

12/95

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

المكتبة الوطنية المتعددة اللغويات
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التربية الوطنية

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

Etude technique et économique

de la maintenance au centre mécanique

du complexe des véhicules industriels (C V I - Rouiba)

proposé par :
Mer Belkadi (C V I)

Etudié par :
Melle Radia Sedaoui
Melle Samira Djoufelkit

Dirigé par :
Mer A - Ouabdesselam
Mer M - Bouziane

PROMOTION

1994 / 1995

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

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التربية الوطنية

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

Etude technique et économique

de la maintenance au centre mécanique

du complexe des véhicules industriels (C V I - Rouiba)

proposé par :

Mer Belkadi (C V I)

Etudié par :

Melle Radia Sedaoui

Melle Samira Djoufelkit

Dirigé par :

Mer A - Ouabdesselam

Mer M - Bouziane

PROMOTION

1994 / 1995

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

ملخص :

الغاية من هذه الدراسة هي إيجاد طريقة ملائمة لصيانة أجهزة المركز الميكانيكي لمجمع السيارات الصناعية (الرويبة) و هذا بتحقيق توافق بين المعيارين التقني و الإقتصادي. لهذا الغرض، دراسة تقنية، كمية و كيفية للأجهزة أنجزت، و هذا بتطبيق المفاهيم الأساسية للصيانة : العول، الموصونية و الموفرة، كذا دراسة لنفقات صيانة الأجهزة. مجمل هذه الدراسات ستساهم في أخذ القرار الأخير : طريقة الصيانة أو تجديد الأجهزة

Résumé :

Le but de cette étude est d'élaborer une méthode de maintenance adéquate, un compromis technique et économique à optimiser, pour les équipements du centre mécanique du CVI (Rouiba). A cet effet, une analyse technique, quantitative des équipements a été faite en utilisant des concepts clés de la maintenance : Fiabilité, maintenabilité et disponibilité ; ainsi qu'une analyse des coûts de maintenance. L'ensemble de ces analyses va servir d'aide à la décision finale : méthode de maintenance, renouvellement d'équipements.

Abstract :

The aim of this study is to determinate an appropriate method of maintenance, realizing a technical and economical compromise of mechanical center's equipment (C.V.I - Rouiba). In order to achieve this aim, technical analysis : quantitative and qualitative of equipment were done, by applying the maintenance key concepts which are : Reability, maintainability and availability ; thus a maintenance costs analysis. These analysis will be used to determining the choice between renovate equipment or maintain it.

REMERCIEMENT

Au seuil de ce travail, nos gracieux remerciements vont à nos promoteurs:

M. **OUABDESSELAM** et M. **BOUZIANE** pour avoir bien voulu diriger notre travail, pour leur suivi permanent ainsi que pour les précieux conseils qu'ils nous ont prodigué et surtout pour les critiques aussi constructives que fructueuses qu'ils nous ont émises, qu'ils trouvent ici les expressions de notre fidèle gratitude.

M. **HADDAD** et M. **LAMRAOUI**, nous les prions de bien vouloir accepter l'expression de notre profonde gratitude et nos plus vifs remerciements d'avoir accepté d'examiner ce travail. Nous tenons à remercier également, M^{lle} **ABOUN** chef du département génie industriel, M^{me} **BELMOKHTAR**, enseignante à l'ENP ainsi que tous ceux qui ont contribué à notre formation de près ou de loin.

que M. **BELKADI**, M. **BENAMMA** du département maintenance du CVI ainsi que tout le personnel de l'entreprise, nous citerons particulièrement: M. **BERWAGUI** chef du département Comptabilité analytique, soient remerciés pour leurs conseils éclairés et leur amicales collaboration.

Soient digne de ces remerciants: M^{lle} **SEDAOUI NABILA**, M. **DJOUFELKIT RACHID** et **OUNNAR KARIM** et **FOUZIA** pour leur aide précieuse.

Je dédie ce travail à :

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

ma regrettable grand-mère;

mes chers parents;

tous mes chers frères et soeurs;

ma tante NACERA;

toute ma famille;

tous mes amis(es)

SEDAOUI RADIA

Je dédie ce travail à :

la mémoire de mon défunt père;

ma très chère mère;

mes soeurs et frères;

ma bien aimée DJDA;

tous ceux que j'aime.

DJOUFELKIT SAMIRA

Sommaire

Introduction	2
I - Partie descriptive	
I - 1 - Présentation du centre mécanique	3
I - 1 - Présentation de la maintenance dans ce centre	4
1 - Service maintenance	4
2 - La maintenance centrale	5
3 - Déroulement de l'opération de maintenance	6
I - 2 - Analyse de la situation actuelle et problématique	7
II - Etude technique	
II - 1 - Aspect quantitatif	
A - Approche mathématique	9
- Fiabilité	9
- Maintenabilité	11
- Disponibilité	14
B - Choix de l'échantillon	15
C - Application	21
D - Résultats et commentaires	51
II - 2 - Aspect qualitatif	
A - Principe de la méthode	56
B - Application	66
III - Analyse des coûts	
III - 1 - Approche théorique	
1 - Importance de l'analyse des coûts	72
2 - Les coûts de la maintenance	72
- Coûts directs	72
- Coûts indirects	72
- Coût de maintenance	73
- Coût global d'acquisition et d'utilisation	74
- Coût moyen annuel de la maintenance	75
III - 2 - Application	78
III - 3 - Interprétation des résultats	86
IV - Propositions	92
Conclusion générale	93
<i>Annexes</i>	
<i>Références bibliographiques</i>	

Introduction

La fonction maintenance ne cesse d'évoluer à la recherche d'un meilleur compromis entre des besoins et des exigences techniques, économiques ou humains. Afin que la production soit assurée de manière continue.

La maintenance est un ensemble d'actions permettant de maintenir ou de rétablir un équipement dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé, au coût optimal [AFNOR].

La maintenance peut être corrective ou bien préventive (systématique ou conditionnelle) ; dans les deux cas, elle fait appel à la fiabilité et la maintenabilité en vue d'assurer sa réalisation de la meilleure façon possible.

C'est ce que nous essayerons de mettre en évidence au cours de notre projet de fin d'études intitulé:

" Etude technique et économique de la maintenance au centre mécanique du CVI (Rouiba) "

Notre travail est structuré comme suit:

- 1 - Une présentation du centre mécanique du CVI.
- 2 - Approche théorique des notions de fiabilité, maintenabilité et de disponibilité; application au cas des équipements du centre mécanique du CVI.
- 3 - Aspect qualitatif de la maintenance.
- 4 - Analyse des coûts de la maintenance des équipements en phase d'usure.
- 5 - Propositions.
- 6 - Conclusion générale.

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PARTIE

DESCRIPTIVE

I- 1- présentation du centre mécanique :

Le centre mécanique dispose d'une surface de 4300 m² et d'un effectif de 1136 personnes. Il a pour vocation la fabrication et l'assemblage des principaux organes des véhicules suivants :

- 9 types de ponts ;
- 5 types de Boites de vitesses ;
- 8 types d'essieux ;
- 4 types de directions ;
- diverses ferrures.

Ce centre regroupe 9 ateliers comportant une ou plusieurs sections homogènes. La section homogène correspond au découpage des ateliers de fabrication en groupe de machines ayant des caractéristiques homogènes.

Une répartition de ces sections au niveau des ateliers est présentée dans le tableau suivant:

Ateliers	Principales activités	Numéro de Section
3010	Tournage, taillage	103, 105
3020	Rectification, Traitement thermique	106, 112, 113, 115, 118
3030	Décolletage, débitage	101, 102
3040	Usinage des boites de vitesses et de directions	110, 131
3050	Usinage ponts essieux	120, 121, 122, 123
3060	Usinage pièces	124, 125, 126
3070/3080	Montage organes	111, 132, 127, 128
3090	Usinage montage ferrure	130

Tableau N° I-1 : Répartition des sections au niveau des ateliers de production

Ces activités sont assurées par un parc de 551 machines outils, telle que : perceuses, tours parallèles et horizontales, fraiseuses, machine à tailler les engrenages...

Chaque équipement est identifié par un - matricule :
- N° de famille.

STRUCTURATION:

Le bâtiment mécanique est placé sous la responsabilité d'un chef de centre au quel sont rattachés quatre services de prestations qui contribuent à l'atteinte des objectifs recherchés par la production.

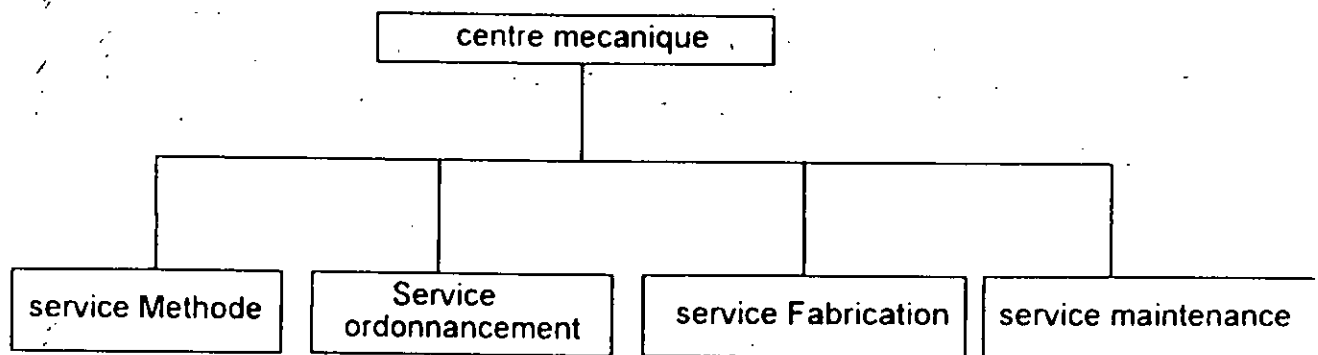


Figure N° 1 - 1 - 1 : Structure du centre mécanique

1 - 1 - 2 - PRESENTATION DE LA MAINTENANCE DANS CE CENTRE:

Au centre mécanique, la maintenance est assurée par différents services et structures qui sont:

1. service maintenance:

Le service maintenance est chargé de la maintenance des machines outils et installations destinées à la fabrication du produit.

1-1- structure:

Pour accomplir sa mission, le service maintenance se compose du personnel suivant:

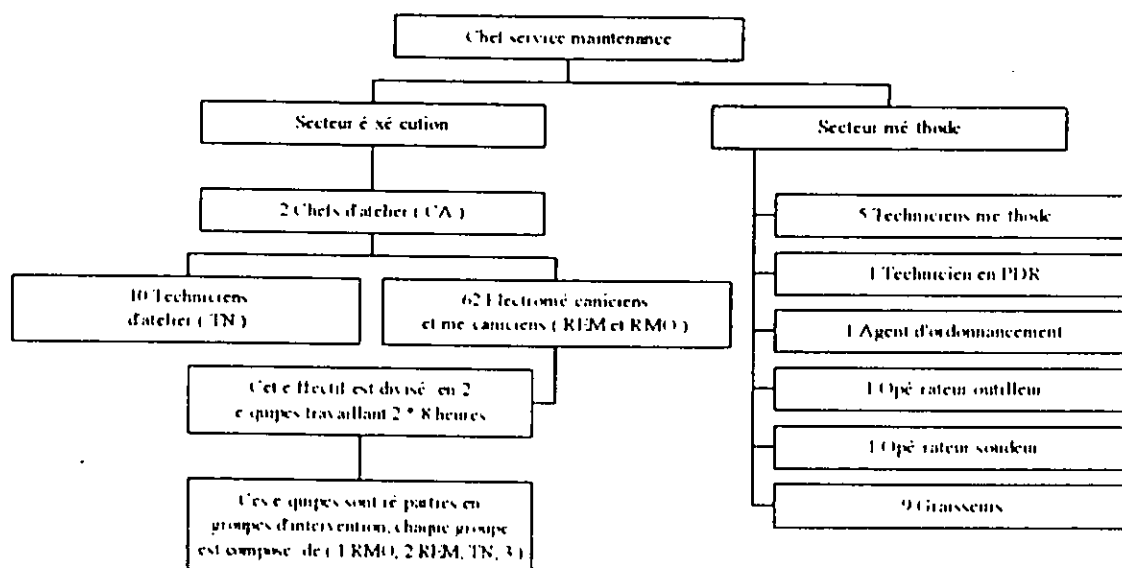


Figure N° 1 - 1 - 2 : Structure du service maintenance

1 - 2 - activités:

Le secteur exécution effectue des opérations de:

- diagnostic;
- entretien correctif;
- entretien préventif;
- contrôle des machines et transmission des informations qui concernent les machines à l'agent d'ordonnancement.

Le secteur méthode a pour mission :

- la mise à jour de l'historique et documentation des équipements;
- suivi et graissage des machines;
- programmation des révisions annuelles;
- établissement des demandes d'achat de pièce de rechange;
- préparation de plan des pièces réalisables sur site;
- enregistrement des immobilisations des machines;
- élaboration du tableau de bord mensuellement;
- établissement du budget prévisionnel.

La réparation des pièces défectueuses et la réalisation des pièces de rechange sont faites dans un atelier comportant:

- 1 tour parallèle;
- 1 Fraiseuse;
- 1 Perceuse;
- 1 Etau limeur;
- 1 Banc d'essai électrique pour des moteurs;
- 1 Poste soudage.

2- la maintenance centrale:

La maintenance centrale a pour mission de coordonner les activités de maintenance des centres, et participe également au développement de la maintenance au niveau du complexe. Elle se compose de 3 services:

- Un service technique;
- Un service gestion pièce de rechange et machines outils;
- Un service électronique.

Les documents de base utilisés en maintenance:

Pour assurer une bonne saisie de l'information dans ces différentes activités, la maintenance mécanique utilise un ensemble de documents dont les principaux:

- La demande de travail (DT);
- Le bon de sortie matière (BSM);
- La demande d'achat (DA) ;
- Le carton de pointage (C.P).

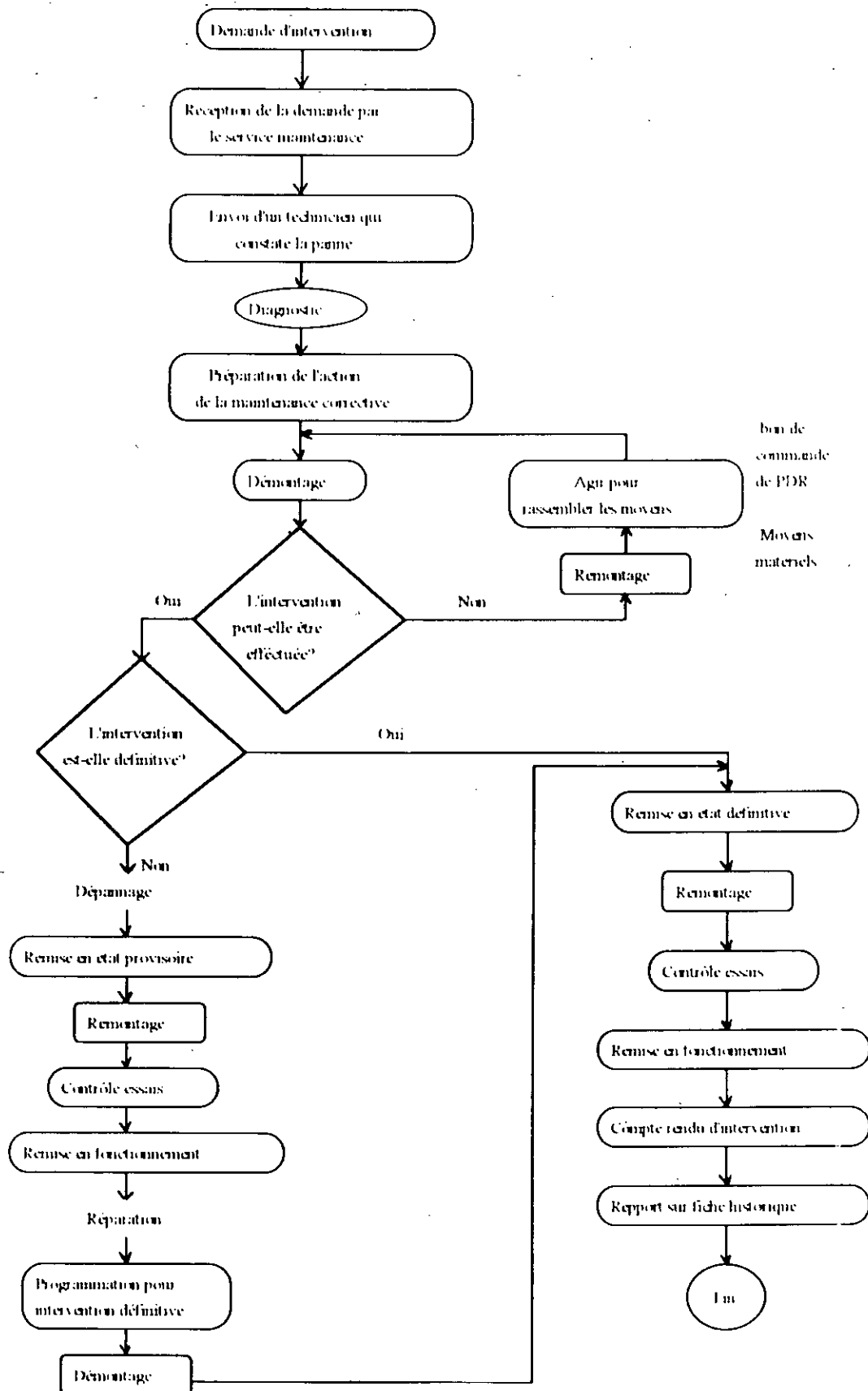


Figure N° 1 - 1 - 3 : Déroulement de l'opération de maintenance corrective

I-3- ANALYSE DE LA SITUATION ACTUELLE ET PROBLEMATIQUE :

Le CVI est confronté à des problèmes, freinant sa "mutation" de prise en charge du parc machine suivant les méthodes de la maintenance adoptées.

La maintenance appliquée au CVI est la maintenance curative, l'esprit de cette maintenance est de dépanner ou réparer un système défaillant sans le connaître. Donc, il est nécessaire d'adopter un plan de maintenance.

Analyse de la situation actuelle:

Suite au stage qu'on a effectué au CVI et plus particulièrement au centre mécanique, utilisant:

Source d'information

- l'interview;
- l'observation;
- la documentation.

Faisant appel aux différents services du CVI, à savoir:

- Le département maintenance centrale ;
- Service méthode ;
- Service comptabilité analytique.

On a pu relever les observations énumérées ci-dessus:

1- Dans le parc machine : 64% des équipements datent de 1974 et 16% datent de 1975.

2- Un temps d'immobilisation de 296.160 heures(7.5 % du temps actif prévu) en 1993
Contre 303.079 heure (8.5 % du temps actif prévu) en 1994; soit une augmentation de 1 %.

Les causes de ces immobilisations sont:

- pannes répétitives;
- attente de pièces de rechange (PDR) fabriquées sur site ou commandées :
198.084 h d'immobilisation soit 65% en 1994 contre 67% en 1993.
- attente d'intervenants: 61.418 h, soit 20% en 1994 contre 12% en 1993.
- temps d'intervention: 43.577 h, soit 14% en 1994 contre 21% en 1993.

Nous constatons que l'attente PDR représente le pourcentage le plus élevé d'immobilisation totale.

3- La réticence du service fabrication envers la maintenance préventive par crainte de la perte du temps de production.

De ces observations apparaissent les problèmes dont est confronté le centre mécanique. Pour y remédier, la direction du CVI étudie les possibilités de rénovation et de mise en place d'une stratégie de la maintenance qui a pour objectif:

- d'assurer la disponibilité maximale des équipements;
- d'optimiser les coûts de possession des équipements.

PROBLEMATIQUE:

Le département fabrication a proposé une liste de 118 équipements du centre mécanique à renouveler pour la période (1994, 1996). En prenant comme critère de décision:

- le temps d'immobilisation ;
- les pannes répétitives;
- l'âge de l'équipement.

Une décision de renouvellement ne peut être prise, évidemment sans une étude technique et économique préalable.

Il faudra adopter une méthode de maintenance, un compromis technico-économique à optimiser pour les équipements à étudier. C'est l'objet de notre projet de fin d'études qui essayera de répondre aux questions suivantes:

- 1- Faut-il garder un équipement ou le remplacer ?
- 2- S'il faut le garder, alors, faut-il le maintenir ou le rénover ?
- 3- S'il faut le remplacer, alors, faut-il le remplacer à l'identique ou, le remplacer par un équipement de "nouvelle génération" ?

ETUDE TECHNIQUE

ASPECT QUANTITATIF

APPROCHE THEORIQUE

A.1 - Etude de fiabilité [1]

1 - Définition:

“La fiabilité mesure la confiance que l'on peut accorder au fonctionnement d'un dispositif. Elle est caractérisée par la probabilité qu'un élément ou système accomplisse sans défaillance une fonction requise dans des conditions données, pendant un temps spécifique” [1]

2- Caractéristiques: [1]

Nous considérons un élément qui commence à fonctionner à l'instant $t=0$ et qui tombe en panne à l'instant $t=T$.

Nous pouvons admettre que T est une variable aléatoire dont:

la fonction de répartition $F(t) = P(T < t)$ représente la fonction de défaillance.

Ensuite, nous définissons les fonctions suivantes:

fiabilité : $R(t) = 1 - F(t) = P(T \geq t)$

Risque de panne : $\lambda(t) = -\frac{R'(t)}{R(t)}$

L'évolution du risque de panne pour un dispositif en fonction du temps, présente une allure "en baignoire" se compose de trois périodes: jeunesse, vie utile, vieillesse.

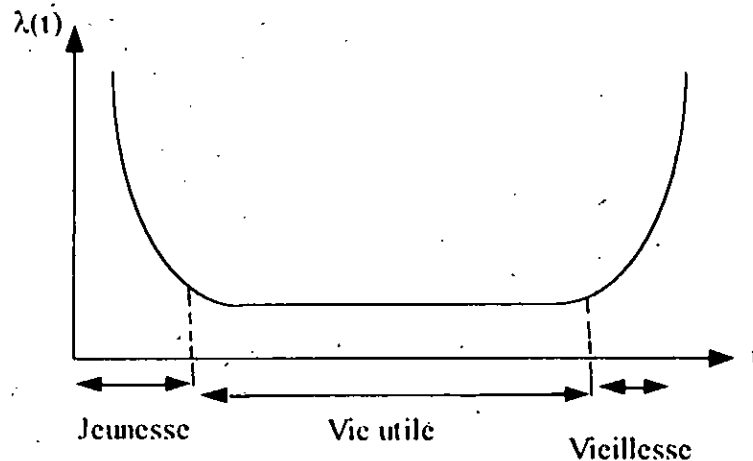


figure H - 1 : Courbe en baignoire

• Densité de probabilité de défaillance

$$\varphi(t) = F'(t) = -R'(t)$$

• a ces trois fonctions, il faut ajouter la durée de vie moyenne T ou MTBF:

on a :

$$T = \int_0^{+\infty} t \varphi(t) dt = \int_0^{+\infty} R(t) dt$$

d'autre part, l'expression générale de la fonction de fiabilité s'écrit:

$$R(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(x) dx\right]$$

3 - Etude de modèle de fiabilité: [2]

3 - 1- Modèle de Weibull: [2]

Le modèle probabiliste de Weibull est très souple, car il permet d'ajuster correctement toutes les sortes de résultats expérimentaux et opérationnels.

Soit T une variable aléatoire distribuée selon la loi de Weibull dont:

- la fonction de densité $f(t)$ est

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)\right] \quad \text{avec } t \geq \gamma$$

où

β est un paramètre de forme	$\beta > 0$
η est un paramètre d'échelle	$\eta > 0$
γ est un paramètre de position	$\gamma \in \mathbb{R}$

- la fonction de répartition $F(t)$

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)\right]$$

- la fiabilité correspondante est donc $R(t) = 1 - F(t)$

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)\right]$$

- le taux instantané de défaillance

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad \text{avec } t > 0, \beta > 0, \eta > 0$$

Exploitation: [2]

- si β est < 1 alors $\lambda(t)$ décroît (période de jeunesse)
- si $\beta = 1$ alors $\lambda(t)$ constante, indépendant du processus du temps.
- si β est > 1 alors $\lambda(t)$ croît, phase d'obsolescence que l'on peut analyser plus finement pour orienter un diagnostic.

3 - 2- Modèle exponentiel:

C'est un cas particulier de la loi de Weibull, pour $\gamma = 0$ et $\beta = 1$, on retrouve la distribution exponentielle.

A - 2 - Etude de maintenabilité : [2],[3],[4],[5]

1- Définition:

" Dans les conditions données d'utilisation, c'est l'aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données avec des procédures et des moyens prescrits".[4]

2- Technique de réparation TTR :[3]

Le TTR d'une intervention se compose en général de la somme des temps suivants:

- temps de vérification de la réalité de défaillance.
- Temps de diagnostic.
- Temps d'accès à l'organe défaillant (dépôt et démontages).
- Temps de remplacement ou de réparation.
- Temps de rassemblement.
- Temps de contrôle et d'essais.

3- La fonction de maintenabilité :[2]

Il y a une analogie entre l'étude statistique de la fiabilité et de la maintenabilité :

- la variable aléatoire est "la durée d'intervention "
- la densité de probabilité est notée $g(t)$
- le taux de réparation noté : $\mu(t)$ et vaut

$$\mu(t) = \frac{g(t)}{1-M(t)}$$

- la fonction de répartition notée $M(t)$

$$M(t) = 1 - \exp \left[- \int_0^t \mu(x) dx \right]$$

4 - Etude des modèles de maintenabilité :[3]

Les résultats expérimentaux montrent que le plus souvent les durées des tâches suivent la loi Log- Normale, mais on observe aussi dans certains cas des distributions correspondants aux lois gamma.

4 - 1- Etude de modèle Log-Normale:[2]

La variable aléatoire T est distribuée selon une loi Log-Normale de paramètres μ et σ si et seulement si:

- elle est continue et positive;
- sa fonction de densité est:

$$\begin{cases} g(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] & \text{pour } t > 0 \\ g(t) = 0 & \text{pour } t \leq 0 \end{cases}$$

son espérance mathématique est:

$$E(t) = \exp\left[\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right]$$

dans ce cas le **MTTR** est égale à $E(t)$.

4 - 2- Etude de modèle gamma:[3]

Soit T une variable aléatoire distribuée selon la loi gamma dont:

- la fonction de densité est:

$$\begin{cases} f(t) = \frac{\lambda^n e^{-\lambda t} t^{n-1}}{\Gamma(n)} & \text{pour } t > 0, \lambda > 0, n > 0 \\ f(t) = 0 & \text{pour } t \leq 0 \end{cases}$$

- son espérance mathématique est $E(t) = \frac{1}{\lambda}$

- sa variance : $\sigma^2 = \frac{n}{\lambda^2}$

5 - Classement des données:[5]

Plusieurs règles empiriques proposent le nombre de classes à créer pour un échantillon donné.

Soit la formule de Sturges: $K = 1 + 3,3 \log N$

6 - Test d'adéquation: [2]

Les tests d'adéquation sont utilisés pour vérifier la validité des modèles mathématiques, issus des études expérimentales.

Pour notre étude on n'utilisera que le test de **Kolmogorov Smirnov**.

Test de Kolmogorov Smirnov: [2]

Ce test est applicable pour toute valeur de n

Soit :
$$f(t) = \frac{i}{n+1}$$

$F(t)$: fonction de répartition théorique

On définit
$$D_n = \text{Max} \left| f(t) - F(t) \right|$$

tel que D_n : statistique modifiée de **Kolmogorov Smirnov**
et $D_{n,\alpha}$: Valeur critique au seuil α .

si $D_n \leq D_{n,\alpha}$ on accepte l'hypothèse du modèle théorique avec un risque de se tromper α .

A.3 - Etude de la disponibilité : [4] ; [2]

Un matériel "disponible" est un matériel dont on peut se servir. A partir de cette évidence, il apparaît que la disponibilité dépend à la fois:

- du nombre de défaillances (fiabilité)
- de la rapidité à laquelle elles sont réparées (maintenabilité)
- des précautions définies pour la maintenance (maintenance)
- de la qualité des moyens mis en oeuvre (logistique)

1- Définition: [4]

" La disponibilité est la probabilité de bon fonctionnement d'un dispositif à l'instant t ".
C'est donc " l'aptitude d'un bien, sous les aspects combinés de sa fiabilité, maintenabilité, et de l'organisation de maintenance, à être en état d'accomplir une fonction requise dans les conditions de temps déterminées "

$$D(t) = P [X(t) = 1] \quad [3]$$

$X(t) = 1$ signifie que le système est en état de fonctionnement.

Augmenter la disponibilité d'un matériel consiste à réduire le nombre de ses arrêts (fiabilité) et à réduire le temps mis pour les résoudre (maintenabilité).

Nous distinguons les disponibilités théoriques (instantanées et asymptotiques) modélisées par les lois probabilistes

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

et les disponibilités opérationnelles utilisées en gestion de la maintenance, modélisées suivant les données saisies et l'objectif de gestion recherché

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MTL}$$

tel que MTL: moyenne des temps logistique.

ETUDE TECHNIQUE

ASPECT QUANTITATIF

CHOIX DE L'ECHANTILLON

Choix de l'échantillon :

Vu l'impossibilité d'étudier les 118 équipements; le choix d'un échantillon représentatif s'avère nécessaire. A cet effet, nous avons utilisé la méthode ABC comme outil d'aide à la décision.

Application :

Les éléments à classer sont des équipements mécaniques. Nous avons pris comme critères de choix:

- 1 - Le temps d'immobilisation;
- 2 - La fréquence de pannes;
- 3 - La place stratégique de l'équipement dans l'atelier du point de vue de:
 - son coût d'investissement,
 - la nécessité de sa disponibilité dans le processus de production;
- 4 - Le plan de charge de l'équipement.

a- La saisie des données:

Les données nécessaires pour l'étude s'étalent sur une période de neuf ans (1 janvier 1986 au 31 décembre 1994).

Tirées des :

- Dossiers historiques des machines;
- Rapports d'interventions;
- Interviews des responsables du service méthode et maintenance.

b - L'analyse des données:

La procédure de choix de l'échantillon s'est faite en deux phases:

- Un classement ABC des 118 équipements selon le critère du temps d'immobilisation, qui a permis de limiter la liste à 69 équipements représentant 80 % du temps d'immobilisation totale.
- un deuxième classement des 69 équipements selon trois critères qui sont:
 - Le nombre de pannes (classement ABC).
 - Le plan de charge (classement ABC);
 - La place stratégique de l'équipement dans l'atelier;

Cette procédure a permis de retenir un échantillon de 30 équipements répondant à deux ou trois critères.

phase I: Classification (ABC) selon le critère du nombre d'heures d'immobilisation

N° Ordre	Matricule	NHI	% cumulé du NHI	N° Ordre	Matricule	NHI	% cumulé du NHI
1	C013021	20895	3.46	41	C003441	5642	58.18
2	C013011	19527	6.69	42	C010151	5606	59.11
3	L002211	16758	9.46	43	C011151	5536	60.03
4	C008321	16107	12.12	44	C008261	5487	60.93
5	L002381	14014	14.44	45	C011091	5412	61.81
6	L002411	13282	16.64	46	C006541	5147	62.68
7	C006351	10799	18.42	47	C006921	5117	63.53
8	C030741	9557	20.00	48	L003011	5097	64.37
9	C008931	9524	21.58	49	C007821	5081	65.21
10	C006401	9365	23.13	50	C009001	5064	66.07
11	C008121	9181	24.65	51	C009661	5015	66.88
12	C003531	8812	26.10	52	C007811	4937	67.69
13	C009141	8720	27.55	53	C008881	4769	68.48
14	C009631	7901	28.85	54	C008061	4590	69.24
15	C006031	7895	30.16	55	C009671	4485	69.98
16	C006321	7803	31.45	56	C006571	4359	70.70
17	C006721	7760	32.73	57	C009991	4344	71.42
18	C009921	7663	34.00	58	C005951	4320	72.14
19	C003151	7648	35.26	59	C014541	4314	72.85
20	C008251	7232	36.46	60	C008331	4286	73.56
21	C011161	7084	37.63	61	C003351	4223	74.26
22	C008741	6899	38.77	62	C008101	4207	74.95
23	C030751	6875	39.91	63	C010921	4161	75.64
24	C009981	6792	41.03	64	C008151	4066	76.31
25	C006411	6650	42.13	65	C006901	3976	76.97
26	C000901	6535	43.22	66	C008781	3897	77.62
27	L002251	6410	44.28	67	C005941	3878	78.26
28	C009081	6384	45.33	68	C006711	3868	78.90
29	C006551	6379	46.38	69	C011131	3866	79.54
30	C008921	6282	47.42	70	C006431	3837	80.17
31	C006911	6209	48.15	71	C006171	3825	80.80
32	C007841	6174	49.47	72	C011101	3791	81.43
33	C006051	6161	50.49	73	C007761	3775	82.05
34	C008771	6072	51.50	74	C013561	3773	82.68
35	C003201	6035	52.49	75	C005931	3730	83.30
36	C006041	5888	53.47	76	C009651	3713	83.91
37	C009111	5774	54.42	77	C015981	3659	84.51
38	C008981	5751	55.37	78	C006851	3550	85.10
39	C009731	5685	56.31	79	C008841	3470	85.68
40	C030531	5856	57.25	80	C005991	3406	86.24

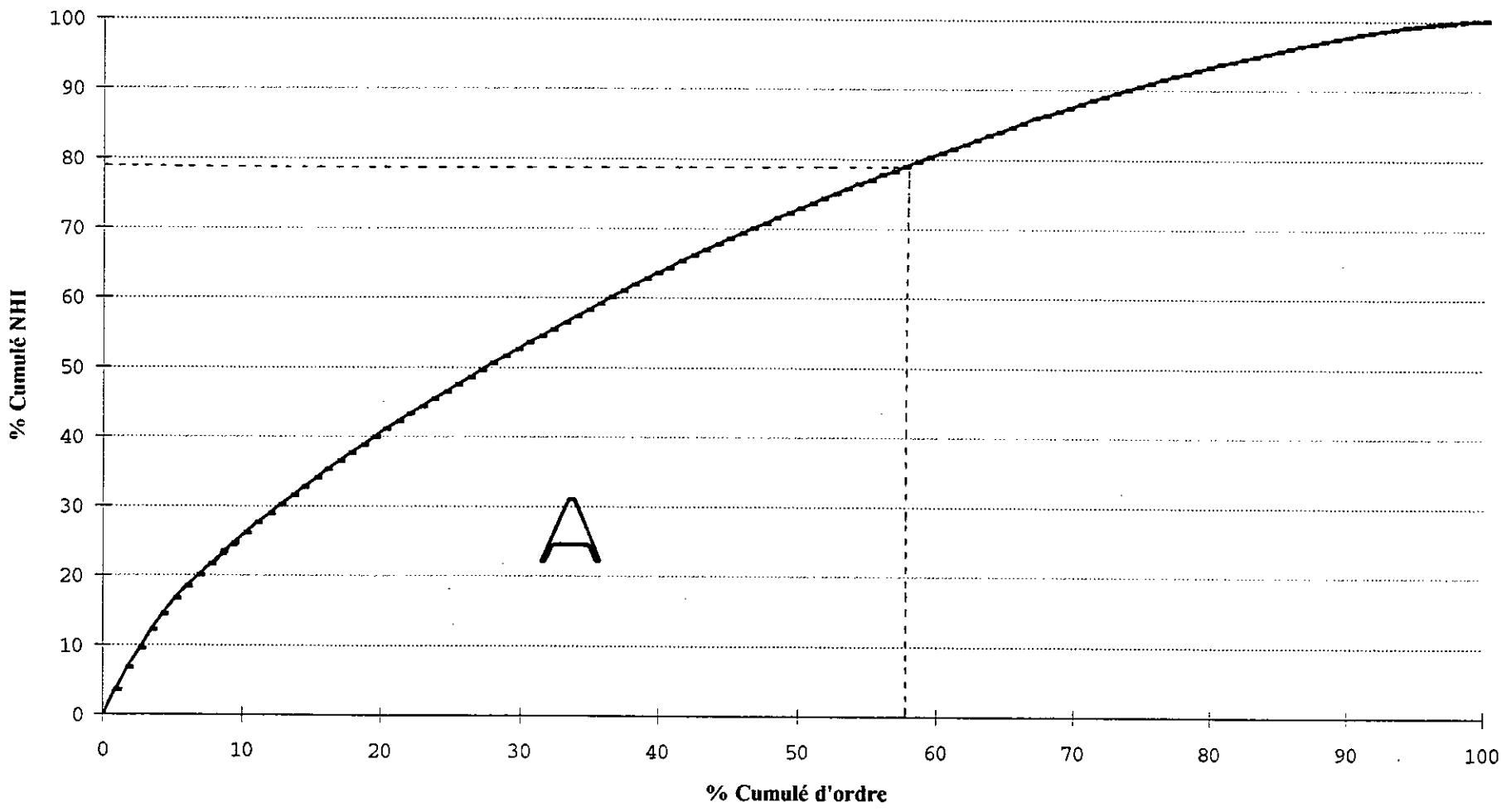
Tableau N° II - B - 1

N° Ordre	Matricule	NHI	% cumulé du NHI
81	C003131	3390	86.80
82	C015991	3327	87.35
83	C008221	3310	87.90
84	C006941	3231	88.42
85	C009691	3210	88.96
86	C010161	3086	89.48
87	C013041	3022	89.98
88	C007651	2989	90.48
89	C006021	2968	90.97
90	C005881	2949	91.46
91	C007741	2746	91.91
92	C007861	2696	92.36
93	C010911	2626	92.79
94	C011181	2551	93.21
95	C014391	2474	93.62
96	C002181	2371	94.01
97	C009041	2355	94.40
98	C008181	2353	94.79
99	C008891	2342	95.15
100	C011141	2261	95.51
101	C003461	2220	95.92
102	C005891	2170	96.28
103	C008211	2161	96.61
104	C006251	2143	96.99
105	C009641	1976	97.32
106	C010971	1972	97.64
107	C006971	1966	97.97
108	C006621	1693	98.25
109	C008141	1692	98.35
110	C008701	1573	98.79
111	C003431	1548	99.05
112	C008821	1293	99.26
113	C007691	1225	99.46
114	C007731	1044	99.63
115	C010101	975	99.80
116	C013191	965	99.96
117	C008201	190	99.99
118	C008421	82	100.0

Tableau N° II-B-1 (suite)

NHI: Nombre d'heure d'immobilisation.

ANALYSE PARETO



Phase 2 : Choix de l'échantillon selon trois critères

Le tableau : II - B - 2, donne un classement des équipements (de la classe A retenue après classification (ABC) selon le temps d'immobilisation) selon:

- 1 - Le nombre de pannes.
- 2 - Le plan de charge.
- 3 - La place stratégique de l'équipement au centre mécanique.

NB: On notera 1: équipement stratégique,
0: équipement moins stratégique.

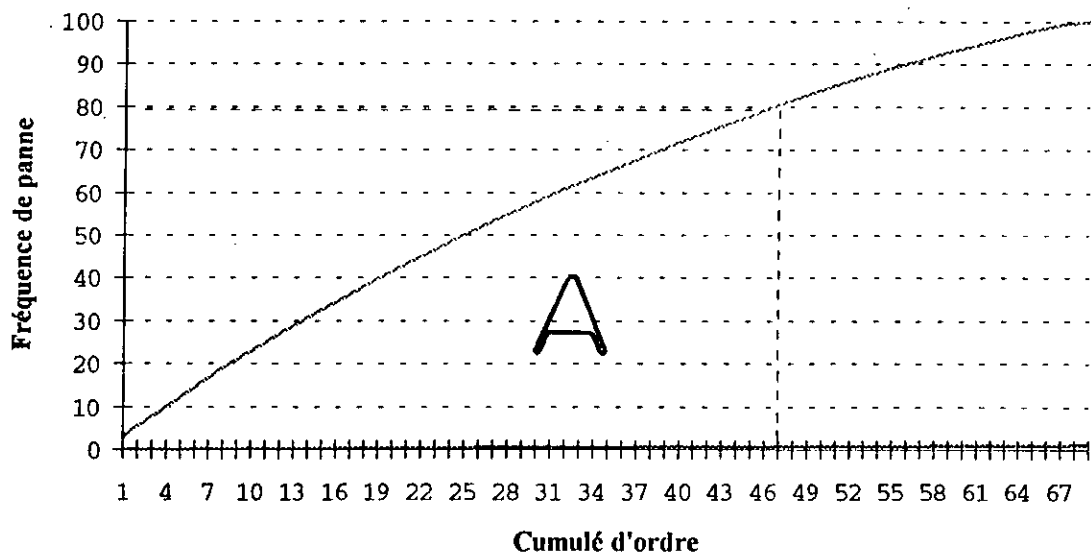
N° D'ordre	Matricule	Nombre de pannes	%Cumulé de pannes	La Charge	% Cumulé de charge	Stratégie	Classement
1	C013021	114	74.16	82	35.92	1	
2	C013011	114	75.42	32	91.52	1	
3	L002211	75	96.31	17	98.37	0	
4	C008321	103	93.91	75	52.06	0	
5	L002381	82	91.95	95	12.55	1	29
6	L002411	25	99.65	95	14.99	0	30
7	C006351	90	88.12	37	88.86	1	
8	C030741	123	64.95	40	81.79	0	
9	C008931	116	71.63	62	66.12	0	28
10	C006401	124	62.20	95	17.43	1	18
11	C008121	118	70.34	68	59.39	1	22
12	C003531	165	36.21	77	48.22	0	8
13	C009141	134	59.39	99	2.54	0	16
14	C009631	96	86.09	17	98.80	1	
15	C006031	155	43.17	59	69.17	0	10
16	C006321	63	99.37	73	53.93	0	27
17	C007721	211	7.70	60	67.66	1	3
18	C009921	90	89.11	11	99.49	0	
19	C003151	94	87.13	73	55.80	1	26
20	C008251	169	30.71	53	75.01	0	7
21	C011161	123	66.32	80	42.17	1	20
22	C008741	203	14.48	22	96.97	1	
23	C030751	140	56.39	32	92.34	1	
24	C009981	149	51.60	68	61.13	1	13
25	C006411	203	12.23	30	93.10	1	
26	C000901	123	67.69	37	89.81	0	
27	L002251	152	48.27	95	19.87	1	11
28	C009081	178	26.89	44	78.57	1	
29	C006551	205	9.98	35	90.70	0	
30	C008921	124	63.58	99	5.08	0	19
31	C006911	144	54.84	91	27.05	1	
32	C007841	70	97.90	26	94.45	1	15
33	C006051	90	92.85	27	93.79	1	
34	C008771	157	41.45	26	95.11	1	

Tableau N° II - B - 2

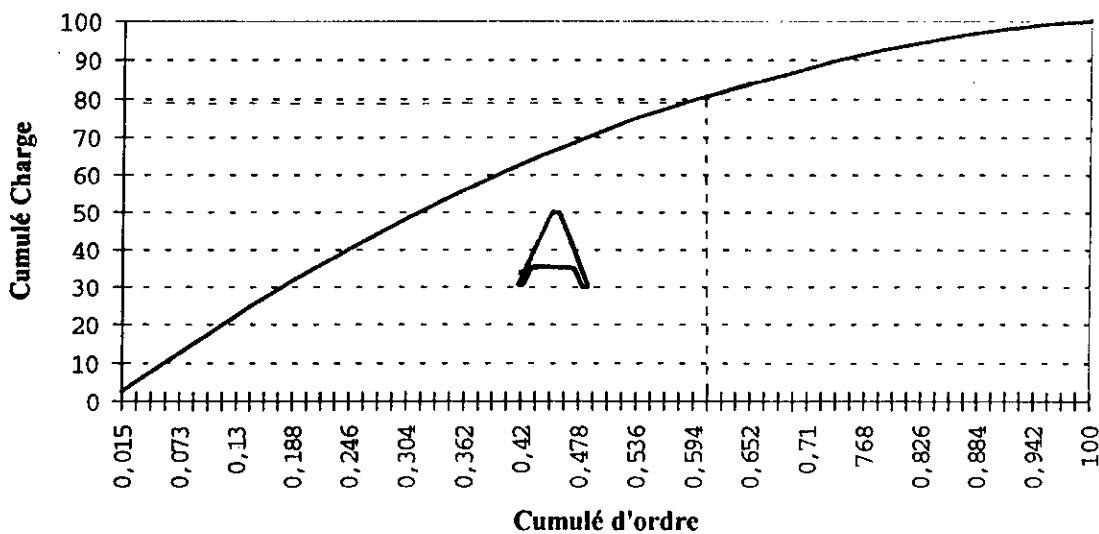
N° Ordre	Matricule	Nombre de pannes	% Cumulé de pannes	La Charge	% Cumulé de la charge	Stratégie	Classement
35	C003201	100	85.02	72	57.65	0	
36	C006041	112	77.92	59	70.68	1	23
37	C009111	175	28.83	16	99.21	1	
38	C008981	158	39.71	99	7.62	1	9
39	C009731	70	98.68	18	97.94	1	
40	C030531	129	60.82	65	64.53	1	17
41	C003441	115	72.90	79	46.25	0	
42	C010151	153	44.88	40	82.81	0	
43	C011151	22	100.0	40	83.83	0	
44	C008261	111	79.15	8	99.69	1	
45	C011091	78	95.48	20	97.48	1	
46	C006541	158	37.96	68	62.87	0	
47	C006921	111	80.38	90	29.36	1	24
48	C003011	85	91.03	95	22.31	1	
49	C007821	200	18.94	82	38.02	0	
50	C009001	121	69.03	80	44.22	0	21
51	C009661	89	90.09	40	84.85	0	
52	C007811	182	20.96	47	77.44	0	
53	C008881	271	3.01	82	40.12	1	1
54	C008061	148	53.24	59	72.19	0	14
55	C009671	151	49.95	75	50.14	0	12
56	C006571	80	93.73	44	79.70	0	
57	C009991	212	5.36	48	76.24	0	2
58	C005951	178	24.92	84	33.82	1	5
59	C014541	73	97.12	6	100.0	1	
60	C008331	165	34.38	57	73.65	0	
61	C003351	105	82.77	25	96.41	1	
62	C008101	114	76.67	40	85.87	1	
63	C010921	153	46.58	42	80.77	0	
64	C008151	136	57.90	40	86.89	1	
65	C006901	110	81.60	97	10.11	0	25
66	C008791	80	94.61	40	87.91	1	
67	C005941	178	22.94	94	24.72	1	6
68	C006711	202	16.72	90	31.67	1	4
69	C011131	166	32.55	26	95.77	1	

Tableau N° II - B - 2 (suite)

Classification (ABC) selon la panne



Classification (ABC) selon le plan de charge



Nature et classification des équipements

N ordre	Matricule	N° famille	Désignation	Date de mise en service	Coût d'acquisition (DA)	Fonction de l'équipement	Régime de fonctionnement
1	C008881	545	Aleseuse spéciale GSP	3/06/1974	551635.54	Usinage ponts	2 x 8
2	C009991	123	Filteuse cridan	13/08/1974	217453.40	Usinage ponts	2 x 8
3	C007721	114	Tour automatique	10/04/1974	141739.10	Usinage ponts	2 x 8
4	C006711	113	Tour semi automatique	10/05/1974	158758.04	Usinage boîtes dir	2 x 8
5	C005951	116	Tour automatique	22/01/1974	446827.56	Usinage engrenages	2 x 8
6	C005941	116	Tour automatique	22/01/1974	535925.12	Usinage engrenage	2 x 8
7	C008251	425	Rectifieuse d'extérieur	13/06/1974	444942.20	Usinage ponts	2 x 8
8	C003531	318	Fraiseuse horizontale	1/11/1974	228210.26	P- Ferrures	2 x 8
9	C008981	423	Rectifieuse universelle	5/06/1974	260566.08	P- Usinage ponts	2 x 8
10	C006031	426	Rectifieuse d'intérieur	9/04/1974	449387.93	P-Rectification	2 x 8
11	L002251	962	Four de trempe	3/06/1974	831805.74	P-traitement thermique	3 x 8
12	C009671	517	Machine à shaver	29/07/1974	178321.93	Usinage engrenage	2 x 8
13	C009981	138	Aleseuse horizontale	13/08/1974	479708.03	Usinage ponts	2 x 8
14	C008061	426	Rectifieuse d'intérieur	3/06/1974	398068.80	Rectification	2 x 8
15	C006911	423	Rectifieuse universelle	22/01/1974	216627.51	Decolletage	2 x 8
16	C009141	513	Machine à tailler	3/06/1974	343212.32	Usinage engrenage	2 x 8
17	C030531	425	Rectieuse plonge oblique	9/04/1983	579509.72	Usinage ponts	2 x 8
18	C006401	111	Tour parallèle	8/02/1974	66360.31	Usinage boîtes dir	2 x 8
19	C008921	425	Rectifieuse d'extérieur	3/06/1974	565235.84	Rectification	2 x 8
20	C011161	428	Rectifieuse sans centre	9/11/1975	151178.90	Decolletage	2 x 8
21	C009001	426	Rectifieuse d'intérieur	3/06/1974	252858.51	Rectification	2 x 8
22	C008121	314	Fraiseuse universelle	5/06/1974	98532.30	Usinage ferrures	2 x 8
23	C006041	426	Rectifieuse d'intérieur	9/04/1974	449387.93	Rectification	2 x 8
24	C006921	426	Rectifieuse d'intérieur	9/04/1974	182508.25	Decolletage	2 x 8
25	C006901	116	Tour transpilote	22/01/1974	149728.66	Decolletage	2 x 8
26	C003151	318	Fraiseuse horizontale	1/11/1971	233768.22	Usinage ferrures	2 x 8
27	C006321	319	Fraiseuse verticale	8/02/1974	373247.96	Usinage ferrures	2 x 8
28	C008931	425	Rectifieuse d'extérieur	3/06/1974	565235.84	Rectification	2 x 8
29	L002381	967	Machine à défiler	22/01/1974	180511.39	Traitement thermique	3 x 8
30	L002411	963	Four à bain de sel	3/06/1974	115697.14	Traitement thermique	3 x 8

Tableau N° II-B-3

ETUDE TECHNIQUE

ASPECT QUANTITATIF

APPLICATION

(Les données sont traitées avec le logiciel « U N I F I T)

Alésuse spéciale [C008881]

Nombre d'observations $N = 177$

Nombre de classes minimum $= 9$

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées $= 10$

classes	N_i	$F(i)$
[0, 70]	93	0.525
[70, 140]	26	0.672
[140, 210]	23	0.802
[210, 280]	13	0.876
[280, 350]	9	0.927
[350, 420]	3	0.944
[420, 490]	5	0.972
[490, 560]	3	0.989
[560, 630]	1	0.994
[630, 700]	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 105.49 \text{ h}$$

$$\beta = 0.83$$

$$\gamma = 3.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 7.60 \text{ j}$$

$$\sigma = 144.94 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.34$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.056 \text{ def/j}$$

Test : $D_n = 0.88$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenabilité :

Nombre de classes considérées $= 10$

Classes	N_i	$F(i)$
[0, 17]	140	0.791
[17, 34]	22	0.915
[34, 51]	8	0.960
[51, 68]	2	0.972
[68, 85]	2	0.983
[85, 102]	0	0.983
[102, 119]	2	0.994
[119, 136]	0	0.994
[136, 153]	0	0.994
[153, 170]	1	1.000

Loi ajustée: Loi log-normale

Paramètres:

$$m = 1.94 \text{ h}$$

$$\sigma = 1.08 \text{ h}$$

$$\text{MTTR} = 12.56 \text{ h}$$

Test : $D_n = 0.86$; $D_{n,\alpha} = 0.89$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

3 - Disponibilité :

$$D = 0.91$$

Tour à fileter [C009991]

Nombre d'observations $N = 174$

Nombre de classes minimum = 8

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées = 10

Classes	Ni	F(i)
[0,8[	124	0.713
[8,16[	23	0.845
[16,24[	14	0.925
[24,32[	3	0.943
[32,40[	5	0.971
[40,48[	2	0.983
[48,56[	0	0.983
[56,64[	3	1.000
[64,72[	0	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 113.13 \text{ h}$$

$$\beta = 0.85$$

$$\gamma = 0.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 7.73 \text{ j}$$

$$\sigma = 145.94 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.34$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.058 \text{ def/j}$$

Test : $D_n = 1.12$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenabilité :

Nombre de classes considérées = 10

Classes	Ni	F(i)
[0,9[	128	0.736
[9,18[	23	0.868
[18,27[	10	0.925
[27,36[	6	0.960
[36,45[	4	0.983
[45,54[	0	0.983
[54,63[	2	0.994
[63,72[	1	1.000
[72,81[	0	1.000
[81,90[	0	1.000

$$\text{MTTR} = 8.93 \text{ h}$$

les données du tour à fileter [C009991] ne correspondent à aucune loi de probabilité usuelle pouvant être ajustée par le logiciel UNIFIT. Le calcul de MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de réparation.

3 - Disponibilité :

$$D = 0.93$$

Tour automatique Revolver [C007721]

Nombre d'observation $N = 157$

Nombre de classe minimum ≈ 8

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées = 10

classes	Ni	F(i)
[0, 85]	90	0.573
[85, 170]	30	0.764
[170, 255]	15	0.860
[255, 340]	12	0.936
[340, 425]	3	0.955
[425, 510]	3	0.975
[510, 595]	2	0.987
[595, 680]	1	0.994
[680, 765]	0	0.994
[765, 850]	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 117.56 \text{ h}$$

$$\beta = 0.96$$

$$\gamma = 3.98 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 7.73 \text{ j}$$

$$\sigma = 125.08 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.36$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.107 \text{ def/j}$$

Test: $D_n = 1.14$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenance :

Nombre de classes considérées = 9

Classes	Ni	F(i)
[0, 70]	147	0.961
[70, 140]	4	0.987
[140, 210]	0	0.993
[210, 280]	0	0.993
[280, 350]	0	0.933
[350, 420]	0	0.933
[420, 490]	0	0.933
[490, 560]	1	0.933
[560, 630]	0	1.00

$$\text{MTTR} = 18.18 \text{ h}$$

les données du tour automatique [C007721] ne correspondent à aucune loi de probabilité usuelle pouvant être ajustée par le logiciel UNIFIT. Le calcul de MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de réparation.

3 - Disponibilité:

$$D = 0.87$$

Tour Révolver semi-automatique [C006711]

Nombre d'observation $N = 163$

Nombre de classe minimum = 9

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées = 10

classes	Ni	F(i)
[0, 79]	79	0.485
[79, 158]	35	0.699
[158, 237]	17	0.804
[237, 316]	14	0.890
[316, 395]	8	0.939
[395, 474]	4	0.963
[474, 553]	0	0.963
[553, 632]	0	0.963
[632, 711]	4	0.988
[711, 790]	2	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 135.69 \text{ h}$$

$$\beta = 0.95$$

$$\gamma = 0.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 8.74 \text{ j}$$

$$\sigma = 146.54 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.359$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.088 \text{ def / j}$$

Test : $D_n = 0.75$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenance :

Nombre de classes considérées = 10

Classes	Ni	F(i)
[0, 11]	125	0.767
[11, 22]	23	0.908
[22, 33]	6	0.945
[33, 44]	1	0.951
[44, 55]	0	0.951
[55, 66]	4	0.975
[66, 77]	1	0.982
[77, 88]	2	0.994
[88, 99]	0	0.994
[99, 110]	1	1.000

Loi ajustée: Loi log-normale

Paramètres:

$$m = 1.82$$

$$\sigma = 1.05$$

$$\text{MTTR} = 10.71 \text{ h}$$

Test : $D_n = 0.87$; $D_{n,\alpha} = 0.89$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

3 - Disponibilité :

$$D = 0.93$$

Tour automatique synchromet [C005951]

Nombre d'observation $N = 176$

Nombre de classe minimum $= 9$

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées $= 10$

classes	Ni	F(i)
[0,170[	108	0.614
[170,340[	36	0.818
[340,510[	12	0.886
[510,680[	7	0.926
[680,850[	3	0.943
[850,1020[	1	0.949
[1020,1190[	2	0.960
[1190,1360[	2	0.972
[1360,1530[	1	0.977
[1530,1700]	4	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 190,8 \text{ h}$$

$$\beta = 0,76$$

$$\gamma = 1,99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 14,19 \text{ j}$$

$$\sigma = 300,32$$

$$R(\text{MTBF}) = 0,322$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0,018 \text{ def/j}$$

Test : $D_n = 0,75$; $D_n, \alpha = 1,34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha \approx 0,05$

2 - Maintenance :

Nombre de classes considérées $= 9$

Classes	Ni	F(i)
[0,31[	159	0.903
[31,62[	12	0.972
[62,93[	0	0.972
[93,124[	2	0.983
[124,155[	2	0.994
[155,186[	0	0.994
[186,217[	0	0.994
[217,248[	0	0.994
[248,279]	1	1.00

$$\text{MTTR} = 13,20 \text{ h}$$

les données de Tour automatique [C005951] ne correspondent à aucune loi de probabilité usuelle pouvant être ajustée par le logiciel UNIFIT. Le calcul de MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de réparation.

3 - Disponibilité :

$$D = 0,95$$

Tour automatique syncromat [C005941]

Nombre d'observation $N=116$

Nombre de classe minimum $=8$

1- Fiabilité:

Nombre de classes considérées $=9$

classes	Ni	F(i)
[0,172]	80	0.690
[172,344]	17	0.836
[344,516]	6	0.888
[516,688]	5	0.931
[688,860]	2	0.948
[860,1032]	0	0.948
[1032,1204]	1	0.957
[1204,1376]	2	0.974
[1376,1548]	3	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 150,3 \text{ h}$$

$$\beta = 0,70$$

$$\gamma = 1,99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 12,47 \text{ j}$$

$$\sigma = 197,54 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0,308$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0,014 \text{ def/j}$$

$$\text{Test: } D_n = 0,99 ; D_{n,\alpha} = 1,34$$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0,05$

2 - Maintenance :

Nombre de classes considérées $= 9$

classes	Ni	F(i)
[0,8]	72	0.621
[8,16]	15	0.750
[16,24]	10	0.836
[24,32]	3	0.862
[32,40]	8	0.931
[40,48]	3	0.957
[48,56]	2	0.974
[56,64]	1	0.993
[64,72]	2	1.000

$$\text{MTTR} = 10,94 \text{ h}$$

les données du tour automatique [C005941] ne correspondent à aucune loi de probabilité usuelle pouvant être ajustée par le logiciel UNIFIT. Le calcul de MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de réparation.

3 - Disponibilité :

$$D = 0,95$$

**Rectifieuse d'exterieur
[C008251]**

Nombre d'observation $N = 129$

Nombre de classe minimum $= 8$

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées = 10

classes	Ni	F(i)
[0 , 93]	67	0.519
[93 , 186]	28	0.736
[186,279]	11	0.822
[279,372]	13	0.922
[372,465]	4	0.953
[465,558]	3	0.977
[558,651]	1	0.984
[651,744]	1	0.992
[744,837]	0	0.992
[837,930]	1	1.000

Loi ajustée: Loi exponentielle

Paramètres:

$$\lambda = 0.118 \text{ def/j}$$

$$\text{MTBF} = 8.40 \text{ j}$$

$$\sigma = 134.44 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.368$$

Test : $D_n = 0.81$; $D_{n,\alpha} = 1.08$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maitenabilité :

Nombre de classes considérées = 9

Classes	Ni	F(i)
[0,27]	121	0.864
[27,54]	9	0.929
[54,81]	5	0.964
[81,108]	2	0.979
[108,135]	0	0.979
[135,162]	1	0.986
[162,189]	0	0.986
[189,216]	0	0.986
[216,243]	2	1.000

$$\text{MTTR} = 16.81 \text{ h}$$

les données de la Rectifieuse d'exterieur [C008251] ne correspondent à aucune loi de probabilité usuelle pouvant être ajustée par le logiciel UNIFIT. Le calcul de MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de réparation.

3 - Disponibilité :

$$D = 0.89$$

Fraiseuse horizontale [C003531]

Nombre d'observation $N = 140$

Nombre de classe minimum ≈ 9

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées = 9

classes	Ni	F(i)
[0,117[	89	0.636
[117,234[	31	0.857
[234,351[	9	0.921
[351,468[	6	0.964
[468,585[	2	0.979
[585,702[	0	0.979
[702,819[	1	0.986
[819,936[	0	0.986
[936,1053]	2	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 121.74 \text{ h}$$

$$\beta = 0.92$$

$$\gamma = 1.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 8.04 \text{ j}$$

$$\sigma = 138.05 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.354$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.082 \text{ def/j}$$

Test : $D_n = 0.76$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenance :

Nombre de classes considérées = 10

Classes	Ni	F(i)
[0,24[	120	0.857
[24,48[	10	0.929
[48,72[	3	0.950
[72,96[	3	0.971
[96,120[	1	0.979
[120,144[	0	0.979
[144,168[	1	0.986
[168,192[	0	0.986
[192,216[	0	0.986
[216,240]	2	1.000

$$\text{MTTR} = 16.66 \text{ h}$$

les données de la fraiseuse horizontale [C003531] ne correspondent à aucune loi de probabilité usuelle pouvant être ajustée par le logiciel UNIFIT. Le calcul de MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de réparation.

3 - Disponibilité :

$$D = 0.89$$

Rectifieuse Universelle
[C008981]

Nombre d'observations $N = 122$

Nombre de classes minimum $= 8$

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées ≈ 10

classes	Ni	F(i)
[0,190]	81	0.664
[190,380]	23	0.852
[380,570]	9	0.926
[570,760]	6	0.975
[760,950]	2	0.992
[950,1140]	0	0.992
[1140,1330]	0	0.992
[1330,1520]	0	0.992
[1520,1710]	0	0.992
[1710,1900]	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 174.39 \text{ h}$$

$$\beta = 0.87$$

$$\gamma = 1.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 12.01 \text{ j}$$

$$\sigma = 216.59 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.345$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.040 \text{ def/j}$$

Test : $D_n = 0.97$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maitenabilité :

Nombre de classes considérées ≈ 10

Classes	Ni	F(i)
[0,13]	90	0.738
[13,26]	21	0.910
[26,39]	6	0.959
[39,52]	2	0.975
[52,65]	1	0.984
[65,78]	1	0.992
[78,91]	0	0.992
[91,104]	0	0.992
[104,117]	0	0.992
[117,130]	1	1.000

Loi ajustée: Loi log-normale

Paramètres:

$$m = 1.83$$

$$\sigma = 1.08$$

$$\text{MTTR} = 11.17 \text{ h}$$

Test : $D_n = 0.87$; $D_{n,\alpha} = 0.89$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

3 - Disponibilité :

$$D = 0.95$$

**Rectificuse d'interieur
[C'006031]**

Nombre d'observations $N = 112$

Nombre de classe minimum $= 8$

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées $= 10$

classes	Ni	F(i)
[0,160]	73	0.652
[160,320]	26	0.884
[320,480]	7	0.946
[480,640]	1	0.955
[640,800]	3	0.982
[800,960]	1	0.991
[960,1120]	0	0.991
[1120,1280]	0	0.991
[1280,1440]	0	0.991
[1440,1600]	1	1.000

Loi ajustée: Loi exponentielle

Paramètres:

$$\lambda = 0.093 \text{ def/j}$$

$$\text{MTBF} = 10.83 \text{ j}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.368$$

Test : $D_n = 0.86$; $D_n, \alpha = 1.08$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenance :

Nombre de classes considérées $= 10$

Classes	Ni	F(i)
[0,13]	79	0.705
[13,26]	19	0.875
[26,39]	5	0.920
[39,52]	5	0.964
[52,65]	0	0.964
[65,78]	1	0.973
[78,91]	1	0.982
[91,104]	0	0.982
[104,117]	0	0.982
[117,130]	2	1.000

Loi ajustée: Gamma

Paramètres:

$$\alpha = 15.014$$

$$\beta = 0.958$$

$$\text{MTTR} = 14.39 \text{ h}$$

Test : $D_n = 1.421$; $D_n, \alpha = 1.465$

Le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$.

3 - Disponibilité :

$$D = 0.92$$

Four de trempe [1.002251]

Nombre d'observations $N = 106$

Nombre de classe minimum $= 7$

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées $= 8$

classes	Ni	F(i)
[0,454]	82	0.774
[454,908]	18	0.943
[908,1362]	4	0.981
[1362,1816]	1	0.991
[1816,2270]	0	0.991
[2270,2724]	0	0.991
[2724,3178]	0	0.991
[3178,3632]	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 281,35 \text{ h}$$

$$\beta = 0,89$$

$$\gamma = 1,97 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 12,58 \text{ j}$$

$$\sigma = 335,93 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0,347$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0,047 \text{ def/j}$$

Test : $D_n = 0,92$; $D_n, \alpha = 1,34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0,05$

2 - Maintenabilité :

Nombre de classes considérées $= 9$

Classes	Ni	F(i)
[0,20]	80	0.755
[20,40]	10	0.849
[40,60]	8	0.925
[60,80]	2	0.943
[80,100]	1	0.953
[100,120]	1	0.962
[120,140]	2	0.981
[140,160]	0	0.981
[160,180]	2	1.000

$$\text{MTTR} = 20,57 \text{ h}$$

les données du Four de trempe [1.002251] ne correspondent à aucune loi de probabilité usuelle pouvant être ajustée par le logiciel UNIFIT. Le calcul de MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de réparation.

3 - Disponibilité :

$$D = 0,94$$

**Machine à shaver
[C009671]**

Nombre d'observations $N = 116$

Nombre de classe minimum = 8

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées = 9

classes	Ni	F(i)
[0,119]	69	0.595
[119,238]	22	0.784
[238,357]	8	0.853
[357,476]	6	0.905
[476,595]	2	0.922
[595,714]	3	0.948
[714,833]	3	0.974
[833,952]	2	0.991
[952,1071]	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 161.79 \text{ h}$$

$$\beta = 0.86$$

$$\gamma = 1.97 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 11.05 \text{ j}$$

$$\sigma = 204.83 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.343$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.042 \text{ def/j}$$

Test: $D_n = 1.16$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenance :

Nombre de classes considérées = 9

Classes	Ni	F(i)
[0,8]	72	0.621
[8,16]	15	0.750
[16,24]	10	0.836
[24,32]	3	0.862
[32,40]	8	0.931
[40,48]	3	0.957
[48,56]	2	0.974
[56,64]	1	0.983
[64,72]	2	1.000

MTTR = 13 h

les données de la machine à shaver [C009671] ne correspondent à aucune loi de probabilité usuelle pouvant être ajustée par le logiciel UNIFIT. le calcul de MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de réparation.

3 - Disponibilité :

$$D = 0.93$$

Aléreuse horizontale
[C009981]

Nombre d'observations $N = 117$

Nombre de classe minimum $= 8$

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées $= 8$

classes	Ni	F(i)
[0,33]	98	0.838
[33,66]	11	0.932
[66,99]	3	0.957
[99,132]	2	0.974
[132,195]	1	0.983
[165,198]	1	0.991
[198,231]	0	0.991
[231,264]	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 15.16 \text{ h}$$

$$\beta = 0.66$$

$$\gamma = 0.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 1.34 \text{ j}$$

$$\sigma = 32.05 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.296$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.246 \text{ def/j}$$

Test: $D_n = 1.28$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenance :

Nombre de classes considérées $= 8$

Classes	Ni	F(i)
[0,30]	96	0.821
[30,60]	11	0.915
[60,90]	3	0.940
[90,120]	3	0.966
[120,150]	2	0.983
[150,180]	1	0.991
[180,210]	0	0.991
[210,240]	0	0.991
[240,270]	1	1.000

Loi ajustée: Loi log-normale

Paramètres:

$$m = 2.26$$

$$\sigma = 1.25$$

$$\text{MTTR} = 20.93 \text{ h}$$

Test: $D_n = 0.86$; $D_{n,\alpha} = 0.89$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

3 - Disponibilité :

$$D = 0.51$$

Rectifieuse d'intérieur [C008061]

Nombre d'observations $N = 104$

Nombre de classe minimum = 8

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées = 9

classes	Ni	F(i)
[0,251]	74	0.712
[251,502]	22	0.923
[502,753]	5	0.971
[753,1004]	2	0.990
[1004,1255]	0	0.990
[1255,1506]	0	0.990
[1506,1757]	0	0.990
[1757,2008]	0	0.990
[2008,2259]	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 194.29 \text{ h}$$

$$\beta = 0.92$$

$$\gamma = 7.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 13.14 \text{ j}$$

$$\sigma = 220.32 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.354$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.049 \text{ def/j}$$

Test : $D_n \approx 0.99$; $D_n, \alpha = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenance :

Nombre de classes considérées = 8

Classes	Ni	F(i)
[0,26]	90	0.865
[26,52]	5	0.913
[52,78]	5	0.962
[78,104]	2	0.981
[104,130]	1	0.990
[130,156]	0	0.990
[156,182]	0	0.990
[182,208]	1	1.000

$$\text{MTTR} \approx 15.75 \text{ h}$$

les données de la " Rectifieuse d'intérieur [C008061]" ne correspondent à aucune loi de probabilité usuelle pouvant être ajustée par le logiciel UNIFIT. Le calcul de MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de réparation.

3 - Disponibilité :

$$D = 0.93$$

**Rectificuse universelle
[C006911]**

Nombre d'observations $N = 107$

Nombre de classe minimum $= 8$

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées $= 10$

classes	Ni	F(i)
[0,155[	67	0.626
[155,310[	22	0.852
[310,465[	4	0.969
[465,620[	6	0.925
[620,775[	3	0.953
[775,930[	2	0.972
[930,1085[	0	0.972
[1085,1240[	1	0.981
[1240,1395[	0	0.981
[1395,1550[	2	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 168.97 \text{ h}$$

$$\beta = 0.78$$

$$\gamma = 6.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 12.65 \text{ j}$$

$$\sigma = 253.79 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.326$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.022 \text{ def/j}$$

Test : $D_n = 1.23$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maitenabilité :

Nombre de classes considérées $= 10$

Classes	Ni	F(i)
[0,16[	82	0.766
[16,32[	15	0.907
[32,48[	2	0.925
[48,64[	1	0.935
[64,80[	2	0.953
[80,96[	1	0.963
[96,112[	1	0.972
[112,128[	0	0.972
[128,144[	1	0.981
[144,160[	2	1.000

$$\text{MTTR} = 16.29 \text{ h}$$

les données de la " Rectificuse universelle [C006911] " ne correspondent à aucune loi de probabilité usuelle pouvant être ajustée par le logiciel UNIFIT .Le calcul de MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de réparation.

3 - Disponibilité :

$$D = 0.93$$

Machine à tailler [C009141]

Nombre d'observations $N = 86$
 Nombre de classe minimum $= 8$

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées = 10

classes	Ni	F(i)
[0,189]	64	0.744
[189,378]	10	0.860
[378,567]	6	0.930
[567,756]	2	0.953
[756,945]	0	0.953
[945,1134]	1	0.965
[1134,1323]	1	0.977
[1323,1512]	1	0.988
[1512,1701]	0	0.988
[1701,1890]	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 158.87 \text{ h}$$

$$\beta = 0.78$$

$$\gamma = 1.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 11.6 \text{ j}$$

$$\sigma = 238.62 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.326$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.026 \text{ def/j}$$

Test : $D_n = 0.86$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenance :

Nombre de classes considérées = 10

Classes	Ni	F(i)
[0,30]	75	0.872
[30,60]	5	0.930
[60,90]	2	0.953
[90,120]	0	0.953
[120,150]	0	0.953
[150,180]	2	0.977
[180,210]	0	0.977
[210,240]	0	0.977
[240,270]	1	0.988
[270,300]	1	1.000

Loi ajustée: Loi log-normale

Paramètres:

$$m = 3.36$$

$$\sigma = 1.36$$

$$\text{MTTR} = 26.7 \text{ h}$$

Test : $D_n = 0.39$; $D_{n,\alpha} = 0.89$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

3 - Disponibilité :

$$D = 0.87$$

R ctificuse plonge oblique [C003053]

Nombre d'observations $N = 98$

Nombre de classe minimum ≈ 8

1 - Fiabilité

Nombre de classes considérées = 10

classes	Ni	F(i)
[0,10]	75	0.765
[10,20]	9	0.857
[20,30]	3	0.888
[30,40]	2	0.908
[40,50]	3	0.939
[50,60]	1	0.949
[60,70]	2	0.969
[70,80]	0	0.969
[80,90]	0	0.969
[90,100]	3	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 197.7 \text{ h}$$

$$\beta = 0.86$$

$$\gamma = 7.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 13.05 \text{ j}$$

$$\sigma = 250.29 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.343$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.032 \text{ def/j}$$

Test: $D_n = 1.17$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maitenabilité

Nombre de classes considérées = 8

Classes	Ni	F(i)
[0,13]	80	0.816
[13,26]	7	0.888
[26,39]	2	0.908
[39,52]	3	0.939
[52,65]	1	0.949
[65,78]	2	0.969
[78,91]	0	0.969
[91,104]	3	1.000

$$\text{MTTR} \approx 11.72 \text{ h}$$

les données de la R ctificuse plonge oblique [C030531] ne corespondent à aucune loi de probabilité usuelle pouvant être ajustée par le logiciel UNIFIT. Le calcul de MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de réparation.

3 - Disponibilité

$$D = 0.95$$

**Tour parallèle
[C'006401]**

Nombre d'observations $N = 172$

Nombre de classe minimum = 8

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées = 10.

classes	Ni	F(i)
[0,300]	129	0.750
[300,600]	27	0.907
[600,900]	12	0.977
[900,1200]	3	0.994
[1200,1500]	0	0.994
[1500,1800]	0	0.994
[1800,2100]	0	0.994
[2100,2400]	0	0.994
[2400,2700]	0	0.994
[2700,3000]	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 148.50 \text{ h}$$

$$\beta = 0.76$$

$$\gamma = 5.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 11.69 \text{ j}$$

$$\sigma = 265.69 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.313$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.024 \text{ def/j}$$

Test : $D_n = 0.71$; $D_n, \alpha = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maitenabilité :

Nombre de classes considérées = 10

Classes	Ni	F(i)
[0,28]	138	0.802
[28,56]	17	0.901
[56,84]	8	0.948
[84,112]	5	0.977
[112,140]	2	0.988
[140,168]	0	0.988
[168,196]	0	0.988
[196,224]	1	0.994
[224,252]	0	0.994
[252,280]	1	1.000

Loi ajustée: Loi log-normale

Paramètres:

$$m = 2.07$$

$$\sigma = 1.26$$

$$\text{MTTR} = 17.52 \text{ h}$$

Test : $D_n = 0.78$; $D_n, \alpha = 0.89$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

3 - Disponibilité :

$$D = 0.91$$

Rectificuse d'extérieur [C008921]

Nombre d'observations $N = 94$
Nombre de classe minimum $= 8$

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées $= 9$

classes	Ni	F(i)
[0,144]	52	0.553
[144,288]	22	0.787
[288,432]	5	0.840
[432,576]	6	0.904
[576,720]	2	0.926
[720,864]	3	0.957
[864,1008]	2	0.979
[1008,1152]	1	0.989
[1152,1296]	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 215.98 \text{ h}$$

$$\beta = 0.94$$

$$\gamma = 0.96 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 13.91 \text{ j}$$

$$\sigma = 236.38 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.358$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.051 \text{ def/j}$$

Test : $D_n = 0.86$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenance :

Nombre de classes considérées $= 10$

Classes	Ni	F(i)
[0,12]	63	0.670
[12,24]	15	0.830
[24,36]	5	0.883
[36,48]	3	0.915
[48,60]	3	0.947
[60,72]	1	0.957
[72,84]	1	0.968
[84,96]	1	0.979
[96,108]	1	0.989
[108,120]	1	1.000

Loi ajustée: Loi log-normale

Paramètres:

$$m = 2.17$$

$$\sigma = 1.09$$

$$\text{MTTR} = 16.06 \text{ h}$$

Test : $D_n = 0.58$; $D_{n,\alpha} = 0.88$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

3 - Disponibilité :

$$D = 0.93$$

**Rectificuse sans centre
[C011161]**

Nombre d'observations $N = 76$

Nombre de classe minimum $= 7$

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées $= 9$

classes	Ni	F(i)
[0,204]	47	0.627
[204,408]	15	0.827
[408,612]	5	0.893
[612,816]	4	0.947
[816,1020]	1	0.960
[1020,1224]	2	0.987
[1224,1428]	0	0.987
[1428,1632]	0	0.987
[1632,1836]	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 221.44 \text{ h}$$

$$\beta = 0.86$$

$$\gamma = 7.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 15.49 \text{ j}$$

$$\sigma = 280.34 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.343$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.029 \text{ def/j}$$

Test: $D_n = 0.84$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenance :

Nombre de classes considérées $= 8$

Classes	Ni	F(i)
[0,35]	61	0.803
[35,70]	5	0.868
[70,105]	3	0.908
[105,140]	1	0.921
[140,175]	2	0.947
[175,210]	1	0.961
[210,245]	1	0.974
[245,280]	2	1.000

Loi ajustée: Loi log-normale

Paramètres:

$$m = 2.33$$

$$\sigma = 1.43$$

$$\text{MTTR} = 28.55 \text{ h}$$

Test: $D_n = 0.87$; $D_{n,\alpha} = 0.89$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

3 - Disponibilité :

$$D = 0.90$$

**Rectifieuse d'intérieur
[C009001]**

Nombre d'observation $N=79$

Nombre de classe minimum = 8

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées = 8

classes	Ni	F(i)
[0,172[	45	0.570
[172,344[	8	0.671
[344,516[	10	0.797
[516,688[	10	0.924
[688,860[	3	0.962
[860,1032[	1	0.975
[1032,1204[	1	0.987
[1204,1376]	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 247.8 \text{ h}$$

$$\beta = 0.89$$

$$\gamma = 7.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 16.91 \text{ j}$$

$$\sigma = 297.87 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.349$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.030 \text{ def/j}$$

$$Dn = 1.19 ; Dn, \alpha = 1.34$$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenabilité :

Nombre de classes considérées = 10

classes	Ni	F(i)
[0,10[	45	0.570
[10,20[	14	0.747
[20,30[	5	0.810
[30,40[	6	0.886
[40,50[	3	0.924
[50,60[	2	0.949
[60,70[	1	0.962
[70,80[	0	0.962
[80,90[	1	0.975
[90,100]	2	1.000

$$\text{MTTR} = 16.94 \text{ h}$$

les données de la " Rectifieuse d'intérieur [C009001] " ne correspondent à aucune loi de probabilité usuelle pouvant être ajustée par le logiciel UNIFIT. Le calcul de MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de réparation.

3 - Disponibilité :

$$D = 0.94$$

**Fraiseuse universelle
[C008121]**

Nombre d'observations $N = 91$
Nombre de classe minimum ≈ 8

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées = 9

classes	N_i	$F(i)$
[0,107]	47	0.516
[107,214]	16	0.692
[214,321]	11	0.813
[321,428]	7	0.890
[428,535]	2	0.912
[535,642]	3	0.945
[642,749]	2	0.967
[749,856]	2	0.989
[856,963]	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 161.25 \text{ h}$$

$$\beta = 0.83$$

$$\gamma = 0.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 11.29 \text{ j}$$

$$\sigma = 221.56 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.335$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.034 \text{ def/j}$$

Test: $D_n = 0.9$; $D_n, \alpha = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenance :

Nombre de classes considérées = 10

Classes	N_i	$F(i)$
[0,18]	61	0.670
[18,36]	14	0.824
[36,54]	3	0.857
[54,72]	7	0.934
[72,90]	3	0.967
[90,108]	1	0.978
[108,126]	0	0.978
[126,144]	0	0.978
[144,162]	0	0.978
[162,180]	2	1.000

$$\text{MTTR} = 22.88 \text{ h}$$

les données de " Fraiseuse universelle [C008121]" ne correspondent à aucune loi de probabilité usuelle pouvant être ajustée par le logiciel UNIFF. Le calcul de MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de réparation.

3 - Disponibilité :

$$D \approx 0.89$$

**Rectificuse d'intérieur
[C006041]**

Nombre d'observations $N = 82$

Nombre de classes minimum $= 7$

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées $= 8$

classes	Ni	F(i)
[0,128]	31	0.378
[128,256]	24	0.671
[256,384]	12	0.817
[384,512]	4	0.866
[512,640]	0	0.866
[640,768]	4	0.915
[768,896]	5	0.976
[896,1024]	2	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 262.72 \text{ h}$$

$$\beta = 1.07$$

$$\gamma = 3.94 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 16.24 \text{ j}$$

$$\sigma = 239.49 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.378$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.096 \text{ def/j}$$

Test: $Dn = 0.57$; $Dn\alpha = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenabilité :

Nombre de classes considérées $= 8$

Classes	Ni	F(i)
[0,17]	66	0.805
[17,34]	9	0.915
[34,51]	3	0.951
[51,68]	1	0.963
[68,85]	0	0.963
[85,102]	1	0.976
[102,119]	0	0.976
[119,136]	2	1.000

$$\text{MTTR} = 13.59 \text{ h}$$

les données de " Rectificuse d'intérieur " - [C006041] ne correspondent à aucune loi de probabilité usuelle pouvant être ajustée par le logiciel UNIFIT . Le calcul de MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de réparation.

3 - Disponibilité :

$$D = 0.95$$

Rectifieuse d'intérieur [C006921]

Nombre d'observations $N = 82$

Nombre de classe minimum $= 8$

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées $= 9$

classes	Ni	F(i)
[0,215]	45	0.549
[215,430]	20	0.793
[430,645]	9	0.902
[645,860]	4	0.951
[860,1075]	2	0.976
[1075,1290]	0	0.976
[1290,1505]	0	0.976
[1505,1720]	1	0.988
[1720,1935]	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 251.76 \text{ h}$$

$$\beta = 0.87$$

$$\gamma = 7.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 17.39 \text{ j}$$

$$\sigma = 239.49 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.345$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.027 \text{ def/j}$$

Test : $D_n = 0.84$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenabilité :

Nombre de classes considérées $= 9$

Classes	Ni	F(i)
[0,9]	54	0.659
[9,18]	15	0.841
[18,27]	6	0.915
[27,36]	2	0.939
[36,45]	3	0.976
[45,54]	0	0.976
[54,63]	0	0.976
[63,72]	1	0.988
[72,81]	1	1.000

Loi ajustée: loi Gamma

Paramètres:

$$\alpha = 9.62$$

$$\beta = 1.13$$

$$\text{MTTR} = \alpha \cdot \beta$$

$$\text{MTTR} = 10.87 \text{ h}$$

Test : $D_n = 1.29$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

3 - Disponibilité :

$$D = 0.96$$

Tour transpilote [C006901]

Nombre d'observations $N = 71$

Nombre de classes minimum = 7

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées = 9

classes	Ni	F(i)
[0,310]	47	0.662
[310,620]	13	0.845
[620,930]	9	0.972
[930,1240]	1	0.986
[1240,1550]	0	0.986
[1550,1860]	0	0.986
[1860,2170]	0	0.986
[2170,2480]	0	0.986
[2480,2790]	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 66.55 \text{ h}$$

$$\beta = 0.61$$

$$\gamma = 7.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 6.64 \text{ j}$$

$$\sigma = 160.64 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.281$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.024 \text{ def/j}$$

Test: $D_n = 0.92$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenabilité :

Nombre de classes considérées = 8

Classes	Ni	F(i)
[0,34]	58	0.817
[34,68]	7	0.915
[68,102]	1	0.930
[102,136]	3	0.972
[136,170]	0	0.972
[170,204]	0	0.972
[204,238]	1	0.986
[238,272]	1	1.000

$$\text{MTTR} = 24.25 \text{ h}$$

les données du " tour transpilote " [C006901] ne correspondent à aucune loi de probabilité usuelle pouvant être ajustée par le logiciel UNFIT . Le calcul de MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de réparation.

3 - Disponibilité :

$$D = 0.81$$

Fraiseuse horizontale [C003151]

Nombre d'observations $N = 70$

Nombre de classe minimum = 7

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées = 10

classes	Ni	F(i)
[0,135]	34	0.486
[135,270]	7	0.586
[270,405]	10	0.726
[405,540]	4	0.786
[540,675]	1	0.800
[675,810]	5	0.871
[810,945]	3	0.914
[945,1080]	4	0.971
[1080,1215]	0	0.971
[1215,1350]	2	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 283.15 \text{ h}$$

$$\beta = 0.83$$

$$\gamma = 6.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 20.15 \text{ j}$$

$$\sigma = 331.96 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.335$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.018 \text{ def/j}$$

Test : $D_n = 0.99$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenance :

Nombre de classes considérées = 9

Classes	Ni	F(i)
[0,8]	42	0.600
[8,16]	12	0.771
[16,24]	2	0.800
[24,32]	4	0.857
[32,40]	3	0.900
[40,48]	2	0.929
[48,56]	3	0.971
[56,64]	0	0.971
[64,72]	2	1.000

Loi ajustée: Loi log-normale

Paramètres:

$$m = 1.88$$

$$\sigma = 1.27$$

$$\text{MTTR} = 14.68 \text{ h}$$

Test : $D_n = 0.85$; $D_{n,\alpha} = 0.88$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

3 - Disponibilité :

$$D = 0.96$$

**Fraiseuse verticale a banc fixe
[C006321]**

Nombre d'observation $N=51$
Nombre de classe minimum = 6

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées = 7

Classes	Ni	F(i)
[0,469]	32	0.627
[469,938]	15	0.922
[938,1407]	2	0.961
[1407,1876]	1	0.980
[1876,2345]	0	0.980
[2345,2814]	0	0.980
[2814,3283]	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 378.32 \text{ h}$$

$$\beta = 0.78$$

$$\gamma = 0.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 27.4 \text{ j}$$

$$\sigma = 568.24 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.326 ; \lambda(\text{MTBF}) = 0.008 \text{ de } f/j$$

Test : $D_n = 0.77 ; D_n \alpha = 1.33$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenance :

Nombre de classes considérées = 7

Classes	Ni	F(i)
[0,18]	37	0.725
[18,36]	6	0.843
[36,54]	5	0.941
[54,72]	1	0.961
[72,90]	0	0.961
[90,108]	1	0.980
[108,126]	1	1.000

Loi ajustée: Loi log-normale

Paramètres:

$$m = 2.11$$

$$\sigma = 1.27$$

$$\text{MTTR} = 18.48 \text{ h}$$

Test : $D_n = 0.51 ; D_n \alpha = 0.88$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

3 - Disponibilité :

$$D = 0.96$$

**Rectifieuse d'exterieur
[C008931]**

Nombre d'observations: $N \approx 82$

Nombre de classes minimum = 7

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées = 9

classes	Ni	F(i)
[0,172[	49	0.798
[172,344[	15	0.780
[344,516[	7	0.866
[516,688[	2	0.890
[688,860[	2	0.915
[860,1032[	2	0.939
[1032,1204[	3	0.976
[1204,1376[	1	0.988
[1376,1548[	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta \approx 229.37 \text{ h}$$

$$\beta = 0.84$$

$$\gamma = 7.99 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 16.23 \text{ j}$$

$$\sigma \approx 303.31 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.339$$

$$\lambda(\text{MTBF}) \approx 0.024 \text{ def/j}$$

Test : $D_n = 0.89$; $D_{n,\alpha} = 1.34$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenabilité :

Nombre de classes considérées = 10

Classes	Ni	F(i)
[0,15[	59	0.720
[15,30[	12	0.866
[30,45[	2	0.890
[45,60[	2	0.915
[60,75[	1	0.927
[75,90[	0	0.927
[90,105[	1	0.939
[105,120[	1	0.950
[120,135[	0	0.950
[135,150[	4	1.000

$$\text{MTTR} = 20.50 \text{ h}$$

les données de la " rectifieuse d'exterieur" [C008931] ne correspondent à aucune loi de probabilité usuelle pouvant être ajustée par le logiciel UNIFIT - Le calcul de MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de réparation.

3 - Disponibilité :

$$D = 0.93$$

Machine à défiler horizontale [L002381]

Nombre d'observations $N = 62$

Nombre de classes minimum $= 7$

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées $= 11$

classes	Ni	F(i)
[0,367]	38	0.613
[367,734]	15	0.855
[734,1101]	5	0.935
[1101,1468]	2	0.968
[1468,1835]	0	0.968
[1835,2202]	0	0.968
[2202,2569]	0	0.968
[2569,2936]	0	0.968
[2936,3303]	0	0.968
[3303,3670]	1	0.984
[3670,4037]	1	1.000

Loi ajustée: Loi de weibull

Paramètres:

$$\eta = 403.15 \text{ h}$$

$$\beta = 0.84$$

$$\gamma = 7.98 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = 10.76 \text{ j}$$

$$\sigma = 531.35 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.339$$

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0.019 \text{ def/j}$$

Test : $D_n = 0.78$; $D_n, \alpha = 1.33$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenabilité :

Nombre de classes considérées $= 9$

Classes	Ni	F(i)
[0,18]	54	0.871
[18,36]	0	0.871
[36,54]	2	0.903
[54,72]	3	0.952
[72,90]	0	0.952
[90,108]	0	0.952
[108,126]	0	0.952
[126,144]	1	0.968
[144,162]	2	1.000

$$\text{MTTR} = 17.05 \text{ h}$$

les données de la machine à défiler [L002381] ne correspondent à aucune loi de probabilité usuelle pouvant être ajustée par le logiciel UNIFIT. Le calcul de MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de réparation.

3 - Disponibilité :

$$D = 0.96$$

Four à bain de sel [L002411]

Nombre d'observation $N=16$
Nombre de classe minimum = 5

1 - Fiabilité :

Nombre de classes considérées = 7

classes	N_i	$F(i)$
[0,762[	5	0.313
[762,1524[	4	0.563
[1524,2286[	2	0.688
[2286,3048[	1	0.750
[3048,3810[	0	0.750
[3810,4572[	2	0.875
[4572,5332[	2	1.000

Loi ajustée : Loi de weibull

Paramètres :

$$\eta = 2010.5 \text{ h}$$

$$\beta = 1.14$$

$$\gamma = 217.204 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} \approx 88.99 \text{ j}$$

$$\sigma = 1688.08 \text{ h}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.388 ; \lambda(\text{MTBF}) = 0.041 \text{ def/j}$$

$$\text{Test: } D_n = 0.69 ; D_{n,\alpha} = 1.31$$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

2 - Maintenabilité :

Nombre de classes considérées = 7

Classes	N_i	$F(i)$
[0,5[	4	0.250
[5,10[	3	0.438
[10,15[	2	0.563
[15,20[	3	0.750
[20,25[	2	0.875
[25,30[	0	0.875
[30,35[	2	1.000

Loi ajustée: Loi log-normale

Paramètres:

$$m = 2.28$$

$$\sigma = 1.04$$

$$\text{MTTR} \approx 16.79 \text{ h}$$

$$\text{Test : } D_n = 0.68 ; D_{n,\alpha} = 0.85$$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental avec un risque d'erreur $\alpha = 0.05$

3 - Disponibilité :

$$D = 0.99$$

Etude de fiabilité

Le tableau suivant récapitule les résultats de l'étude de fiabilité

Designation	Paramètres (β)	MTBF (heures)	MTBF (jours)	Lois ajustées
Aléseuse spéciale [C008881]	0.83	121.6	7.60	Weibull
Tour à fileter [C009991]	0.85	124.16	7.76	Weibull
Tour automatique [C007721]	0.96	123.68	7.73	Weibull
Tour semi-automatique [C006711]	0.95	139.84	8.74	Weibull
Tour automatique [C005951]	0.76	227.04	14.19	Weibull
Tour automatique [C005941]	0.70	199.52	12.47	Weibull
Rectifieuse d'extérieur [C008251]	1.00	134.3	8.40	Exponentielle
Fraiseuse horizontale [C003531]	0.92	128.64	8.04	Weibull
Rectifieuse universelle [C008981]	0.87	192.16	12.01	Weibull
Rectifieuse d'intérieur [C006031]	1.00	173.28	10.83	Exponentielle
Four à bain de sel [L002251]	0.89	301.92	12.58	Weibull
Machine à shaver [C009671]	0.86	176.8	11.05	Weibull
Aléseuse horizontale [C009981]	0.66	21.44	1.34	Weibull
Rectifieuse d'intérieur [C008061]	0.92	210.24	13.14	Weibull
Rectifieuse universelle [C006911]	0.78	202.4	12.65	Weibull
Machine à tailler [C009141]	0.78	185.6	11.60	Weibull
Rectifieuse plongée oblique [C030531]	0.86	208.6	13.05	Weibull
Tour parallèle [C006401]	0.76	187.04	11.69	Weibull
Rectifieuse d'extérieur [C008921]	0.94	222.56	13.91	Weibull
Rectifieuse sans centre [C011161]	0.86	247.84	15.49	Weibull
Rectifieuse d'intérieur [C009001]	0.89	270.56	16.91	Weibull
Fraiseuse universelle [C008121]	0.83	180.64	11.29	Weibull
Rectifieuse d'intérieur [C006041]	1.07	259.84	16.24	Weibull
Rectifieuse d'intérieur [C006921]	0.87	278.24	17.39	Weibull
Tour transpilote [C006901]	0.61	106.24	6.64	Weibull
Fraiseuse horizontale [C003151]	0.83	322.40	20.15	Weibull
Fraiseuse verticale [C006321]	0.78	438.40	27.40	Weibull
Rectifieuse d'intérieur [C008931]	0.84	259.68	16.23	Weibull
Machine à défilé [L002381]	0.84	258.24	10.76	Weibull
Four à bain de sel [L002411]	1.14	2135.91	88.99	Weibull

Tableau N° II - C - 1

On constate que sur les 30 équipements, 26 ont des durées de vie distribuées selon la loi de Weibull de paramètre $\beta < 1$; c'est-à-dire en phase de jeunesse. ceci peut être expliqué pour certains équipements par le fait qu'ils ont été rénovés; ainsi,

- La rectifieuse d'intérieure voumard [C008061].
- Le four de trempé Ugine [L.002511].
- Le tour transpilote [C006901].
- La machine à shaver [C009671].
- La rectifieuse d'extérieure Cincinnati [C008931].

ont été rénovés respectivement en, 1984, 1985, 1991, 1993, 1994.

Les durées de vie de deux équipements suivent des lois exponentielles; c'est-à-dire avec un taux de panne constant, ils ont donc atteint la période de maturité.

Les responsables du service maintenance doivent donc adopter une maintenance corrective pour les équipements ayant un $\beta \leq 1$

Les deux autres équipements (Four de trempe Ugine [L002411] et la Rectifieuse Voumard [C006041]); ont un paramètre $\beta > 1$; c'est-à-dire avec un taux de panne croissant, ils ont donc atteint la période d'usure. Une maintenance préventive est par suite nécessaire.

Etude de maintenabilité:

Nous présenterons ci-dessus un tableau récapitulatif des résultats de l'étude de maintenabilité

Désignation	MTTR	Lois ajustées
Aléuseuse spéciale [C008881]	12 h 34 min.	Log-Normale
Tour à fileter [C009991]	8 h 65 min.	Non ajustable
Tour automatique [C007721]	18 h 11 min.	Non ajustable
Tour semi-automatique [C006711]	10 h 43 min.	Log-Normale
Tour automatique [C005951]	13 h 12 min.	Non ajustable
Tour automatique [C005941]	10 h 56 min.	Non ajustable
Rectifieuse d'extérieur [C008251]	16 h 49 min.	Non ajustable
Fraiseuse horizontale [C003531]	16 h 40 min.	Non ajustable
Rectifieuse universelle [C008981]	11 h 10 min.	Log-Normale
Rectifieuse d'intérieur [C006031]	14 h 23 min.	Gamma
Four à bain de sel [L002251]	20h 34 min.	Non ajustable
Machine à shaver [C009671]	13 h	Non ajustable
Aléuseuse horizontale [C009981]	20 h 56 min.	Log-Normale
Rectifieuse d'intérieur [C008061]	15 h 45 min.	Non ajustable
Rectifieuse universelle [C006911]	16 h 17 min.	Non ajustable
Machine à tailler [C009141]	26 h 42 min.	Log-Normale
Rectifieuse ponge oblique [C030531]	11h 43 min.	Non ajustable
Tour parallèle [C006401]	17 h 31 min.	Log-Normale
Rectifieuse d'extérieur [C008921]	16 h 1 min.	Log-Normale
Rectifieuse sans centre [C011161]	28 h 34 min.	Log-Normale
Rectifieuse d'intérieur [C009001]	16 h 56 min.	Non ajustable
Fraiseuse universelle [C008121]	22h 53 min.	Gamma
Rectifieuse d'intérieur [C006041]	13 h 35 min.	Non ajustable
Rectifieuse d'intérieur [C006921]	10 h 52 min.	Gamma
Tour transpilote [C006901]	24 h 15 min.	Non ajustable
Fraiseuse horizontale [C003151]	14 h 41 min.	Log-Normale
Fraiseuse verticale [C006321]	18 h 29 min.	Log-Normale
Rectifieuse d'intérieur [C008931]	20 h 30 min.	Non ajustable
Machine à défiler [L002381]	17 h 3 min.	Non ajustable
Four à bain de sel [L002411]	16h 47 min.	Log-Normale

Tableau N° II - C - 2

On remarque que la moyenne des temps techniques de réparation MTTR varie entre 8h et 29 h ce qui est excessif.

Les rectifieuses notamment les équipements de traitement thermiques présentent des MTTR importants; Ceci est dû à leurs complexité et à la difficulté de préhension pour détecter les pièces défectueuses.

D'autres facteurs doivent être considérés pour expliquer ce temps de réparation élevé. Une étude qualitative de la maintenabilité de ces équipements permettra d'identifier ces facteurs et de présenter les mesures à prendre afin d'améliorer le niveau de maintenabilité des équipements.

Etude de disponibilité:

Les résultats de la fiabilité et de la maintenabilité permettent d'assurer la disponibilité nécessaire de l'équipement.

La formule de base de la disponibilité théorique (intrinsèque) est exprimée par le ratio :

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Mais cette disponibilité ne représente pas la disponibilité réelle vu que le temps d'immobilisation est composé :

- du temps technique de réparation.
- du temps logistique composé :
 - du temps d'attente intervenant
 - du temps d'attente de pièces de rechange réalisées sur site ou commandées.

La formule de la disponibilité opérationnelle devient par l'introduction du temps logistique (MTL) comme suit:

$$Dop = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MTL}$$

Les résultats de la disponibilité théorique et de la disponibilité opérationnelle sont présentées dans le tableau suivant :

Désignation	D %	MTL(Heure)	Dop %
Aléseuse spéciale [C008881]	91	5.90	87
Tour à filer [C009991]	93	13.2	85
Tour automatique [C007721]	87	17.39	78
Tour semi-automatique [C006711]	93	7.00	89
Tour automatique [C005951]	95	12.93	90
Tour automatique [C005941]	95	11.43	90
Rectifieuse d'extérieur [C008251]	89	33.48	73
Fraiseuse horizontale [C003531]	89	33.08	72
Rectifieuse universelle [C008981]	94	24.15	84
Rectifieuse d'intérieur [C006031]	92	20.10	90
Four à bain de sel [L002251]	94	22.14	88
Machine à shaver [C009671]	93	16.42	86
Aléseuse horizontale [C009981]	51	25.70	32
Rectifieuse d'intérieur [C008061]	93	24.63	84
Rectifieuse universelle [C006911]	93	26.52	83
Machine à tailler [C009141]	89	29.10	77
Rectifieuse plonge oblique [C030531]	95	40.95	81
Tour parallèle [C006401]	91	46.57	75
Rectifieuse d'extérieur [C008921]	93	32.15	82
Rectifieuse sans centre [C011161]	90	42.50	78
Rectifieuse d'intérieur [C009001]	94	25.87	86
Fraiseuse universelle [C008121]	89	50.81	71
Rectifieuse d'intérieur [C006041]	95	35.39	84
Rectifieuse d'intérieur [C006921]	96	31.08	87
Tour transpilote [C006901]	81	16.94	72
Fraiseuse horizontale [C003151]	96	21.74	89
Fraiseuse verticale [C006321]	96	14.19	93
Rectifieuse d'intérieur [C008931]	93	101.10	68
Machine à défiler [L002381]	96	191.34	68
Four à bain de sel [L002411]	99	644.7	76

Tableau N° II - C - 3

La prise en compte du temps logistique a permis d'avoir la disponibilité opérationnelle qui représente une baisse considérable par rapport à la disponibilité intrinsèque.

Remarque:

Du point de vue des normes [AFNOR] qui fixent la disponibilité de l'équipement à 97 %, ces équipements sont jugés indisponibles.

ETUDE TECHNIQUE

ASPECT QUALITATIF

PRINCIPE DE LA METHODE

L'Aspect qualitatif de Fiabilité - Disponibilité - Maintenabilité: [6]

L'approche qu'on se propose d'aborder s'applique pour des systèmes ou dispositifs déjà en exploitation. En effet, l'expérience des agents de maintenance et de production va permettre d'apprécier les performances des équipements et de la maintenance qu'ils requièrent.

La démarche présentée ci-après n'est pas une approche fiabilité mathématique, mais une progression rigoureuse pas à pas qui regroupe plusieurs outils d'aide à la décision permettant de définir une politique de maintenance future, il suffirait alors, de vérifier au fur et à mesure la fiabilité des hypothèses retenues et de les modifier si nécessaire.

Principe de la méthode :

La méthode comporte huit phases présentées dans le synoptique ci-joint dont la description est détaillée ci-dessous.

Phase 1: " objectif opérationnel "

Il s'agit de définir la mission du système; en faisant un inventaire complet des contraintes imposées au système et des possibilités de l'utilisateur en matière d'entretien.

- 1- Inventaire des contraintes :
- spécifications opérationnelles;
 - performances attendues;
 - possibilités de fonctionnement dégradé.

- 2- Inventaire de l'existant :
- documentation,
 - moyens techniques,
 - service d'entretien

Phase 2 : " Analyse du système "

Dans cette phase, on attribue un objectif de disponibilité opérationnelle (ODO) au système selon la fonction qu'il assure et sa réparabilité en cours de mission.

La grille ci-après détermine l'objectif de disponibilité opérationnelle (ODO).

	Fonction réparable en cours de mission	Fonction non réparable en cours de mission
Fonction prioritaire	2	1
Fonction non prioritaire	3	2

Tableau N° II - 2- A - 1

- 1 - Fonction très critique : $0.98 \leq \text{ODO} \leq 1$
 2 - Fonction critique : $0.90 \leq \text{ODO} \leq 0.98$
 3 - Fonction non critique : $\text{ODO} < 0.90$

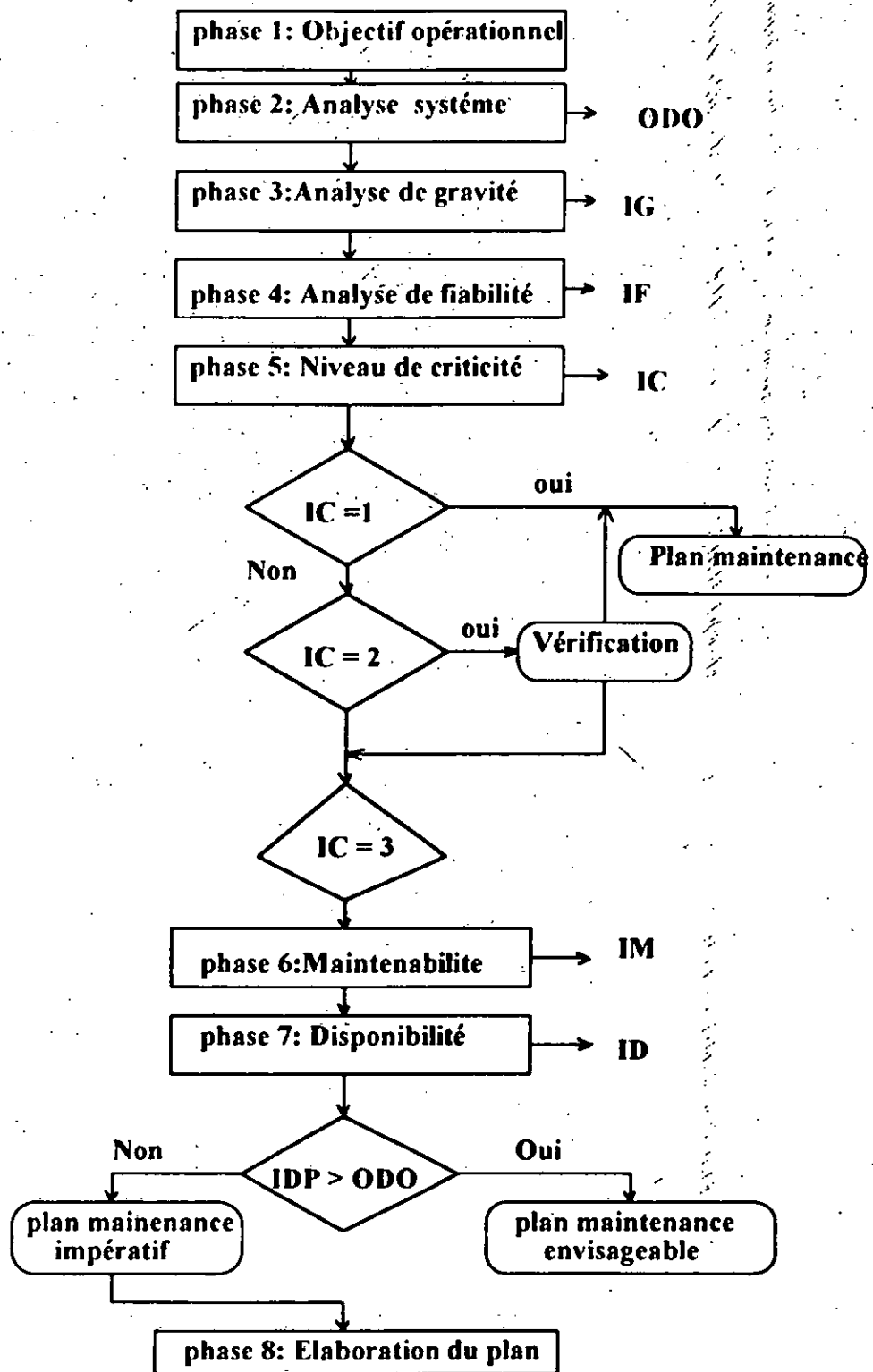


Figure II - 2 : synoptique du plan de maintenance

Phase 3 : "Analyse de la gravité opérationnelle "

Etant donné que les pannes qui surviennent dans un système n'ont pas toutes les mêmes incidences sur la réalisation de la mission. L'analyse de la gravité opérationnelle permet de classer les défaillances en fonction de leurs conséquences et définir ainsi les niveaux de gravités.

Chaque niveau correspond à un indice de gravité (IG).

Le tableau ci-après regroupe quelques classifications qui sont proposées par l'auteur.

		Classification 1	Classification 2	Classification 3	Classification 4	Classification 5
Niveaux		Conséquence	Conséquence	Conséquence	Conséquence	Conséquence
a	Panne mineure	Sous influence sur la mission	Influence sur le process	Arrêt de production < 30mn. Pas de perte de production	Sans influence.	Aucune influence sur l'accomplissement de la mission et aucune gêne pour les opérateurs.
b	Panne majeure	Interruption de la mission	Fonctionnement dégradé	30mn ≤ arrêt ≤ 1h. perte de production non récupérable sur la journée.	Mauvaise qualité produit non rattrapable.	Aucune influence direct sur l'accomplissement de la mission mais gêne les opérateurs.
c	Panne critique	Mise en jeu de sécurité	Influence sur la qualité du produit ou sur la sécurité	1h ≤ arrêt < 4h Perte production non récupérable sur la journée.		Influence sur la durée d'accomplissement de la mission, dégradation ou gêne importante à plus au moins long terme.
d	Panne Catastrophique	Mise en jeu de la survie ou accident corporel	Arrêt production ou accident	Arrêt ≥ 4 h ou risque d'accident	Arrêt production ou accident	Mission irréalisable

Tableau N° II - 2- A - 2

Phase 4: " Analyse de la fiabilité "

Pour cette phase deux méthodes d'évaluation de la fiabilité du système sont envisageables.

1-Analyse fiabilité:

Consiste à évaluer la fiabilité à l'aide d'outils mathématiques. La valeur ainsi déterminée correspondra à un niveau de fiabilité défini par l'allocation de fiabilité, comme l'indique le tableau suivant:

Pannes	Niveau	Exemples		
Probable	A	$P > 10^{-5}$	$P \approx 10^{-4}$	+ d'1 panne / an
Peu probable	B	$10^{-5} < p < 10^{-7}$	$P \approx 10^{-4}$	1 panne / an
Très probable	C	$10^{-7} < p < 10^{-9}$	$P \approx 6.10^{-4}$	1 panne / 2 ans
Hautement probable	D	$P < 10^{-9}$	$P \approx 2.10^{-4}$	1 panne / 5 ans

Tableau N° II - 2- A - 3

2 - Attribution d'un indice de fiabilité :

Cette deuxième méthode ne nécessite aucune connaissance préalable des techniques de fiabilité. Elle s'appuie sur le fait que le niveau de fiabilité du système est conditionné par des facteurs de conceptions et d'exploitation; par exemple:

- La complexité technologique du matériel;
- La qualité de sa fabrication ;
- L'environnement ;
- ect...

Nous avons introduit l'indice de l'âge pour voir son influence sur le niveau de fiabilité.

Un indice de satisfaction (IS) sera attribué à chacun de ces indices selon l'échelle définie dans le tableau suivant:

Attribution D'un indice de Satisfaction (IS)				
Valeur / Critères	0.4	0.6	0.8	1
Technicité (IST)	Matériel nouveau évolué	Matériel nouveau simple	Matériel connu complexe	Matériel connu simple
Production (ISP)	Production unitaire évoluée	Production unitaire qualifiée	Production petite série	Production grande série
Redondance (ISR)	Redondance impossible	Redondance possible mais pas prévue	Redondance passive	Redondance active
Qualification du fournisseur (Constructeur) (ISQ)	Niveau Q Fournisseur inconnu	Niveau Q Fournisseur < Niveau requis >	Niveau Q Fournisseur < Niveau requis >	Fournisseur Q1 certifié
Environnement (ISE)	Vibrations importantes conditions climatiques difficiles	Conditions climatiques difficiles T° > 60°C	Vibrations importantes conditions climatiques normales	Conditions climatiques normales
Facteur service (ISS)	Cycle aléatoire + 50 jours	1 Cycle par 20 jours	1 Cycle par jour	Fonctionnement continu
Age (ISA)	> 10 ans	5 à 10 ans	3 à 5 ans	< 3 ans

Tableau N° II - 2 - A - 4

L'indice de fiabilité (IF) sera évalué par la formule suivante:

$$IF = (IST \times ISP \times ISR \times ISQ \times ISE \times ISS \times ISA)^{1/7}$$

Pour la suite de l'étude, un niveau de fiabilité sera attribué à la valeur de l'indice de fiabilité (IF) selon le tableau suivant:

Valeur	Niveau	Satisfaction
$0.8 < IF < 1$	A	Excellent
$0.6 < IF < 0.8$	B	Plutôt bon
$0.4 < IF < 0.6$	C	Plutôt mauvais
$0 < IF < 0.4$	D	Mauvais

Tableau N° II - 2- A - 5

Phase 5: " Evaluation de la criticité "

L'indice de gravité (IG) et l'indice de fiabilité (IF) permettent de déterminer l'indice de criticité (IC) à partir du tableau suivant:

IG \ IF	D	C	B	A
a	2	1	1	1
b	3	2	1	1
c	3	3	2	1
d	3	3	3	2

Tableau N° II - 2- A - 6

On obtient ainsi trois valeurs possibles pour IC :

- * IC = 1: matériel de fiabilité relativement bonne occasionnant des pannes relativement peu graves. Ce matériel peut donc être considéré comme satisfaisant: il n'apparaît donc pas nécessaire d'établir un plan de maintenance pour celui-ci.
- * IC = 2: il est nécessaire de vérifier si les valeurs d'indices retenus lors de l'analyse sont correctes afin de voir si l'on tend plutôt vers 1 ou vers 3. (zone d'incertitude).
- * IC = 3: matériel non satisfaisant à priori. Avant d'envisager un plan de maintenance on procédera à l'analyse de la maintenabilité (phase 6) pour voir si celle-ci compense ce mauvais résultat.

Phase 6 : " Etude de la maintenabilité "

Chaque matériel est caractérisé par son aptitude à la maintenance. Cette aptitude peut être évaluée avec un indice de maintenabilité IM ($0 < IM < 1$) estimé à partir de cinq indices partiels (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5) caractérisant respectivement:

- La technicité du matériel : Q1
- Le niveau des interventions : Q2
- Le ou les intervenants : Q3
- Les pièces de rechange : Q4
- Les consignes spéciales : Q5

Chaque indice partiel Q_i est défini à partir des indices de satisfaction S_{ij} explicités ci-après:

L'indice de maintenabilité (IM) pourra être calculé par :

$$IM = A1 \times Q1 + A2 \times Q2 + A3 \times Q3 + A4 \times Q4 + A5 \times Q5$$

Avec: $A1 + A2 + A3 + A4 + A5 = 1$

Les A_i étant les coefficients de pondération choisis arbitrairement selon le contexte de l'étude .

L'objectif des indices partiels (Q_i) est de regrouper des indices de satisfaction S_{ij} de même nature et de leur donner des poids identiques.

On pourra ainsi adopter comme définition des Q_i :

$$Q_i = (S_{i1} \times S_{i2} \times S_{i3} \times \dots \times S_{ij})^{1/j}$$

1 - L'indice de technicité : (Q1)

L'indice de technicité (Q_1) du matériel est évalué à partir des cinq indices de satisfaction suivants, eux mêmes définis dans le tableau N° II - 1- A - 7 se sont:

- S11: caractéristique du matériel ;
- S12: le nombre moyen de pièces à déposer pour les interventions les plus courantes;
- S13: l'accessibilité au sein du dispositif;
- S14: l'accessibilité autour du dispositif ;
- S15: la facilité de préhension (action de saisir).

Il découle que: $Q_1 = (S_{11} \times S_{12} \times S_{13} \times S_{14} \times S_{15})^{1/5}$

S11 complexité	S12 nombre de pièces	S13 accueil interne	S14 accueil externe	S15 préhension	S _{ij}
Elémentaire	N < 10	sans problème			1
très simple		très bonne			0.7 à 0.9
simple	10 < N < 15	Bonne			0.5 à 0.7
assez simple	15 < N < 20	Assez bonne			0.4 à 0.5
Limite de l'acceptable					0.37
complexe	N > 20	Mauvaise			0.2 à 0.3
Trop complexe	N....	Très mauvaise			0 à 0.2

Tableau N° II -2 -A - 7

2 - Indice d'intervention:(Q2)

Il sera fonction de:

S21: Fond documentaire sur le matériel
 S22: Gamme d'interventions existantes
 S23: l'outillage nécessaire
 S24: Manutention.

$$D'où: Q2 = (S21 \times S22 \times S23 \times S24)^{1/4}$$

Les indices S_{2j} seront donnés par le tableau suivant:

S21 Documentation	S22 Gamme	S23 Outillage	S24 Manutention	S _{2j}
Complète		Standard courant	Manuelle	0.8 à 1
Partielle		Standard peu courant	Légère	0.5 à 0.8
Très partielle		Spécial fourni	Moyenne	0.37 à 0.5
Limite de l'acceptable				0.37
Existante mais peu exploitable (mal faite)		Spécial à réaliser	Lourde	0.2 à 0.37
Inexistante		Spécial très coûteux	Spéciale	0 à 0.2

Tableau N° II - 2 - A - 8

3 - L'indice intervenant (Q3) :

Il résultera des indices:

S31: qualification du ou des intervenants.
 S32 : nombre d'intervenants nécessaire
 S33: provenance des intervenants
 S34: disponibilité des intervenants.

Soit:

$$Q3 = (S31 \times S32 \times S33 \times S34)^{1/4}$$

Les S_{ij} seront donnés par le tableau suivant:

S31 Qualification	S32 Nombre	S33 Provenance	S34 Disponibilité	S3j
agent d'exécution	1	sur place	< 1 heure	0.9 à 1
agent technique	2	du service	< 4 heures	0.7 à 0.9
technicien supérieur	2 à 5	autre service	< 1 journée	0.4 à 0.7
Limite de l'acceptable				0.37
spécialiste	> 5	Extérieur co-traitance	< 1 semaine	0.2 à 0.37
Spécialiste haut niveau		SAV	> 1 semaine	0 à 0.2

Tableau N° II - 2 - A - 9

4 - L'indice de pièces de rechange:(Q4)

Il peut être caractérisé par:

S41: La disponibilité moyenne des pièces.

S42: Les coûts des pièces.

D'où:

$$Q4 = (S41 \times S42)^{1/2}$$

Les S4j sont donnés par le tableau suivant:

Coût S41 (DA)	Délais S42	S4j
C < 1000	Disponible	0.9 à 1
1000 < C < 10000	Sur 24 heures	0.7 à 0.9
1000 < C < 50000	2 à 3 jours	0.4 à 0.7
Limite de l'acceptable		0.37
50000 < C < 100000	< 1 semaine	0.2
C > 100000	> 1 semaine	0.1

Tableau N° II - 2 - A - 10

5 - L'indice de consigne :(Q5)

Cet indice fait apparaître:

S51: mise en jeu de consignes de sécurité;
S52: contraintes des interventions (environnement hostile,
contraintes de production, ... etc).

D'où: $Q5 = (S51 \times S52)^{1/2}$

Vu que l'auteur n'a pas donné d'échelle pour les indices Si5, nous proposons un tableau d'évaluation comparable aux autres tableaux présentés par l'auteur.

Consigne de sécurité S51	Contraintes des interventions S52	S5j
Pas de consignes	Aucune influence sur la production	0.9 à 1
consignes générales	Incidence légère sur le programme de production	0.7 à 0.9
Consignes particulières	Perturbation du programme de production	0.4 à 0.7
Limite de l'acceptable		0.37
Consignes particulières	Arrêt de production	< 0.37

Tableau N° II - 2 - A - 11

La qualité de la maintenabilité est évalué à partir de l'indice (IM) selon le barème suivant:

Maintenabilité	Commentaire
0.9 à 1	Excellente
0.7 à 0.9	Très bonne
0.5 à 0.7	Bonne
0.37 à 0.5	Assez bonne
0.37	Limite de l'acceptable
0.2 à 0.37	Mauvaise
0 à 0.2	Très mauvaise

Tableau N° II - 2 - A - 12

Remarque:

La limite de satisfaction acceptable pour les différents critères déjà cités est 0.37, valeur caractéristique des lois exponentielles.

Phase 7: " Evaluation de la disponibilité "

L'évaluation des indices de fiabilité et de maintenabilité, va permettre d'établir un indice de disponibilité probable suivant la relation:

$$IDP = 1 - (1 - IF) \times (1 - IM)$$

A partir de L'indice de disponibilité IDP, nous pouvons évaluer le niveau de satisfaction du besoin de disponibilité suivant le tableau ci-dessous:

Indice de disponibilité (IDP)	Satisfaction du besoin
0.98 à 1	Excellent
0.90 à 0.98	Très bon
0.85 à 0.90	Bon
0.75 à 0.85	Assez bon
0.65 à 0.75	Mauvais
0 < 0.65	Très mauvais

Tableau N° II - 2 - A - 13

Phase 8: " Elaboration du plan maintenance "

A ce stade de l'étude, il est possible de comparer les indices d'objectif opérationnel (ODO) et ceux de disponibilité probable (IDP).

Deux cas sont possibles:

A - $IDP > ODO$: un plan de maintenance est envisageable.

B - $IDP < ODO$: le plan de maintenance devient impératif.

On doit agir selon les résultats obtenus. Trois actions sont à adopter:

- améliorer la technique (c-à-d: l'indice de fiabilité IF);
- agir sur la maintenance (c-à-d: l'indice de maintenabilité IM);
- agir sur les deux indices (IM et IF).

ETUDE TECHNIQUE

ASPECT QUALITATIF

APPLICATION

APPLICATION :

On se propose d'appliquer la méthode qu'on vient d'exposer à l'échantillon d'étude déjà sélectionné lors de l'étude quantitative.

Afin de pouvoir mener l'étude à bien, des enquêtes ont été effectuées auprès d'un groupe de travail composé de :

- Chef de service maintenance.
- Chef de service méthode.
- Chef de service ordonnancement.
- Chef du département comptabilité.
- Responsable du magasin pièces de rechange.

Lors de l'application de l'étude, nous avons pu constater que les équipements du même type ont les mêmes caractéristiques du point de vue qualitative de fiabilité, de maintenabilité, et de disponibilité.

Ce qui nous a mené à présenter l'étude pour un ensemble de systèmes. Chaque système comporte les équipements du même type. Ce qui nous donne comme échantillon l'ensemble de systèmes suivants :

- Tour à fileter;
- Tours automatiques;
- Aléseuses;
- Fraiseuses;
- Rectifieuses;
- Four à bain de sel;
- Machine à défiler;
- Machine à tailler;
- Machine à shaver.

Les indices qui suivront dans l'application (tel que l'indice de fiabilité, l'indice de maintenabilité..., ect.) ont été estimés après consultation et accord du groupe de travail, ce qui va minimiser la subjectivité de notre jugement concernant ces équipement.

Phase 1:

Nous avons procédé , en collaboration avec le groupe de travail à un inventaire des contraintes imposées au système et des possibilités en matière d'entretien tel que:

- Le mode de fonctionnement des équipements;
- La documentation;
- La gamme d'intervention;
- La possibilité de redondance.

Toutes ces caractéristiques vont apparaître lors de l'évaluation des indices de satisfaction au cours de notre étude.

Phase 2:

Nous attribuons dans cette phase une valeur pour l'objectif de disponibilité opérationnel (ODO) à chaque équipement en se basant sur le tableau n° II - 2 - A - 1.

Equipement	ODO
Tour à fileter	0.97
Tours automatiques	0.99
Aléseuses	0.98
Rectifieuses	0.98
Fraiseuses	0.98
Machine à défiler	0.98
Four a bain de sel	0.98
Machine à tailler	0.98
Machine à schaver	0.98

Tableau N° II - 2 - B -1

Phase 3:

Dans cette phase; on affecte un indice de gravité (IG) pour chaque équipement selon le tableau suivant:

Equipement	IG
Tour à fileter	d
Tours automatiques	d
Aléseuses	d
Rectifieuses	d
Fraiseuses	d
Machine à défiler	d
Four a bain de sel	d
Machine à tailler	d
Machine à schaver	d

Tableau N° II - 2 - B -2

Phase 4:

On se référant au tableau N° II-2-A-4, nous affectons des valeurs aux indices de satisfaction (IS) ce qui permet de déterminer un indice de fiabilité (IF).

Equipement	IsT	Isp	IsR	IsQ	IsE	IsS	IsA	IF	NS
Tour à fileter	1	1	0.40	0.80	0.80	0.80	0.40	0.70	B
Tours automatiques	1	1	0.40	0.80	0.80	0.80	0.40	0.70	B
Aléseuses	1	1	0.60	0.80	0.80	0.80	0.40	0.74	B
Rectifieuses	0.80	1	0.40	0.80	0.80	0.80	0.40	0.68	B
Fraiseuses	1	1	0.40	0.80	0.80	0.80	0.40	0.70	B
Machine à défiler	0.80	1	0.40	0.80	0.80	0.80	0.40	0.68	B
Four a bain de sel	0.80	1	0.40	0.80	0.80	0.80	0.40	0.68	B
Machine à tailler	1	1	0.40	0.80	0.80	1	0.40	0.72	B
Machine à schaver	1	1	0.40	0.80	0.80	1	0.40	0.72	B

Tableau N° II - 2 - B - 3

Nb: NS est le niveau de satisfaction.

Du tableau N° II-2-A-5, nous déduisons que l'ensemble des indices (IF) se situent dans la classe B; ce niveau est jugé plutôt bon.

Phase 5:

A partir de l'indice de fiabilité (IF), et l'indice de gravité (IG) et se référant à la matrice de décision du tableau N° II-2-A-6, on peut déterminer l'indice de criticité (IC).

Equipement	IG	IF	IC
Tour à fileter	d	B	3
Aléseuses	d	B	3
Tours automatiques	d	B	3
Machine à tailler	d	B	3
Rectifieuses	d	B	3
Machine à shaver	d	B	3
Fraiseuses	d	B	3
Four à bain de sel	d	B	3
Machine à défiler	d	B	3

Tableau N° II - 2 - B -4

Selon la méthode qualitative, l'indice (IC) va juger de l'opportunité de la mise en place d'un plan de maintenance.

Dans notre cas, IC = 3 pour tous les équipements ce qui prouve qu'ils sont non satisfaisant a priori et qu'il faut faire une analyse de la maintenabilité avant d'envisager un plan de maintenance.

Phase 6:

Dans cette phase on détermine l'indice de maintenabilité (IM) à partir des indices partiels (Qi) eux mêmes évalués à partir des indices de satisfaction (Sij) on utilisant les barèmes des tableaux N° II-2-A-7, 8, 9, 10, 11.

Equipement	S11	S12	S13	S14	S15	Q1	S21	S22	S23	S24	Q2
Tour à fileter	0.90	1	0.70	0.80	0.80	0.83	0.20	0.37	0.70	0.80	0.43
Aléseuses	0.80	1	0.70	1	0.60	0.80	0.20	0.30	0.60	0.90	0.42
Tours automatiques	0.70	1	0.70	0.80	0.80	0.79	0.20	0.37	0.70	0.90	0.47
Machine à tailler	0.80	1	0.70	0.90	0.60	0.79	0.30	0.30	0.80	0.80	0.49
Rectifieuses	0.37	1	0.70	1	0.60	0.69	0.20	0.30	0.60	0.90	0.42
Machine à shaver	0.80	1	0.70	0.90	0.60	0.79	0.20	0.30	0.80	0.80	0.44
Fraiseuses	0.80	1	0.70	1	0.60	0.80	0.20	0.30	0.60	0.80	0.42
Four abain de sel	0.37	0.90	0.50	0.70	0.50	0.57	0.30	0.20	0.70	0.80	0.43
Machine à défiler	0.37	0.90	0.50	0.70	0.50	0.57	0.30	0.20	0.70	0.80	0.43

Tableau N° II-2-B-5

Equipement	S31	S32	S33	S34	Q3	S41	S42	Q4	S51	S52	Q5
Tour à fileter	0.90	0.80	0.90	0.90	0.87	0.70	0.30	0.46	0.90	0.60	0.74
Aléseuses	0.70	0.90	0.80	0.90	0.82	0.70	0.37	0.51	0.90	0.50	0.67
Tours automatiques	0.80	0.80	0.90	0.90	0.85	0.60	0.10	0.25	0.90	0.60	0.74
Machine à tailler	0.90	0.80	0.80	0.90	0.85	0.80	0.30	0.49	0.90	0.60	0.90
Rectifieuses	0.70	0.90	0.80	0.90	0.82	0.80	0.10	0.28	0.90	0.50	0.67
Machine à shaver	0.90	0.80	0.80	0.90	0.85	0.80	0.37	0.54	0.90	0.60	0.73
Fraiseuses	0.70	0.90	0.80	0.90	0.82	0.80	0.10	0.28	0.90	0.50	0.67
Four a bain de sel	0.80	0.50	0.70	0.90	0.71	0.50	0.10	0.22	0.70	0.40	0.53
Machine à défiler	0.80	0.50	0.70	0.90	0.71	0.50	0.10	0.22	0.70	0.40	0.53

Tableau N° II-2-B-5

Evaluation de la maintenabilité:

L'indice de maintenabilité (IM) est calculé directement par la formule suivante

$$IM = A1 Q1 + A2 Q2 + A3 Q3 + A4 Q4 + A5 Q5$$

Nous avons procédé à trois types de variations pour les coefficients de pondération (Ai) afin d'apprécier leurs incidences sur l'indice de maintenabilité (IM).

A1	A2	A3	A4	A5
0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
0.15	0.30	0.15	0.30	0.10
0.20	0.20	0.20	0.30	0.10

Tableau N° II-2-B-6

Les indices de maintenabilité (IMi) ainsi calculés sont présentés dans le tableau suivant:

Equipement	Indice de Maintenabilité			Satisfaction
	IM1	IM2	IM3	
Tour à fileter	0.67	0.60	0.64	Bonne
Aléseuses	0.64	0.59	0.63	Bonne
Tours automatiques	0.62	0.50	0.57	Bonne
Machine à tailler	0.67	0.61	0.65	Bonne
Rectifieuses	0.58	0.50	0.54	Bonne
Machine à shaver	0.67	0.61	0.65	Bonne
Fraiseuses	0.60	0.52	0.56	Bonne
Four a bain de sel	0.49	0.46	0.54	Assez bonne
Machine à défiler	0.49	0.46	0.54	Assez bonne

Tableau N° II-2-B-7

Les résultats de ce tableau nous permettent d'émettre les remarques suivantes:

- 1 - Il n'y a pas de différence significative entre les indices de maintenabilité d'un même équipement.
- 2 - Chaque équipement a des indices de maintenabilité IM1, IM2, IM3 inférieurs à l'indice de fiabilité (IF).

Phase 7:

Ayant obtenu les indices de fiabilité (IF) et les indices de maintenabilité (IMi), nous déterminerons alors les indices de disponibilité probable (IDP) par la relation:

$$IDP = 1 - (1 - IF)(1 - IM)$$

Équipement	Indice de disponibilité			Satisfaction
	IDP1	IDP2	IDP3	
Tour à fileter	0.90	0.88	0.89	Bon
Aléseuses	0.89	0.88	0.89	Bon
Tours	0.90	0.88	0.88	Bon
Machine à tailler	0.90	0.88	0.89	Bon
Rectifieuses	0.87	0.84	0.84	Bon
Machine à shaver	0.90	0.88	0.89	Bon
Fraiseuses	0.88	0.86	0.87	Bon
Four a bain de sel	0.84	0.83	0.83	Assez bon
Machine à défiler	0.84	0.83	0.83	Assez bon

Tableau N° II-2-B-8

Nous pouvons remarquer que:

- 1 - Il n'y a pas de différence significative entre les indices de disponibilité probables (IDP_i) d'un même équipement.
- 2 - L'indice de disponibilité probable (IDP) relative à chaque équipement est inférieur à l'indice de disponibilité opérationnel (ODO) correspondant.

Compte tenu de ces remarques et on se référant au synoptique de la méthode on peut conclure qu'un plan de maintenance est impératif pour chaque équipement.

Commentaires et suggestions :

les équipements étudiés présentent un indice de fiabilité $IF > IM_i$; ce qui nous permet de suggérer que le plan de maintenance à élaborer doit agir sur le niveau de maintenabilité pour augmenter la disponibilité de ces équipements. Ceci peut se faire en améliorant les indices partiels les plus bas.

D'après l'étude qualitative qu'on a menée on peut faire les observations suivantes :

- Délais d'approvisionnement de la pièce de rechange (PDR) relativement long, il dépasse souvent une semaine.
- Le coût excessif de la PDR lorsqu'elle existe.
- documentation et gamme d'intervention incomplète.

Pour palier à ces insuffisances il nous semble nécessaire d'adopter les mesures suivantes:

1 - Gestion de la PDR:

- Définir les pièces prioritaires en vertu de leur utilité et de leur fréquence de renouvellement, les identifier et les stocker en un endroit aussi accessible que possible.
- Procéder à des études prévisionnelles, afin de prévoir suffisamment à l'avance les PDR qui devant être acquises et faire ainsi face aux délais de livraison long.

2 - Gestion de la documentation:

- Rassembler une documentation technique adaptée, la plus complète possible. Elle doit contenir les plans, les schémas, elle doit être accessible rapidement et doit être remise à jour si nécessaire.

- Etablir un échéancier d'interventions préventives. Ceci exige deux conditions :

1 - La coordination avec le service fabrication pour d'éventuel arrêt en court de production.

2 - La mise à jour et l'exploitation efficace des dossiers historiques des équipements.

ANALYSE DES COUTS

APPROCHE THEORIQUE

1 - Importance de l'analyse des coûts : [3],[7],[8]

L'analyse des coûts est un outil de gestion essentiel qui permet au responsable de la maintenance d'effectuer ces choix principaux, en l'occurrence :

- Etablir un budget prévisionnel annuel.
- Suivre les dépenses et respect des budgets.
- Vérifier l'efficacité des actions de maintenance.
- Décider du renouvellement du matériel (achat à l'identique, rénovation ...).

2 - Evaluation économique de la maintenance :

L'évaluation économique de la maintenance exige dans un premier temps de répertorier et d'estimer tous les coûts de maintenance en rassemblant tous les coûts chiffrés des prestations effectuées (entretien, réparation, sous-traitance, ...).

Ces coûts se divisent en deux catégories :

a - Coûts directs :

Les coûts directs représentent la somme des coûts engendrés par toute intervention sur équipement provoquant ou non une consommation de matière. On y trouve comme rubriques principales :

- Les dépenses de main-d'oeuvre d'intervention ;
- Les frais généraux du service de maintenance ;
- Le coût de consommation des rechanges ;
- Le coût de possession des stock des outillages de machines ;
- Le coût de consommation de matière et fourniture ;
- Le coût des contrats de maintenance ;
- Le coût des travaux sous-traités.

b - Coûts indirects :

Les coûts indirects souvent appelés coûts de perte de production ou coûts d'indisponibilité. Ces coûts sont représentés par la somme des pertes et manques à gagner de production résultants de l'immobilisation des équipements suite à des pannes ou à des travaux de maintenance.

Ces coûts contiennent comme rubriques principales :

- Les coûts de perte des produits non fabriqués, des matières en court de transformation, perte de qualité, perte de produits déclassés (coût de déclasser) ;
- Coût de main-d'oeuvre de production inoccupée ;
- Coûts d'amortissement de matériel arrêté ;
- Frais induits : délais non tenus (pénalités de retard, perte de clients, image de marque ternie, etc.) ;

NB : Quand nous nous intéressons de plus près de ces coûts, on constate qu'ils dépendent de nombreux paramètres dont certains ne sont même pas chiffrables.

c - Les coûts de maintenance : [9]

Ils représentent la somme des coûts directs et indirects attachés à une défaillance ou attachés à l'activité d'un service entretien.

On peut écrire que : $C_M = C_D + C_{\bar{P}}$

C_D et $C_{\bar{P}}$ évoluent de façon inverse

Optimisation des coûts de maintenance :

C_D et $C_{\bar{P}}$ évoluent de façon inverse (voir figure III.1.1), on doit espérer que l'augmentation de dépenses de maintenance a pour effet la diminution des temps d'arrêts fortuits.

Il apparaît donc possible de détecter "un niveau d'entretien" minimisant les coûts de défaillance d'un équipement.

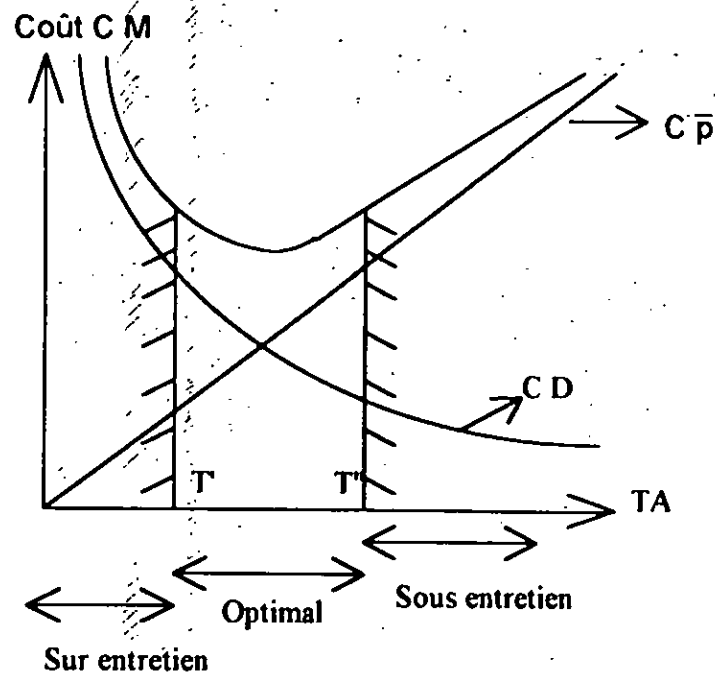


figure III.1.1 : évolution des coûts de maintenance

L'analyse des C_M montre que le type de maintenance à mettre en oeuvre doit "maîtriser" le temps d'arrêt de façon que

$$T < TA < T''$$

d - Coût de possession d'un matériel [11] [10]

Le LCC (life cycle cost) est un outil d'aide à la décision efficace pour établir un plan de maintenance. Il représente la somme des coûts directs et indirects prenant en compte les différents stades d'évolution d'un produit qui sont :

- Les coûts d'investissement y compris les charges financières en cas d'emprunt.
- Les coûts des dépenses réelles entraînées par l'utilisation de l'équipement.

1 - Intérêt du LCC

Le LCC visualise le déroulement de tous les événements économiques survenants au long des heures cumulées de service d'un matériel.

2 - Utilisation du LCC

Interprétation générale de la courbe LCC

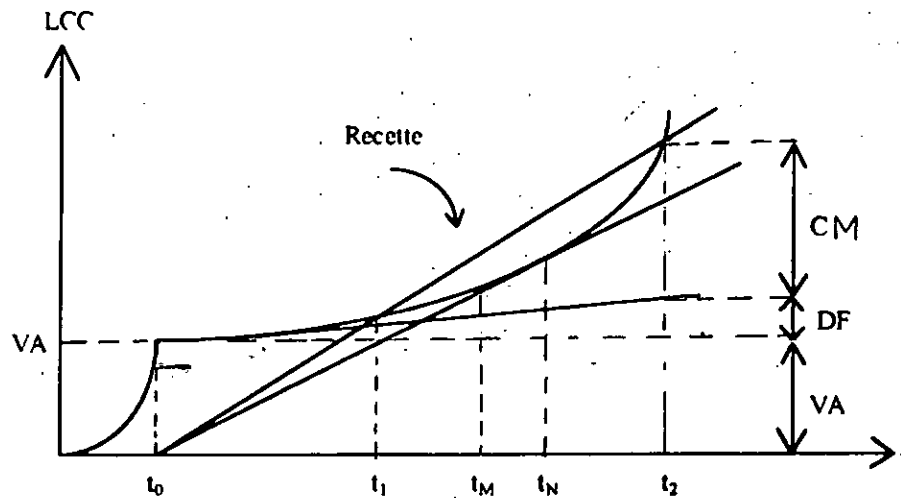


figure III.1.2 : Courbe du LCC

tel que :

VA : valeur d'acquisition.

DF : dépenses de fonctionnement.

C_M : coût de maintenance.

t_0, t_1 : zone initiale d'exploitation déficitaire mais inévitable.

t_1, t_2 : zone d'exploitation rentable.

t_1 : correspond à la date d'amortissement de l'investissement VA.

t_M : l'âge optimal de remplacement

T_N : l'âge de gain d'exploitation maximal

t_2 : date au delà de laquelle l'exploitation de la machine devient déficitaire, les coûts de défaillance s'accroissent inexorablement.

e - Coûts moyens annuels de maintenance d'un matériel [10] [3]

A tout instant un équipement possède :

- une valeur d'investissement VA
- un cumul des coûts de défaillance $\sum C_{dx}$
- une éventuelle valeur de revente notée RV

Le Cma à la n^{ième} année est donnée par :

$$C_{ma}(n) = \frac{VA + \sum_{X=1}^n C_{Dx} - RV}{n}$$

1 - Intérêt des Cma

Il permet de détecter de façon simple le moment de cessation des actions de maintenance préventive ou le moment de remplacement.

2 - Interprétation graphique des Cma :

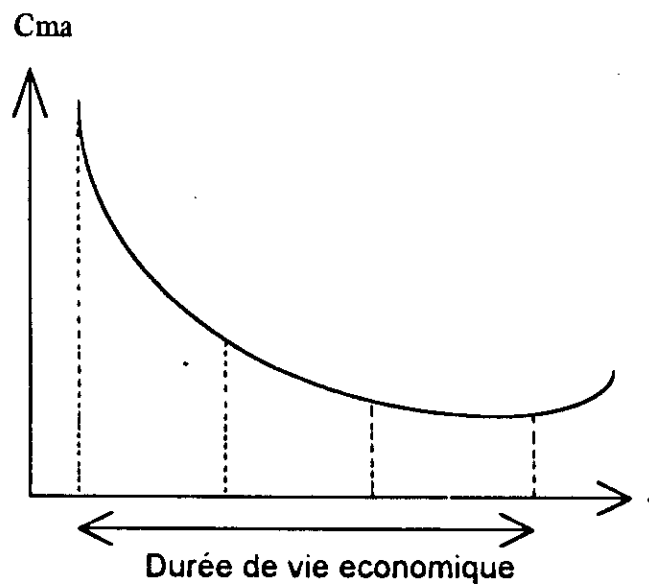


figure III.2.3 : Courbe de l'évolution du Cma

Remarque :

Si une rénovation a été faite sur le matériel, l'expression du Cma(n) devient :

$$C_{ma}(n) = \frac{VA + \sum_{X=1}^n C_{Dx} - RV + \text{coût rénovation}}{n}$$

3 - Utilisation du Cma :

Soit un équipement mis en service à t_0 (figure III.2.4), à la fin de la durée de vie économique, nous allons envisager trois hypothèses de choix :

- 1 - nous prolongerons la vie de l'équipement ;
- 2 - nous le rénovons ;
- 3 - nous le remplaçons à l'identique.

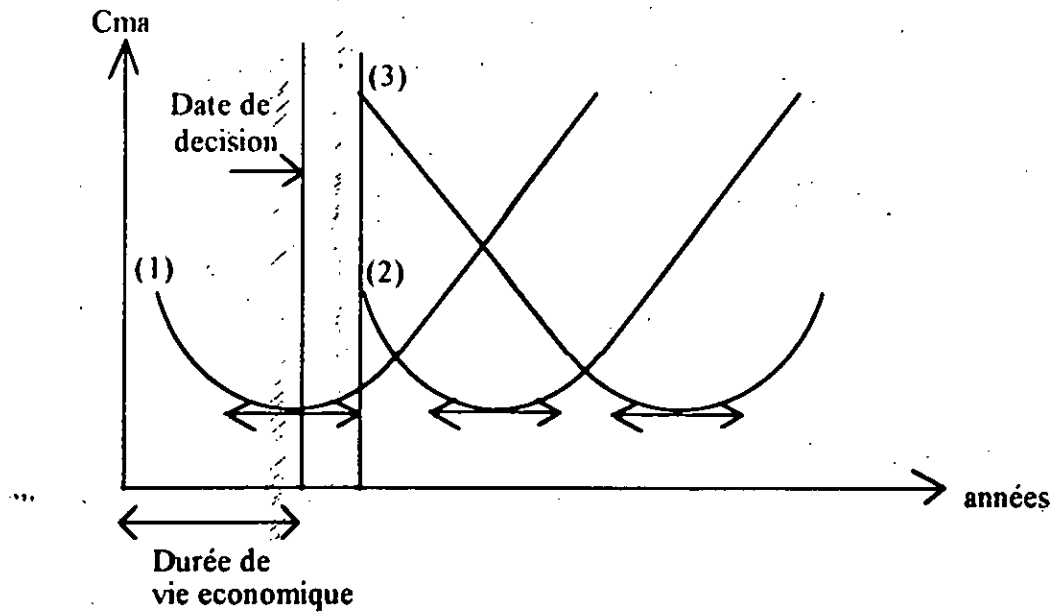


figure III.1.4 : Courbe d'utilisation du Cma

- (1) : courbe de survie
 (2) : courbe de rénovation
 (3) : courbe de remplacement à l'identique

Remarque :

Le LCC et Cma appartiennent à la même famille des coûts. La constitution du Cma est semblable à celle du LCC ; ces deux outils diffèrent par leur présentation, la date du minimum du Cma correspond à l'âge optimal de remplacement t_M du LCC.

ANALYSE DES COUTS

APPLICATION

Collecte des données:

On se propose de mener une analyse des coûts aussi complète que possible pour les deux équipements en phase d'usure, à savoir:

- Le Four à bain de sel " UGINE " [L002411].
- La Rectifieuse d'intérieur " Voumard "[C006041].

Le Four a bain de sel " UGINE" [L002411] a pour fonction le traitement thermique des différents types de pièces.

Cet équipement a été acquis en 1973, pour une valeur de $115697 \cdot 10^{+3}$ DA et amortie sur une durée de 10 ans avec un taux d'amortissement de 10 %.

La Rectifieuse d'intérieur " Voumard " [C006041] a pour fonction la rectification des pièces. Elle a été acquise en 1973 pour une valeur $449388 \cdot 10^{+3}$ DA, amortie sur une durée de 10 ans avec un taux d'amortissement de 10 %.

Pour se faire, notre étude s'étale sur une durée de quatre années (1991 à 1994).

Faisant appel au:

- Service maintenance,
- Département comptabilité analytique,
- Service Ordonnancement,
- Service Contrôle qualité,
- Service Fabrication,
- Magasin de pièces de rechange.

Les coûts de la maintenance:

1 - Coûts directs:

On notera CD: Coût direct de maintenance relative à une année. Nous pouvons écrire:

$$CD = CMO + CPDR + CPS + Cst + CF$$

1- 1- coût de main d'oeuvre:(CMO)

Pour ce coût, on distingue:

a - Le coût des intervenants directs: (CMO1)

L'analyse de ce coût consiste à suivre les interventions, à considérer pour chacune d'elles :

- La durée d'intervention;
- Le nombre des intervenants;
- Le salaire horraire des intervenants;

L'expression du coût sera donc:

$$CMO1 = TH11 \times TTR$$

Tel que

TH11: Le taux horraire d'intervention qui est déterminé par la formule suivante:

$$TH11 = \frac{\sum \text{Charge salariale} + \sum \text{Frais généraux du service maintenance}}{\text{Nombre d'heures d'intervention totales}}$$

TTR: Le temps technique de réparation.

b - Le coût des intervenants indirects:

C'est le coût de l'ensemble des employés du département maintenance centrale qui peut être déterminé par la formule suivante:

$$CMO2 = TH12 \times T$$

T: Le temps de travail des employés de bureaux.

TH12: Le taux horraire d'intervention, déterminé de la même manière que TH11.

Ce qui nous permet d'écrire: $CMO = CMO1 + CMO2$.

Le coût de main d'oeuvre (CMO) est présenté dans le tableau suivant:

Années	1991	1992	1993	1994
FOUR A BAIN DE SEL "UGINE " [L002411]				
THI1 (DA/ H)	65.21	76.60	72.41	92.17
TTR (h)	433	43	0	20
CMO1 (DA)	28235.93	3293.80	0	1843.4
THI2 (DA/ H)	149.63	202.89	213.76	245.28
T (h)	1840	1840	1808	1808
CMO2 (DA)	275.19.2	373317.6	386478.08	443466.24
CMO (DA)	303555.13	376611.40	386478.08	445309.64
RECTIFIEUSE D'INTERIEUR "VOUMARD" [C006041]				
TTR (h)	797	894	64	154
CMO1 (DA)	51972.37	68480.4	4634.24	14194.18
CMO2 (DA)	275.19.2	373317.6	386478.08	443466.24
CMO (DA)	327291.57	441798.00	391112.32	457660.42

Tableau N° III-2-1

1-2 - Coût pièces de rechange : (CPDR)

Ce coût est constitué du: - Prix d'achat de la pièce;
- Frais de transport;
- coût de passation des commandes.

On prenant en considération l'actualisation des prix des consommables en stock, le coût de pièces de rechange est déterminé par la formule suivante:

$$CPDR_{in} = S_0 \cdot (1+i_0) \cdot (1+i_1) \cdot \dots \cdot (1+i_n)$$

$CPDR_{in}$: Le coût de la pièce de rechange i dans l'année n .

S_0 : Le coût d'achat de la pièce de rechange, il inclue les frais de transport et le coût de passation de commande.

i_j : Le taux d'actualisation i de l'année j .

Etant donné que les PDR sont de deux types selon leurs désignations dans la fiche de mouvement de stock, on a: - Les PDR spécifiques.
- Les PDR standards.

Les données concernant les PDR spécifiques sont obtenues après consultation des fiches historiques de pièces relatives à chaque équipement; alors que pour les PDR standards on devait les identifier à partir du catalogue PDR ainsi que les bons de sortie matières pour chaque opération de maintenance.

Le tableau suivant présente le coût de consommation de la PDR, le détail du calcul est dans l'annexe (B).

Année	1991	1992	1993	1994
FOUR A BAIN DE SEL "UGINE " [L002411]				
CPDR (DA)	92079.54	0	0	13375.08
RECTIFIEUSE D' INTERIEUR "VOUMARD" [C006041]				
CPDR (DA)	45685.18	544776.05	30478.84	27977.33

Tableau N° II-2-2

1-3 - Coût de possession de stock : (CPS)

Il est caractérisé par: - Les frais de magasinage;
- Une évaluation des pertes et dépréciation dûs au stockage.

Ce coût n'est pas comptabilisé au niveau de la SNVI, pour l'évaluer on l'a estimé à 22 % de la valeur d'achat de la pièce tout on se référant à la norme qui varie entre 15 % et 25 %.

Le résultat est présenté dans le tableau suivant:

Année	1991	1992	1993	1994
FOUR A BAIN DE SEL "UGINE " [L002411]				
CPS (DA)	14533.99	14533.99	14533.99	14533.99
RECTIFIEUSE D'INTERIEUR "VOUMARD" [C006041]				
CPS (DA)	88801	80753.55	78910.04	80107.27

Tableau N° III-2-3

1-4 - coût de la sous-traitance:(Cst)

Il n'y a eu aucun enregistrement d'opérations de sous-traitance, pour les équipements étudiés pendant ces quatre dernières années.

1-5 - Coût de consommation matière et fourniture : (CF)

Il est déterminé par:

$$CF = COC + CHS$$

COC: coût outillages consommés;

CHS: hygiène et sécurité.

Le coût d'outillages consommés et d'hygiène et sécurité ont été recueillis auprès du "Département comptabilité analytique".

Le tableau suivant présente le résultat de calcul du CF.

Année	1991	1992	1993	1994
FOUR A BAIN DE SEL "UGINE " [L002411]				
CCO (DA)	9911.064	13.21	2585.29	10959.05
C.H.S (DA)	83.764	229.538	3.788	4.295
CF (DA)	9994.83	242.75	2589.08	24338.43
RECTIFIEUSE D'INTERIEUR " VOUMARD " [C006041]				
CCO (DA)	9911.064	13.21	2585.29	10959.05
CH.S (DA)	1590.699	240.65	1916.56	1845.52
CF (DA)	15258.023	3858.38	4501.85	12804.57

Tableau N°III-2-3

D'ou le résultat du " coût direct ":

Année	1991	1992	1993	1994
FOUR A BAIN DE SEL "UGINE " [L002411]				
CMO (DA)	303555.13	376611.4	386478.08	445309.64
CPDR (DA)	92079.54	0	0	13375.08
CF (DA)	9994.83	242.75	2589.08	10963.35
CD (DA)	420163.49	391388.14	403601.15	484182.06
RECTIFIEUSE D'INTERIEUR "VOUMARD" [C006041]				
CMO (DA)	327291.57	441798	391112.32	457660.42
CPDR (DA)	45685.18	544776.05	30478.84	27977.33
CF (DA)	11501.76	253.86	4501.85	12804.57
CD (DA)	473279.52	1067581.46	505003.05	578549.59

tableau N°III-2-5

2 - Coûts indirects :

C'est le coût de perte de production :Cp

$$C_p = CPPNF + CPPR + CMOI$$

2 -1 -Coût de perte de produits non fabriqués:(CPPNF)

Pour l'évaluation de ce coût, nous considérons la perte financière qui résulte de l'indisponibilité de l'outil de production.

On a donc:
$$CPPNF = UTS \times TA \times K_{exp}$$

Tel que

UTS [DA / min]: Unité de temps SNVI qui détermine le prix d'une minute pondulaire d'utilisation du poste de travail, soit la valeur d'une minute de temps d'utilisation de l'équipement.

TA[min] : Le temps d'arrêt de l'équipement.

Kexp: Coefficient d'exploitation de l'équipement.

Année	1991	1992	1993	1994
FOUR A BAIN DE SEL "UGINE " [L002411]				
UTS (DA / min)	3.655	4.753	10.35	11.433
TA (min)	61920	8940	325440	291960
Kexp	0.95	0.95	0.95	0.95
CPPNF (DA)	215001.7	40367.23	3199888.8	3171079.76
RECTIFIEUSE D'INTERIEUR "VOUMARD" [C006041]				
UTS (DA /min)	3.785	4.411	4.658	6.032
TA (min)	109860	104820	6000	199920
Kexp	0.93	0.78	0.94	0.59
CPPNF (DA)	386712.60	360641.59	26271.21	70892.89

Tableau N° III-2-6

2 - 2-Coût de perte de produits rebutés: (CPPR)

Il est déterminé par:

$$\text{CPPR} = \text{UT} \times \text{UTS} \times \text{N}$$

Tel que

UT [min]: Temps alloué pour effectuer une opération sur les pièces.

N: est le nombre de pièces rebutées.

Evaluation de N:

Le nombre de pièces rebutées pour chaque équipement, pendant sa période d'exploitation peut être calculé par la formule suivante:

$$\text{N} = \text{H} \times \text{Kdisp} \times \text{Qexp} \times \text{Tr}$$

Tel que:

H: La période d'exploitation.

Kdip: Coefficient de disponibilité, qui montre l'évolution relative de la capacité de production en fonction de la disponibilité de l'équipement.

Qexp: capacité réelle donnée par le programme d'exploitation

Tr: est le taux de rebut des pièces estimé à 3 %.

Dans l'hypothèse simplificatrice, ou l'on admet que la production est proportionnelle à la durée d'exploitation on doit avoir:

$$\text{Kdisp} = \frac{\text{H} - \text{h}}{\text{H}}$$

h: nombre d'heures d'arrêt de production résultant des pannes.

Calcul de N:

Année	1991	1992	1993	1994
FOUR A BAIN DE SEL "UGINE " [L002411]				
H (h)	5496	5520	5424	5424
h (h)	1032	149	5424	4858
Kdip	0.81	0.97	0	0.10
Qexp	0.97	0.95	0.95	0.95
N	127	153	0	15
RECTIFIEUSE D'INTERIEUR "VOUMARD" [C006041]				
H (h)	3664	3680	3616	3616
h (h)	1831	1747	100	332
Kdip	0.50	0.53	0.97	0.91
Qexp	0.93	0.78	0.94	0.59
N	51	46	99	58

Tableau N° III-2-7

Calcul de CPPR:

A partir des valeur de N on peut donc évaluer le coût de perte de produits rebutés:

Année	1991	1992	1993	1994
FOUR A BAIN DE SEL "UGINE " [L002411]				
UTS (DA / min)	3.655	4.753	10.35	11.433
UT (min)	10.23	10.23	10.23	10.23
N	127	153	0	15
CPPR (DA)	4748.61	7439.35	0	1754.39
RECTIFIEUSE D'INTERIEUR "VOUMARD" [C006041]				
UTS (DA / min)	3.785	4.411	4.658	6.032
UT (min)	85.05	85.05	85.05	85.05
N	51	46	99	58
CPPR(DA)	16417.63	17257.16	39220.13	29755.25

Tableau N° III-2-8

2 - 3 - Coût de main d'oeuvre inoccupée:(CMOI)

IL peut être déterminé par:

$$\text{CMOI} = \text{UAS} \times \text{TA}$$

Tel que

UAS [DA/min]: Unité allouée SNVI équivaut à une minute pondulaire de l'agent productif qui détermine le prix d'une minute de main d'oeuvre de fabrication.

Le tableau ci-après donne le coût de main d'oeuvre inoccupée.

Année	1991	1992	1993	1994
FOUR A BAIN DE SEL "UGINE " [L002411]				
TA (min)	61920	8940	325440	291960
UAS (DA/ min)	1.097	1.226	1.556	1.921
CMOI (DA)	67926.24	10960.44	505082.88	560855.16
RECTIFIEUSE D'INTERIEUR "VOUMARD" [C006041]				
TA (h)	109860	104820	6000	199920
UAS (DA/ min)	1.097	1.226	1.552	1.921
CMOI (DA)	120516.42	128509.32	9312	38266.32

Tableau N°III-2-9

NB:

Les unités UAS et UTS ont été recueillis auprès du "département comptabilité analytique", alors que les temps d'arrêt TA ont été recueillis auprès du "service maintenance" et les coefficients Kexp et Qexp du service méthode.

D'où le résultat du coût indirect:

Année	1991	1992	1993	1994
FOUR A BAIN DE SEL "UGINE " [L002411]				
CPPNF (DA)	215001.7	40367.23	3199888.8	3171079.76
CPPR (DA)	4748.61	7439.35	0	1754.39
CMOI (DA)	67926.24	10960.44	505082.88	560855.16
CP (DA)	287676.55	58766.72	3704971.68	3733689.31
RECTIFIEUSE D'INTERIEUR "VOUMARD" [C006041]				
CPPNF (DA)	386712.6	360641.59	26271.21	70892.89
CPPR(DA)	16417.63	17257.16	39220.13	29755.25
CMOI (DA)	120516.42	128509.32	9312	38266.32
CP (DA)	523646.65	506408.07	74803.34	138914.46

Tableau N°III-2-10

Calcul du coût total de maintenance: (CM)

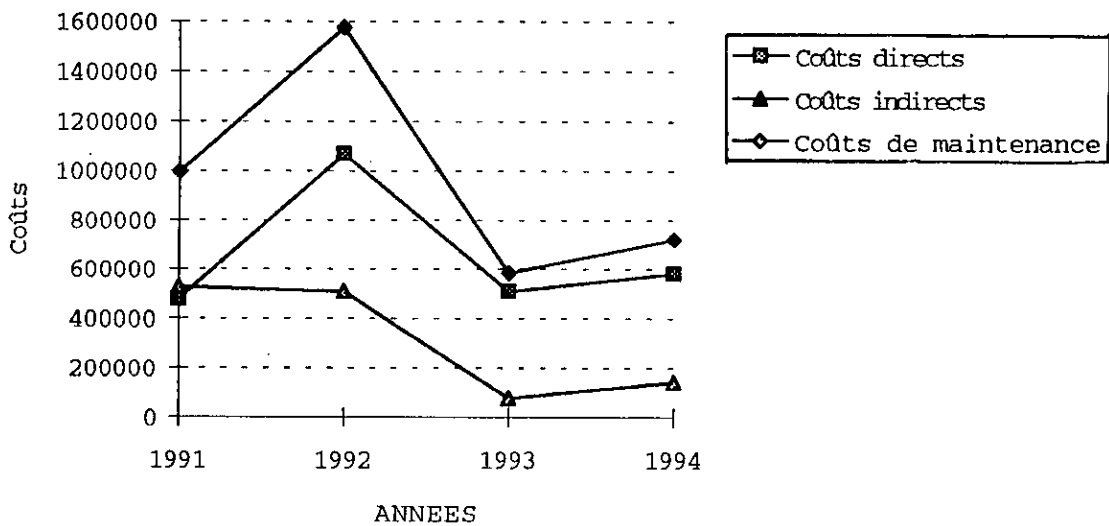
A partir des tableaux N° III-2-4, 10 on détermine CM.

Avec: $CM = CD + Cp$

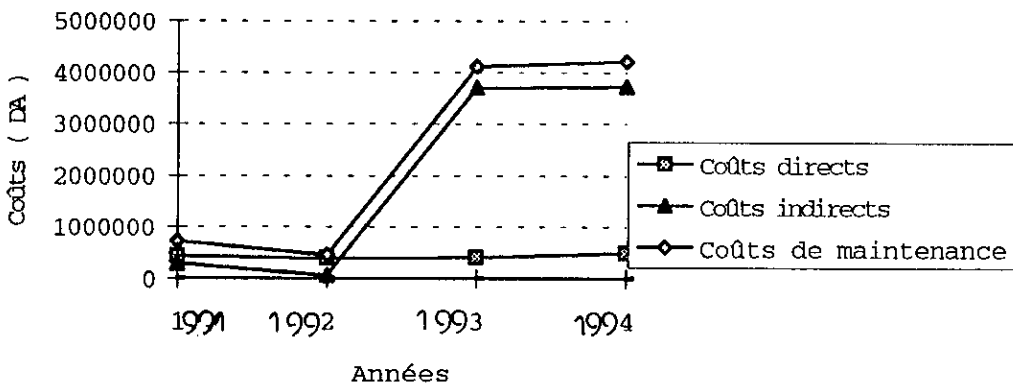
Année	1991	1992	1993	1994
FOUR A BAIN DE SEL "UGINE " [L002411]				
CD (DA)	420163.49	391388.14	403601.15	484182.06
Cp DA)	287676.55	58766.72	3704971.68	3733689.31
CM (DA)	707840.04	450154.86	4108572.83	4217871.37
RECTIFIEUSE D'INTERIEUR "VOUMARD" [C006041]				
CD(DA)	473279.52	1067581.46	505003.05	578549.59
Cp (DA)	523646.65	506408.07	74803.34	138914.46
CM (DA)	996926.17	1573989.53	579806.39	717464.05

Tableau N° III-2-11

Evolution des coûts de maintenance de la Rectifieuse
[C006041]



Evolution des coûts de maintenance du Four [L002411]



Interprétations et commentaires:

Les chiffres fournis par le calcul des coûts permettent de juger plus ou moins correctement l'efficacité de la maintenance, celle-ci est déterminée en comparant les résultats obtenus à des normes bien spécifiées.

I - FOUR A BAIN DE SEL " UGINE " [L002411]:

Analyse du coût direct :

Quelques résultats découlent des coûts de maintenance et sont regroupés dans le tableau suivant:

Année \ Ratios (%)	1991	1992	1993	1994
CD / CMT	59.36	86.95	9.82	11.49
CMO / CD	72.25	96.22	95.76	91.97
CPDR / CD	21.92	0	0	2.77
CPS / CD	3.46	3.71	3.60	3
CF / CD	2.37	0.06	0.64	2.26

Tableau N° III - 3 - 1

Nous remarquons que le coût direct représente en moyenne 42 % du coût de maintenance total. Les résultats montrent aussi que le coût de main d'oeuvre constitue un pourcentage important du coût direct.

Analyse du coût de main d'oeuvre:

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que le coût de main d'oeuvre représente en moyenne 78 % du coût direct.

Ceci peut être expliqué par le fait qu'il pourrait y avoir un sur effectif du département maintenance ou une mauvaise utilisation de cet effectif.

Dans ce qui suit, nous essayerons d'expliquer la hausse de ce taux à l'aide de certaines normes AFNOR.

1- Effectif de maintenance:

$$\frac{\text{Effectif de maintenance}}{\text{Effectif total}} = \frac{116}{1136} = 10.21 \%$$

Valeur légèrement supérieure à la norme qui varie de 7 % à 10 %. Ceci confirme qu'il y'a un surplus dans l'effectif de maintenance du centre mécanique.

Remarquons qu'avec un effectif de 113 agents, on aura un taux de 10 %. Ce qui est une bonne valeur. Donc sur l'effectif total, il y'a trois agents en plus.

2- La décomposition du personnel de maintenance:

Les normes AFNOR, donnent les ratios suivants pour:

Les Cadres de 5 % à 10 %,
Maîtrise de 10 % à 16 %,
Exécution de 70 % à 85 % , de l'effectif de maintenance .

La comparaison de ces ratios à la structure maintenance de centre mécanique donne les résultats suivants:

- **Cadres** : $4 / 116 = 3.45 \%$, valeur inférieure à la norme dont l'intervalle est de 5 à 10 %. Ceci montre que le nombre de cadres employés est inférieur de la limite inférieure.
- **Maîtrise**: $19 / 116 = 16.38 \%$, valeur légèrement supérieure à la borne supérieure donnée par la norme qui est de 16 %.
- **Exécution**: $93 / 116 = 80.17 \%$, valeur acceptable puisqu'elle appartient à l'intervalle de la norme.

On constate donc, un déséquilibre dans la répartition des agents de maintenance puisqu'on arrive à la conclusion qu' il y a un sur effectif pour une catégorie, et un sous effectif pour une autre.

En ce qui concerne les cadres, il devrait y avoir au moins $5 \% \times 113 = 5.65$ soit 6 cadres et au plus $10 \% \times 113 = 11.3$ soit 11 cadres.
donc il y a un manque de $6 - 4 = 2$ cadres au minimum.

Nous concluons donc qu'il y a un surplus dans l'effectif du département maintenance et un déséquilibre dans la répartition de son personnel. ce qui explique la hausse de la masse salariale.

Analyse des coûts indirects:

Année / Ratio (%)	1991	1992	1993	1994
CID / CMT	40.64	13.05	90.18	88.51
CPPNF / CID	74.74	68.69	86.37	84.93
CPPR / CID	5.72	12.66	0	0.05
CMOI / CID	23.64	18.65	13.63	15.02

Tableau N° III - 3 - 2

Nous remarquons que le coût indirect a enregistré un pourcentage élevé en 1993 et 1994 qui varie entre 88 et 90 %. Ceci est dû à un arrêt qui a débuté vers le début de l'année 93 et qui a duré 18 mois environ, ce qui explique la grande perte de production causée par cet arrêt.

L'analyse des coûts de maintenance qu'on vient de présenter pour le " Four a bain de sel UGINE [L002411] révèle des coûts d'entretien élevés. Ainsi la détermination des coûts moyens annuels est nécessaire pour décider, s'il faut prolonger la vie de l'équipement ou le renouveler.

Coûts moyens annuels du matériel :(Cma)

Il est intéressant de déterminer la durée de vie économique optimale d'un équipement afin de pouvoir procéder au remplacement, avant que les coûts de maintenance ne dépassent la valeur de l'investissement; ce qui donnerait un rôle négatif à la fonction maintenance.

En négligeant la valeur de revente, le Cma est donné par la formule suivante :

$$Cma (n) = \frac{VA + \sum_{x=1}^n CD_x}{n}$$

Ces calculs nécessitent l'addition d'unités monétaires d'années différentes et la comparaison des coûts à différentes périodes, d'où l'intérêt d'une actualisation, prenant en considération le taux d'inflation.

Le coût moyen actualisé sera:

$$Cma (n) = \frac{VA.(1+i)^n + \sum_{x=1}^n CD_x.(1+i)^{n-x}}{n}$$

VA : Valeur d'acquisition de l'équipement.

CD_x : Coût de maintenance pour la x^{ème} année.

Application : Nous présentons ci-après le cma relatif à chaque année.

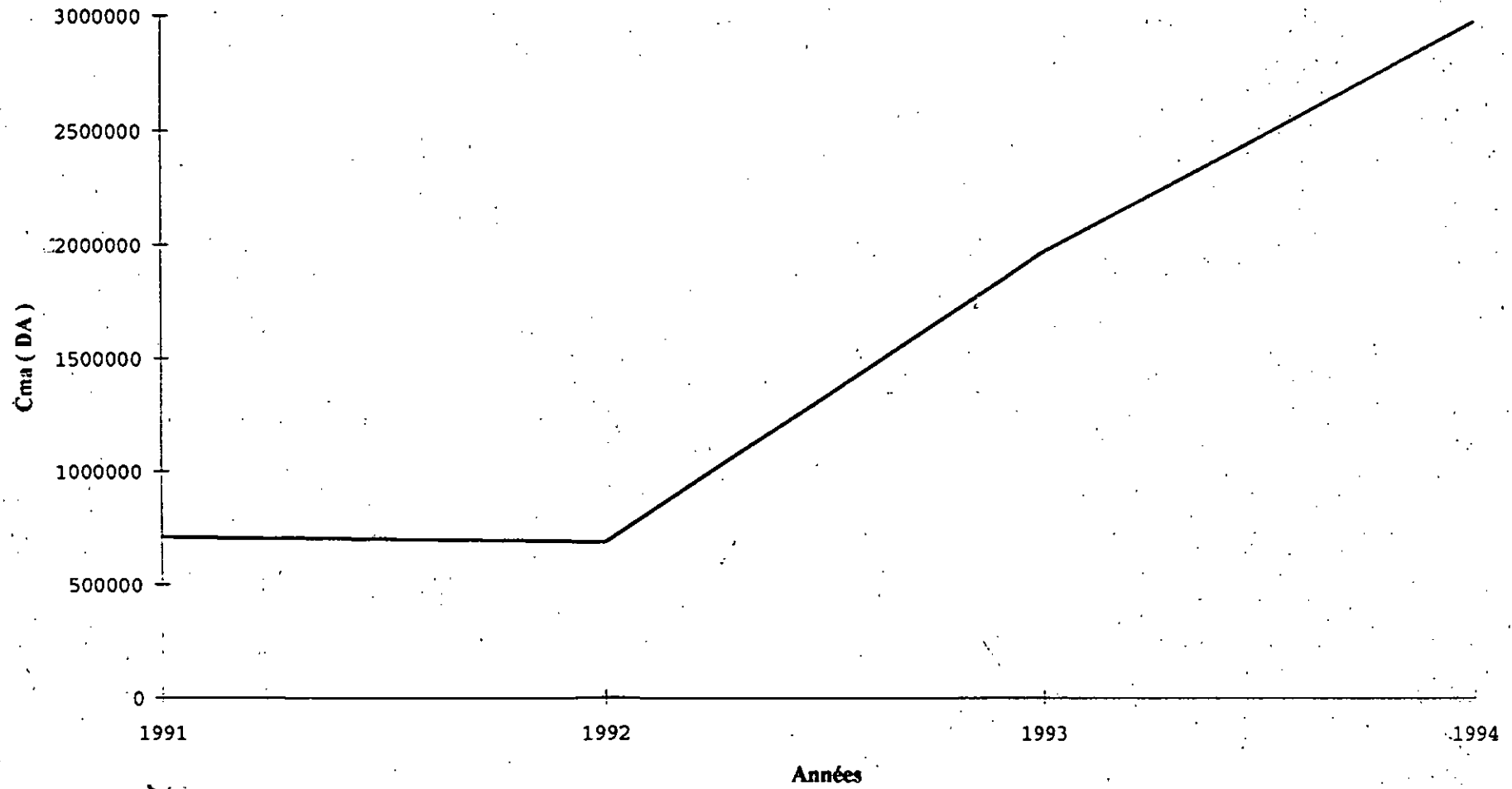
Année	1991	1992	1993	1994
Investissement (DA)	1777247	2310422	3003548	3904612
Coûts cumulés (DA)	707840	1370347	5890024	11874902
Coût moyen annuel (DA)	707840	685174	1963341	29688726

Tableau N° III - 3 - 3

La durée de vie économique correspond au minimum du cma (n).

On conclue donc que le Four a bain de sel " UGINE " devrait être remplacé en 1992, toute dépense pour prolonger la vie de cet équipement peut coûter cher à l'entreprise.

Coûts moyens annuels pour le Four [L002411]



II- Rectifieuse d'intérieur " Voumard " | C006041 |

1 - Analyse du coût direct:

Le calcul de certains ratios regroupés dans le tableau suivant nous permettent d'émettre un certain nombre de remarques.

Année Ratio (%)	1991	1992	1993	1994
CD / CMT	47.47	67.83	87.10	80.64
CMO / CD	69.15	41.38	77.45	79.10
CPDR / CD	9.65	51.04	6.03	4.83
CPS / CD	18.76	7.56	15.63	13.85
CF / CD	2.43	0.02	0.89	2.22

Tableau N° III - 3 - 4

Nous remarquons que le coût direct représente environ 71 % en moyenne du coût total de maintenance. Ceci est dû au coût de main d'oeuvre qui représente le pourcentage le plus élevé.

Deux facteurs expliquent ce résultat:

- 1- Le temps de réparation élevé.
- 2- Un sur effectif du département maintenance. Ceci à déjà été confirmé lors de l'analyse du coût de main d'oeuvre pour le cas du " Four | L002411 |

2 - Analyse du coût indirect:

Année / Ratio (%)	1991	1992	1993	1994
CID / CMT	52.53	32.17	12.9	19.36
CPPNF / CID	73.85	71.22	35.12	51.03
CPPR / CID	13.13	3.40	52.43	21.42
CMOI / CID	23.02	25.38	12.45	27.55

Tableau N° III - 3 - 5

A partir de ces ratios, nous constatons que le coût indirect représente en moyenne 29 % du coût de perte de production qui représente 58 % du coût indirect total.

3 - Coût moyen annuel

On adoptant la même démarche que celle suivie pour le calcul du cma pour le Four "UGINE " nous obtenons les résultats suivants pour la Rectifieuse "Voumard "

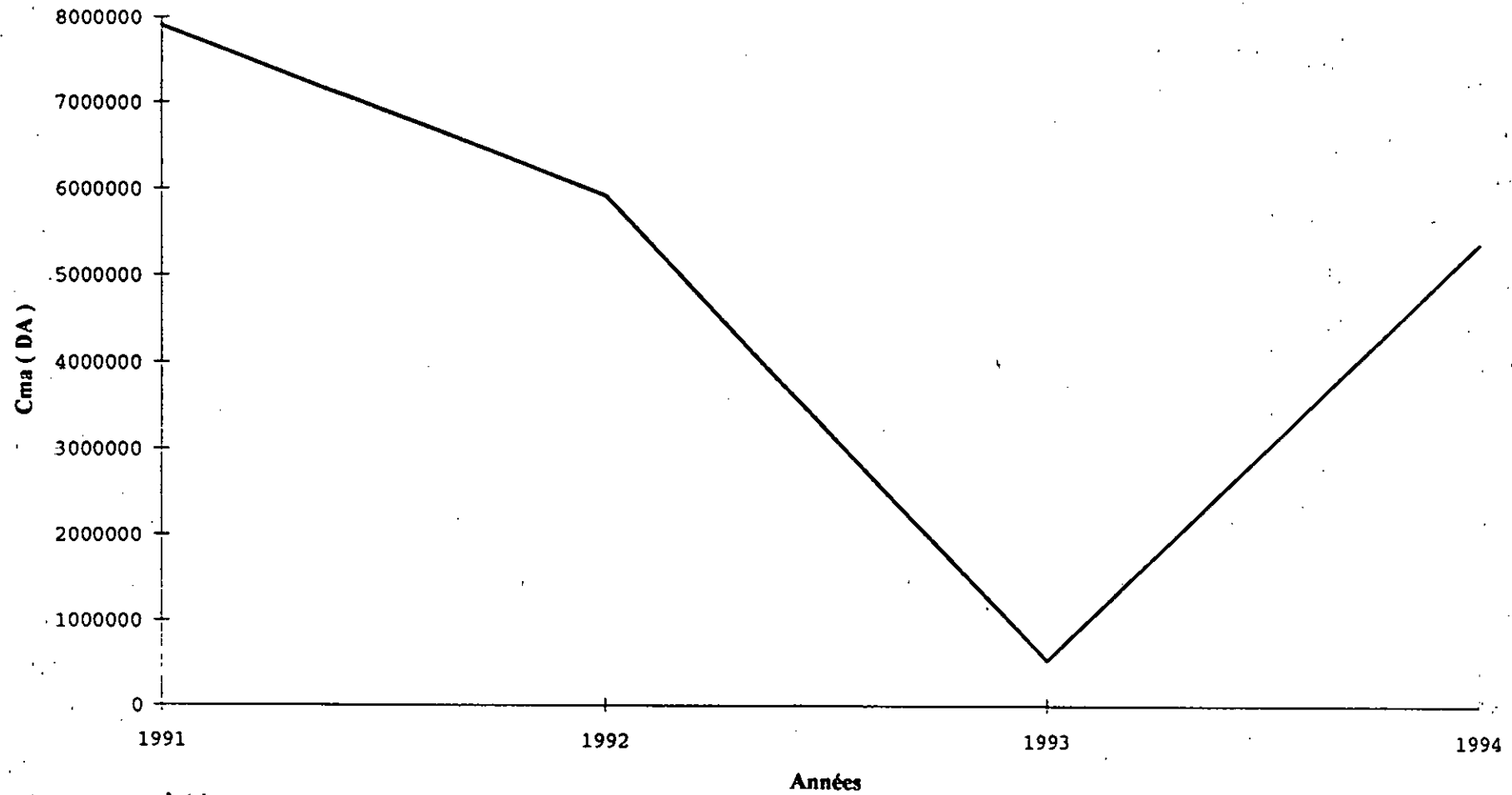
Année	1991	1992	1993	1994
Investissement (DA)	69031391	8974081	11666306	15166197
Coûts cumulés (DA)	996926	2869994	4310798	6321501
Coût moyen annuel (DA)	7900066	5922037	532570	5371925

Tableau N° III - 3 - 6

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que le minimum du cma (n) est atteint en 1993.

Nous concluons donc que la période optimale de remplacement de la Rectifieuse d'intérieur "Voumard" [C006041] est atteinte en 1993. Toute dépense de maintenance pour cet équipement peut générer des pertes considérables.

Coûts moyens annuels pour la Rectifieuse [C006041]



PROPOSITIONS

PROPOSITIONS :

Actuellement, il n'est plus permis d'ignorer les enjeux économiques de la maintenance. Pour améliorer celle-ci au sein du CVI, nous tenons à exprimer certaines suggestions regroupées dans les points suivants:

- 1 - Tenir les dossiers historiques complets ou figurera :
 - L'heure du début panne;
 - L'heure de remise en fonctionnement.
- 2 - Exploiter les dossiers historiques des équipements en vue d'une meilleure évaluation.
- 3 - Compléter la documentation concernant chaque équipement afin de mieux le connaître.
- 4 - Elaborer des gammes d'interventions pour l'ensemble des équipements en se référant au fond documentaire.
- 5 - Suivre l'évolution des coûts de maintenance pour chaque équipement, ce qui va permettre :
 - D'évaluer les performances de la fonction maintenance au CVI;
 - D'aider éventuellement à l'établissement d'un budget annuel de maintenance.

Ceci va servir aussi de décider :

- Soit de prolonger la vie de l'équipement par l'établissement d'un plan de maintenance adéquat.
- Soit de le remplacer à l'identique ou par un équipement nouvelle génération.

- 6 - Elargir aux autres équipements de CVI les concepts décrit dans ce mémoire.

Pour ce faire, nous avons établi un programme informatique, présenté en annexe C, il va servir d'outil d'aide au service maintenance du CVI

L'utilisation de ce programme va permettre d'effectuer :

- **Une étude technique : Fiabilité - maintenabilité - disponibilité des équipements .**

On a rendu ceci possible par l'introduction d'une procédure qui fait appel au logiciel " UNIFIT " utilisé au cours de notre étude technique.

- **Une analyse des coûts de maintenance :**

Le programme ainsi établi permet de déterminer l'ensemble des coûts de la maintenance et le coût moyen annuel relatif à chaque équipement.

Conclusion:

Au cours de ce travail, nous avons essayé d'étudier l'aspect technique et économique de la maintenance des équipements mécaniques en vue d'un renouvellement.

Nous avons effectué en premier lieu une classification des équipements selon divers critères afin de sélectionner les plus critiques du point de vue du temps d'immobilisation, de la fréquence de panne, du plan de charge et de la place stratégique de l'équipement dans l'atelier mécanique.

Une analyse précise des équipements ainsi choisis, en procédant à une étude de fiabilité suivie d'une étude de maintenabilité, nous a permis d'estimer les MTBF et les MTTR qui ont servi de base pour le calcul de la disponibilité. Nous avons ensuite tenté de quantifier la disponibilité réelle de chaque équipement en introduisant le temps logistique MTL.

A travers une étude qualitative de la fiabilité, de la maintenabilité, et de la disponibilité, nous avons pu détecter un certain nombre de cas où la maintenance au centre mécanique éprouve des difficultés.

Du point de vue économique, notre démarche a consisté à définir et à évaluer les coûts de maintenance des équipements en période d'usure et à faire une analyse de ces coûts. Suivie d'une évaluation du coût moyen annuel relative à ces équipements pour pouvoir déterminer leurs durées de vie d'exploitation optimales.

Nous pensons que cette étude pourrait être utilement complétée en abordant les aspects suivants :

- Etude de fiabilité des organes des équipements pour détecter les pannes les plus fréquentes pour déterminer leurs causes et ainsi dégager un plan de maintenance préventive pour diminuer les interventions curatives durant les périodes de fonctionnement.

- Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leurs criticité pour minimiser les temps d'interventions alloué pour chaque équipement.

ANNEXES

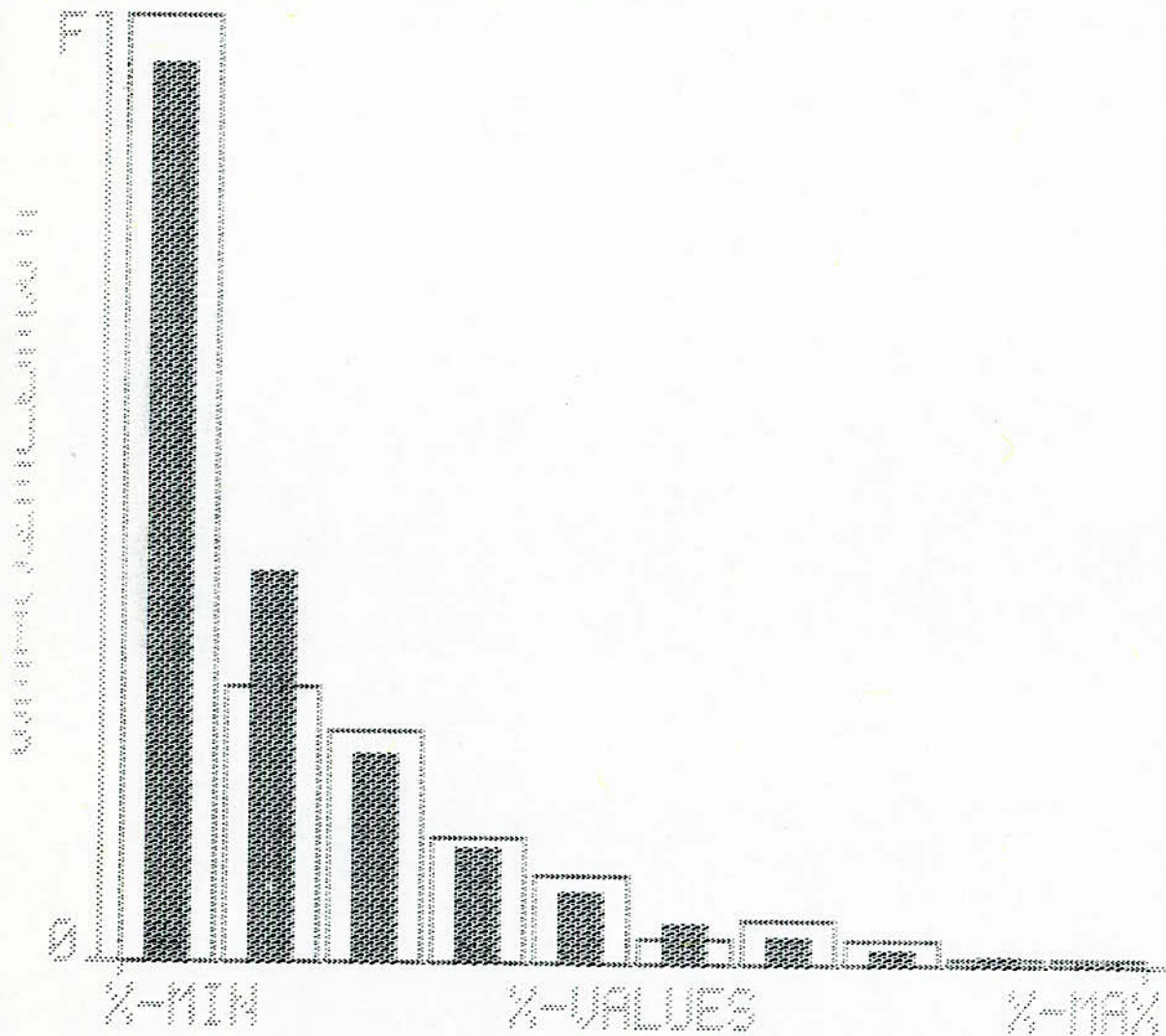
Annexe A

Nous présentons ci-après les ajustements des données relatives à chaque équipement, aux modèles théoriques.

Le traitement des données a été fait avec le logiciel « U N I F I T ».

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1:WEIBULL

AND SAMPLE : C898TBF.DAT



FREQUENCIES
BELOW PLOT

0.
0.

ABOVE PLOT

0.
8.33398E- 3

F
.51977

%-VALUES
%-MIN

0.

%-MAX

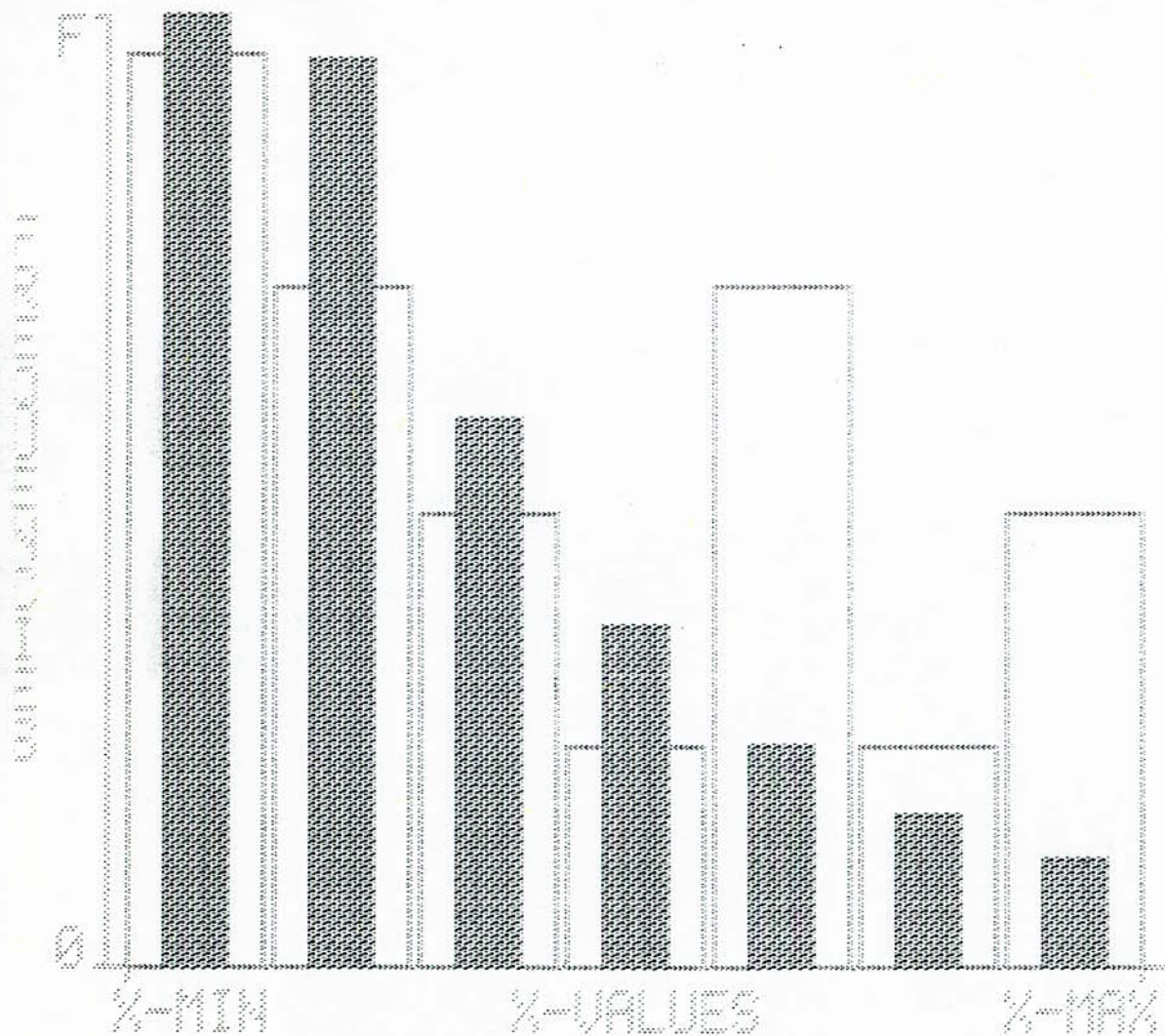
700.000

INTERVAL WIDTH

70.0000

11-JUN-1995 2:26 PM

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 2 : LOG NORMALE
 AND SAMPLE : L2411TTR.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.

.11823

F

.26076

%-VALUES

%-MIN

0.

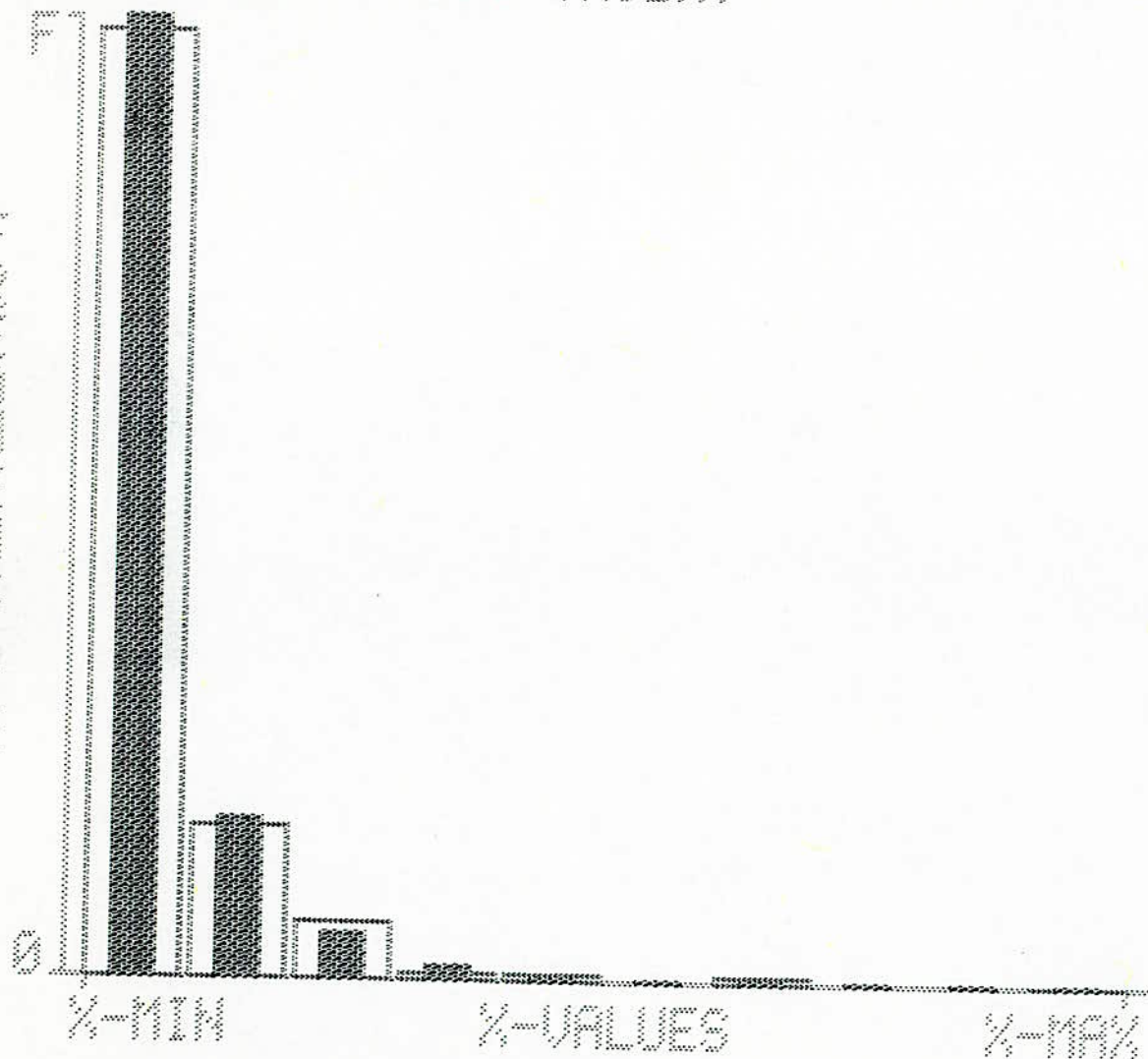
%-MAX

35.0000

INTERVAL WIDTH

5.00000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: LOG NORMALE
 AND SAMPLE # CSBCTR.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 1.68645E- 3

F
 .79193

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

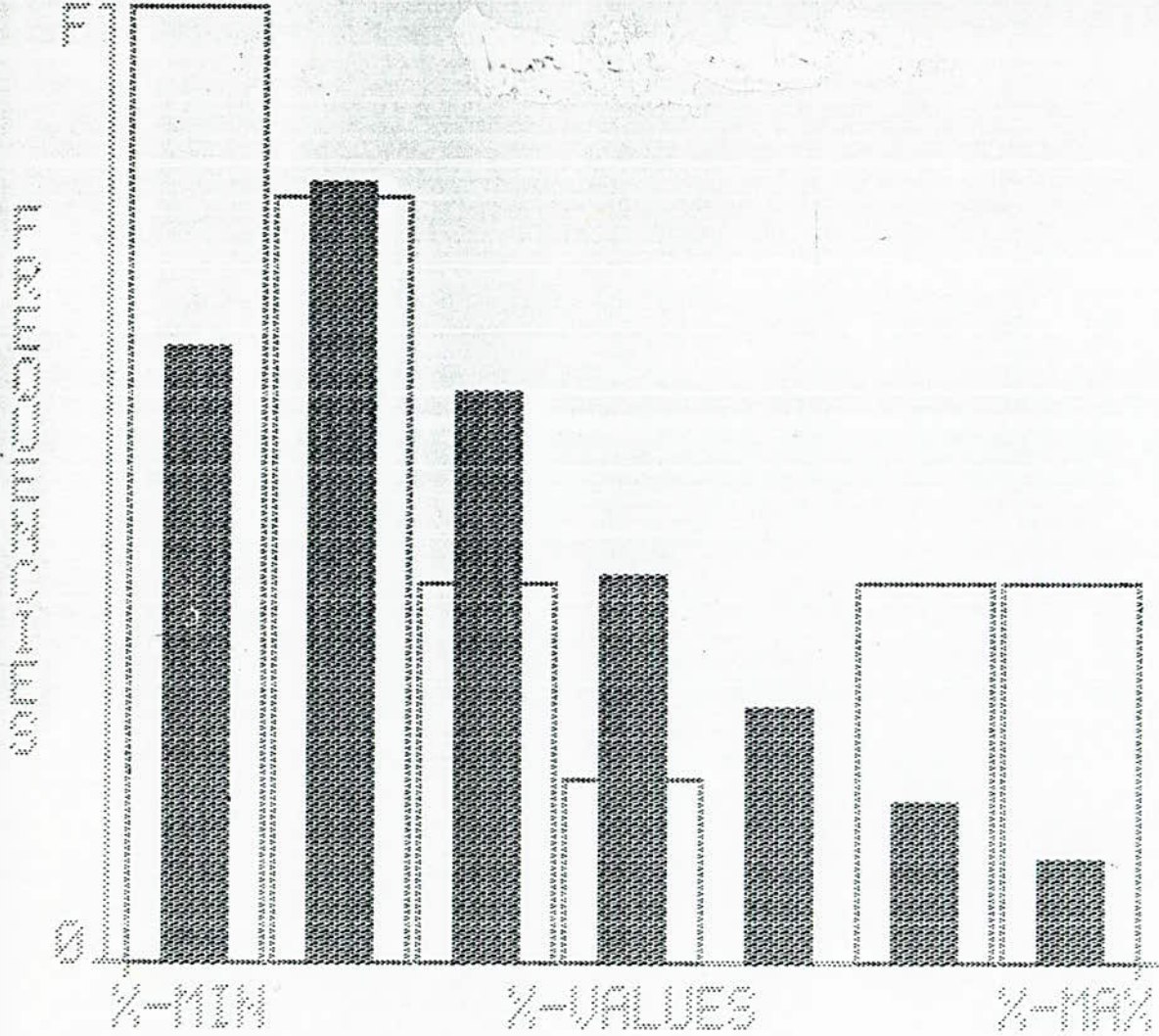
170.000

INTERNAL WIDTH

17.0000

11-JUN-1985 2:24 PM

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1:WEIBULL
 AND SAMPLE # L2411TBF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.

.05498

F

.31250

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

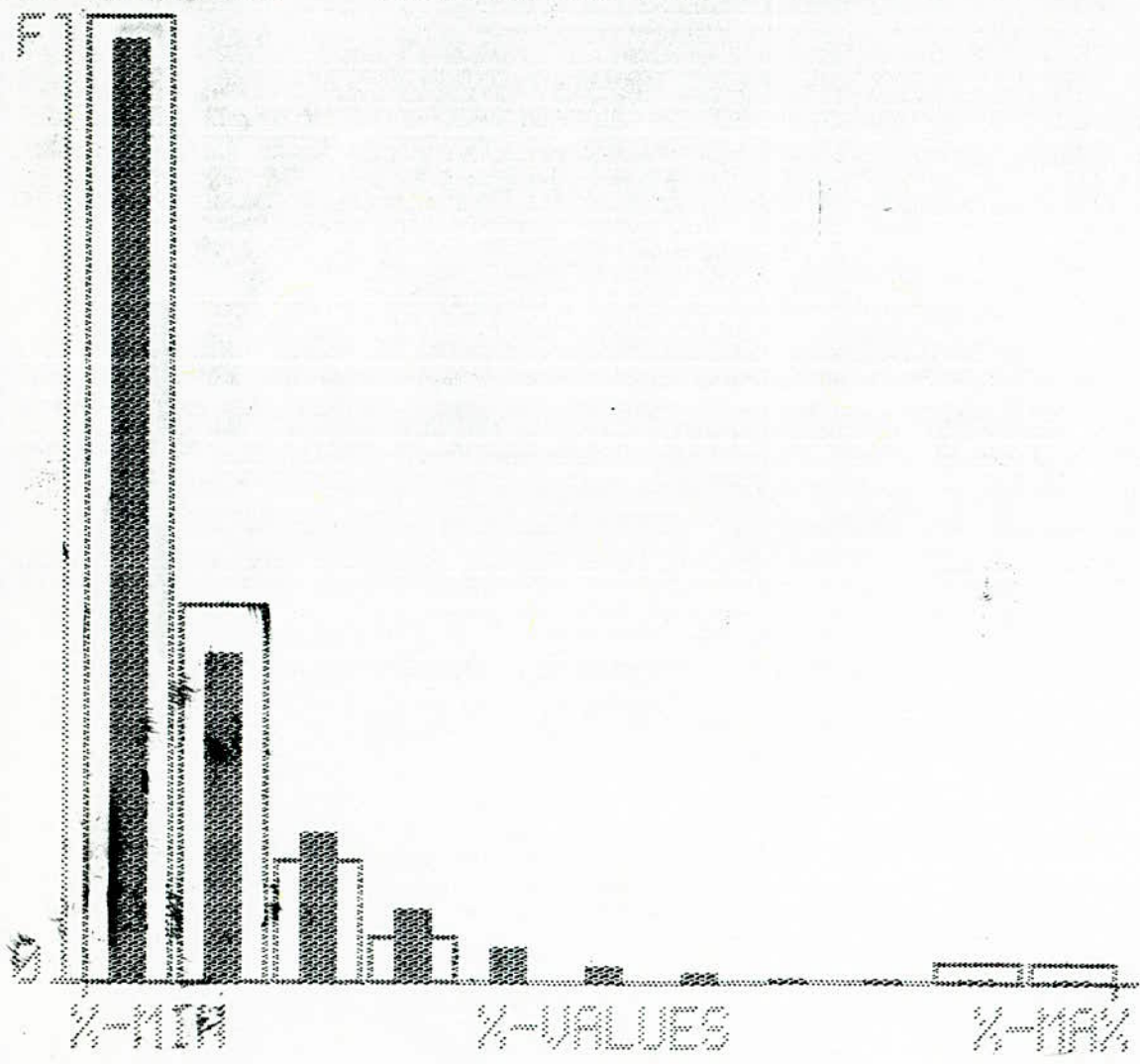
5334.00

INTERVAL WIDTH

782.000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: WEIBULL

IND SAMPLE : L2381TBF.DAT



FREQUENCIES

BELOW PLOT

0.
0.

ABOVE PLOT

0.
9.93073E- 4

F

.61290

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

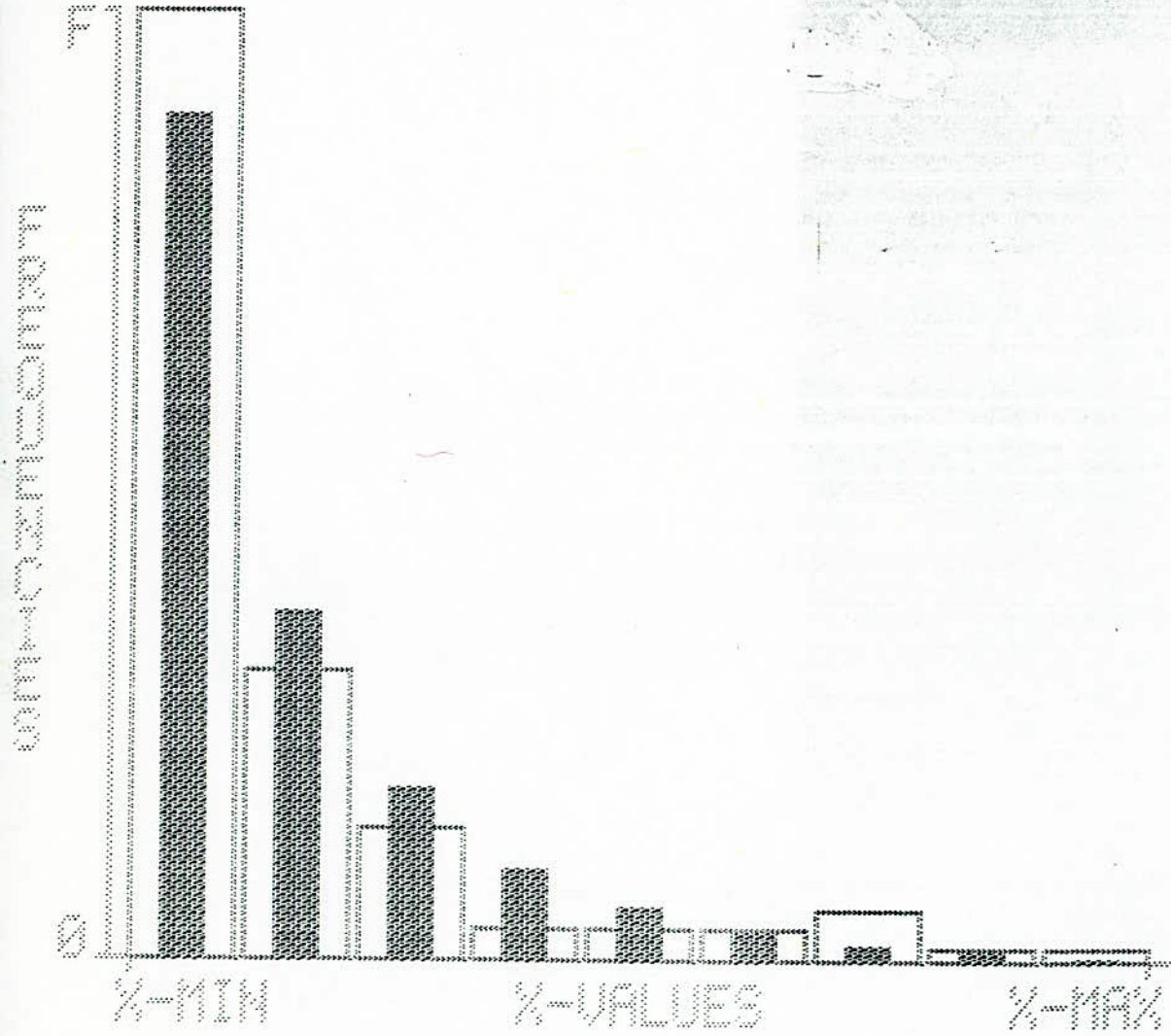
4037.00

INTERVAL WIDTH

367.000

11-JUN-1995 12:44 PM

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: WEIBULL
 AND SAMPLE # 0843MF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 7.07841E- 3

F
 .59756

%-VALUES

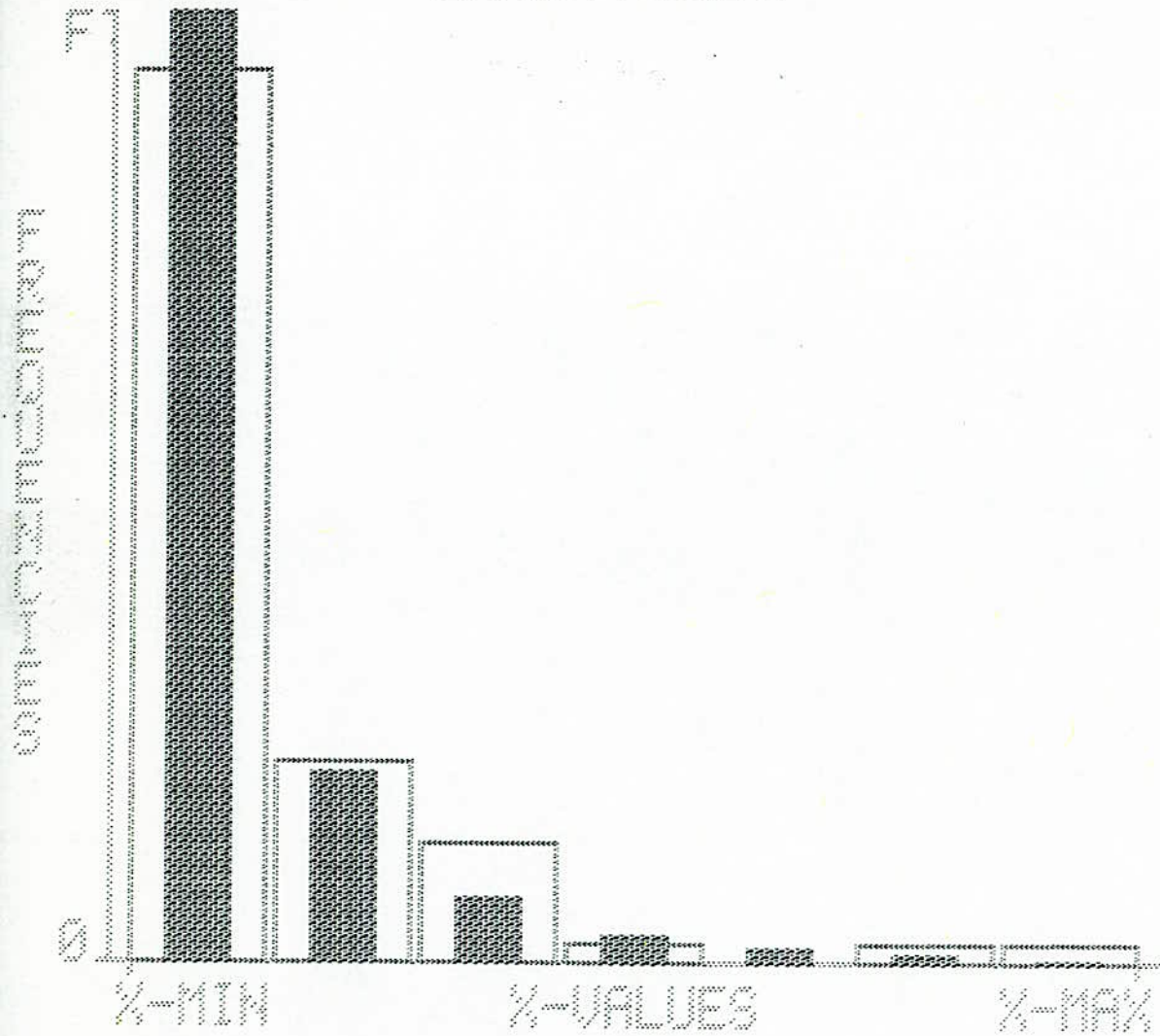
%-MIN

0.

%-MAX

1548.00
 INTERVAL WIDTH
 172.000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: LOG NORMALE
 AND SAMPLE : 0632.ITR.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.

ABOVE PLOT

0.

.01586

F

.73014

%-VALUES

%-MIN

0.

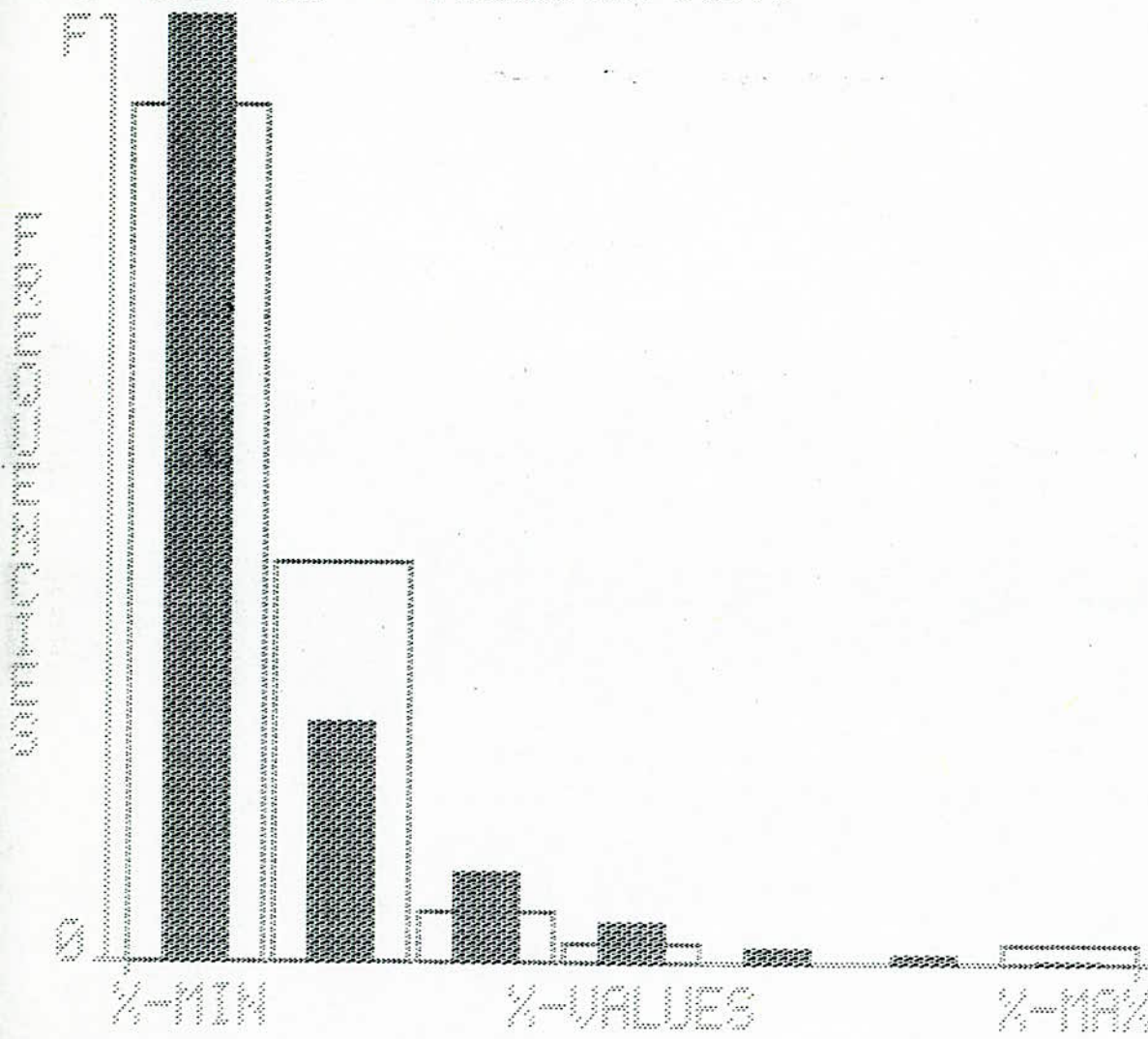
%-MAX

126.000

INTERVAL WIDTH

18.0000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: WEIBULL
 AND SAMPLE : CSZ2ITBF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 4.54670E- 3

F
 .69227

%-VALUES
 %-MIN

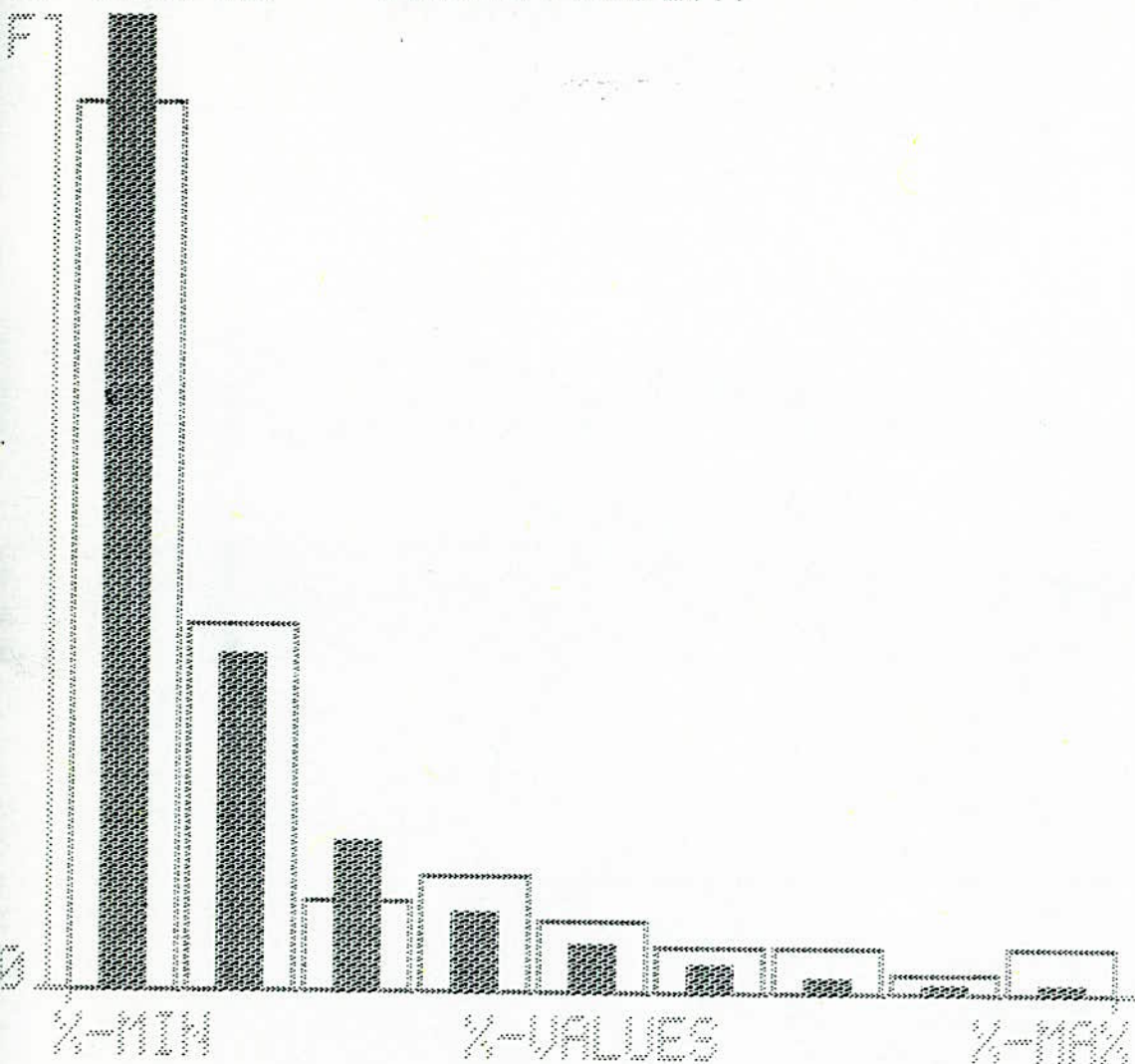
0.

%-MAX
 3223.00

INTERVAL WIDTH
 469.000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: LOG NORMALE

NO SAMPLE # 031511TR.DAT



FREQUENCIES

BELOW PLOT

0.

0.

ABOVE PLOT

0.

.02902

F

.56378

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

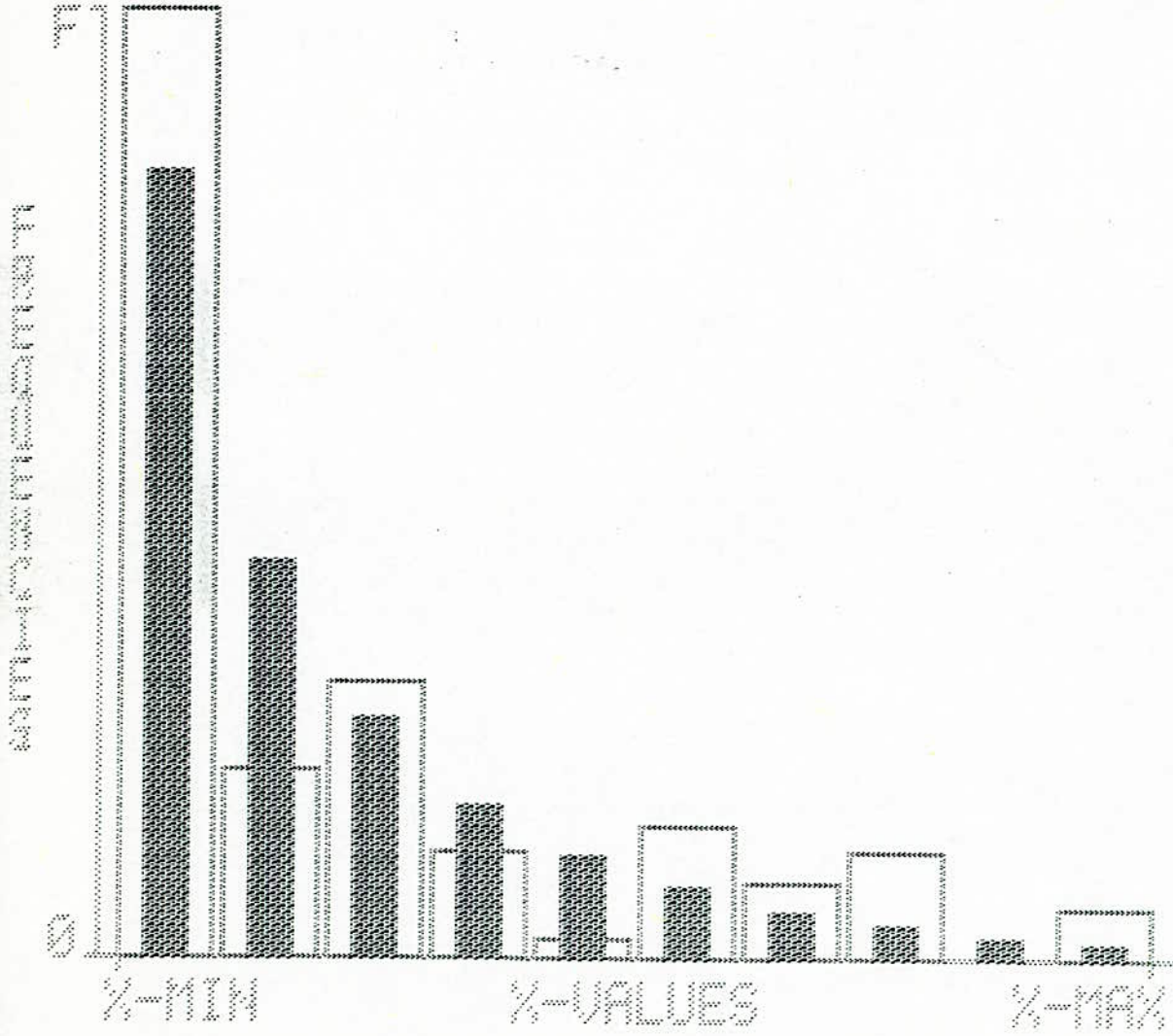
72.0000

INTERVAL WIDTH

8.00000

11-JUN-1995 12:56 PM

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1:WEIBULL
 AND SAMPLE : CONF.DAT



FREQUENCIES

BELOW PLOT

0.

0.

ABOVE PLOT

0.

.02624

F

.48571

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

1350.00

INTERVAL WIDTH

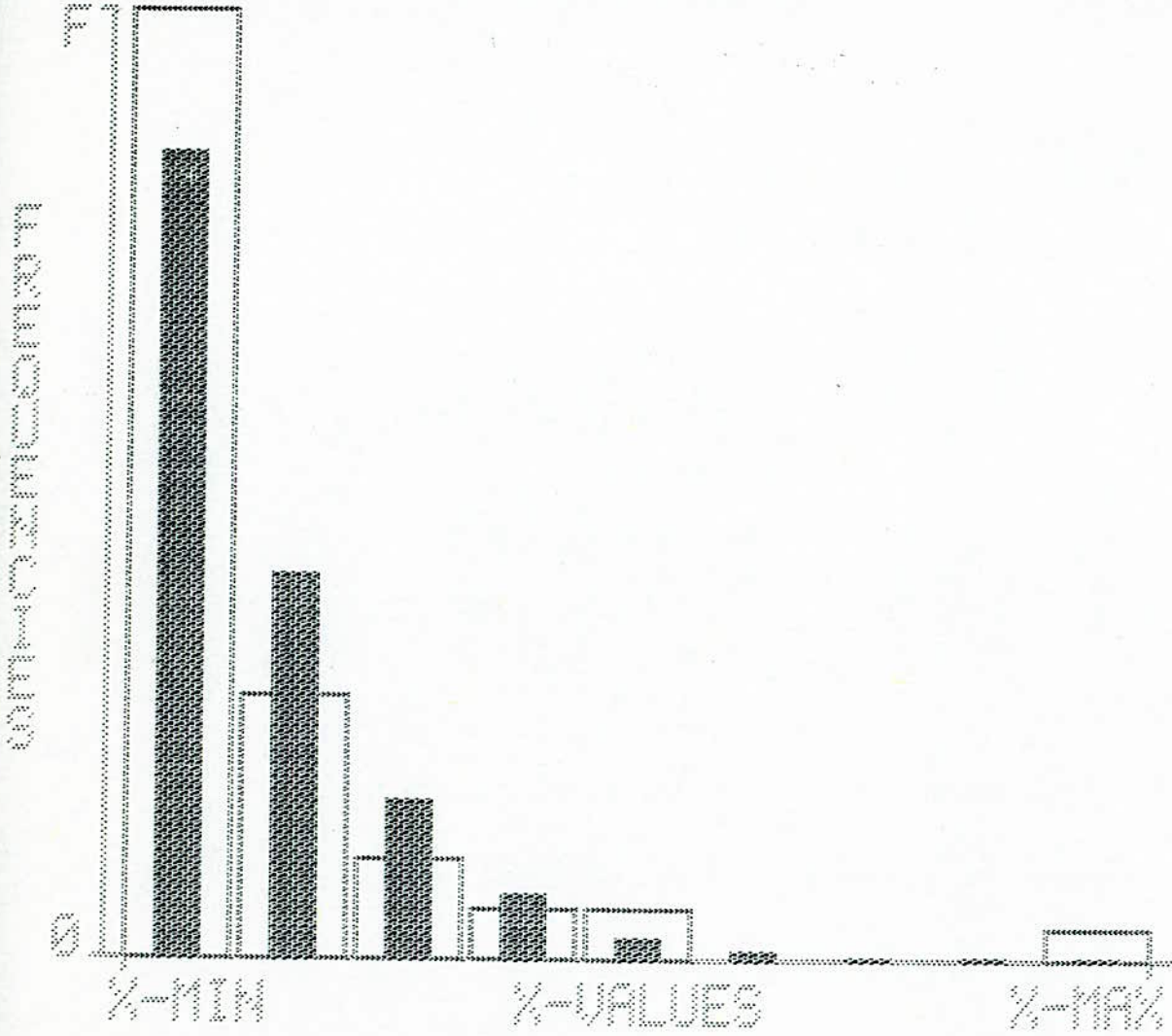
135.000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1:WEIBULL
 AND SAMPLE : C6901F.DAT



FREQUENCY	
BELOW PU	0.
ABOVE PU	0.
	5.83525
F	.94285
%-VALUE	
%-MIN	0.
%-MAX	2730.00
INTERVAL W	310.000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1 : GAMMA
 AND SAMPLE : C6921TTR.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 3.25620E- 4

F
 .64634

%-VALUES

%-MIN

0.

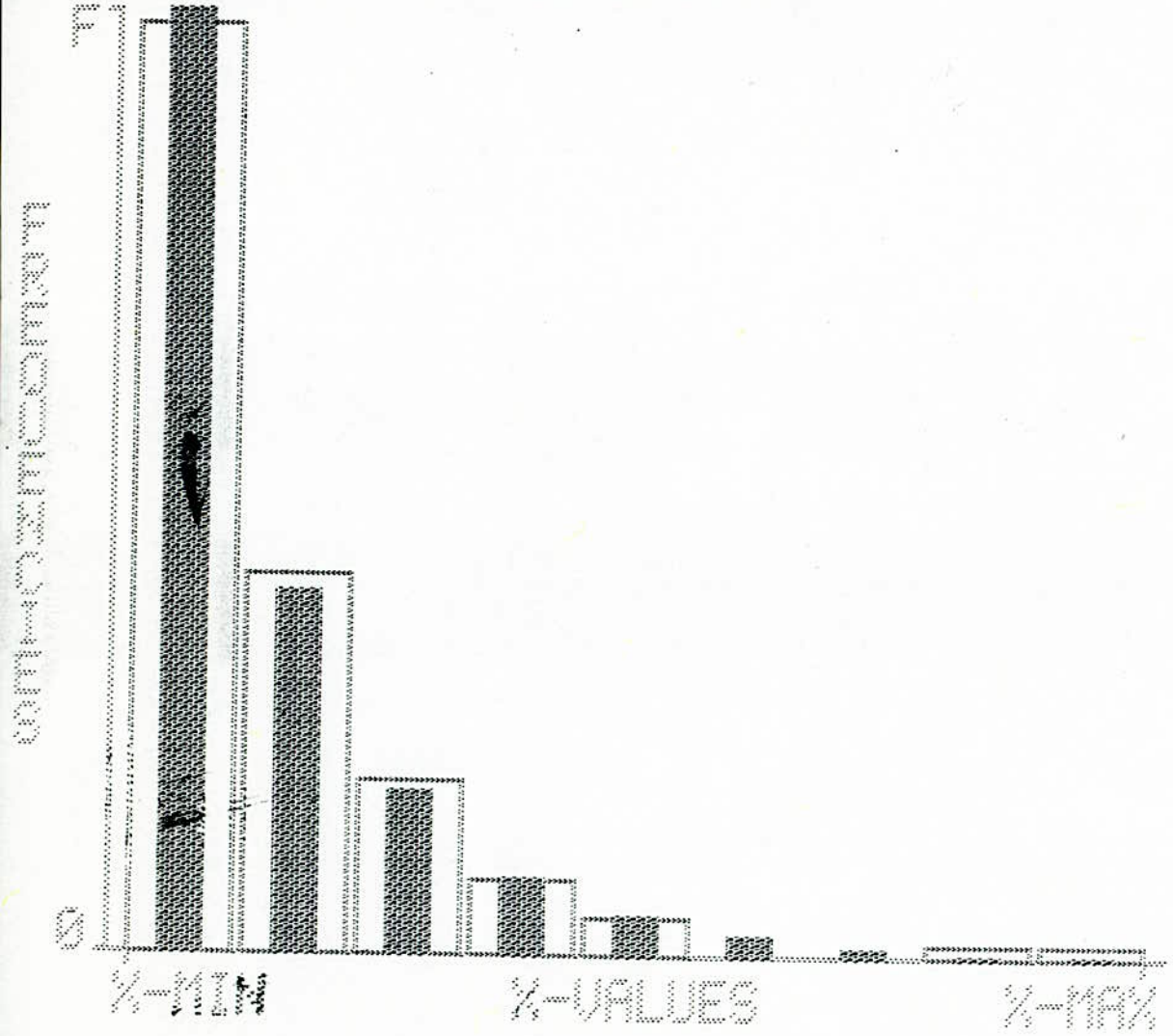
%-MAX

81.0000

INTERVAL WIDTH

9.00000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: WEIBULL
 AND SAMPLE : C692.MBF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 2.80946E- 3

F
 .58976

%-VALUES

%-MIN

0.

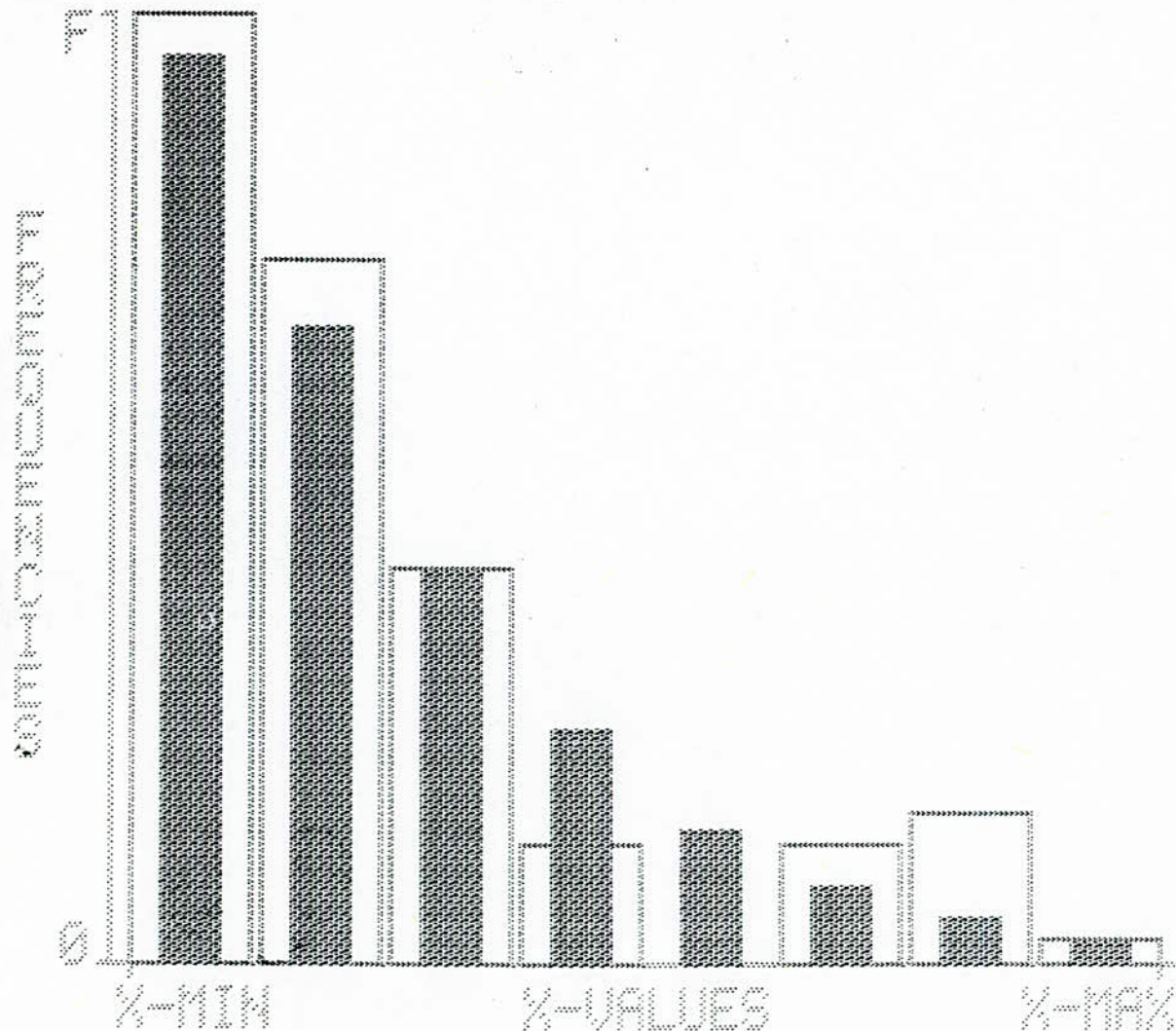
%-MAX

1935.00

INTERVAL WIDTH

215.000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: WEIBULL
 AND SAMPLE : 0804IF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

.01219
 .01398

F

.37804

%-VALUES

%-MIN

0.

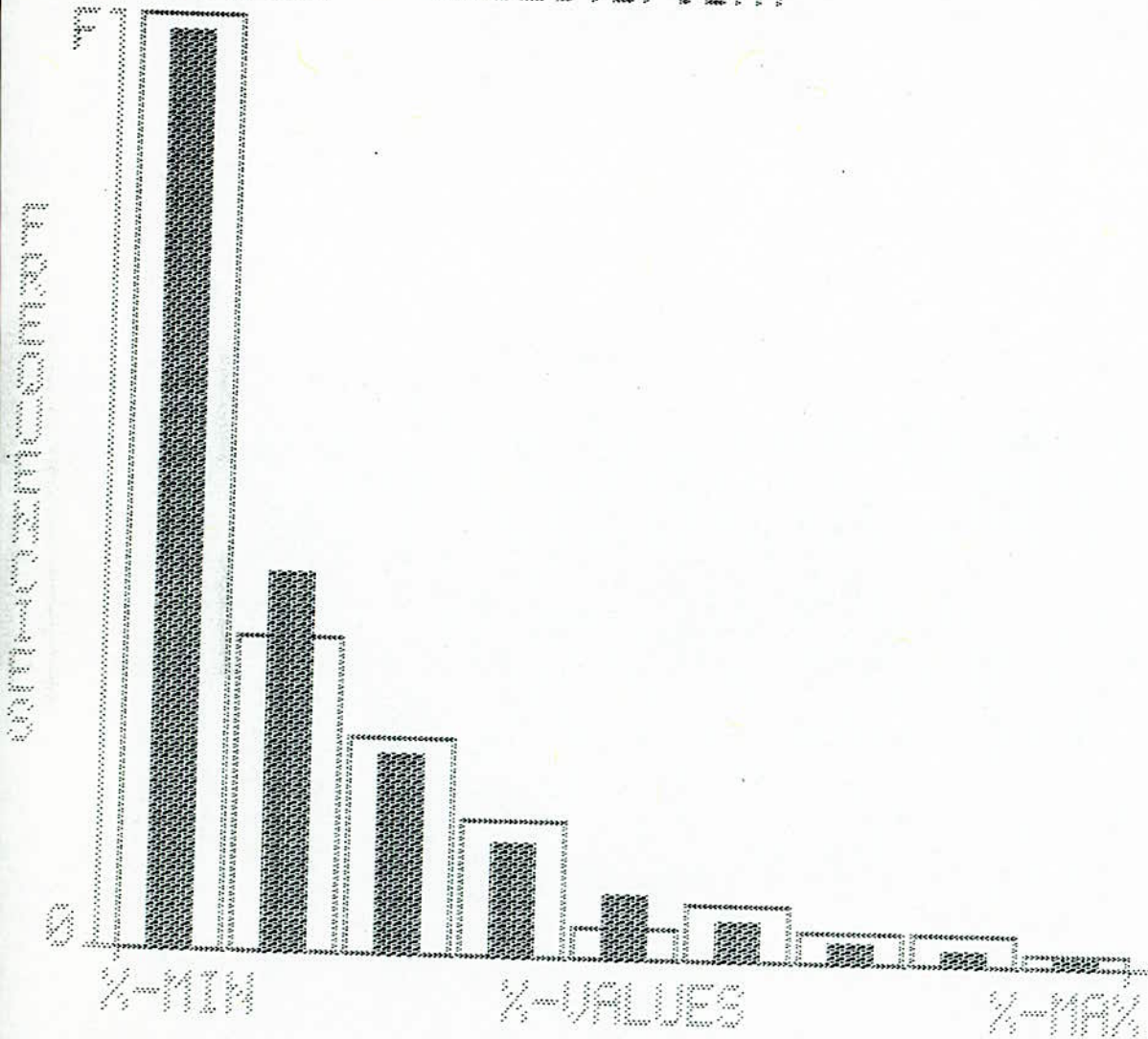
%-MAX

1024.00

INTERVAL WIDTH

128.000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1 : WEIBULL
 AND SAMPLE : C8121TBF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.

.01223

F

.51848

%-VALUES

%-MIN

0.

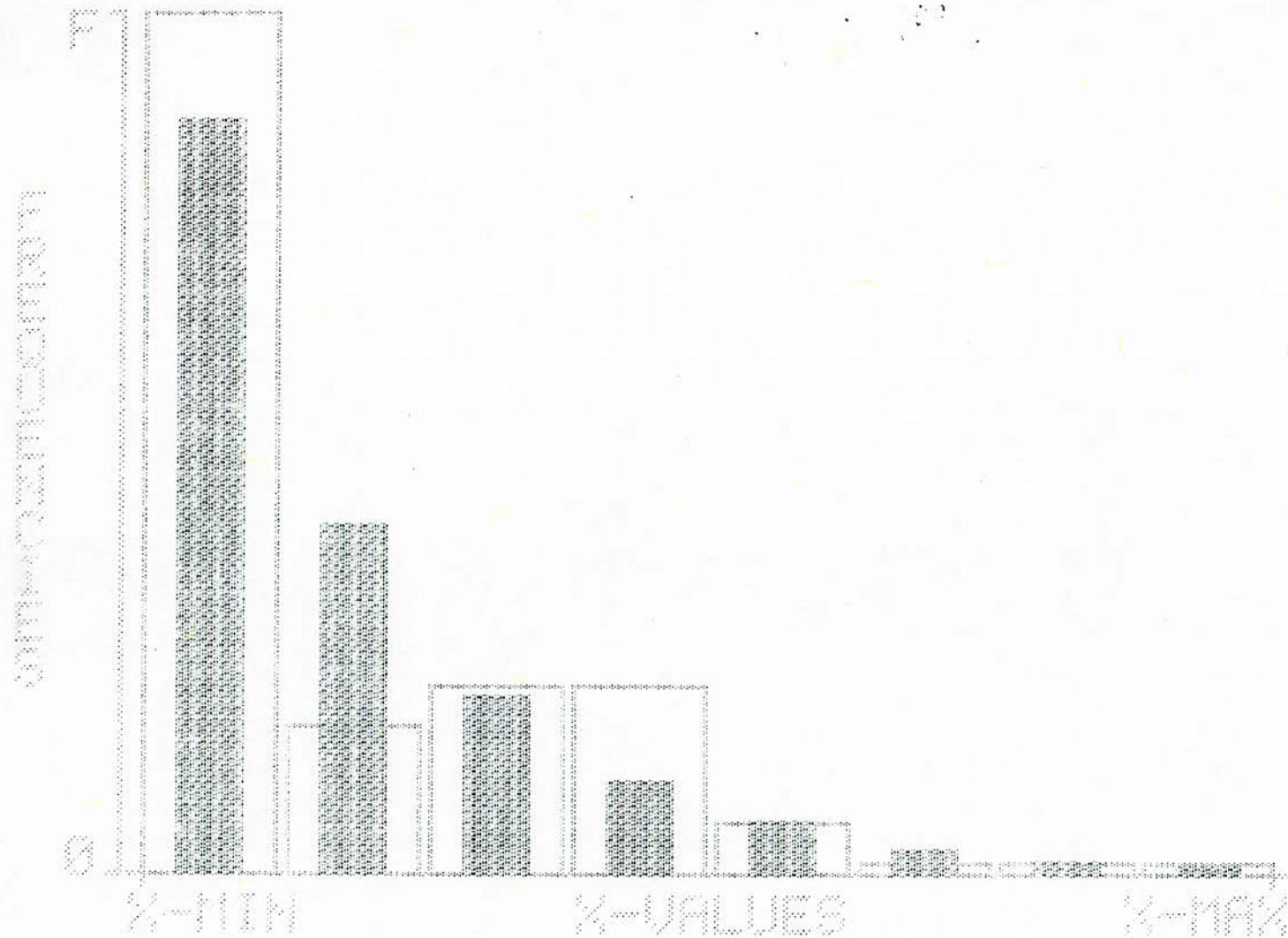
%-MAX

983.000

INTERVAL WIDTH

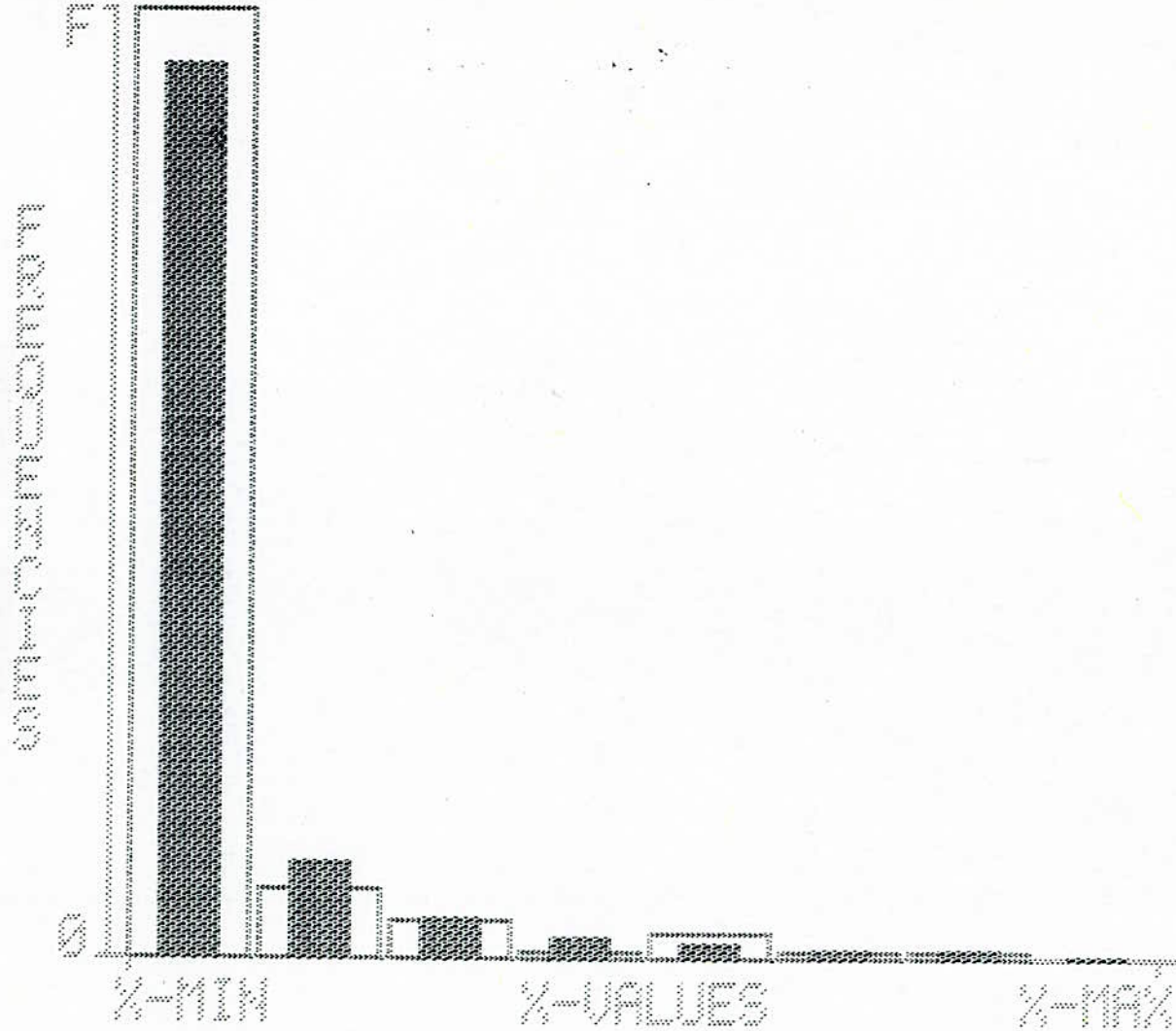
107.000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: WEIBULL
 AND SAMPLE : C9061TBF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT
 0.
 0.
 ABOVE PLOT
 0.
 .01030
 F
 .58982
 X-VALUES
 X-MIN
 0.
 X-MAX
 1378.00
 INTERVAL WIDTH
 172.000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: LOG NORMAL
 AND SAMPLE : C1116TTR.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

.02631
 .05580

F
 .80263

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

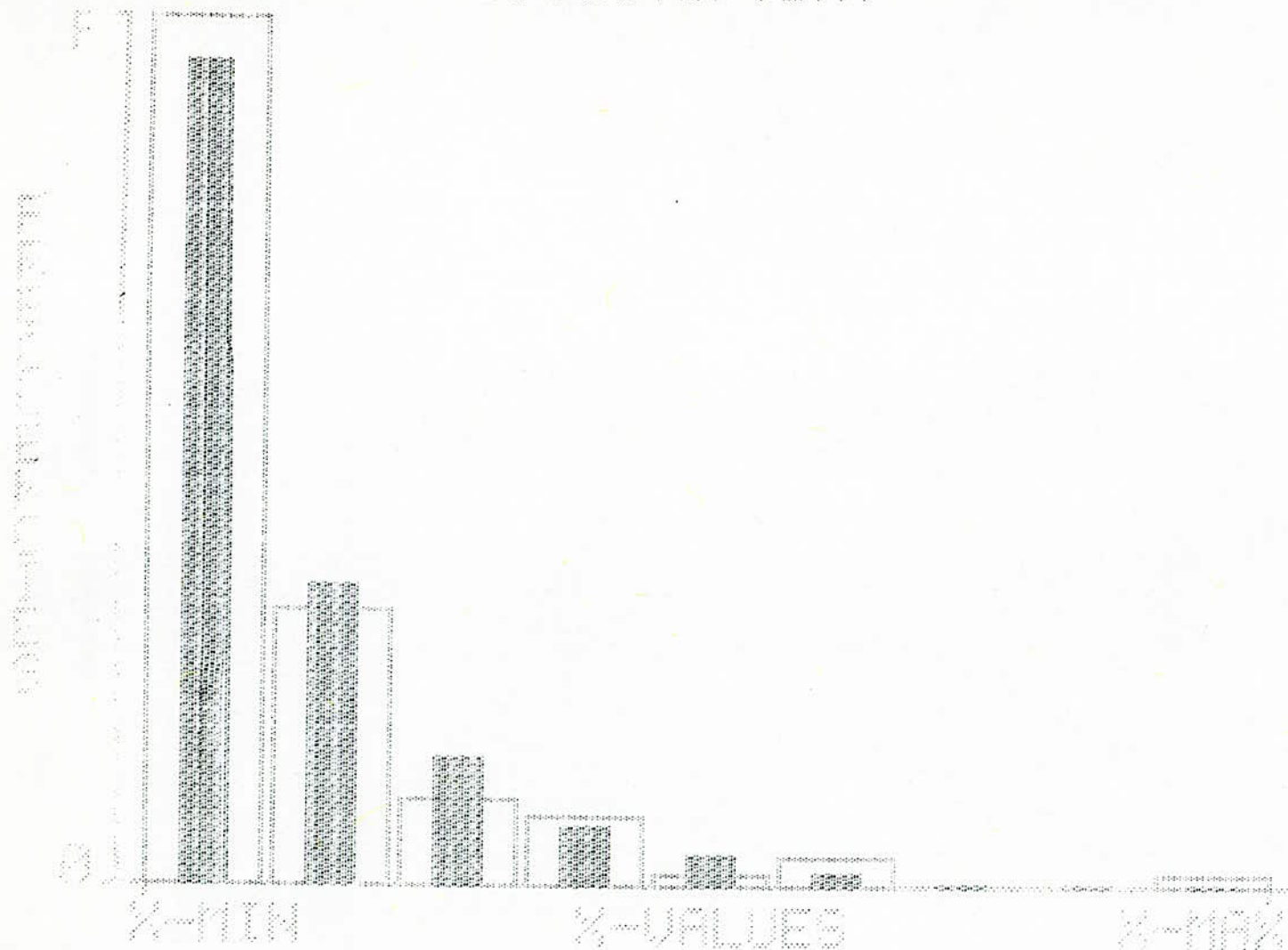
200.000

INTERVAL WIDTH

35.0000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: WEIBULL

AN: SAMPLE : C1116TEF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 2.14851E- 3

F
 .62866

%-VALUES

%-MIN

0.

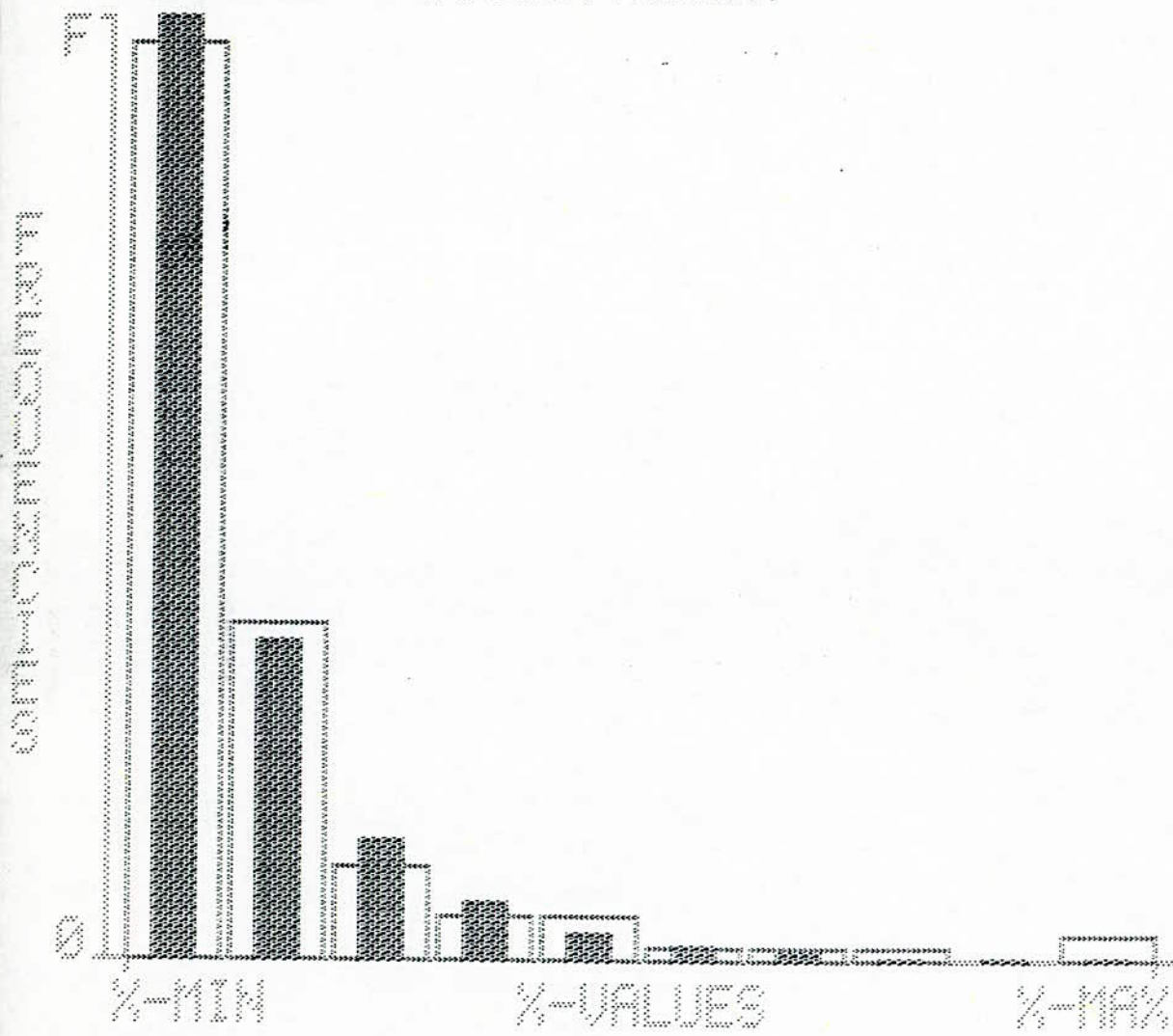
%-MAX

1836.00

INTERVAL WIDTH

204.000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: LOG NORMAL
 AND SAMPLE : C8921TTR.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 8.66228E- 3

F
 .61269

%-VALUES

%-MIN

0.

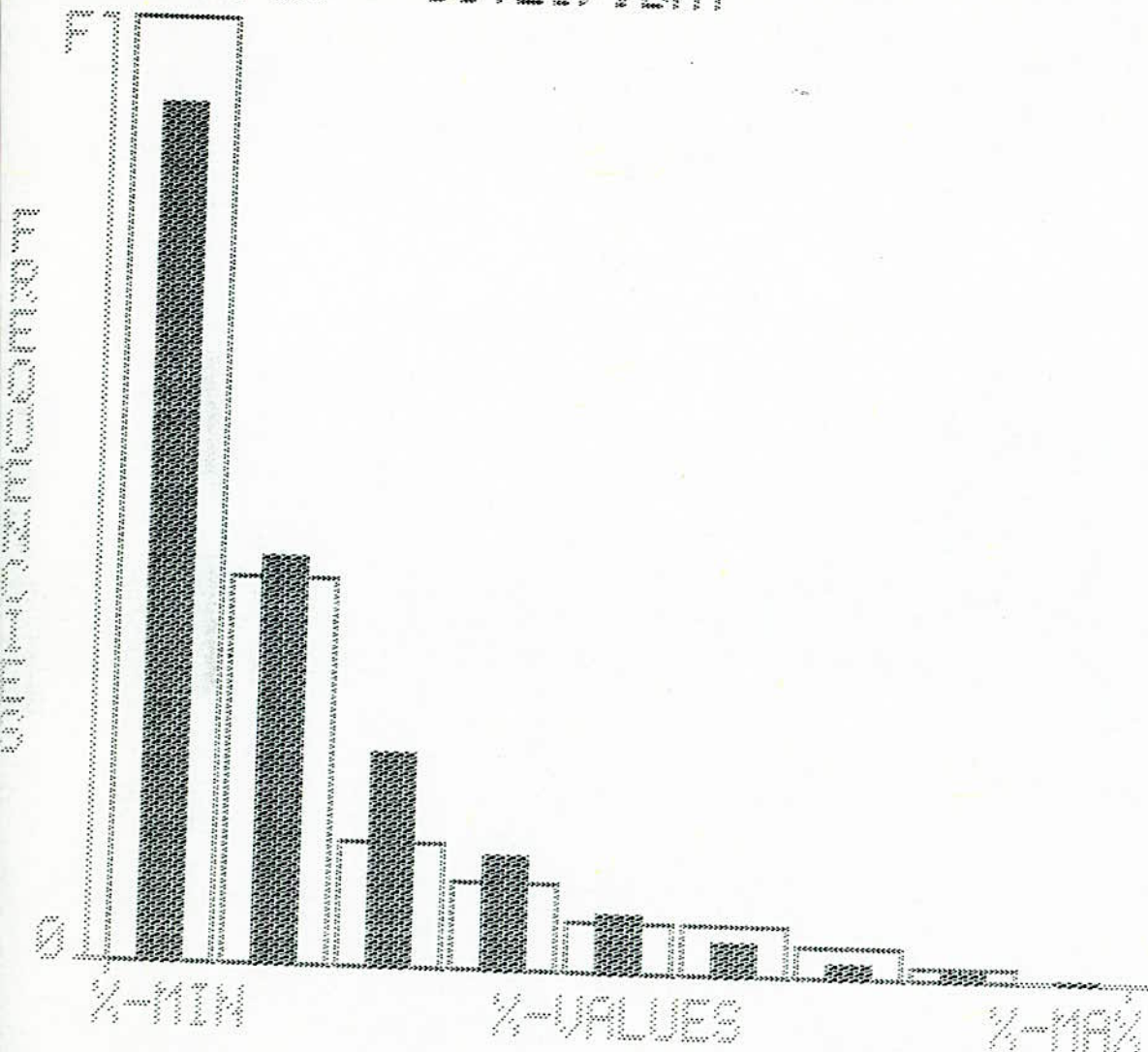
%-MAX

120.000

INTERVAL WIDTH

12.0000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1:WEIBULL
AND SAMPLE : CR921F.DAT



FREQUENCIES
BELOW PLOT

0.
0.

ABOVE PLOT

.01063

4.58419E- 3

F

.54255

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

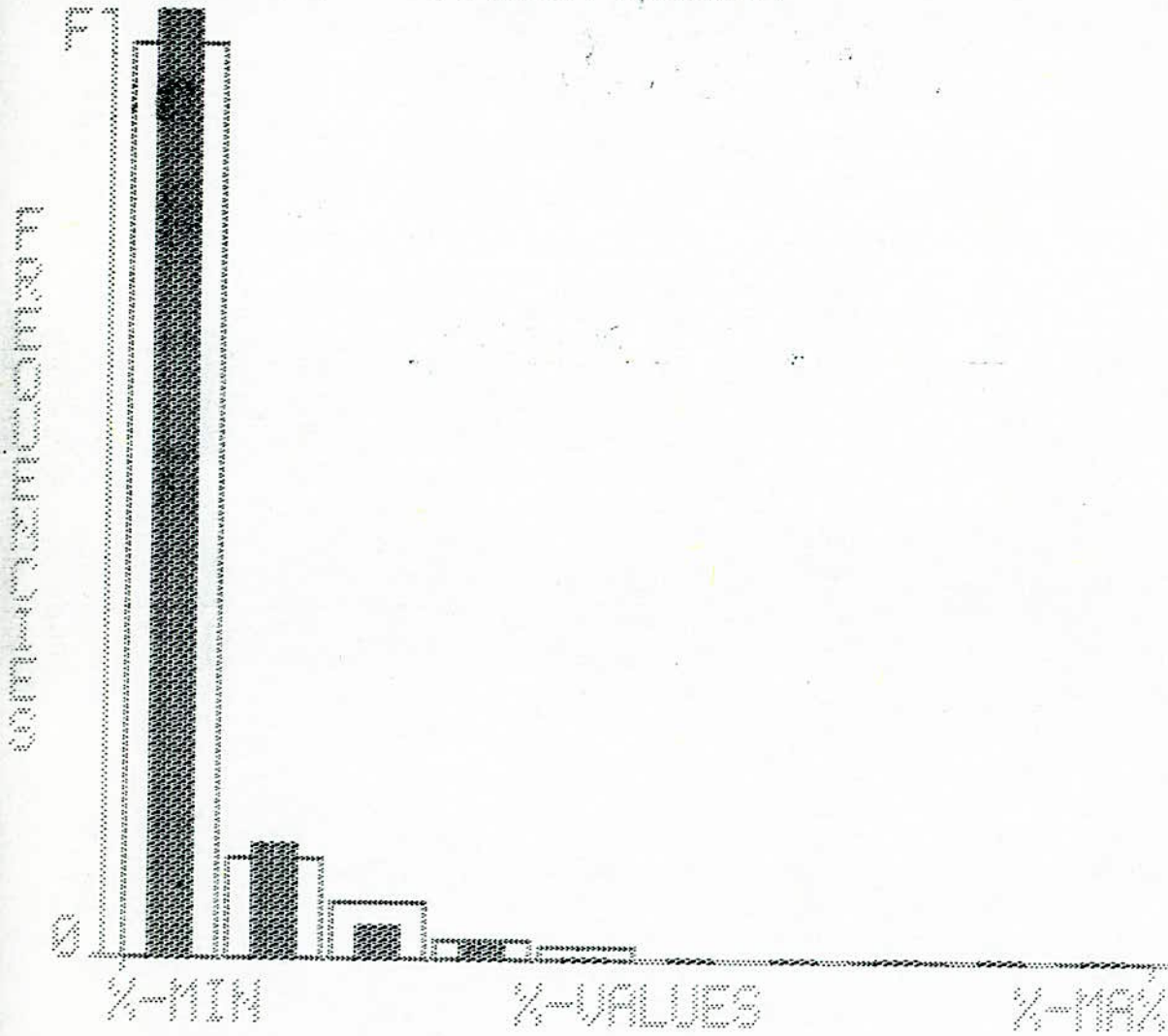
1296.00

INTERVAL WIDTH

144.000

11-JUN-1995 2:19 PM

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: LOG NORMALE
 AND SAMPLE : C6401TTR.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 3.30186E- 3

F
 .82968

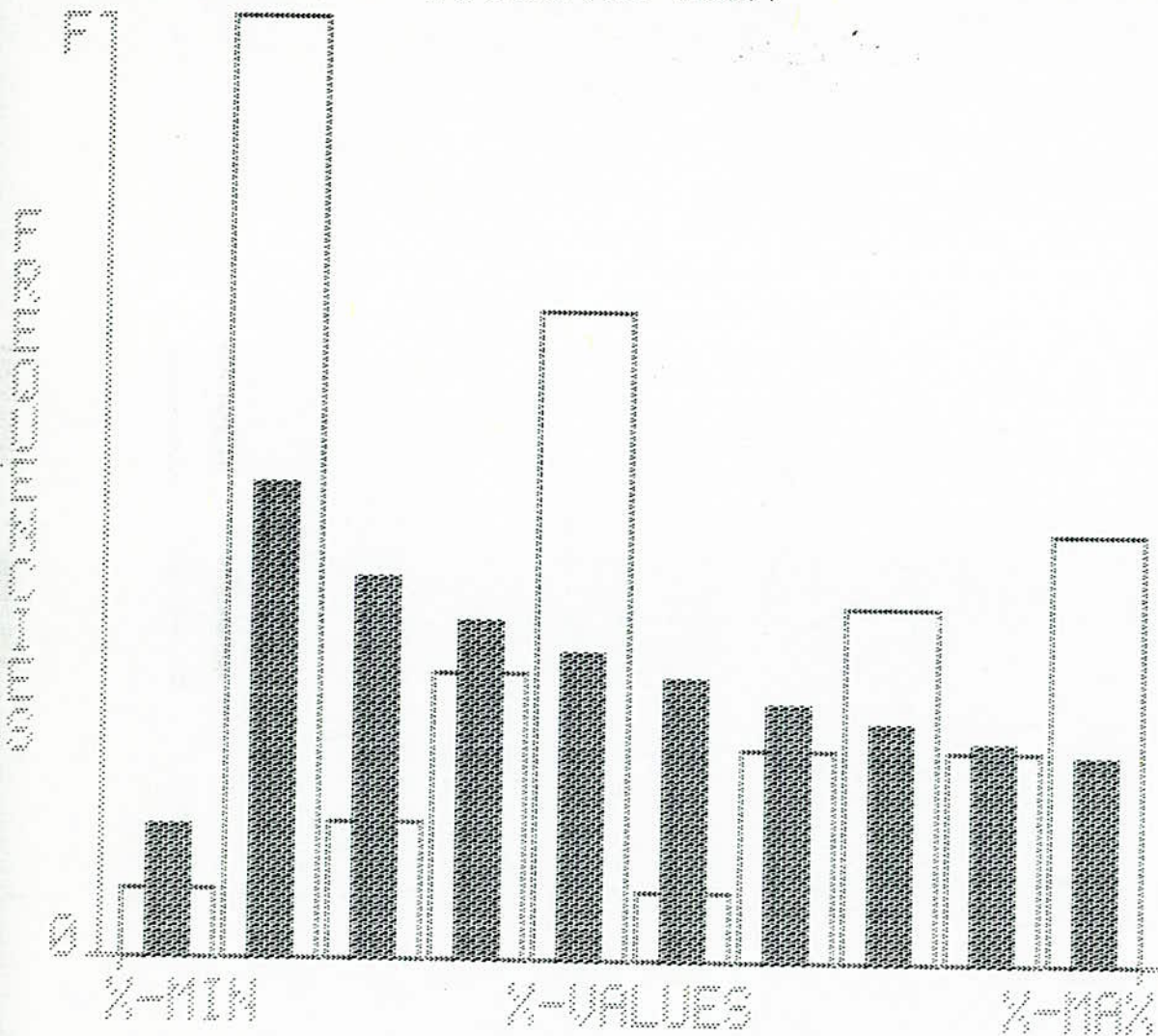
%-VALUES
 %-MIN

0.

%-MAX
 280.000

INTERVAL WIDTH
 28.0000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1:WEIBULL
AND SAMPLE # C3653TBF.DAT



FREQUENCIES
BELOW PLOT

0.
0.

ABOVE PLOT

.52949
.59570

F

.13285

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

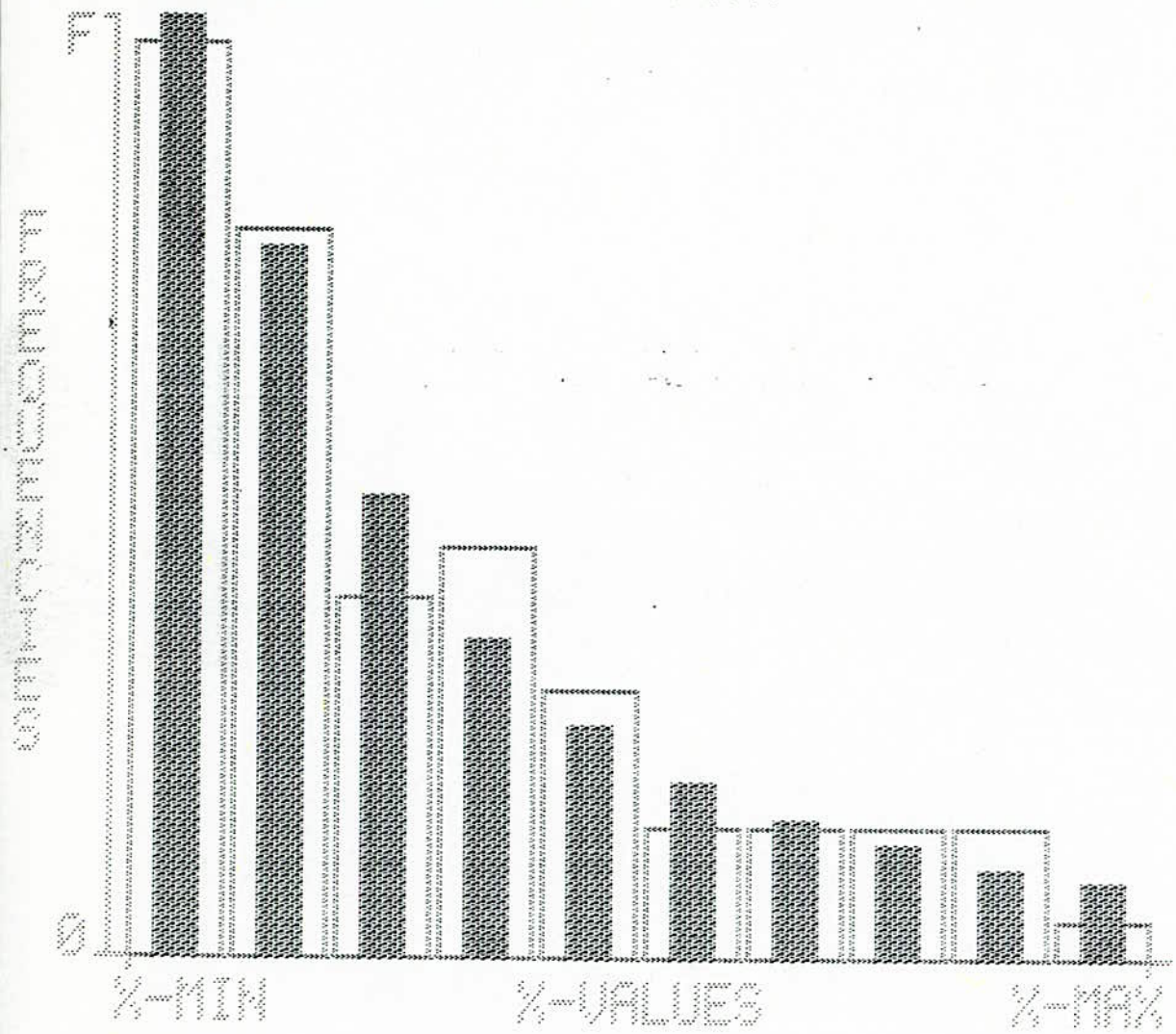
100.000

INTERVAL WIDTH

10.0000

11-JUN-1995 2:57 PM

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 2: LOG NORMALE
 AND SAMPLE : CSWATTR.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

S.
 S.

ABOVE PLOT

.16279
 .16399

F
 .23916

%-VALUES

%-MIN

0.

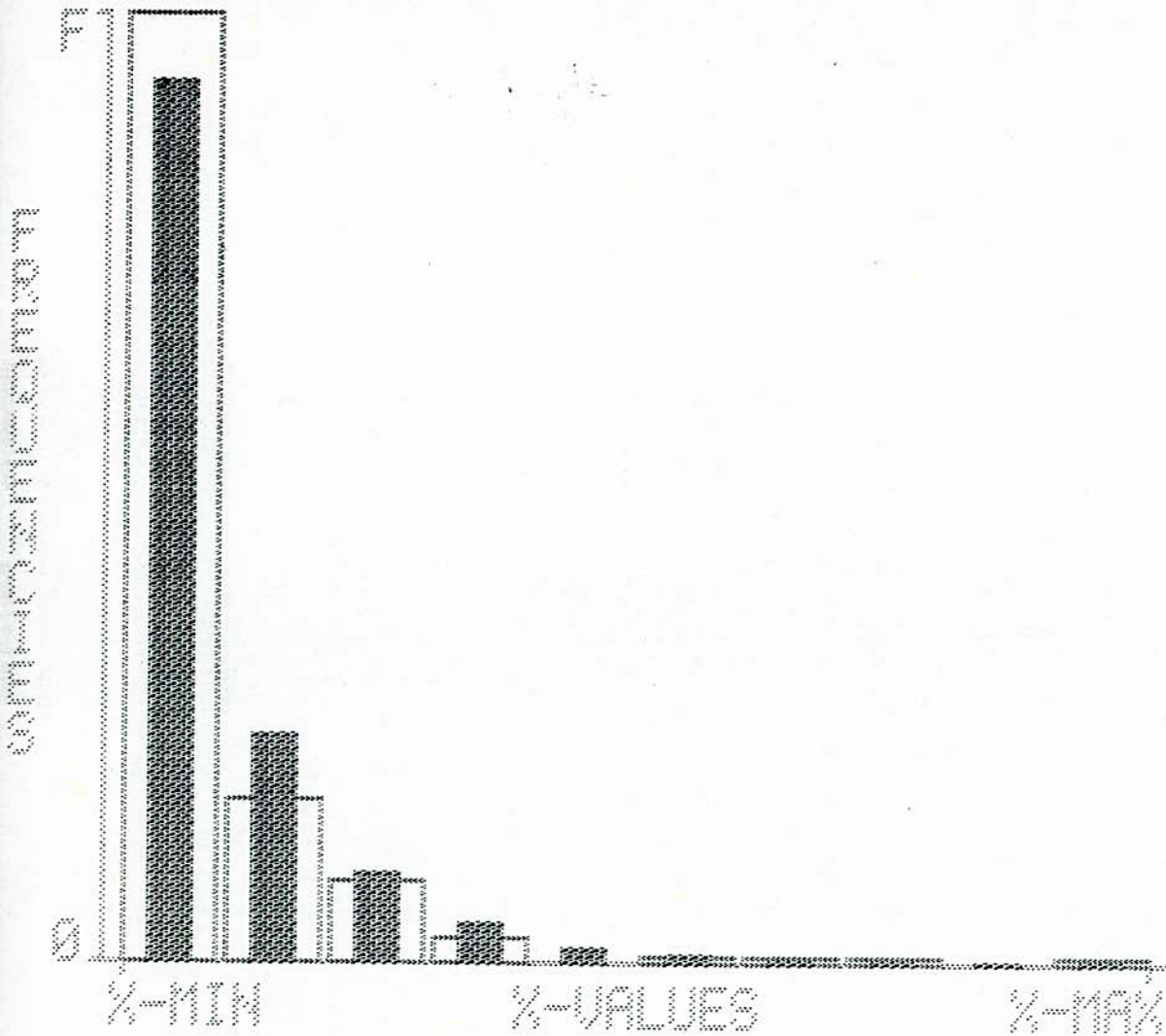
%-MAX

300.000

INTERVAL WIDTH

30.0000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: WEIBULL
 AND SAMPLE : C9M1TBF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 1.01388E- 3

F
 .73255

%-VALUES

%-MIN

0.

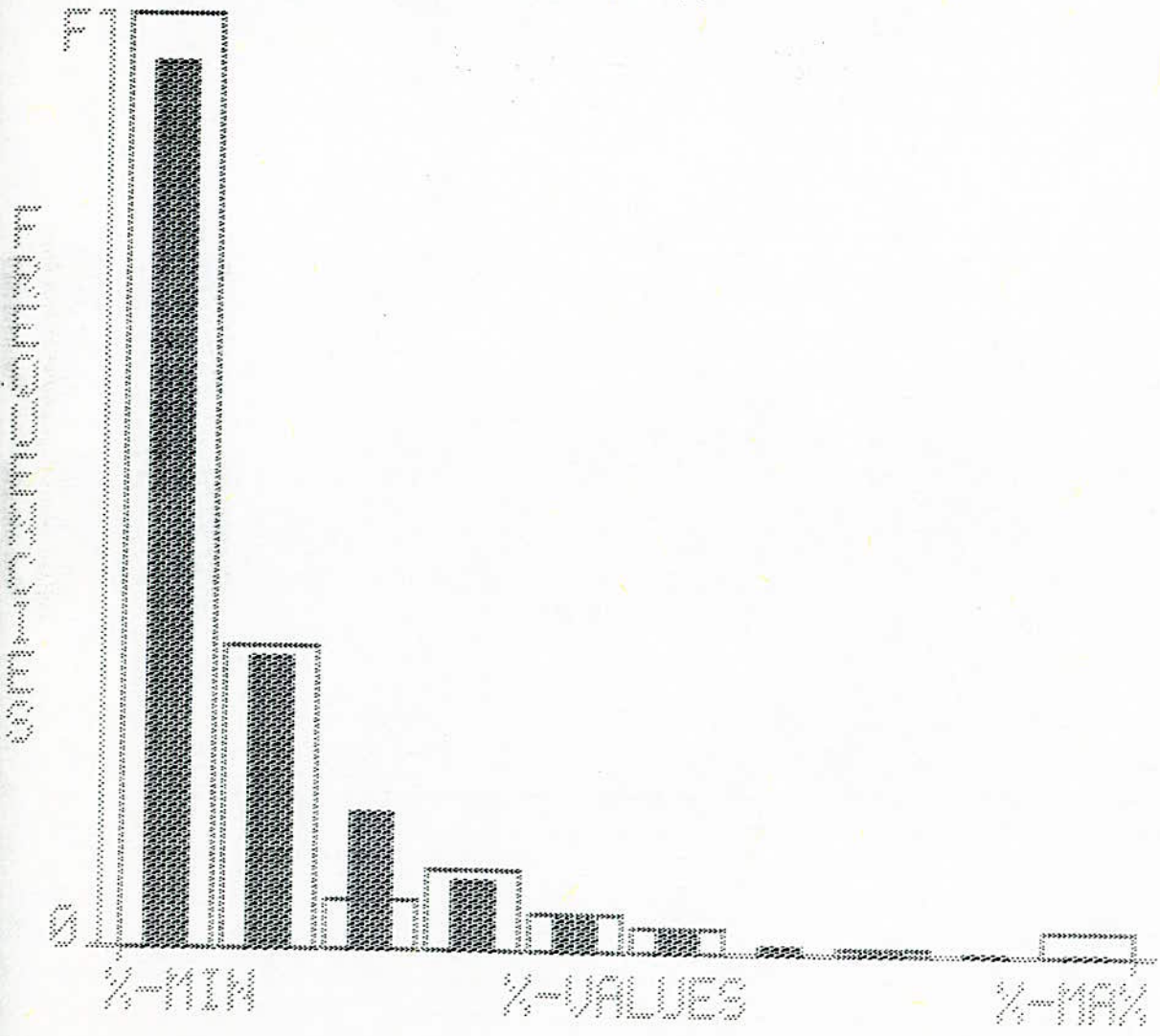
%-MAX

1890.00

INTERVAL WIDTH

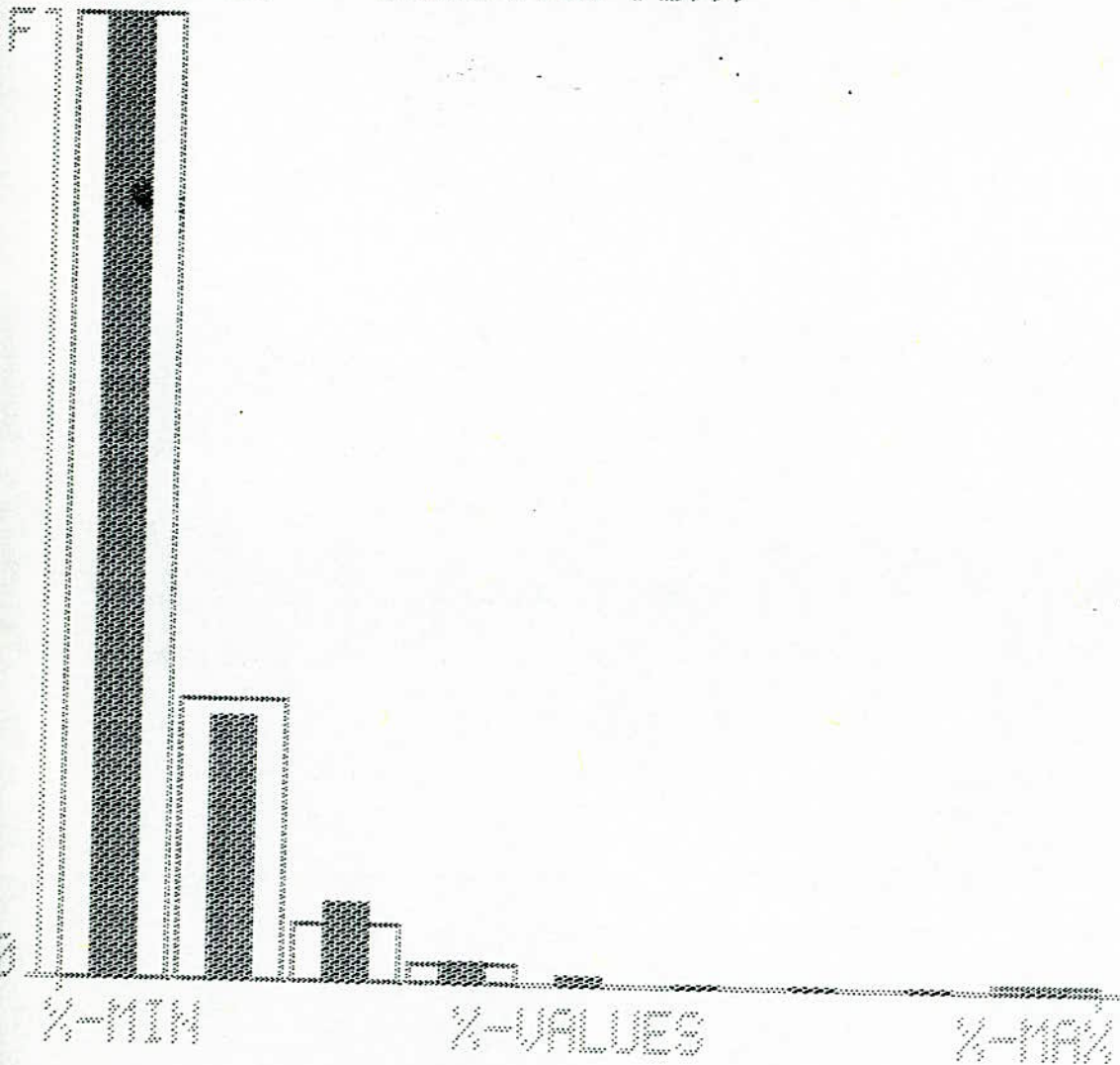
189.000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1:WEIBULL
 AND SAMPLE : CS91NF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT
 0.
 0.
 ABOVE PLOT
 0.
 3.64828E- 3
 F
 .62616
 %-VALUES
 %-MIN
 0.
 %-MAX
 1550.00
 INTERVAL WIDTH
 155.000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1:WEIBULL
 NO SAMPLE # C8661TBF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 7.30753E- 5

F
 .71153

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

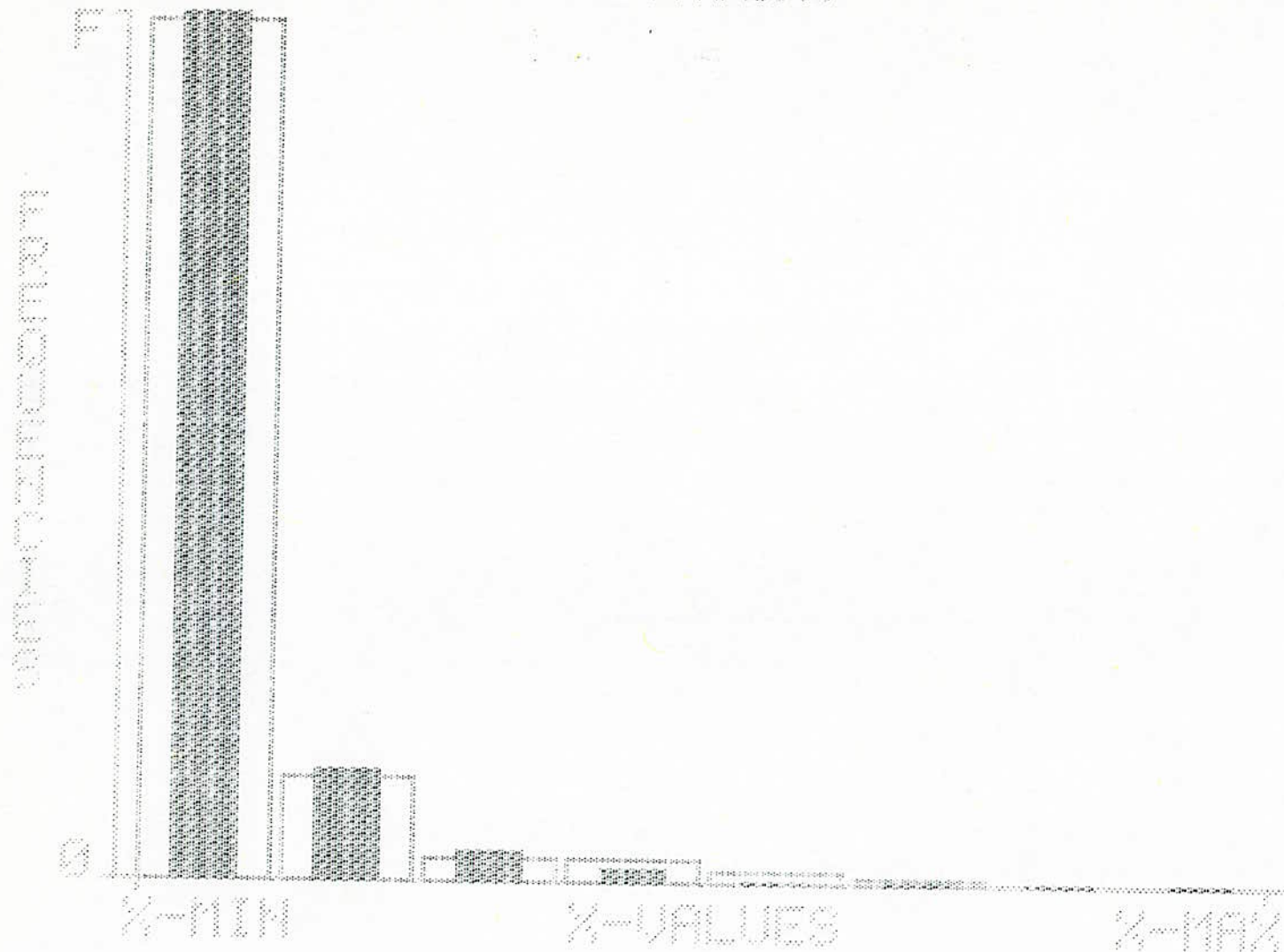
2259.00

INTERVAL WIDTH

251.000

11-JUN-1995 12:50 PM

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: LOG-NORMALE
 AND SAMPLE : C998TTR.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

8.54701E-
 4.98423E-

F

.81920

X-VALUES

X-MIN

0.

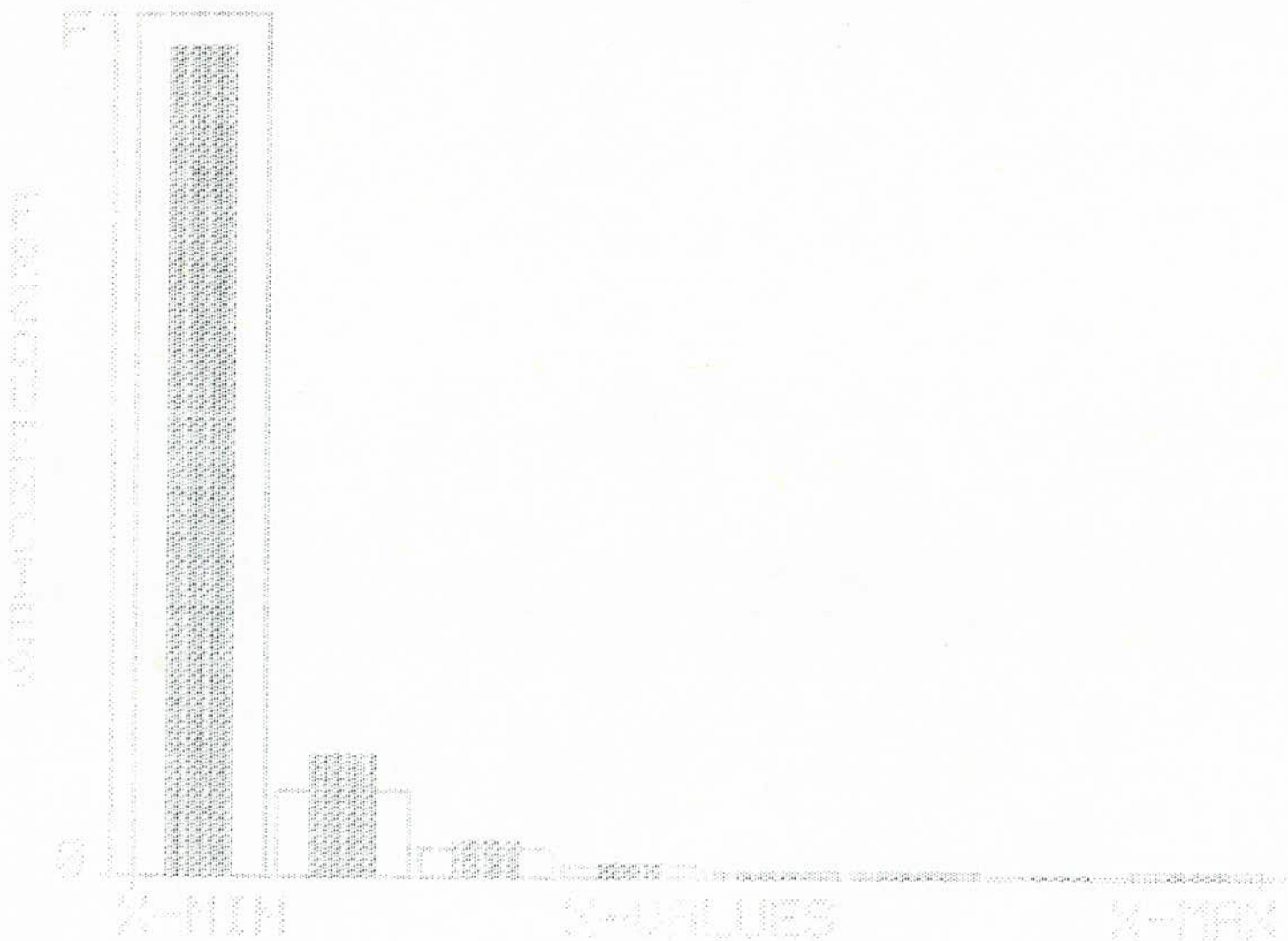
X-MAX

240.000

INTERVAL WIDT

30.0000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1:WEIBULL
 AND SAMPLE : C998TBF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

Above PLOT

0.
 1.39445E--

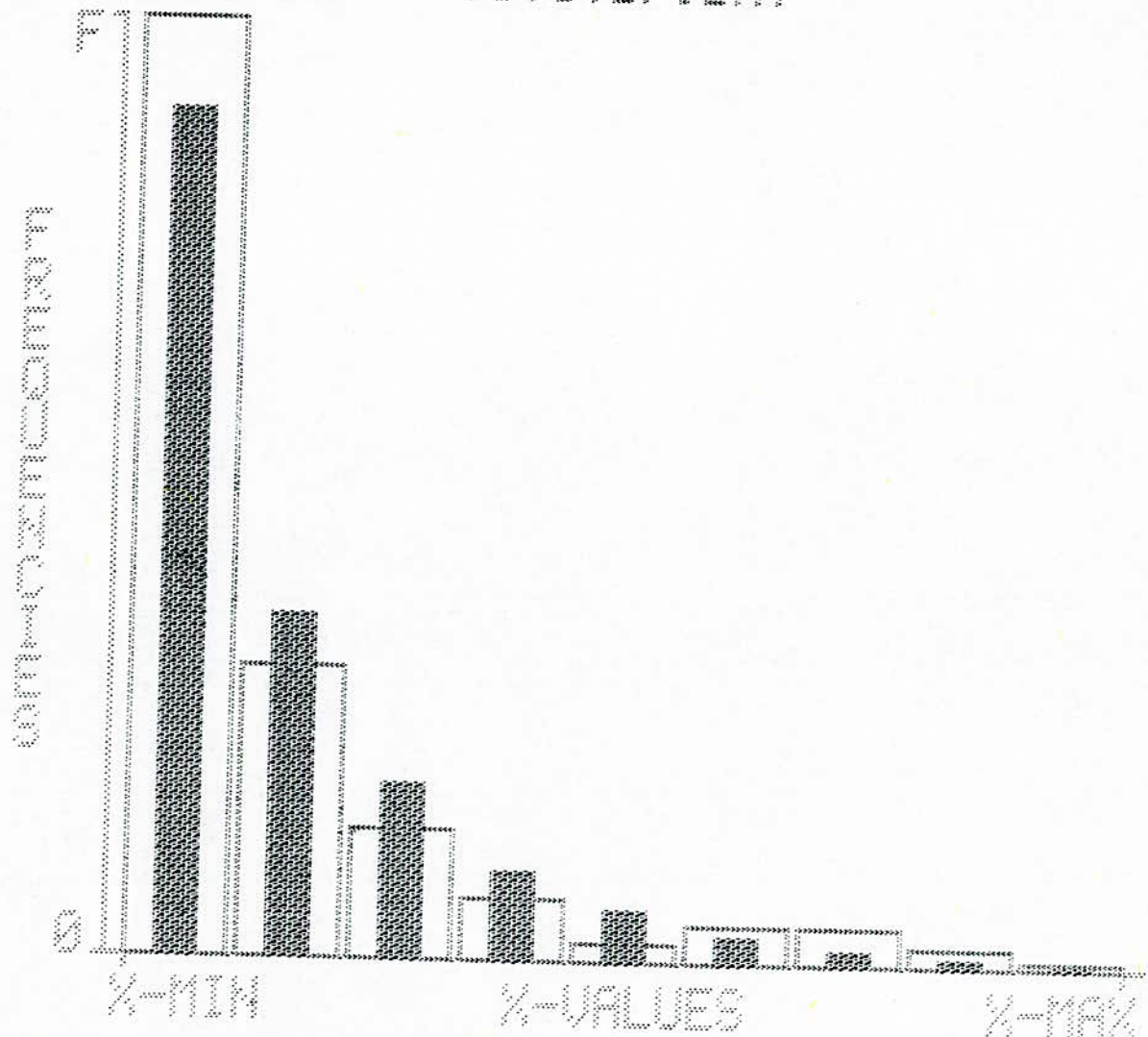
F
 .83780

X-VALUES
 X-MIN

X-MAX
 25.0000

INTERVAL WIDT
 30.0000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1:WEIBULL
 AND SAMPLE : C9671TEF.DAT



FREQUENCIES
BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 6.26582E- 3

F

.58974

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

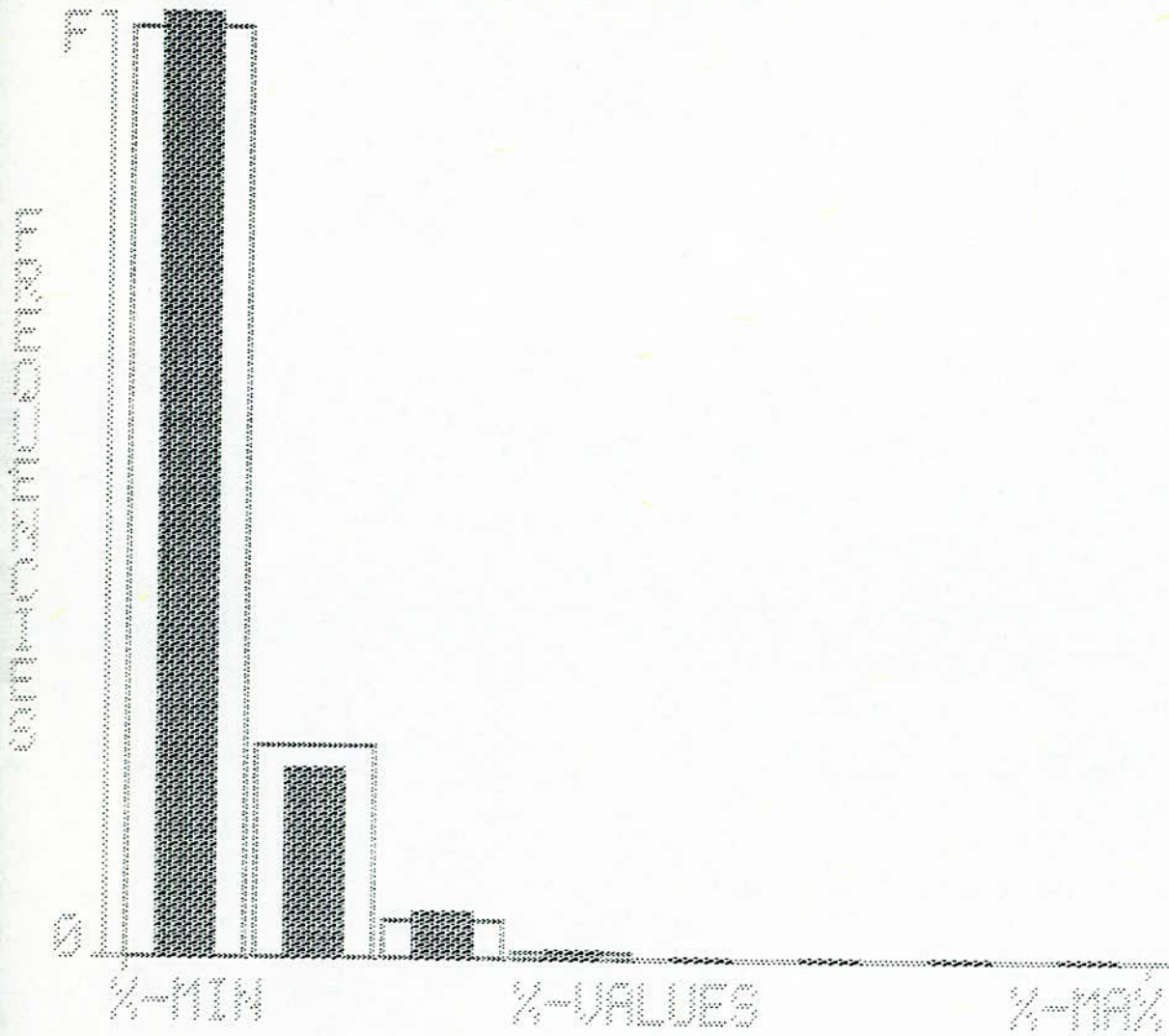
1071.00

INTERVAL WIDTH

119.000

11-JUN-1995 3:10 PM

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1:WEIBULL
 AND SAMPLE : L225TBF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 5.89490E- 5

F
 .78237

%-VALUES

%-MIN

0.

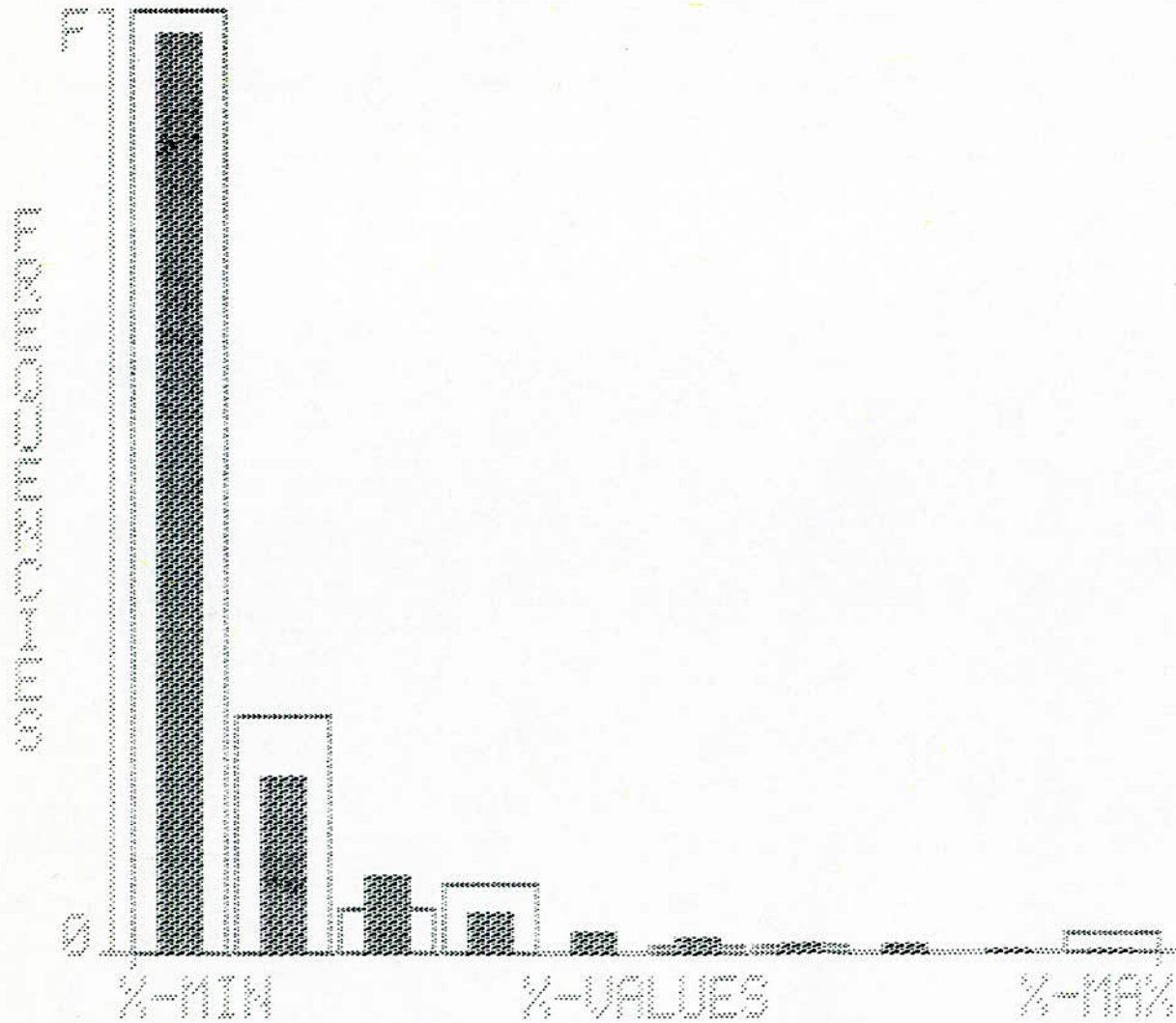
%-MAX

3832.00

INTERVAL WIDTH

454.000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: GAMMA
 AND SAMPLE : C6031TTR.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.

.03188

F

.89842

%-VALUES

%-MIN

0.

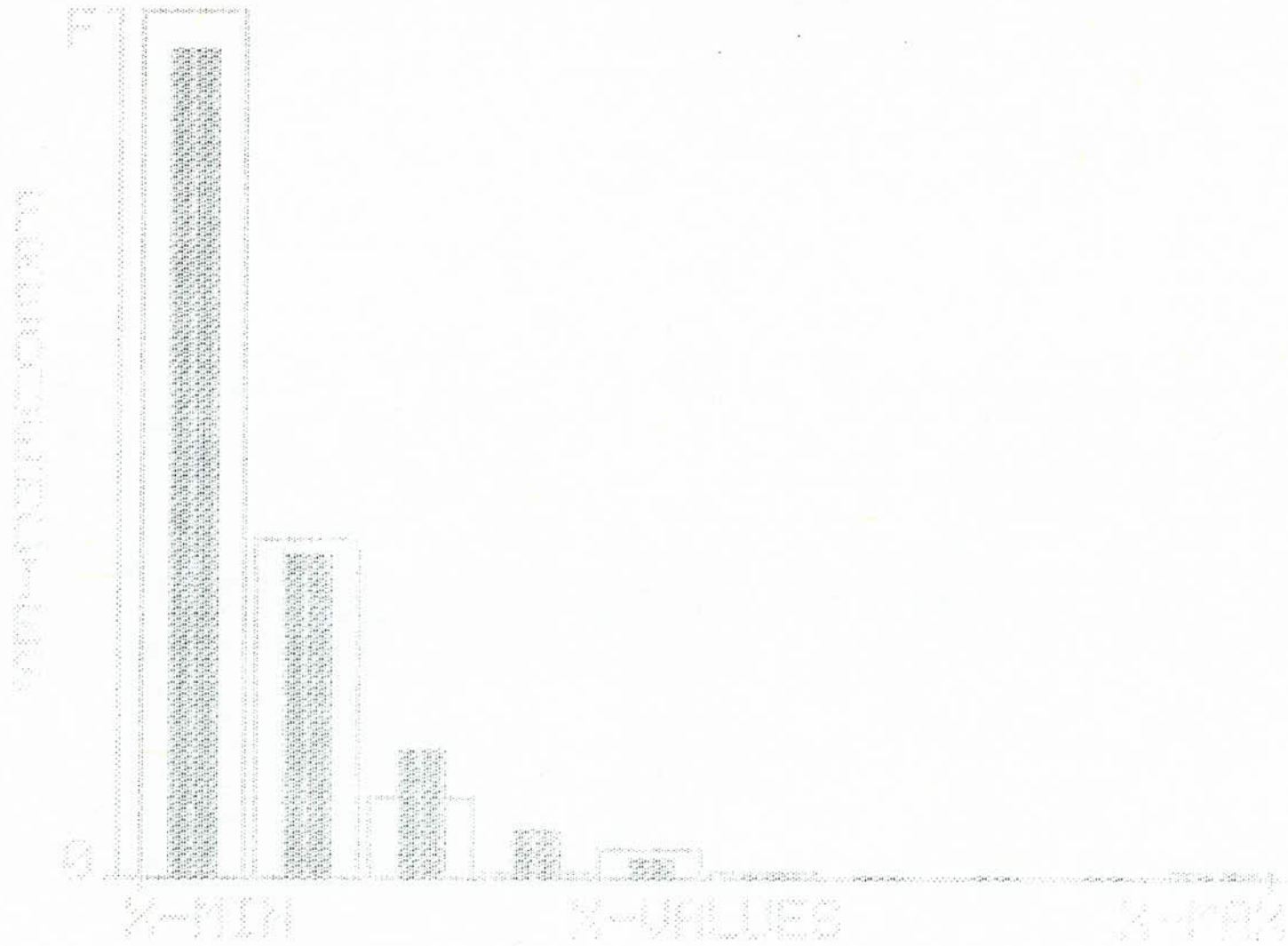
%-MAX

130.000

INTERVAL WIDTH

13.0000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 3:EXPONENTIAL
 AND SAMPLE : C6031TBF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 9.79900E-

F
 .63392

X-VALUES

X-MIN

0.

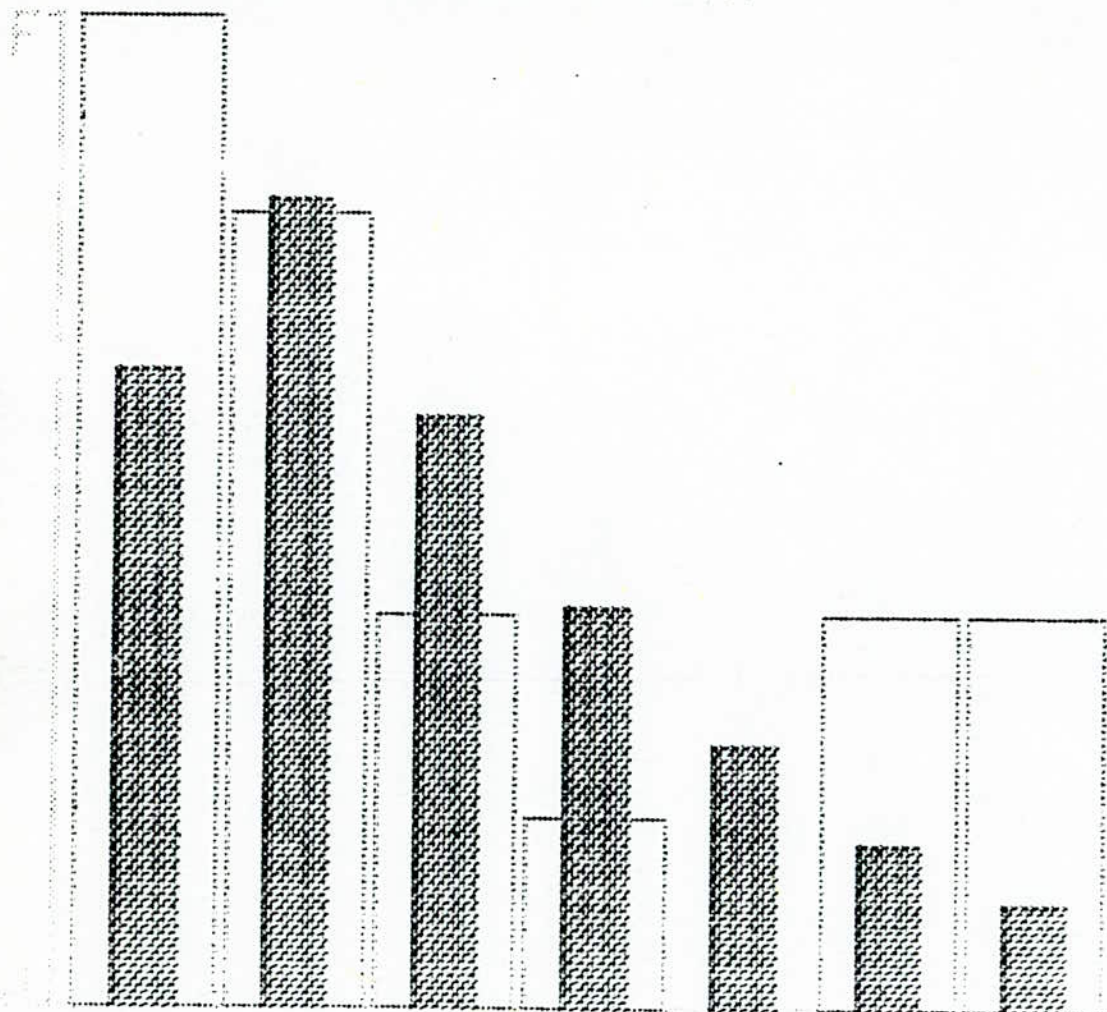
X-MAX

1600.00

INTERVAL WIDTH

100.000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1:WEIBULL
 AND SAMPLE : L2411TBF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 .05498

F
 .31250

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

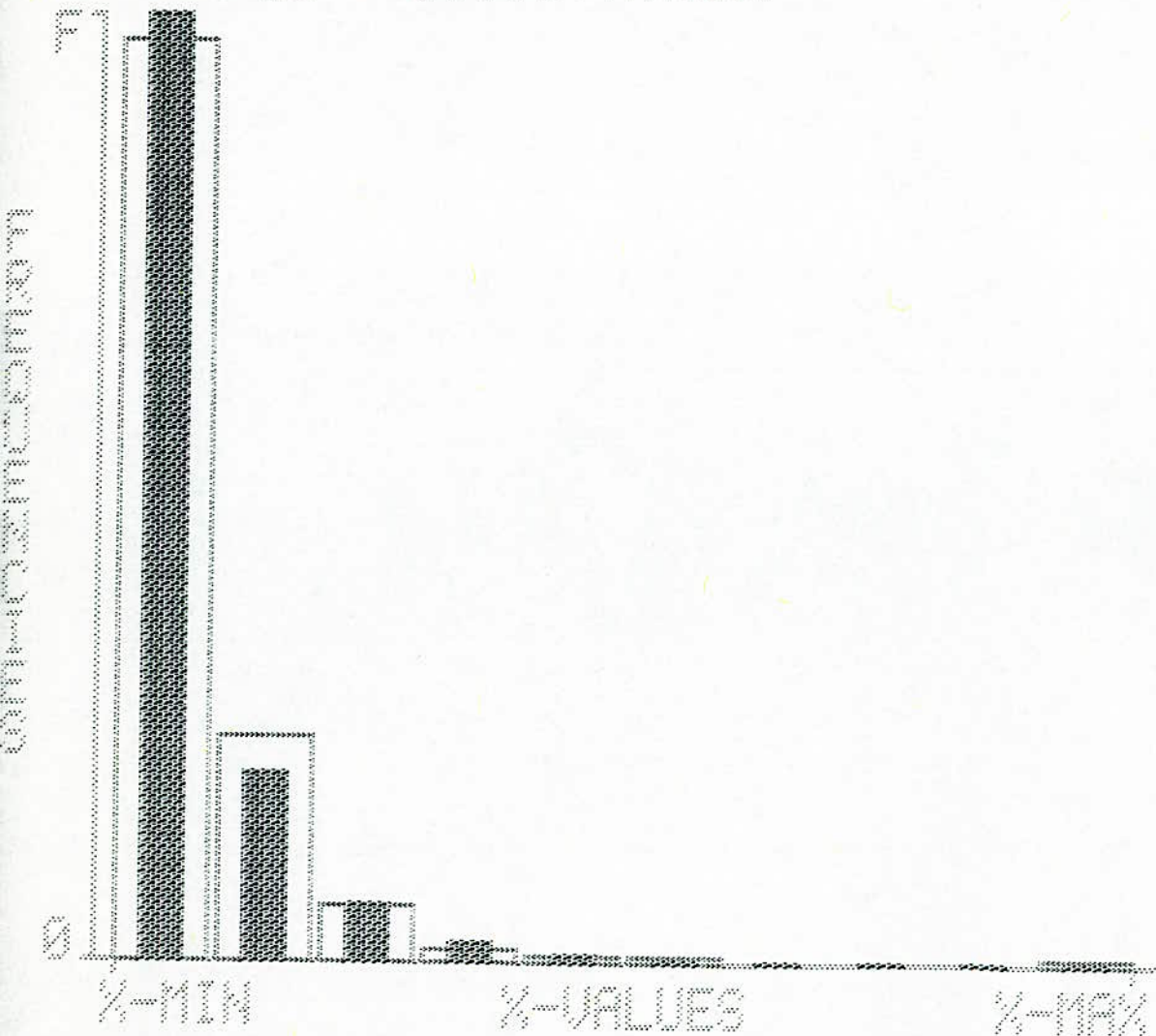
5334.00

WEIBULL WIDTH

541.00

WEIBULL SCALE

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: LOG NORMALE.
 AND SAMPLE : C8981TTR.DAT



FREQUENCIES
BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 2.51704E- 3

F
 .75077

%-VALUES

%-MIN

0.

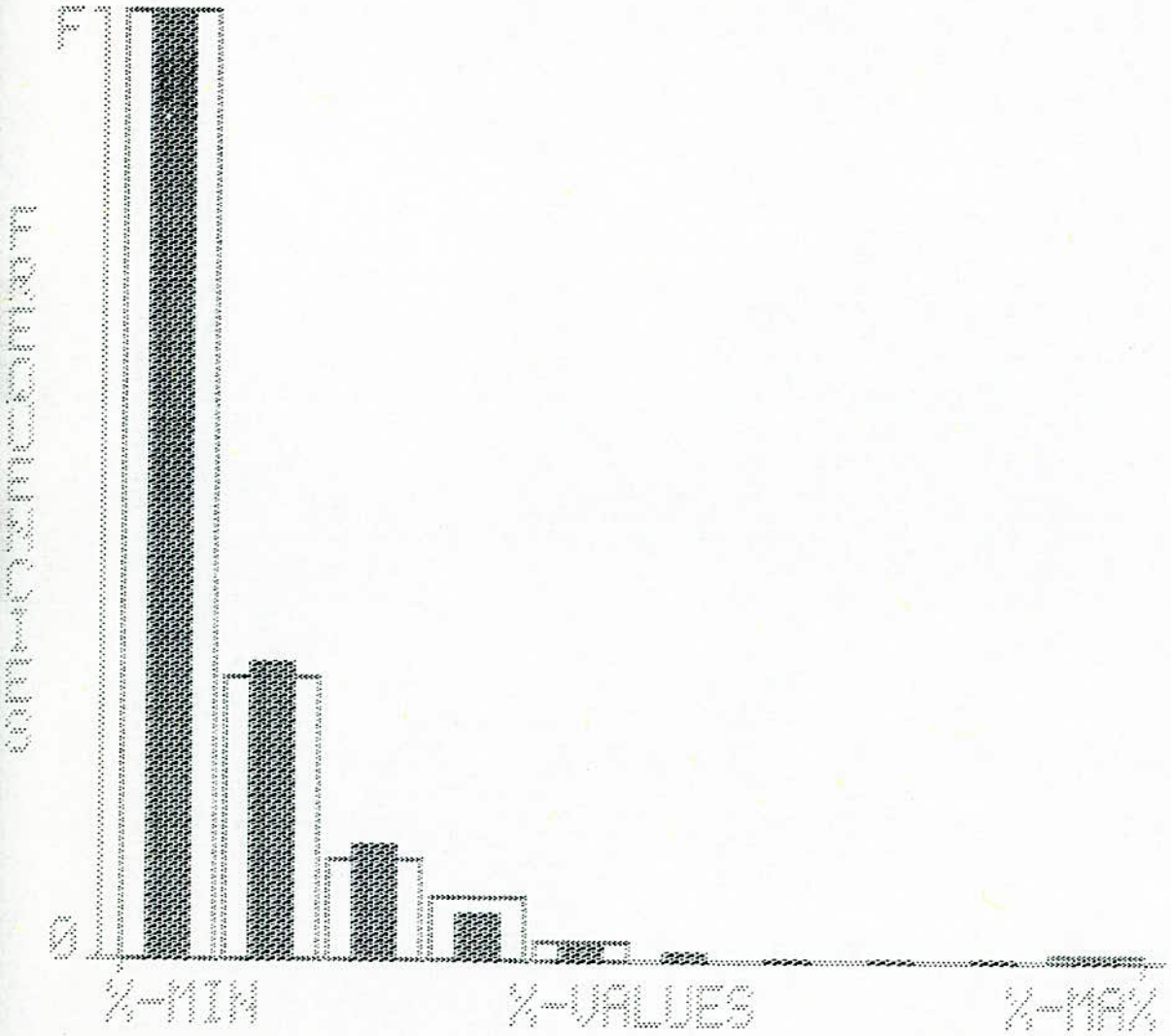
%-MAX

130.000

INTERVAL WIDTH

13.0000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: WEIBULL
 AND SAMPLE # C8951TBF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 3.46065E- 4

F
 .65573

%-VALUES

%-MIN

0.

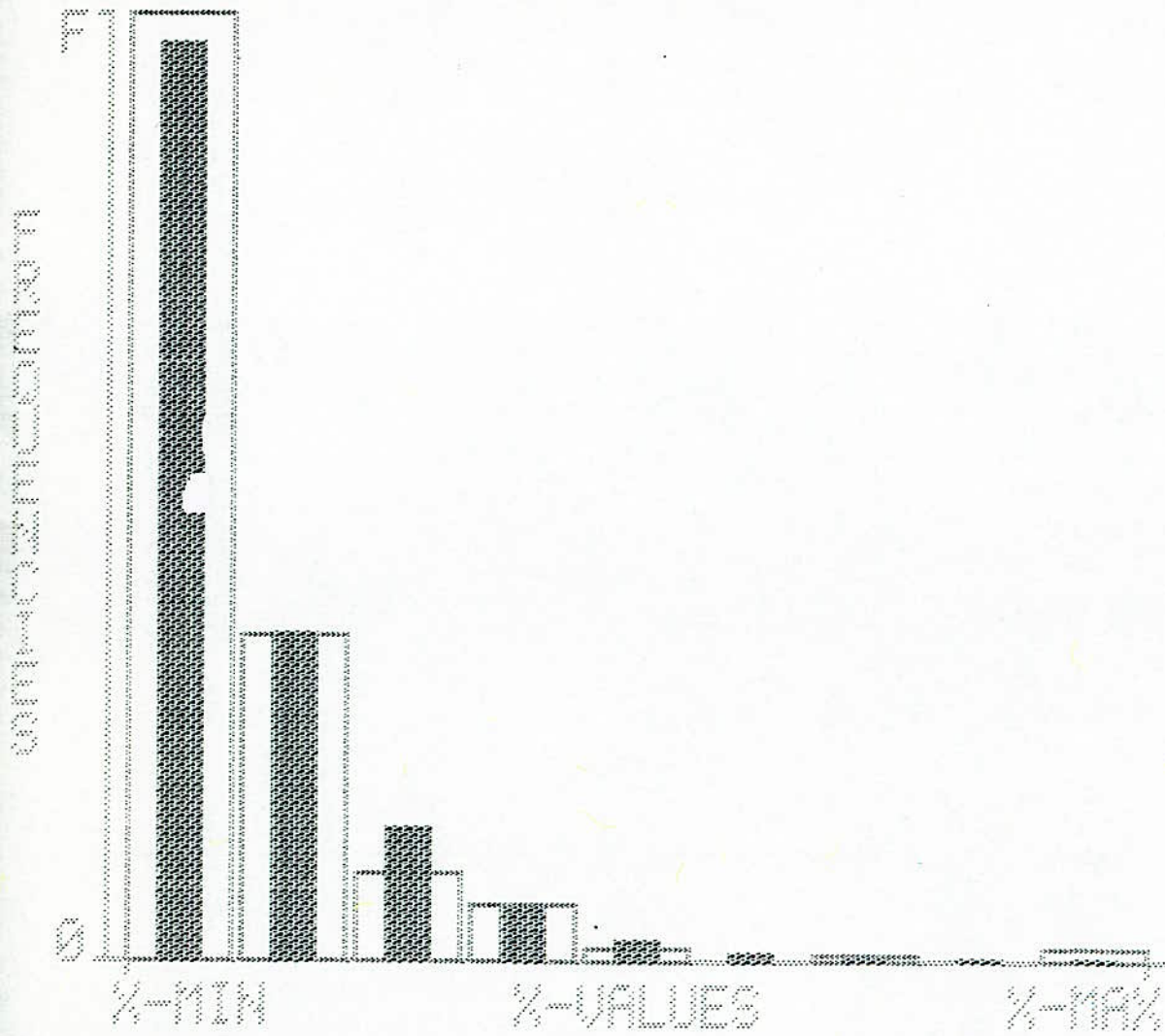
%-MAX

1900.00

INTERVAL WIDTH

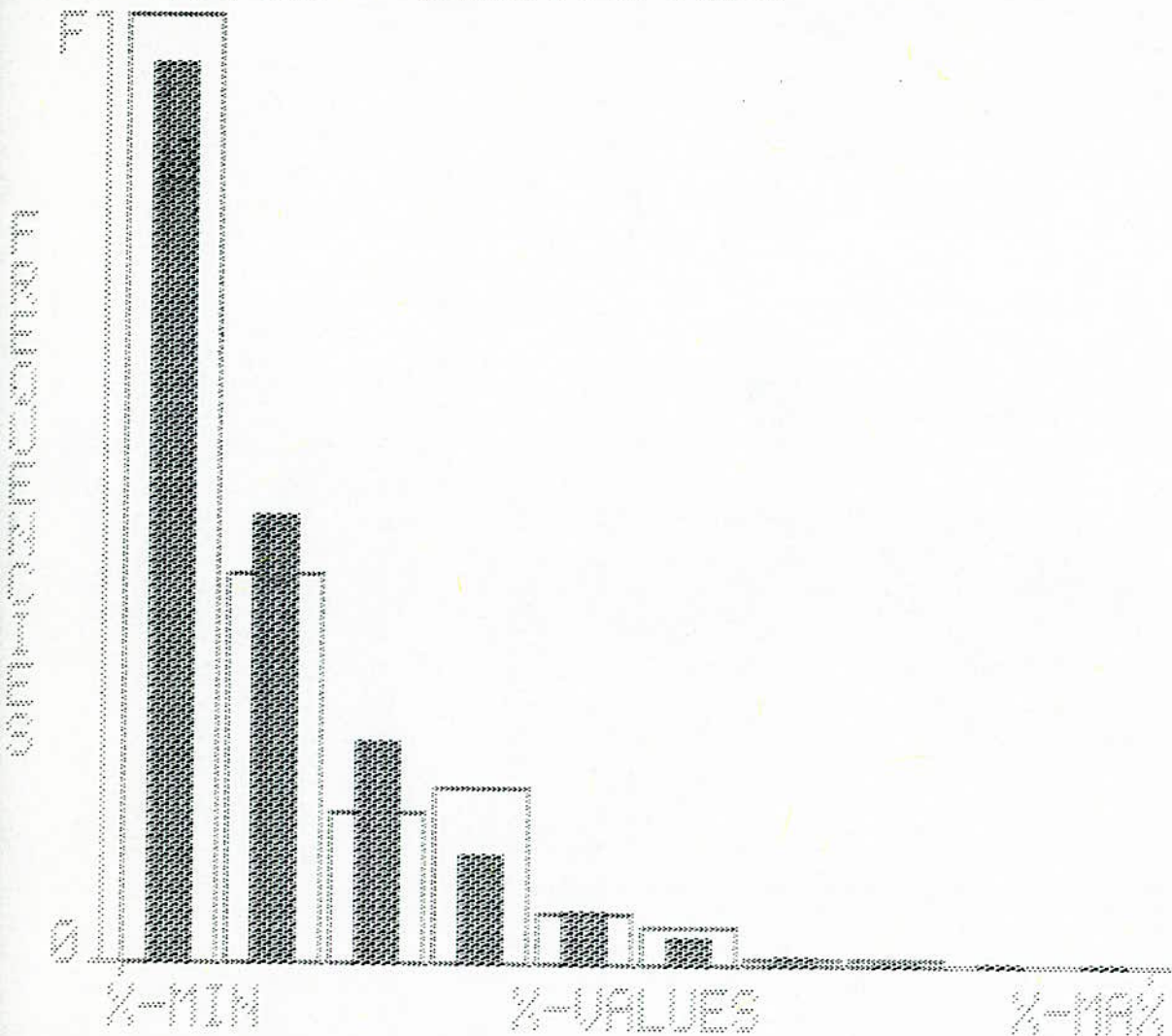
190.000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: WEIBULL
 AND SAMPLE : C3531TBF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT
 0.
 0.
 ABOVE PLOT
 0.
 6.99103E- 4
 F
 .63571
 %-VALUES
 %-MIN
 0.
 %-MAX
 1053.00
 INTERVAL WIDTH
 117.000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: EXPONENTIAL
 AND SAMPLE : CS251TBF.DAT



FREQUENCIES

BELOW PLOT

0.

0.

ABOVE PLOT

0.

9.90331E- 4

F

.52713

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

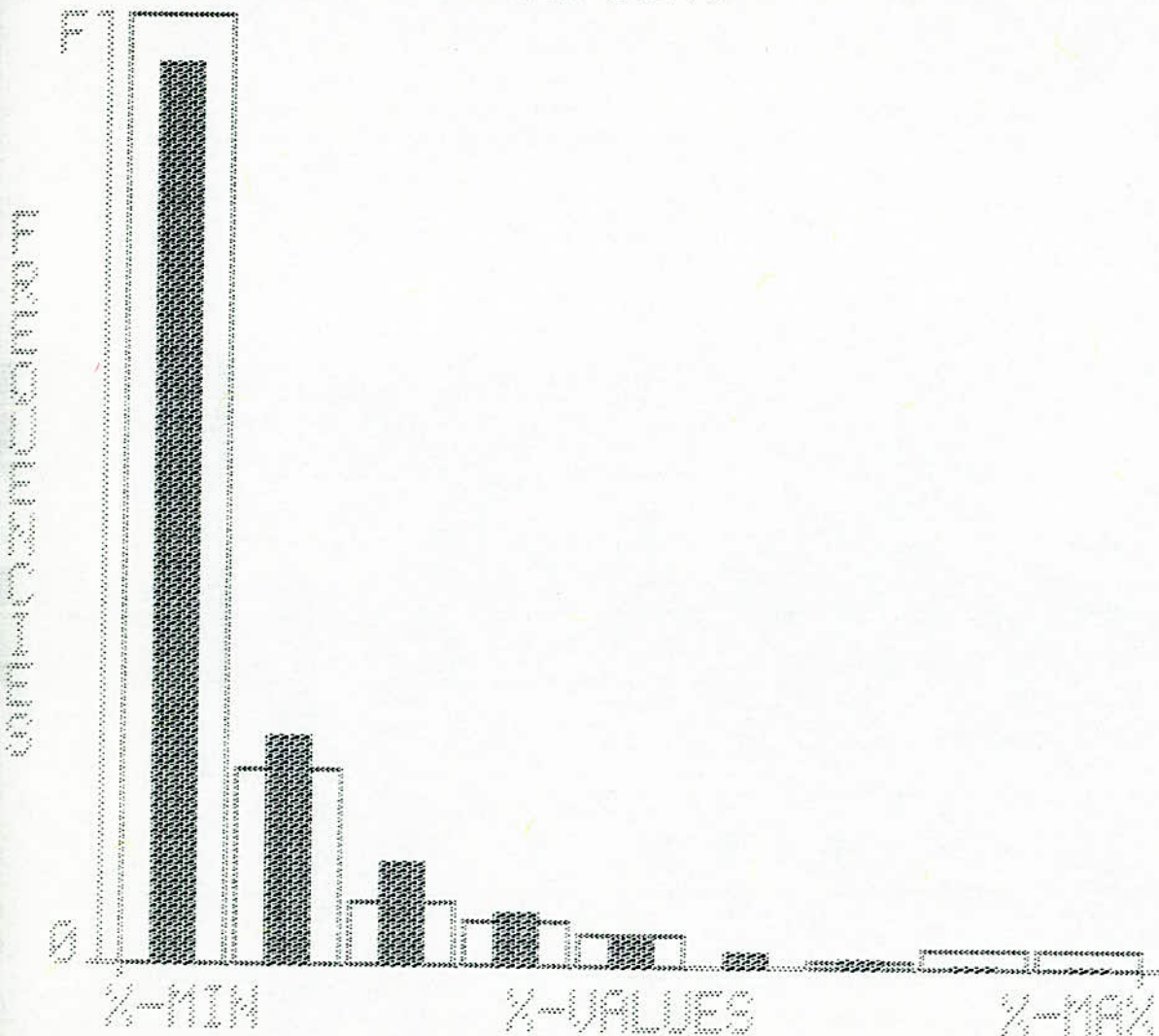
930.000

INTERVAL WIDTH

93.0000

11-JUN-1995 2:10 PM

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: WEIBULL
AND SAMPLE : C594MF.DAT



FREQUENCIES

BELOW PLOT

0.

0.

ABOVE PLOT

8.62069E- 3

8.91932E- 3

F

.68965

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

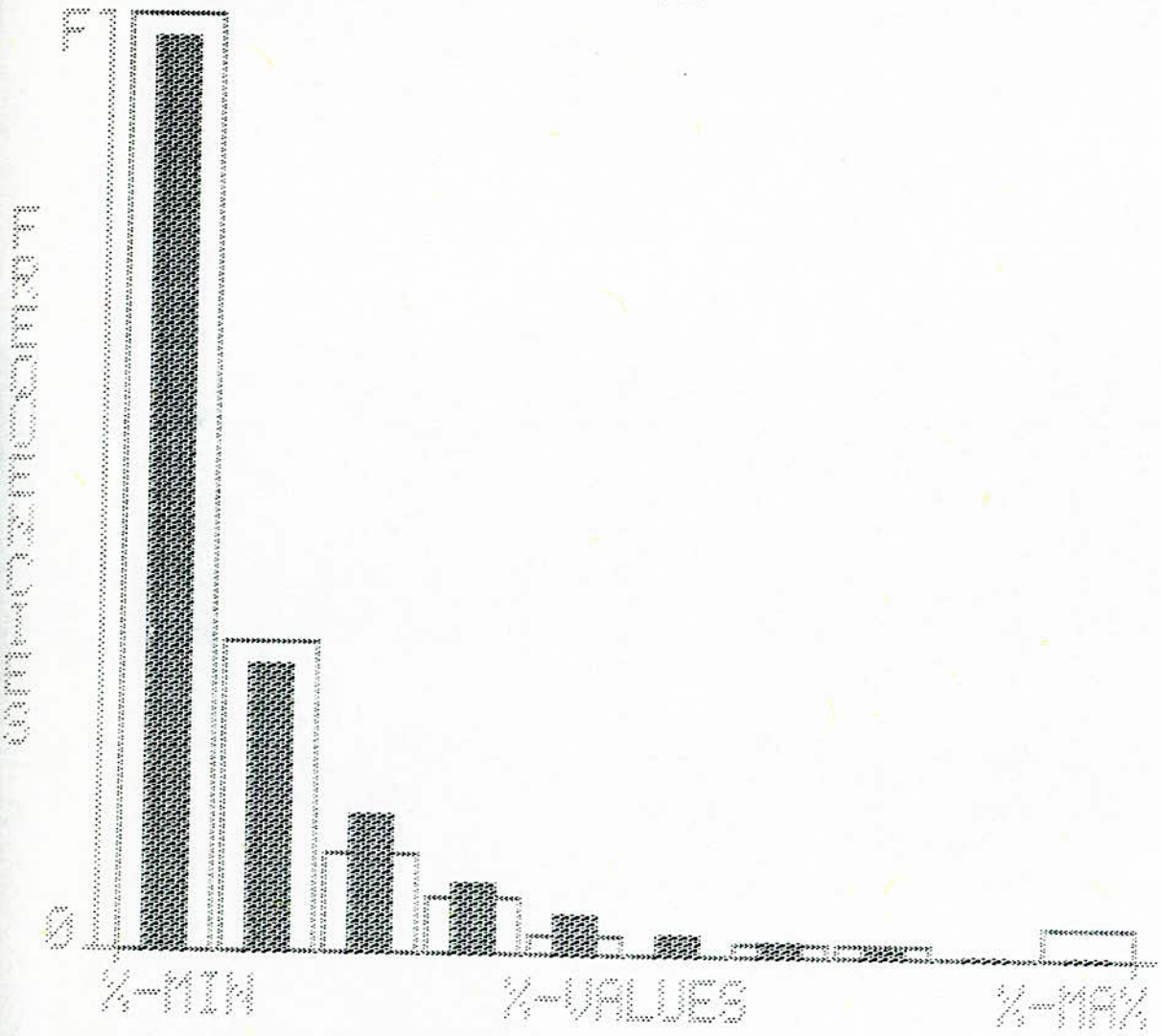
1548.00

INTERVAL WIDTH

172.000

11-JUN-1985 2:32 PM

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1 : WEIBULL
 AND SAMPLE : C5951F.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 5.16218E- 3

F
 .61363

%-VALUES

%-MIN

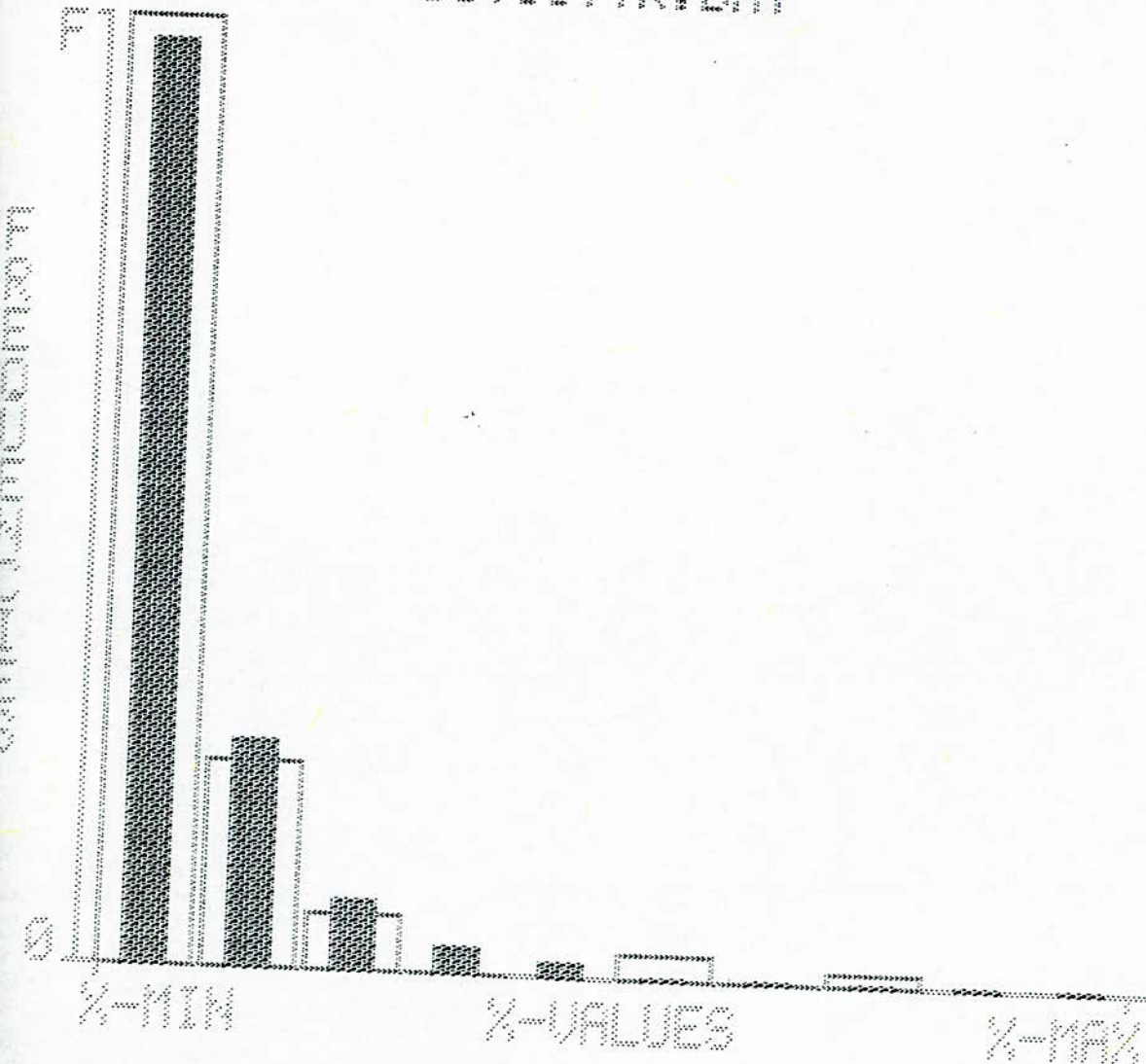
0.

%-MAX

1700.00
 INTERVAL WIDTH
 170.000

11-JUN-1995 3:00 PM

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1 : LOG NORMALE
 AND SAMPLE : CS711TTR.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

6.13497E- 3
 2.98607E- 3

F

.73006

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

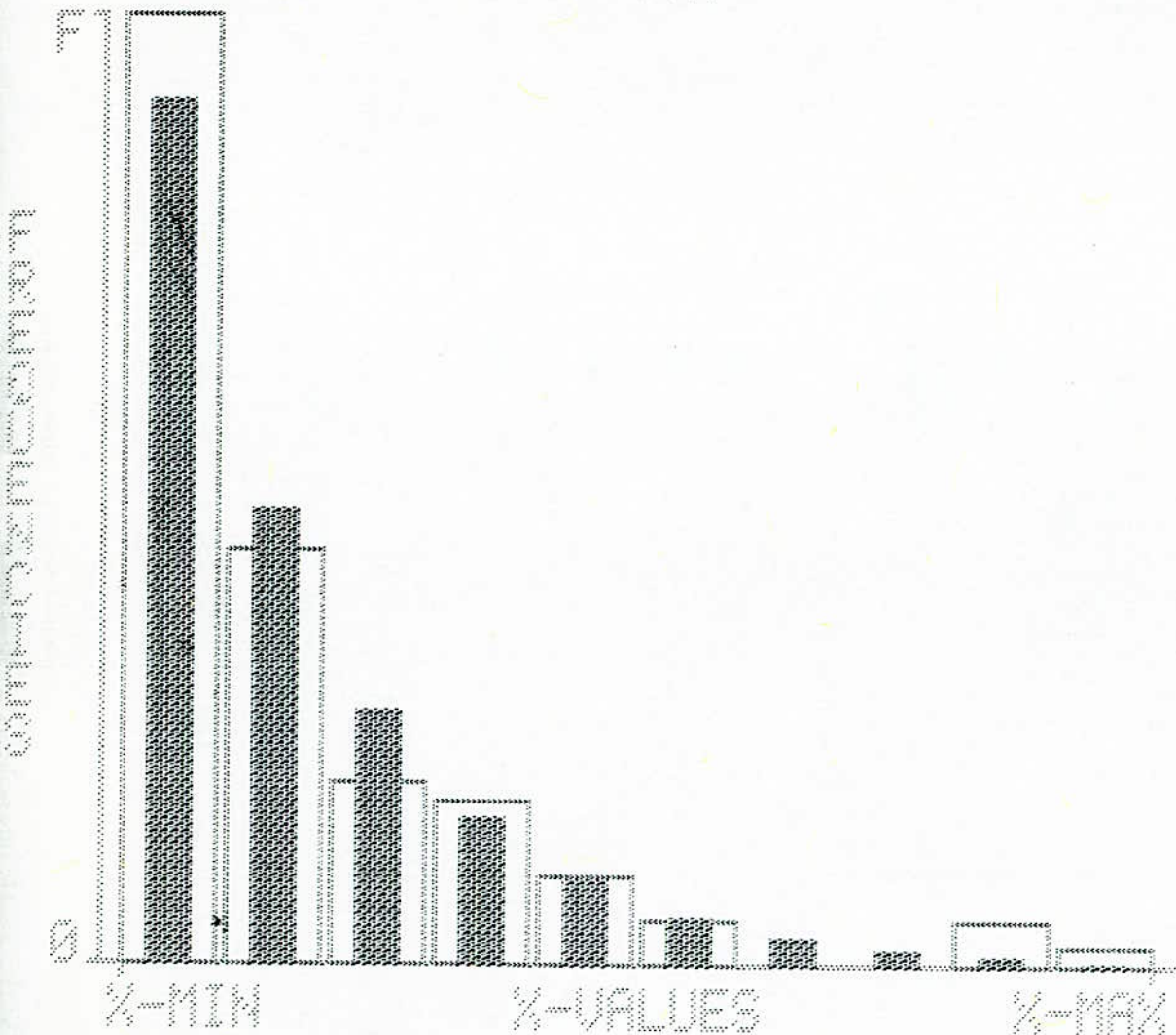
110.000

INTERVAL WIDTH

11.0000

11-JUN-1995 2:53 PM

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: WEIBULL
 AND SAMPLE : 06711F.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 4.86898E- 3

F

.49879

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

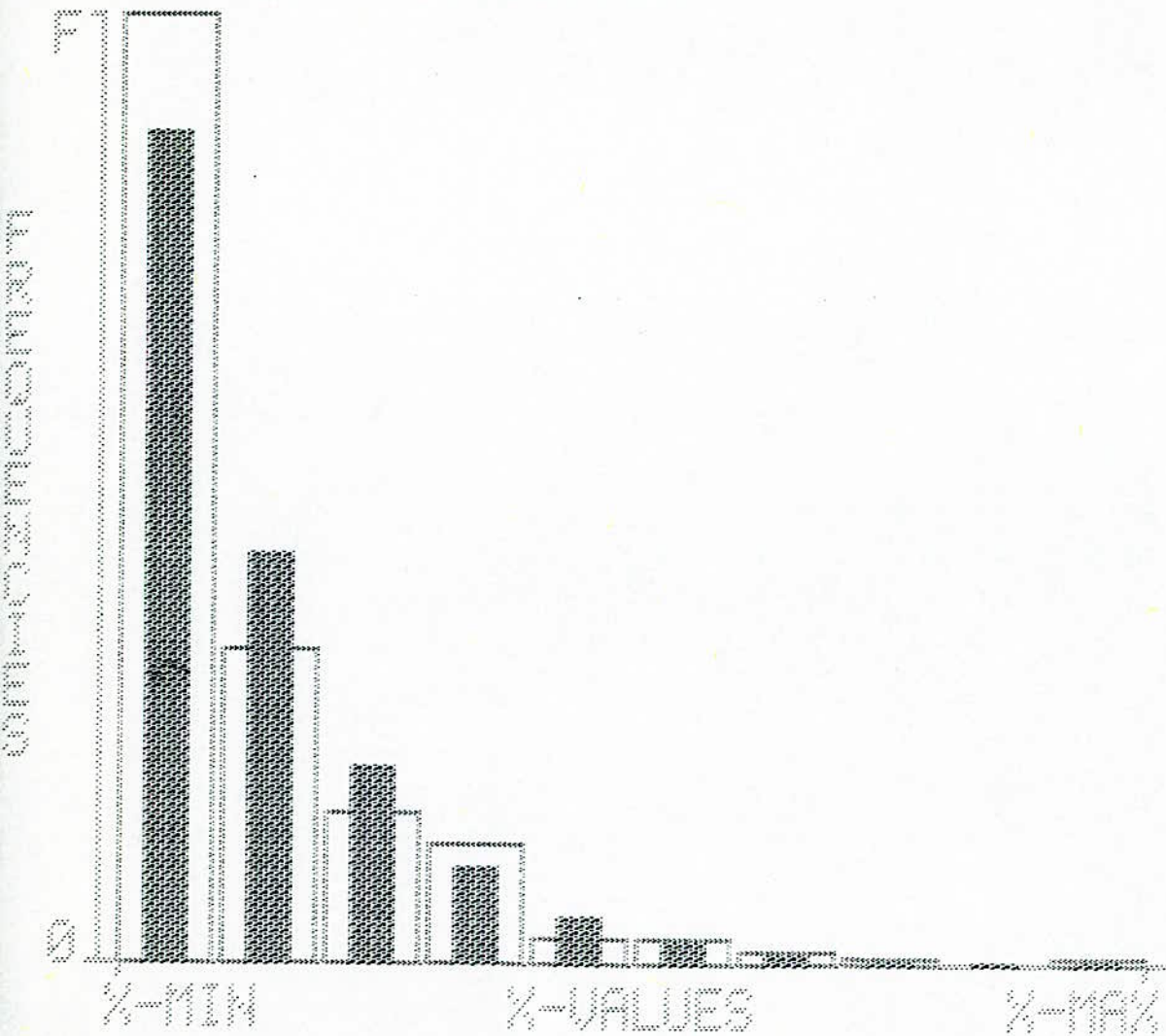
798.000

INTERVAL WIDTH

79.0000

11-JUN-1995 2:50 PM

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1:WEIBULL
 AND SAMPLE : C7721F.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.

1.29372E- 3

F

.57324

%-VALUES

%-MIN

0.

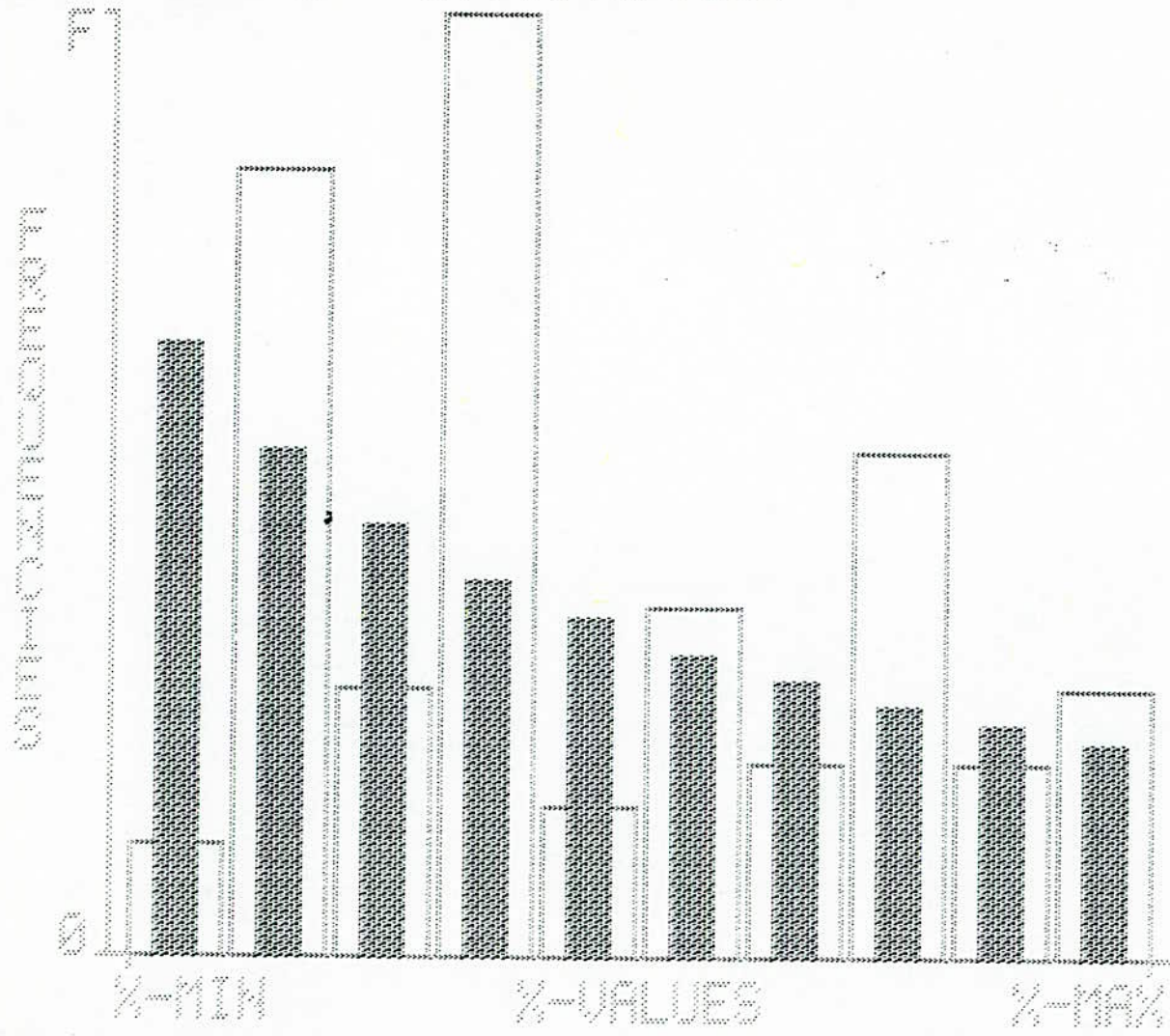
%-MAX

250.000

INTERVAL WIDTH

25.0000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: WEIBULL
 AND SAMPLE # C999ITEF.DAT



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

.44252
 .47856

F
 .13793

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

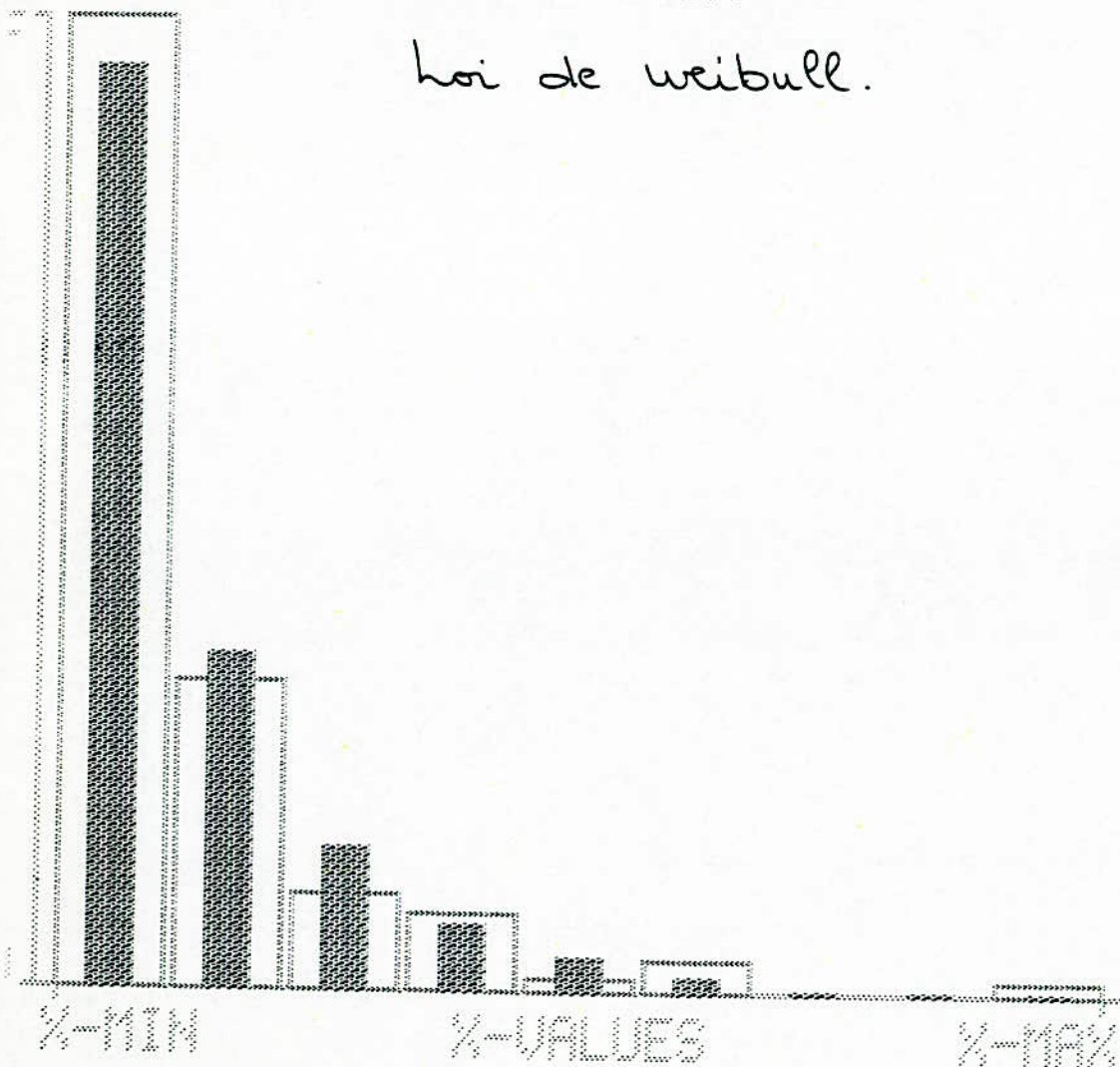
20.0000

INTERVAL WIDTH

0.00000

EQUENCY COMPARISON OF MODEL 1
 D SAMPLE : C1116TBF.DAT

loi de weibull.



FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

0.
 2.14851E- 3

F
 .62666

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

1836.00

INTERVAL WIDTH

204.000

11-JUN-1995 1:11 PM

Annexe B

Nous présentons dans cet annexe :

- Le taux d'actualisation.
- Le détail du calcul des coûts de pièces de rechanges consommées durant ces quatre dernières années.

Tableau du taux de change du dinars:

Années	IFF= (DA)	IFS (DA)	Taux d'actualisation
1978	0.8990	2.6100	0.10
1979	0.9100	2.3600	0.10
1980	0.9150	2.3300	0.10
1981	0.7900	2.1100	0.10
1982	0.7300	2.3350	0.10
1983	0.6436	2.2970	0.10
1984	0.5687	2.1425	0.20
1985	0.5651	2.0738	0.20
1986	0.6834	2.6258	0.20
1987	0.7994	3.2105	0.20
1988	1.0008	4.0316	0.30
1989	1.1906	4.6503	0.30
1990	1.6436	6.5032	0.30
1991	3.8950	15.5000	0.30
1992	5.1500	20.5000	0.30
1993	5.0843	19.8310	0.30
1994	9.7789	40.2367	0.30

Une unité monétaire (U.M) à l'origine, sa valeur va évoluer les années à venir.

Aujourd'hui U . M

Dans 1an U . M (1 + i₁)

Dans 2ans U . M (1 + i₁) (1 + i₂)

Dans n ans U . M (1 + i₁) (1 + i₂) (1 + i_j) (1 + i_n)

ij est l'ordre du taux d'inflation en l'années j.

Soit So : une somme disponible aujourd'hui

Dans n années, elle vaudra:

$$S_n = S_o (1 + i_1)(1 + i_2) \dots (1 + i_n)$$

Tableau de calcul de coût pièce de rechange spécifiques :

$$Cpdr_n = So (1+i_1)(1+i_2)...(1+i_n)$$

1- pour le four:

code pdr	Date d'achat	PU(devise)	PU(DA)	Date de sortie	PU (DA) actualisé	Quantités	Prix total
01963401z10	1987	5940 ff	4748.436	1991	16274.41	3	48823.23
01963401z13	1986	15390 ff	10517.526	1991	43256.31	1	43256.31
Total ---->							92079.54

1- pour la fraiseuse voumard:

Date de sortie des pieces : 1991

Code pdr	Date d'achat	PU(devise)	PU(DA)	PU (DA) actualisé	Quantités	Prix total
05426501Z09	1982	45 ff	32.85	235.41	2	470.81
05426501Z11	1980	38 ff	34.77	301.49	2	602.98
05426501Z13	1983	39.36 fs	90.41	588.99	2	1177.98
05426501Z17	1980	77 ff	70.455	610.92	1	610.92
05426501Z21	1983	8.44 fs	19.387		1	126.30
05426501Z23	1983	816 fs	1874.352		1	12210.75
06426501Z02	1980	460 ff	420.9	3649.62	1	3649.62
06426501Z08	1980	275 ff	251.265	2181.84	1	2181.84
06426501Z16	1980	2.80 ff	2562		1	22.22
07426501Z01	1983	624 ff	401.606	2616.32	2	5232.65
07426501Z13	1983	34.33 DA	34.33	223.65	2	447.29
04426501Z24	1980	11 ff	10.065	87.27	12	1047.28
05426501Z07	1980	24 ff	21.96	190.42	2	380.83
05426501Z08	1983	124.8 fs	286.667	286.667	1	1867.53
01426501Z10	1983	207.36 fs	476.306	476.306	1	3102.97
01426501Z13	1980	68.10ff	62.321	540.30	3	1620.92
02426501Z02	1979	267.9 DA	267.9	267.9	1	2555.26
02426501Z03	1980	370.95DA	370.95	370.95	1	3216.51
02426501Z09	1980	59 ff	53.983	468.09	3	1404.26
Total ---->						41928.92

Date de sortie des pieces : 1992

Code pdr	Date d'achat	PU(devise)	PU(DA)	PU (DA) actualisé	Quantités	Prix total
01426501Z18	1983	1010 ff	650.036	650.036	1	5505.23
05426501Z17	1980	77 ff	70.455	70.455	1	794.19
05426501Z01	1983	109.44 ff	251.384	251.384	1	2128.99
05426501Z23	1983	816 fs	1874.352	1874.352	1	15874.07
05426501Z24	1987	355.20 fs	1140.37	5081.03	2	10162.07
05426501Z04	1980	82 ff	75.03	75.03	1	845.76
07426501Z01	1983	624 ff	401.606	3401.24	2	6802.48
07426501Z13	1983	34.33 DA	34.33	290.74	2	581.49
04426501Z03	1983	169.62 fs	390.306	390.306	1	3305.54
01426501Z10	1992	1218.24 DA	1218.24	1218.24	2	2436.48
01426501Z12	1985	4.9 fs	10.162	65.199	4	260.80
01426501Z13	1980	68.1 ff	62.312	702.400	2	1404.80
01426501Z04	1979	5468.4 fs	12905.424	12905.424	1	160022.10
01426501Z05	1980	116 ff	106.14	1196.44	2	2392.88
01426501Z08	1980	31864.43 fs	29155.953	328654.65	1	328654.65
Total ----->						541171.53

Date de sortie des pieces : 1993

code pdr	Date d'achat	PU(devise)	PU(DA)	PU (DA) actualisé	Quantités	Prix total
01426501Z18	1983	1010 ff	560.036	7156.77	1	7156.77
01426501Z13	1983	39.36 fs	90.41	995.40	1	995.40
01426501Z01	1983	408 fsff	937.176	10318.12	1	10318.12
04426501Z04	1983	249.6fs	363.845	4005.86	2	8011.72
04426501Z20	1980	12 fs	10.98	160.9	1	160.9
01426501Z12	1992	1728.23 DA	1728.23	3456.40	2	3456.40
03426501Z01	1989	121.18 DA	121.18	363.54	3	363.54
03426501Z07	1979	15.93 DA	15.93	15.93	1	15.93

Date de sortie des pieces : 1994

code pdr	Date d'achat	PU(devise)	PU(DA)	PU (DA) actualisé	Quantités	Prix total
05426501Z17	1980	77 ff	70.455	4173.126	1	4173.126
05426501Z17	1987	364.8 fs	1171.191	881.83	2	1763.66
04426501Z10	1980	11 ff	10.065	179.036	1	179.036
04426501Z16	1980	87 ff	79.605	319.928	1	319.928
04426501Z17	1980	390 ff	356.85	329.343	1	329.343
01426501Z12	1992	1728.23 DA	1728.23	1728.23	3	5184.69
01426501Z19	1985	48 fs	99.542	138.543	1	138.543

Tableau de calcul de coût pièces de rechanges standards :

$$C_{pdr_n} = S_o (1+i_1)(1+i_2)...(1+i_n)$$

1- pour le four:

code pdr	Date d'achat	PU(devise)	PU(DA)	Date de sortie	PU (DA) actualisé	Quantités	Prix total
05WD17	1986	1083 ff	740.12	1994	6687.54	2	13375.08

Date de sortie des pieces : 1991

Code pdr	Date d'achat	PU(devise)	PU(DA)	PU (DA) actualisé	Quantités	Prix total
06XS20	1985	11.52 FS	23.89	117.91	1	117.91
03XS13	1985	4.51 FS	9.353	46.16	1	46.16
09XS13	1982	13.07 FF	9.541	68.37	2	136.74
06XT06	1990	19.20 FS	124.861	162.329	2	324.64
03YF35	1990	139.75 DA	139.75	181.675	3	545.03
02426301Z17	1983	86.40 FS	198.461	1292.89	2	2585.78

Date de sortie des pieces : 1992

Code pdr	Date d'achat	PU(devise)	PU(DA)	PU (DA) actualisé	Quantités	Prix total
07XT20	1981	103 DA	103	103	4	412
06XS06	1990	19.20FS	124.861	6.83	4	27.32
09XS13	1981	729.55 DA	729.55	729.55	4	2918.2

Programme principal

```
program couts_maintenance;
{$M 8192,8192,655360}
{$S-,X+}
Uses crt,Divers, Graph,machin,couts,renouvellement,dos;
procedure exex;
begin
swapvectors;
exec(getenv('comspec'),' /c a:\UNIFIT\UNIFIT');
swapvectors:end;
PROCEDURE MENU;
begin
clrscr;textbackground(0);wini(2,2,80,24,15,0);
window(40,4,60,28);textbackground(0);clrscr;
write('      Logiciel De Maintenance  ');
window(15,4,75,20);textcolor(14);textbackground(0);
textcolor(red+128);write('t: '); textcolor(2);writeln('etude technique des équipements');writeln;
textcolor(red+128);write('s: '); textcolor(2);writeln('saisie fichier équipement');writeln;
textcolor(red+128);write('c: '); textcolor(2);writeln('coûts de la maintenance');writeln;
textcolor(red+128);write('n: '); textcolor(2);writeln('consultation fichier équipement');writeln;
textcolor(red+128);write('e: '); textcolor(2);writeln('supprime fichier équipement');writeln;
textcolor(red+128);write('m: '); textcolor(2);writeln('modification fichier équipement');writeln;
textcolor(red+128);write('r: '); textcolor(2);writeln('renouvellement des équipements');writeln;
textcolor(red+128);write('q: '); textcolor(2);writeln('quitter'); writeln; end;
PROCEDURE ecran;
begin
clrscr;textbackground(0);wini(7,7,75,22,15,0);
window(40,8,60,28);textbackground(0);clrscr;
window(10,10,74,20);textcolor(14);textbackground(0);
textcolor(red+128);write('d: '); textcolor(2);writeln('saisie fichier Coûts');writeln;
textcolor(red+128);write('a: '); textcolor(2);writeln('Ajout Coût');writeln;
textcolor(red+128);write('p: '); textcolor(2);writeln('Renouvellement des équipements');writeln;
textcolor(red+128);write('w: '); textcolor(2);writeln('quitter'); writeln;end;
{-----programme principal-----}
BEGIN  clrscr;
repeat menu;
repeat ch:= readkey; until ch in ['t','r','s','c','e','m','n','q'];
case ch of
't':exex;
's':saisie_E;
'n':consult_E;
'e':supprime_E;
'c':CTMaintenance;
'm':modif_E;
'r':ecran;
end;
if ch='r' then repeat ecran;
repeat ch:= readkey; until ch in ['d','a','p','w'];
case ch of
'd':saisie_c;
'a':ajout;
'p':remplacement;
'w':menu;
end;until ch='w';
until ch='q' ;
END.
```

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

