT TIME	1077.91	312.19	539.16	1569.33	26	98.65
TRAN.WAIT TIME	3.45	9.63	0.00	45.83	26	0.32

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL5

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	7.00	0.00	7.00	7.00	26	0.64
TRAVELING TIME	0.75	0.00	0.75	0.75	26	0.07
TOT WAIT TIME	1084.86	313.12	543.99	1572.83	26	
STA. WAIT TIME	1084.71	313.27	543.99	1572.83	26	99.28
TRAN.WAIT TIME	0.16	0.80	0.00	4.08	26	0.01

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL6

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	34.75	0.00	34.75	34.75	62	14.07
TRAVELING TIME	0.75	0.00	0.75	0.75	62	0.30
TOT WAIT TIME	211.45	62.60	125.85	322.06	62	
STA. WAIT TIME	211.36	62.65	125.85	322.06	62	85.59
TRAN.WAIT TIME	0.09	0.54	0.00	4.15	62	0.04

TIME IN SYSTEM	246.95	62.60	161.35	357.56	62	100.00
TIME BET DEPART	119.64	28.97	74.25	165.77	61	

FAMIL7

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	4.08	0.00	4.08	4.08	62	1.65
TRAVELING TIME	1.25	0.00	1.25	1.25	62	0.51
TOT WAIT TIME	241.62	62.60	156.02	352.23	62	
STA. WAIT TIME	241.62	62.60	156.02	352.23	62	97.84
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	62	0.00

TIME IN SYSTEM	246.95	62.60	161.35	357.56	62	100.00
TIME BET DEPART	119.64	28.97	74.25	165.77	61	

FAMIL8

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	12.00	0.00	12.00	12.00	26	1.10
TRAVELING TIME	0.85	0.00	0.85	0.85	26	0.08
TOT WAIT TIME	1079.76	313.12	538.89	1567.73	26	
STA. WAIT TIME	1079.51	313.33	537.66	1567.48	26	98.80
TRAN.WAIT TIME	0.26	0.72	0.00	3.25	26	0.02

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL9

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	45.00	0.00	45.00	45.00	26	4.12
TRAVELING TIME	0.75	0.00	0.75	0.75	26	0.07
TOT WAIT TIME	1046.86	313.12	505.99	1534.83	26	
STA. WAIT TIME	1046.83	313.05	505.99	1534.83	26	95.81
TRAN.WAIT TIME	0.04	0.20	0.00	1.00	26	0.00

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL10

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	36.00	0.01	36.00	36.00	26	3.29
TRAVELING TIME	1.00	0.00	1.00	1.00	26	0.09
TOT WAIT TIME	1055.61	313.12	514.74	1543.58	26	
STA. WAIT TIME	1055.61	313.12	514.74	1543.58	26	96.61
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	26	0.00

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL11

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	8.75	0.00	8.75	8.75	62	3.54
TRAVELING TIME	1.00	0.00	1.00	1.00	62	0.40
TOT WAIT TIME	237.20	62.60	151.60	347.81	62	
STA. WAIT TIME	236.75	62.67	151.60	347.81	62	95.87
TRAN.WAIT TIME	0.45	1.46	0.00	9.66	62	0.18

TIME IN SYSTEM	246.95	62.60	161.35	357.56	62	100.00
TIME BET DEPART	119.64	28.97	74.25	165.77	61	

FAMIL12

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	7.00	0.00	7.00	7.00	26	0.64
TRAVELING TIME	1.25	0.00	1.25	1.25	26	0.11
TOT WAIT TIME	1084.36	313.12	543.49	1572.33	26	
STA. WAIT TIME	1084.36	313.12	543.49	1572.33	26	99.24
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	26	0.00

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL13

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	0.08	0.00	0.08	0.08	62	0.03
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	62	0.20
TOT WAIT TIME	246.37	62.60	160.77	356.98	62	
STA. WAIT TIME	246.37	62.60	160.77	356.98	62	99.77
TRAN.WAIT TIME	0.00	0.00	0.00	0.00	62	0.00

TIME IN SYSTEM	246.95	62.60	161.35	357.56	62	100.00
TIME BET DEPART	119.64	28.97	74.25	165.77	61	

FAMIL14

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	5.83	0.00	5.83	5.83	26	0.53
TRAVELING TIME	1.00	0.00	1.00	1.00	26	0.09
TOT WAIT TIME	1085.78	313.12	544.91	1573.75	26	
STA. WAIT TIME	1082.51	310.75	544.66	1572.75	26	99.07
TRAN.WAIT TIME	3.28	12.61	0.00	63.00	26	0.30

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL15

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	2.00	0.00	2.00	2.00	62	0.81
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	62	0.20
TOT WAIT TIME	244.45	62.60	158.85	355.06	62	
STA. WAIT TIME	243.71	63.03	158.85	355.06	62	98.69
TRAN.WAIT TIME	0.74	5.80	0.00	45.68	62	0.30

TIME IN SYSTEM	246.95	62.60	161.35	357.56	62	100.00
TIME BET DEPART	119.64	28.97	74.25	165.77	61	

FAMIL16

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	5.50	0.00	5.50	5.50	62	2.23
TRAVELING TIME	2.00	0.00	2.00	2.00	62	0.81
TOT WAIT TIME	239.45	62.60	153.85	350.06	62	
STA. WAIT TIME	239.20	62.78	153.85	350.06	62	96.86
TRAN.WAIT TIME	0.24	1.91	0.00	15.00	62	0.10

TIME IN SYSTEM	246.95	62.60	161.35	357.56	62	100.00
TIME BET DEPART	119.64	28.97	74.25	165.77	61	

FAMIL17

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	8.00	0.00	8.00	8.00	26	0.73
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	26	0.05
TOT WAIT TIME	1084.11	313.12	543.24	1572.08	26	
STA. WAIT TIME	1046.95	311.14	528.23	1509.07	26	95.82
TRAN.WAIT TIME	37.16	24.40	15.00	63.01	26	3.40

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL18

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	11.00	0.00	11.00	11.00	26	1.01
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	26	0.05
TOT WAIT TIME	1081.11	313.12	540.24	1569.08	26	
STA. WAIT TIME	1043.95	311.14	525.23	1506.07	26	95.55
TRAN.WAIT TIME	37.16	24.40	15.00	63.01	26	3.40

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL19

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	45.00	0.00	45.00	45.00	26	4.12
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	26	0.05
TOT WAIT TIME	1047.11	313.12	506.24	1535.08	26	
STA. WAIT TIME	1005.08	309.12	487.90	1472.07	26	91.99
TRAN.WAIT TIME	42.03	25.25	15.01	90.76	26	3.85

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL20

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	9.00	0.00	9.00	9.00	26	0.82
TRAVELING TIME	0.35	0.00	0.35	0.35	26	0.03
TOT WAIT TIME	1083.26	313.12	542.39	1571.23	26	
STA. WAIT TIME	1046.10	311.14	527.38	1508.22	26	95.74
TRAN.WAIT TIME	37.16	24.40	15.00	63.01	26	3.40

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL21

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	15.00	0.00	15.00	15.00	26	1.37
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	26	0.05
TOT WAIT TIME	1077.11	313.12	536.24	1565.08	26	
STA. WAIT TIME	1039.95	311.14	521.23	1502.07	26	95.18
TRAN.WAIT TIME	37.16	24.40	15.00	63.01	26	3.40

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL22

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	26.00	0.01	26.00	26.00	62	10.53
TRAVELING TIME	0.35	0.00	0.35	0.35	62	0.14
TOT WAIT TIME	220.60	62.60	135.00	331.21	62	
STA. WAIT TIME	219.87	62.28	135.00	331.21	62	89.04
TRAN.WAIT TIME	0.73	3.25	0.00	15.00	62	0.29

TIME IN SYSTEM	246.95	62.60	161.35	357.56	62	100.00
TIME BET DEPART	119.64	28.97	74.25	165.77	61	

FAMIL23

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	7.00	0.00	7.00	7.00	26	0.64
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	26	0.05
TOT WAIT TIME	1085.11	313.12	544.24	1573.08	26	
STA. WAIT TIME	1047.95	311.14	529.23	1510.07	26	95.91
TRAN.WAIT TIME	37.16	24.40	15.00	63.01	26	3.40

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL24

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	8.00	0.00	8.00	8.00	26	0.73
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	26	0.05
TOT WAIT TIME	1084.11	313.12	543.24	1572.08	26	
STA. WAIT TIME	1046.95	311.14	528.23	1509.07	26	95.82
TRAN.WAIT TIME	37.16	24.40	15.00	63.01	26	3.40

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL25

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	4.00	0.00	4.00	4.00	26	0.37
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	26	0.05
TOT WAIT TIME	1088.11	313.12	547.24	1576.08	26	
STA. WAIT TIME	1050.87	311.22	532.23	1513.07	26	96.18
TRAN.WAIT TIME	37.25	24.33	15.00	63.01	26	3.41

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL26

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	6.00	0.00	6.00	6.00	26	0.55
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	26	0.05
TOT WAIT TIME	1086.11	313.12	545.24	1574.08	26	
STA. WAIT TIME	1048.95	311.14	530.23	1511.07	26	96.00
TRAN.WAIT TIME	37.16	24.40	15.00	63.01	26	3.40

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL27

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	3.00	0.00	3.00	3.00	26	0.27
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	26	0.05
TOT WAIT TIME	1089.11	313.12	548.24	1577.08	26	
STA. WAIT TIME	1051.63	310.91	533.23	1514.07	26	96.25
TRAN.WAIT TIME	37.49	24.21	15.00	64.25	26	3.43

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL28

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	5.00	0.00	5.00	5.00	26	0.15
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	26	0.01
TOT WAIT TIME	3428.04	1677.79	611.24	6012.05	26	
STA. WAIT TIME	3387.59	1699.58	547.73	5995.80	26	98.66
TRAN.WAIT TIME	40.44	25.06	15.34	72.26	26	1.18

TIME IN SYSTEM	3433.54	1677.79	616.74	6017.55	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL29

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	3.00	0.00	3.00	3.00	104	0.27
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	104	0.05
TOT WAIT TIME	1089.12	308.52	548.24	1577.08	104	
STA. WAIT TIME	1046.34	308.22	504.98	1512.82	104	95.76
TRAN.WAIT TIME	42.77	26.92	15.34	108.26	104	3.91

TIME IN SYSTEM	1092.61	308.52	551.74	1580.58	104	100.00
TIME BET DEPART	66.88	130.79	0.00	427.97	103	

FAMIL30

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	150.00	0.07	150.00	150.00	26	13.73
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	26	0.05
TOT WAIT TIME	942.12	313.12	401.24	1430.08	26	
STA. WAIT TIME	899.51	310.26	383.98	1363.80	26	82.33
TRAN.WAIT TIME	42.61	28.10	15.34	108.26	26	3.90

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL31

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	120.00	0.05	120.00	120.00	26	10.98
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	26	0.05
TOT WAIT TIME	972.12	313.12	431.24	1460.08	26	
STA. WAIT TIME	932.22	311.58	406.98	1394.80	26	85.32
TRAN.WAIT TIME	39.90	23.66	15.50	72.26	26	3.65

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

FAMIL32

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	2.00	0.00	2.00	2.00	26	0.18
TRAVELING TIME	0.50	0.00	0.50	0.50	26	0.05
TOT WAIT TIME	1090.11	313.12	549.24	1578.08	26	
STA. WAIT TIME	1049.19	312.15	515.48	1513.32	26	96.03
TRAN.WAIT TIME	40.92	23.76	15.68	72.76	26	3.75

TIME IN SYSTEM	1092.61	313.12	551.74	1580.58	26	100.00
TIME BET DEPART	275.55	113.14	169.02	427.97	25	

BOGIEREM

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	63.00	0.02	63.00	63.00	52	8.54
TRAVELING TIME	0.25	0.00	0.25	0.25	52	0.03
TOT WAIT TIME	674.36	303.37	152.99	1255.94	52	
STA. WAIT TIME	621.93	300.22	152.99	1179.69	52	84.32
TRAN.WAIT TIME	52.43	55.52	0.00	124.25	52	7.11

TIME IN SYSTEM	737.61	303.38	216.24	1319.19	52	100.00
TIME BET DEPART	135.07	159.68	0.00	427.97	51	

LOCOREV

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	108.00	0.00	108.00	108.00	24	26.83
TRAVELING TIME	0.25	0.00	0.25	0.25	24	0.06
TOT WAIT TIME	294.29	23.55	275.99	323.99	24	
STA. WAIT TIME	293.87	23.83	273.24	323.99	24	73.01
TRAN.WAIT TIME	0.41	2.03	0.00	9.93	24	0.10

TIME IN SYSTEM	402.54	23.55	384.24	432.24	24	100.00
TIME BET DEPART	275.64	109.96	161.84	412.97	23	

* * * * *
* TOTAL SYSTEM *
* * * * *

	AVERAGE TIME	STANDARD DEVIATION	MINIMUM TIME	MAXIMUM TIME	NUMBER OF PARTS	PCT.OF TOTAL TIME
PROCESSING TIME	19.97	30.08	0.08	150.00	1408	2.80
TRAVELING TIME	0.69	0.42	0.00	2.00	1408	0.10
TOT WAIT TIME	691.34	640.44	29.75	6012.05	1408	
STA. WAIT TIME	675.98	630.90	29.75	5995.80	1408	94.94
TRAN.WAIT TIME	15.37	26.68	0.00	124.25	1408	2.16

TIME IN SYSTEM	712.00	640.96	48.00	6017.55	1408	100.00
TIME BET DEPART	5.44	19.02	0.00	141.75	1407	
EARLY TIME	15.00	0.00	15.00	15.00	2	
LATE TIME	200.99	134.77	9.00	368.99	31	

ERRATUM

N° de la page	Lire	Au lieu
02	est	et
08	Division	Division
12	,de l'organisation	de l'organisation
13	du client	de client
15	applicables	applicable
18	S'il	Si il
19	où	ou
20	a	à
23	tests	testes
27	Entites	Etites
28	Ses	Ses
29	communiqué	communiquer
30	Ils	les
32	Caracteristiques	Caracteristique
34	permis	permet
35	du	de
39	postes	poste
48	passé	passer
49	pratiquée	pratiqué
49	Annexe3	annexe4