

RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

3/96

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المعهد الوطني للتكنولوجيا
المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Département Génie Industriel

PROJET DE FIN D'ÉTUDES

SUJET

ÉTUDE TECHNIQUE ET QUANTITATIVE DES ÉQUIPEMENTS

du **CENTRE MÉCANIQUE C.V.I. (ROUIBA)**

proposé par :

présenté par :

Dirigé par :

M^{er} BELKADI (C.V.I.)

M^{er} BENIDIR Salah

M^{er} BOUZIANE

M^{er} KHELIFI Rabah

M^{er} OUABDESSLAM

PROMOTION 1995 / 1996

E•N•P • 10 , • Avenu Hassan Badi

EL HARRACH - ALGER

Dédicace

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Je dédie ce modeste travail à:

- *Mon grand père Said*
- *La mémoire de ma grande mère Aichouch*
- *Ma chère mère*
- *Ma chère tante Mâada*
- *Mes oncles:*
 - *Mustafa*
 - *Brahim*
 - *Yahia*
 - *SLimane*
- *Mon frère djamâa*
- *Toute ma Famille*
- *Tous mes amis*

Salah

Je dédie humblement ce modeste travail à:

- *ma chère mère*
- *mon chère père*
- *ma grande mère*
- *mes chères frères et soeurs*
- *Rabah ALLARA*
- *Le petit poussin Adel*
- *Aziz*
- *Ahmed et Brahim*
- *et à tous mes amis*

Rabah

Remerciements



On saisit cette occasion qui nous a été donnée, par la présente étude pour exprimer notre profonde reconnaissance à M^r BOUZIANE notre promoteur et M^r OUABDESSELAM notre co-promoteur d'avoir accepté de diriger notre travail et pour les conseils et critiques constructifs qu'ils nous ont prodigués .

On a une profonde gratitude pour M^r BELKADI chef du département maintenance centrale pour avoir proposé le sujet et l'aide précieuse qui nous a offert tout au long de notre stage au C.V.I. ainsi que à son équipe.

Nous remercions également tout les enseignants qui ont contribué de près ou de loin à notre formation, et tout spécialement à ceux du département génie industriel.

On ne saurait oublier M^r BELAID maître de conférence à l' I.S.G.P dont on apprécie les qualités humaines, on aimerait lui exprimer notre sincère gratitude pour son soutien et aide.

Nos remerciements vont également à M^r MENNANI chef de bureau méthode maintenance et à son sympathique équipe.

Nous remercions aussi M^{lle} OUAHIBA, M^{lle} BAYA secrétaires du département Génie industriel et Maintenance centrale respectivement, pour l'aide qui nous ont offertes.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidé de près ou de loin a mener à terme ce travail, spécialement, Rabah AMARA, Aziz HARIR, Ahmed MENDAS, Brahim KHELIFI, Ali HAMADACHE.

Résumé:

Cette étude se présente comme la continuité d'une étude précédente dont l'objet était aussi l'analyse technique et quantitative des défaillances des équipements du centre mécanique du complexe de véhicules industriels de Rouiba.

Nous étudierons les trentes huit équipements restant de la classe A par l'application des concepts clés de la maintenance à savoir: La Fiabilité, la Maintenabilité et la Disponibilité et l'analyse des coûts.

La synthèse de cette étude nous permettra de décider soit de l'élaboration d'un plan de maintenance approprié soit du renouvellement des équipements.

Abstract:

This present study is a continuity of a previous one. Its purpose consist in a quantitative and a qualitative analysis of equipment failres within mechanical centre (C.V.I ROUIBA), proceding with application of maintenance key concetps which are: Reliability, Maintenability, and Availability; thus a maintenance cost ananlysis.

The result is to determinate the choise of an appropriate maintenance plant, or to renovate the equipment.

عربي:

تعتبر هذه الدراسة تكملة لدراسة سابقة وتمثل
في التليل الإحصائي والتحليلي لأعطال أجهزة التزكز الصياني
تتركب (سيارات) الصاعية بالروبيت، وهذا بتطبيق
المفاهيم الأساسية للبيانات المتمثلة في (توقيت
(العزل)، الموصولة، والموتورية وكذا دراسة لتنتائج
البيانات.
حصرية هذه الدراسة ستسمح لنا بأننتيار مخطط ملامم
للبيانات أو تجديد للأجهزة.

Sommaire

I - Introduction.....	1
Partie I	
Chapitre I	
I- Problématique.....	2
II -Résumé de mémoire intitulé: " <i>Etude technique et économique ...</i> "	3
III-Bref historique sur la maintenance.....	4
IV- Analogie entre la santé homme et la santé machine.....	4
V-Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité.....	5
VI-I-Définition normalisé selon ISO 8927.....	7
V-II-FIABILITE	8
V-II-1- Lois usuelles utilisées pour la mesure de la fiabilité.....	9
V-III- MAINTENABILITE.....	11
V-III-1 Lois usuelles utilisées pour la mesure de la maintenabilité.....	11
V-IV DISPONIBILITE	14
V- Con comportement du materiel en service.....	15
Chapitre II	
I -Différentes formes de maintenance.....	17
II- Objectifs visés par la maintenance préventive.....	20
Partie II	
I Collecte des données.....	22
II Traitement de données.....	22
Partie III	
I -Aspect économique	
I-1- Importance de l'analyse des coûts.....	7
I-2- Les coûts de maintenance.....	67
I-2-1-Coûts directs.....	67
I-2-2 -Coûts indirects.....	68
I-3 -Coûts de possession d'un matériel.....	69
Application	
I- Coûts directs	72
II-Coûts indirect.....	77
III-calcul des ratios.....	83
III-1 Coûts directs.....	83
III-2 Coûts indirect.....	84
Conclusion et propositions.....	88
Annexe	
- Données statistiques	
- Plan maintenance de A. MONNIER	
Bibliographie	

INTRODUCTION :

En milieu industriel, l'entreprise est liée à la survie de l'outil qui incombe à la fonction maintenance.

La maintenance est définie d'après la norme I.S.O. 8927 comme étant :
" *Toute activité nécessaire pour empêcher la défaillance et maintenir un élément en état de fonctionnement ...* ".

Maintenir le matériel en bon état de fonctionnement implique le maintien des équipements de production au niveau maximal le plus longtemps possible. C'est une tâche qui est difficile et qui engendre des coûts élevés

De nombreuses pannes ou risques de pannes peuvent apparaître à tout moment durant le fonctionnement des équipements de production . Une panne bloque la production et allonge les délais d'approvisionnement des clients en produits finis, c'est pourquoi un risque d'arrêt doit être réduit. Une attitude plus positive vis-à-vis de la défaillance est apparue : " Une panne, c'est un enseignement; il faut en tirer une leçon pour mieux réagir face aux aléas" (P.LYONNET). C'est une des raisons pour laquelle les techniques de maintenance et de fiabilité d'ateliers intéressent particulièrement les industriels.

La fiabilité est recherchée systématiquement, mais à elle seule, ne suffit pas pour caractériser la performance des systèmes à cause de la complexité croissante de ces derniers, d'où l'introduction des notions de maintenabilité et de disponibilité.

Le maintien d'une unité de production impose à la fonction maintenance une meilleure planification en mettant en place le plan le mieux adapté et le plus efficace en tenant compte des coûts (minimiser les coûts) et en surveillant de plus près la courbe qui visualise l'évolution du coût de cycle de vie(notion de LCC: Life Cycle Cost) pour chaque équipement. La prise de décision vis-à-vis d'un matériel est basée sur des outils statistique et économique adéquats.

C'est ce que nous essayerons de mettre en évidence à travers cette étude intitulée:

" ETUDE TECHNIQUE ET QUANTITATIVE DES EQUIPEMENTS "

Le présent mémoire est constitué de trois grandes parties. Dans la première partie nous développerons les notions théoriques des outils statistiques utilisés en maintenance et nous donnerons les définitions des différentes formes de maintenances. La deuxième partie est consacrée à l'application des outils statistiques , définis dans la première partie, par une approche quantitative des notions de FIABILITE, de MAINTENABILITE, et de DISPONIBILITE. Quant à la troisième et dernière partie c'est l'aspect économique basé sur l'analyse des coûts qui est mis en évidence.

I/ PROBLEMATIQUE:

Le centre mécanique de C. V. I. possède un parc machines dont la plus part des équipements qui le constituent a été installé durant les années 1974 et 1975. Aujourd'hui un grand nombre de ces équipements ne répondent plus aux exigences de service de la fabrication, et ne peuvent plus travailler avec les mêmes précisions initiales, et cela est dû aux défaillances inévitables et répétitives. Ces équipements nécessitent donc, une attention particulière en matière d'entretien pour maintenir un niveau de production.

Le département fabrication a soumis à notre étude une liste de 118 équipements du parc machines prenant comme critères de décision :

- Le temps d'immobilisation;
- Les pannes répétitives;
- L'âge de l'équipement.

Ces équipements sont le complément des 30 déjà étudiés. [5]

L'étude était prise en charge par un binôme du département Génie-Industriel dans le cadre de préparation de leur projet de fin d'étude. En prenant comme critère : le nombre d'heures d'immobilisation (NHI), une liste de 68 équipements étaient arrêtée par la méthode ABC parmi lesquels 30 équipements faisaient l'objet de leurs étude.

L'objet de ce mémoire est de compléter l'étude pour le reste de la liste de 68 équipements, c'est-à-dire, étudier les 38 autres équipements selon les deux aspects techniques et économiques.

Le but de cette étude est d'essayer de répondre aux questions classiques que se posent les responsables de la maintenance:

- Faut-il remplacer le matériel ou le rénover ?
- Si le remplacement est envisageable :
 - faut-il le remplacer à l'identique ?
 - ou bien, le remplacer par un matériel " nouvelle génération " ?
- Si le remplacement n'est pas envisageable :
 - Quelle plan de maintenance lui appliquer ?

Les décisions de ce genre tiennent comptes :

- Des difficultés de financer les investissements de renouvellement ;
- Du risque;
- De la disponibilité du matériel .

II / RESUME DE MEMOIRE INTITULE :

“ ETUDE TECHNIQUE ET ECONOMIQUE DE LA MAINTENANCE AU CENTRE MECANIQUE DE C. V. I. (ROUIBA) ”

Etrudié par le binôme : DJOUFELKIT Samia ET SEDAOUI Radia .

Leur étude comportait trois parties différentes dont la première a fait l'objet d'une présentation de centre mécanique de C. V. I. , et consiste en sa description selon ses différents services, en particulier le service maintenance (département maintenance centrale, service maintenance du service méthodes), suivie d'une analyse de la situation actuelle d'où la présentation de la problématique.

La deuxième partie est une étude technique sous ses deux aspects (quantitatif et qualitatif):

Aspect quantitatif: C'est une approche statistique des notions de Fiabilité, de Maintenabilité, et de Disponibilité appliqués à un échantillon de 30 équipements choisis selon la méthode ABC.

Aspect qualitatif : Consiste à dérouler l'organigramme du plan maintenance de A.MONNIER, afin de déterminer trois valeurs appelées indice de Fiabilité, indice de Maintenabilité et indice de Disponibilité, par le biais d'une enquête menée auprès des techniciens concernés. Le but de ce plan était de savoir si un plan de maintenance est envisageable ou non.

Enfin, une analyse des coûts de maintenance, dans la troisième partie, pour deux équipements dont leur temps de bon fonctionnement suivent la lois de Weibull avec des paramètres de forme $\beta > 1$. Cette analyse leur a permet de déterminer les périodes à partir desquelles les deux équipements ne seront plus rentables.

**NOTIONS
THEORIQUES**

III-1/ BREF HISTORIQUE SUR LA MAINTENANCE: [2],[3]

La " Maintenance " est un terme qui a son origine dans le vocabulaire militaire comme étant " Le maintien du matériel et des effectifs à un niveau constant des unités de combat ".

Le terme " maintenance " est apparu vers les années 1950 avec de nouvelles préoccupations.

. Celle de ne pas subir la panne mais de la maîtriser, et de la contrôler (Maintenance corrective améliorée).

L'état d'esprit " maintenance " c'est: " MAITRISER au lieu de SUBIR "

Maîtriser un matériel revient à le maintenir, par contre subir le matériel c'est l'entretenir.

- . Prévenir plutôt que d'attendre;
- . Corriger ou améliorer(maintenance améliorative);
- . Optimiser, tenir compte des coûts, renouveler en prenant en compte les coûts de cycle de vie(notion de L CC);
- . Surveiller, mesurer pour intervenir au bon moment(maintenance prédictive).

I-2/ ANALOGIE ENTRE LA SANTE HOMME ET LA SANTE MACHINE: [3]

Pour démystifier la fonction maintenance, MONCHY a proposé un raccourci pratique:

La maintenance est la médecine des machines , à travers cette analogie entre la santé de l'homme et la santé de la machine (voir Tableau I-1).

SANTÉ HOMME		SANTÉ MACHINE	
<ul style="list-style-type: none"> • Connaissance de l'homme. • Connaissance des maladies. • carnet de santé • dossier machine • Diagnostic, examen visite • Connaissance des traitements • Traitement curatif • opération. 	Naissance	Mise en service	<ul style="list-style-type: none"> • Connaissance technologique • connaissance des mode de défaillances historique • Dossier machine • Diagnostique, expertise • Inspection, connaissance des actions curatives: dépannage, réparation, rénovation, modernisation • Echange st.
	Longévité	Durabilité	
	Bonne santé	Fiabilité	
	Mort	Rebut	

“ La fonction maintenance Monchy ”

Tableau I-1

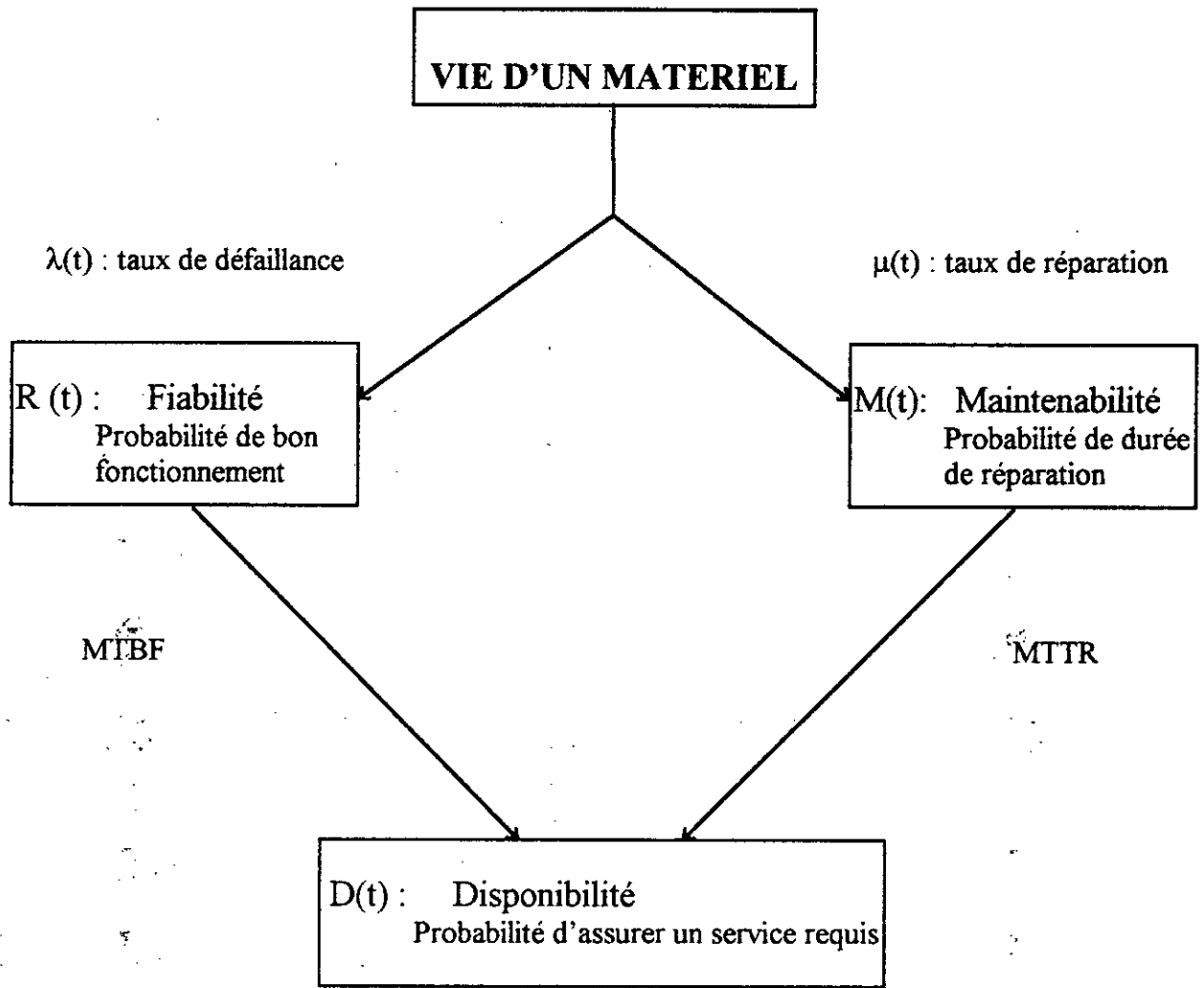
I-3/ FIABILITE, MAINTENABILITE, DISPONIBILITE: [2]

Pour caractériser la performance des équipements et décrire leurs évolution dans le temps, on va utiliser les trois notions suivantes: **FIABILITE, MAINTENABILITE** et **DISPONIBILITE**. Ces notions ont leur justifications dans la mise en pratique de la “ maintenance préventive ”.

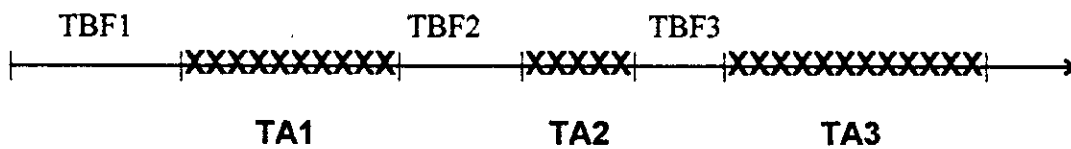
La théorie de “ Fiabilité ” est développée dans les années 50 et de nombreux auteurs y avaient apporté leur contribution entre autres : BIRNBAUM, BARLOW , etc...

Vers la fin des années 50; et avec la complexité croissante des systèmes et le haut niveau de performance recherché, la Fiabilité à elle seule ne suffit plus pour caractériser leurs performances et leur évolution dans le temps .

Il convient de prendre en compte également la Maintenabilité et la Disponibilité.

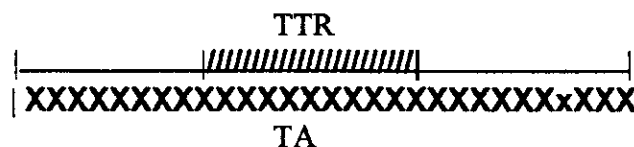


La vie d'une machine est schématisée comme suit:



TBF_i (i=1,2,...): Temps de bon fonctionnement;
 T_{ai} (i=1,2,...): Temps d'arrêt.

Le temps d'arrêt TA contient une variable TTR dite temps technique de réparation :



I-3-1/ DEFINITIONS NORMALISEES DES TROIS CONCEPTS SELON ISO 8927: [2]

FIABILITE (RELIABILITY):

Probabilité pour qu'un équipement remplisse une fonction requise dans des conditions définies et pour une période définie.

MAINTENABILITE (MAINTENABILITY):

Evolution de la facilité avec laquelle s'exécutent les actions pour empêcher les défaillances; autrement dit: la qualité propre ou la probabilité des actions pour empêcher les défaillances, qui peuvent s'effectuer dans des conditions données et dans un délai déterminé.

DISPONIBILITE(AVAILABILITY):

Probabilité pour qu'un élément réparable soit opérationnel au moment où il doit être mis en service.

I / FIABILITE : [3],[4],[5]**DEFINITION :**

“ La fiabilité mesure la confiance que l'on peut accorder au bon fonctionnement d'un dispositif.

Elle est caractérisée par la probabilité qu'un équipement ou système accomplisse sans défaillance une fonction requise dans des conditions données pendant un temps spécifique ”.

EXPRESSION MATHEMATIQUE :

Considérons un élément qui effectue sa mission sans défaillance entre $t=0$ et $t=T$.
T: variable aléatoire (date d'apparition d'une panne).

Fiabilité:

$$R(t) = \Pr(T \geq t) = \int_t^{\infty} \varphi(t) dt$$

$\varphi(t)$: densité de probabilité du temps avant défaillance

Taux de défaillance: (risque de panne)

$$\lambda(t) = \frac{\varphi(t)}{R(t)} = -\frac{R'(t)}{R(t)}$$

d'où:
$$R(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(t) dt\right)$$

MTBF: (moyenne des temps de bon fonctionnement)

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

V-II-1/ LOIS USUELLES UTILISEES POUR LA MESURE DE LA FIABILITE: [1], [3], [4], [5], [7]

A-1/ LOI DE WEIBULL :

Elle est d'utilisation très souple, et elle très utilisée dans le domaine de la construction mécanique.

Fiabilité :

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

Fonction densité :

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

- γ : Décalage de l'origine des temps ;
- η : Paramètre de changement d'échelle ;
- β : Paramètre de forme .

Taux de défaillance :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}$$

MTBF :

$$\bar{T} = \gamma + \frac{\eta}{\beta} \Gamma\left(\frac{1}{\beta}\right)$$

Tel que:

$$\Gamma(n) = \int_0^{+\infty} \exp(-x) x^{n-1} dx$$

A-2/ EXPLOITATION DU MODELE DE WEIBULL :[3]

Le modèle de Weibull est très utilisé en maintenance préventive.

1. A partir du paramètre β et des considérations économiques, il est possible d'optimiser la période de remplacements systématique d'un sous ensemble fragile .

2. Si $\beta < 1$, les défaillances "juvéniles" vont en régressant. Il n'y a pas lieu de les prévenir, mais de les réparer.

Si $\beta = 1$, λ est constant et indépendant du temps. L'apparition des défauts est imprévisible par nature. Seule une maintenance corrective est possible.

Si $\beta > 1$, Après étude des "causes de défaillance"; l'introduction des actions préventives est possible.

REMARQUES:

- $1.5 < \beta < 2.5$: phénomène de fatigue.
- $3 < \beta < 4$: phénomène d'usure.

B/ LOI EXPONENTIELLE:

Elle correspond au cas particulier de la loi de Weibull quand $\beta=1$ et $\gamma=0$. Dans ce cas le risque de panne $\lambda(t) = \lambda =$ constante, fréquent en phase (2) (période de maturité) de la vie de très nombreux composants et matériels (courbe en baignoire).

FIABILITE :

$$R(t) = \text{EXP}(-\lambda t)$$

MTBF:

$$\bar{T} = \frac{1}{\lambda}$$

II/ MAINTENABILITE: [3], [4], [7]DEFINITION :

C'est la probabilité qu'un dispositif après défaillance soit remis en état de fonctionnement et dans un temps donné.

L'étude statistique de la maintenabilité est analogue à celle de la fiabilité. La maintenabilité est la probabilité que l'équipement retrouve ses caractéristiques initiales après réparation.

Soit TTR une variable aléatoire (temps technique de réparation)

Maintenabilité : $M(t)$

$$M(t) = P(TTR < t) = \int_0^t g(t) dt = 1 - EXP\left(-\int_0^t \mu(t) dt\right).$$

$g(t)$: Densité de probabilité du temps de réparation

Taux de réparation: $\mu(t)$

$$\mu(t) = g(t)/(1-M(t))$$

MTTR: Moyenne des temps technique de réparation (Mean time to repair)

$$MTTR = \int_0^{\infty} t \cdot g(t) dt$$

Remarque:

Le temps technique de réparation TTR se compose de la somme des temps suivants:

- Temps de vérification de l'existence de la défaillance(détection);
- Temps de diagnostic;
- Temps d'accès à l'organe défaillant ;
- Temps de remplacement ou de réparation de l'organe(Remise en état de fonctionnement);
- Temps de réassemblage(Remise en état de fonctionnement);
- temps de contrôle et d'essai.

II-1/ LOIS USUELLES UTILISEES EN MAINTENABILITE: [1], [3], [4], [5], [7]A/ LOI LOG-NORMALE:

Elle caractérise certaines durées de vies ou de temps de réparation. Une variable aléatoire T suit une loi log-normale si T obéit à une loi normale de moyenne m et d'écart-type δ .

La fonction densité de la loi log-normale est:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \frac{1}{t} \text{EXP}\left(\frac{(\ln t - m)^2}{2\sigma^2}\right) \quad \text{pour } t \geq 0$$

et

$$f(t) = 0 \quad \text{pour } t < 0$$

Caractérisé par:

$$- \text{MTTR} = E(t) = \text{EXP}\left(m + \frac{1}{2\sigma^2}\right)$$

$$- \text{Variance: } \delta^2 = \text{EXP}(2m + \sigma^2) [\delta^2 - 1]$$

Telle que:

MTTR : moyenne des temps technique de réparation.

LOI GAMMA :

Soit T une variable aléatoire correspondant au temps d'intervention:

Fonction densité:

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

Telle que :

$$\Gamma(n) = \int_0^{+\infty} x^{\alpha-1} \exp(-x) dx$$

Caractéristique :

$$E(t) = \frac{1}{\lambda}$$

$$\text{Variance: } \text{Var}(t) = \delta^2 = \frac{1}{\lambda^2}$$

Remarques:

. Si le taux de réparation est constant, on retrouve la loi exponentielle.

Avec

$$M(t) = 1 + e^{-\mu t}$$

. Une modélisation par la loi de Weibull $2 < \beta < 3$ est possible.

III/ DISPONIBILITE : [3], [5]

DEFINITION :

“ La disponibilité est la probabilité de bon fonctionnement d'un dispositif à l'instant t ”. Elle est notée D(t).

Forme de base de la disponibilité :

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

Disponibilité opérationnelle:

Il existe différents modèles de disponibilité opérationnelle, entre autre, celui qu'on a choisi dans notre cas:

$$D_{opr} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MTL}$$

Le MTL est la moyenne des temps logistiques comprenant :

- . Attente d'intervention ;
- . Attente pièce de rechange (PDR) en réalisation;
- . Attente de la commande PDR;
- . Attente services généraux .

Augmenter la disponibilité (Production maximum) des équipements est un objectif principal des services maintenances.

V/ COMPORTEMENT DU MATERIEL EN SERVICE: [1], [2], [7]

Pour mettre en place un plan de maintenance efficace, Il importe de comprendre les phénomènes de défaillance et les dégradations des équipements caractérisés par :

1. Quelques définitions:

les défaillances cataclysmiques:

Elles sont à la fois soudaines et complètes.

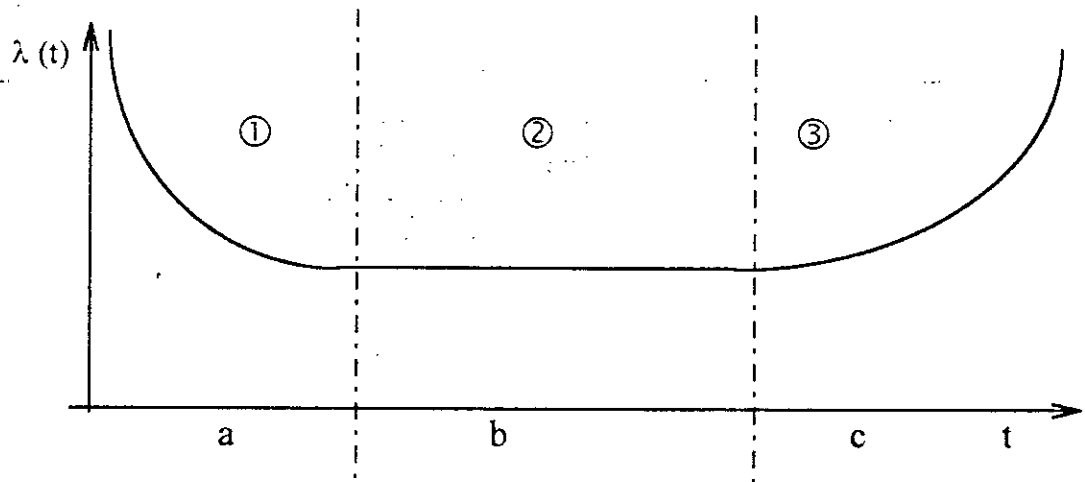
exemple: Rupture brusque d'une pièce mécanique. Ici, Il n'est pas possible de mettre en place une maintenance conditionnelle.

Les défaillances par dérives:

Ici, on voit progresser la dégradation ce sont les phénomènes d'usures en mécanique. Ce type de défaillance se prête particulièrement bien aux techniques de surveillance utilisées en maintenance conditionnelle (ou préventive).

2. Taux de défaillances:

$\lambda(t)$: Probabilité d'avoir une défaillance du système ou de l'élément entre les instants (t) et $(t+dt)$ à condition que le système ait vécu jusqu'à t .



a/ Défaillance de jeunesse: zone ① (période de jeunesse)

Elle est caractérisée par un taux de défaillance décroissant en fonction de temps. Elle tend à être éliminée.

b/ Défaillance de maturité: zone ② (période de maturité)

A un taux de défaillance sensiblement constant. Pour des équipements mécaniques $\lambda(t)$ est légèrement croissant. Le type de maintenance dans ce cas peut être préventif systématique ou correctif.

c/ Défaillance de vieillesse: zone ③ (période d'usure)

Elles sont caractérisées par un taux de défaillance croissant. C'est la période où il faut surveiller le matériel. Elle correspond au phénomène de fatigue ou d'usure en mécanique.

Une maintenance préventive conditionnelle peut être mise en place dans ce cas.

I/ DIFFERENTES FORMES DE MAINTENANCE : [2], [3], [10]

Une bonne maintenance consiste en le choix de la technique optimale pour chaque équipement en se basant sur divers éléments, à savoir :

- Connaissance sur le comportement du matériel;
- Historique;
- Banque de données interne , externe;
- Jugement d'expert;
- Coûts importants entraînés par la défaillance;
- Coûts inconnus ;
- Pannes totalement aléatoire.

L'analyse de ces éléments et leur confrontation à la réalité nous amène à choisir une technique de maintenance qui pourra être :

- I - La Maintenance Corrective ou ,
- II - La Maintenance Préventive.

I/ Maintenance corrective:

Le principe est le suivant : “ On répare après un incident ou une panne ”

IL s'agit d'exploiter un équipement le plus longtemps possible jusqu'à ce qu'une panne survienne “ RUN to FAILURE ”. Dans ces conditions, la panne arrive au moment inopportun, elle est totalement imprévue et peut être catastrophique.

Au cours de la période qui précède la panne l'équipement ne cesse de perdre l'efficacité de son fonctionnement.

La maintenance corrective se décompose en :

a/ Maintenance palliative :

Dans ce cas les interventions sont de type DEPANNAGE. Le temps d'arrêt écourté par le dépannage sera utilisé pour augmenter la disponibilité (refonctionnement à moindre coût).

b/ Maintenance curative :

Les interventions sont de type réparation.

I/ Maintenance préventive:

“ On change les éléments à intervalles réguliers avant qu'un défaut ne survienne ”

La maintenance préventive consiste à programmer des opérations de routines, tels que lubrification, nettoyage, réparation, et réglage des machines, afin d'éviter les pannes et réduire la probabilité de défaillance. Il s'agit de la :

- a/ Maintenance systématique;
- b/ Maintenance conditionnelle;
- c/ Maintenance préservatrice(ou immunitaire).

a/ Maintenance systématique:

Elle suppose la connaissance du comportement du matériel dans le temps. C'est une maintenance programmée et planifiée. Elle vise à minimiser les arrêts pour l'entretien du matériel avant l'apparition d'une panne catalectique.

b/ Maintenance conditionnelle:

On change les éléments lorsqu'il y en a plusieurs qui indiquent une forte probabilité de panne. Cette méthode est plus satisfaisante, et moins onéreuse, puisqu'elle évite les arrêts de production dus aux pannes et évite un changement à intervalles de temps réguliers si cela n'est pas nécessaire.

Ce type de maintenance préventive s'applique aux grandes machines tournantes (Maintenance prédictive) par des mesures physiques de vibrations, de bruit, de température et d'huile. On pourra connaître le niveau d'usure et le degré de sécurité du fonctionnement de la machine.

c/ Maintenance préservatrice (ou immunitaire):

C'est la forme la plus évoluée des formes ou politiques de maintenance. Elle consiste à agir sur les causes possibles d'une panne (défaillance) pour éviter le renouvellement de celle-ci, pour éviter, aussi, les pannes qui sont, tout au moins, considérées comme prohibitives.

Cette forme de maintenance s'adresse à des systèmes où la panne coûte chère et où on cherche à avoir le zéro panne.

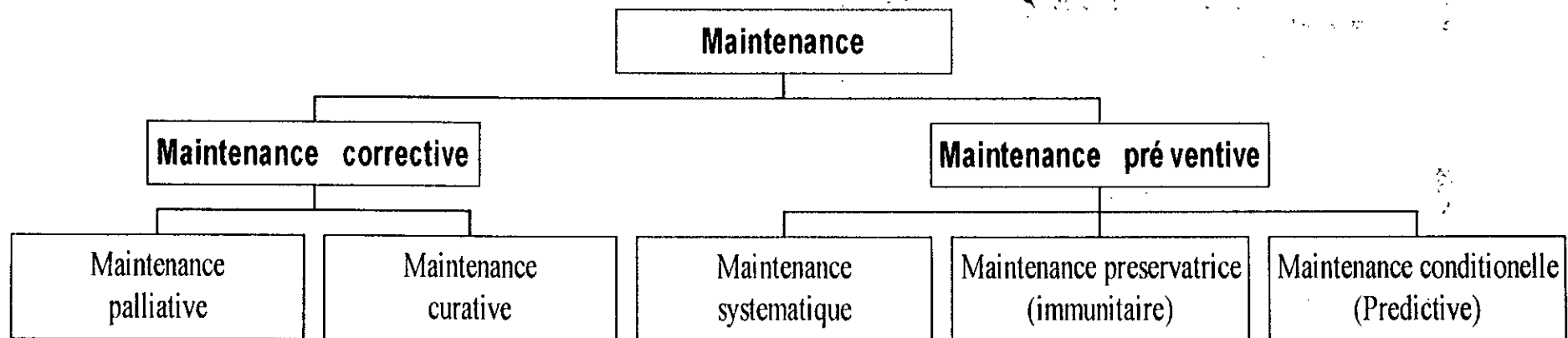
Determination de la période d'intervention "T":

La période d'intervention " T " est déterminée à partir:

- Des préconisations du constructeur dans un premier temps;
- De l'expérience acquise lors des opérations correctives;
- De l'exploitation fiable des données historiques du matériel en utilisant la moyenne des temps de bon fonctionnement MTBF déterminée à partir de la loi de Weibull et Exponentielle et des résultats fournis par des visites préventives initiales.
- De " niveau de préventif " déterminé à partir des critères technico-économique tenant compte du plan de maintenance choisi.
(Choix de k pour $T = k \cdot MTBF$. Le plus souvent $0.5 < k < 1$)

II/ OBJECTIFS VISES PAR LA MAINTENANCE PREVENTIVE:

- Augmenter la fiabilité d'un équipement, donc moins de défaillances en service ;
- Réduire les coûts de défaillances, amélioration de la disponibilité;
- Augmenter la durée de vie efficace d'un équipement;
- Réduire et régulariser la charge de travail ;
- Assurer la sécurité (moins d'improvisations dangereuses).



Différentes formes de maintenance

CLASSEMENT DES EQUIPEMENTS EN FONCTION DU NHI

MATRICULE	NHI(H)	% CUMULE
C008321	18234	0,094
C011091	12049	0,157
L002211	10503	0,211
C006351	8692	0,256
C009081	6929	0,292
C003201	6514	0,326
C009921	6375	0,358
C013021	6027	0,390
C000901	5846	0,420
C008771	5785	0,450
C030751	5529	0,478
C011151	5515	0,507
C006051	5482	0,535
C003441	5250	0,563
C008331	4899	0,588
C003351	4630	0,612
C008741	4553	0,635
C014541	4529	0,659
C030741	4470	0,682
C006541	4378	0,705
C005551	4269	0,727
C008731	4251	0,749
C010921	4214	0,771
C006911	4133	0,792
C009101	3787	0,812
C010151	3747	0,831
C006411	3637	0,850
C013011	3582	0,868
C006571	3157	0,885
C008151	3100	0,901
C007811	3084	0,917
C007821	2864	0,931
C009661	2786	0,946
C008261	2581	0,959
C011131	2395	0,972
C009111	2387	0,984
C009631	2283	0,996
C008791	797	1.000

TABLEAU I-1

DONNEES CONCERNANT LES EQUIPEMENTS :**Présentation des équipements selon
la désignation**

N°	Matricule	Désignation	Date d'installation	Valeur d'acquisition (DA)
01	C008321	Tour vertical	1974	449082.92
02	C011091	Perceuse radiale	1975	66185.60
03	L002211	Machine à laver cementation	1974	152411.85
04	C006351	Fraiseuse horizontale à banc fixe	1974	179305.46
05	C009081	Tour semi-automatique	1975	124914.78
06	C003201	Perceuse radiale	1964	20580.00
07	C009921	Rectifieuse de filtage	1974	554792.68
08	C013021	Tour vertical	1975	504545.44
09	C000901	Tour revolver semi-automatique	1973	166934.68
10	C008771	Tour semi-automatique A MANDRIN	1975	120923.80
11	C030751	Scie à ruban horizontal	1984	86960.85
12	C011151	Rectifieuse d'intérieur	1974	169650.40
13	C006051	Rectifieuse universelle	1974	229842.08
14	C003441	Tour revolver	1975	32389.21
15	C008331	Tour parallèle	1974	104600.80
16	C003351	Perceuse radiale	1969	32007.23
17	C008741	Tour semi-automatique	1975	124155.50
18	C014541	Fraiseuse verticale	1979	134032.50
19	C030741	Scie à ruban horizontal	1984	86960.86
20	C006541	Tour semi-automatique revolver	1974	213090.43
21	C006551	Tour transpilote	1974	176827.68
22	C009731	Fraiseuse horizontale à banc fixe	1969	319375.70
23	C010921	Tour semi-automatique à barre	1974	87855.30
24	C006911	Rectifieuse universelle	1974	216627.51
25	C008101	Tour parallèle	1974	91290.88
26	C010151	Tour semi-automatique à barre	1974	78495.60
27	C006411	Tour automatique revolver	1974	212011.54
28	C013011	Tour revolver semi-automatique	1975	171218.30
29	C006571	Tour parallèle	1974	594913.19
30	C008151	Tour de reproduction	1974	429501.70
31	C007811	Tour automatique revolver	1974	-
32	C007821	Tour automatique revolver	1974	154608
33	C009661	Machine à tailler	1974	384553.2
34	C008261	Tour parallèle	1974	127777.75
35	C011131	Tour semi-automatique à barre	1975	87854.40
36	C009111	Tour vertical	1974	495804.18
37	C009631	Tour automatique synchromat	1974	554792.68
38	C008791	Perceuse radiale	1974	70075.90

Tableau I-1

**Présentation des équipements selon
la fonction et le régime de fonctionnement**

N°	Matricule	Fonction	Régime de fonctionnement
01	C008321	Usinage boites direc.	2x8
02	C011091	Usinage boites direc.	2x8
03	L002211	Traitement thermique	3x8
04	C006351	Usinage ferrure	2x8
05	C009081	Usinage boites direc.	2x8
06	C003201	Usinage ponts	2x8
07	C009921	Rectification	2x8
08	C013021	Usinage ponts	2x8
09	C000901	Usinage engrenage	2x8
10	C008771	usinage ponts	2x8
11	C030751	debitage	2x8
12	C011151	Decoltagé	2x8
13	C006051	Rectification	2x8
14	C003441	Usinage boites direc.	2x8
15	C008331	Usinage ponts	2x8
16	C003351	Usinage ponts	2x8
17	C008741	Usinage boite direc.	2x8
18	C014541	Usinage ponts	2x8
19	C030741	Debitage	2x8
20	C006541	Usinage ferrure	2x8
21	C006551	Usinage boites direc.	2x8
22	C009731	Usinage ferrures	2x8
23	C010921	Decoltagé	2x8
24	C006911	Rectification	2x8
25	C008101	Usinage ferrures	2x8
26	C010151	Decoltagé	2x8
27	C006411	Usinage boitier pour roulements	2x8
28	C013011	Usinage ponts	2x8
29	C006571	Usinage ferrure	2x8
30	C008151	Usinage ponts	2x8
31	C007811	Usinage engrenage	2x8
32	C007821	Usinage boites direc.	2x8
33	C009661	Usinage ponts	2x8
34	C008261	Decoltagé	2x8
35	C011131	Decoltagé	2x8
36	C009111	Usinage boites direc.	2x8
37	C009631	Usinage engrenage	2x8
38	C008791	Usinage boites direc.	2x8

Tableau I-2

ETUDE
QUANTITATIVE

Après avoir présenté les trente-huit équipements, nous allons dans cette partie, étudier leur fiabilité, leur maintenabilité et leur disponibilité en appliquant les concepts mathématiques que nous avons présenté dans la première partie.

I- COLLECTE DES DONNEES:

La collecte des données représente une étape décisive dans l'étude. En effet, le temps de bon fonctionnement (T.B.F) et le temps technique de réparation (T.T.R) sont des informations nécessaires pour l'études de fiabilité et de maintenabilité respectivement.

Dans le but de déterminer ces données, et dans le souci de donner un peu plus de crédibilité au résultat, nous avons fixé comme objectif de collecter les données sur une période de quinze ans (80- 95).

Les données de la période (80- 89) existent sur les dossiers historiques des machines au niveau du bureau de méthodes maintenance; la deuxième série (89- 95) figure sur des listings au niveau de la maintenance centrale. Il faut noter qu'à partir de l'année 1989 un système informatique a été installé au C.V.I. Ce système permet la saisi et la consultation des informations.

Au cours de la collecte des données, on a remarqué une différence fondamentale entre les deux séries concernant la durée d'intervention sur une machine en panne.

En effet, la première série ne fait pas la différence entre un temps technique de réparation (comme il est défini dans la première partie) et différents temps logistiques; alors que la deuxième série indique clairement cette différence. Pour cette raison, nous avons pris en considération la deuxième série.

II- TRAITEMENT DES DONNEES :

Pour cette étude, nous avons utilisé en premier lieu le logiciel UNIFIT dans le but d'ajuster les lois de probabilités aux observations que nous avons recueillies. Concernant le nombre de classe minimum, nous avons utilisé la règle de STURGES.

$$K_{\min} = 1 + 3.3 \log n$$

Tel que :

n : nombre d'observations.

Toutefois les données (T.T.R) des onze équipements ne correspondent à aucune lois de probabilité usuëlle pouvant être ajustée par le logiciel UNIFIT. Une solution à ce problème pourrait être l'estimation du MTTR par la moyenne arithmétique si :

- Le nombre d'observation est très grand;
- L'écart type est très petit.

(Dans ce cas les observations sont proches de la moyenne)

Mais vu que les écart-types s'écartent de la moyenne, la disponibilité calculée à partir des MTTR (estimés par des moyennes arithmétiques) s'éloignent sensiblement de la réalité.

Pour résoudre ce problème, on a utilisé le logiciel TABLECURVE . Cet outil permet de donner le meilleur modèle qui ajuste un nuage de point de deux séries (x,y). Pour notre Cas :

- Les abscisses correspondent aux centres de classes ;
- Les ordonnées correspondent aux fréquences relatives.

De cette manière, on a une distribution de fréquences relatives, et, dans la mesure où l'aire comprise entre l'axe des abscisses et la courbe égale un (1), on peut considérer une distribution de fréquences relatives comme une distribution de probabilités empiriques. Ce qui permet de calculer la moyenne du modèle ainsi trouvée. Cette moyenne sera considérée comme moyenne des temps techniques de réparation (MTTR).

Equipement : C00832**Fiabilité:**

N=54

k=10

a=44.8

N°	Classes	n	f	F
01	[16 ,60.8 [	26	0.481	0.481
02	[60.8 ,105.6[	13	0.240	0.722
03	[105.6,150.4[	2	0.037	0.759
04	[150.4,195.2[	2	0.037	0.796
05	[195.2,240 [	4	0.074	0.870
06	[240 ,284.8[	2	0.037	0.907
07	[284.8,329.6[	1	0.018	0.925
08	[329.6,374.4[	1	0.018	0.944
09	[374.4,419.2[	1	0.018	0.962
10	[419.2,464]	2	0.037	1

loi ajustée: WEIBULL

paramètres: $\gamma=15.384$ h $\eta=67.165$ (1/h) $\beta=0.673$

MTBF=103.773 h

 $\sigma=132.650$ h

R(mtbf)=0.3003

 $\lambda(\text{mtbf})=0.0091$ def/h

test:

Dn =1.247

Dn, α =1.338le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=56

k=10

a=17.6

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 18.6 [	37	0.660	0.660
02	[18.6 , 36.2 [	7	0.125	0.785
03	[36.2 , 53.8 [	4	0.071	0.857
04	[53.8 , 71.4 [	3	0.053	0.910
05	[71.4 , 89 [	1	0.017	0.928
06	[89 , 106.6 [	1	0.017	0.946
07	[106.6 ,124.2 [	0	0	0.946
08	[124.2 ,141.8 [	0	0	0.946
09	[141.8 ,159.4 [	1	0.017	0.964
10	[159.4 , 177]	2	0.035	1

loi ajustée: GAMMA

paramètres:

 $\alpha=45.8657$ $\beta=0.566$

MTTR =25.99 h

 $\delta=34.52$ h

test:

Dn =0.958

Dn, α =1.334le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D =0.8

Disponibilité opérationnelle:

Dopr =0.2

Equipement : C01109**Fiabilité:**

N=51

k=10

a=129.6

N°	Classes	n	f	F
01	[16 ,145.6 [	21	0.411	0.411
02	[145.6 ,275.2 [	7	0.137	0.549
03	[275.2 ,404.8 [	8	0.156	0.705
04	[404.8 ,534.4 [	4	0.078	0.784
05	[534.4 ,664 [	7	0.137	0.921
06	[664 ,793.6 [	0	0	0.921
07	[793.6 ,923.5 [	0	0	0.921
08	[923.5 ,1052.8[	2	0.039	0.960
09	[1052.8,1182.4[	1	0.019	0.980
10	[1182.4,1312]	2	0.039	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma=14.1714$ h $\eta=84.655$ (1/h) $\beta=0.645$

MTBF=130.859 h

 $\sigma=591.6$ h

R(mtbf)=0.3243

 $\lambda(\text{mtbf})=0.0026$ def/h**test:**

Dn =0.7945

Dn, α =1.3146le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=50

k=10

a=9.8

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 10.8 [	39	0.696	0.696
02	[10.8 , 20.6[	6	0.107	0.803
03	[20.6 , 30.4[	2	0.035	0.839
04	[30.4 , 40.2[	3	0.053	0.892
05	[40 , 50 [	2	0.035	0.928
06	[50 , 59.8[	1	0.017	0.946
07	[58 , 69.6[	0	0	0.946
08	[69.6 , 79.8[	0	0	0.946
09	[79.8 , 89.2[	2	0.035	0.982
10	[89.2 , 99]	1	0.017	1

loi ajustée: GAMMA**paramètres:** $\alpha=19.24$ $\beta=0.662$

MTTR =12.74 h

 $\delta=15.654$ h**test:**

Dn=0.8101

Dn, α =1.332**Disponibilité:**

D=0.874

Disponibilité opérationnelle:

Dopr=0.629

Equipement : L00221**Fiabilité:**

N=51

k=10

a=124.8

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 140.8 [	22	0.431	0.431
02	[140.8 , 265.6[	9	0.176	0.608
03	[265.6 , 386.4[	5	0.198	0.706
04	[386.4 , 515.2[	4	0.078	0.784
05	[515.2 , 640[	1	0.019	0.804
06	[640 , 764.8[	4	0.078	0.882
07	[764.8 , 889.6[	2	0.039	0.921
08	[889.6 , 1114.4[	3	0.058	0.980
09	[1114.4,1139.2[	0	0	0.980
10	[1139.2 , 1264]	1	0.019	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma = 47.871$ h $\eta = 277.85$ (1/h) $\beta = 0.636$

MTBF = 393.141 h

 $\sigma = 634.8$ h

R(mtbf) = 0.3166

 $\lambda(\text{mtbf}) = 0.0021$ def/h**test:**

Dn = 0.747

Dn, α = 1.333le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=56

k=10

a=9.6

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 10.5[	42	0.750	0.750
02	[10.5 , 20.2[	6	0.107	0.857
03	[20.2 , 29.8[	3	0.054	0.911
04	[29.8 , 39.4[	1	0.020	0.930
05	[39.4 , 49[	1	0.020	0.950
06	[49 , 58.6[	1	0.020	0.970
07	[58.6 , 68.2[	0	0	0.970
08	[68.2 , 77.8[	1	0.020	0.999
09	[77.8 , 87.4[	0	0	0.999
10	[87.4 , 97]	1	0.020	1

loi ajustée: GAMMA**paramètres:** $\alpha = 18.162$ $\beta = 0.600$

MTTR = 10.897 h

 $\delta = 14.068$ h**test:**

Dn = 1.047

Dn, α = 1.334le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D = 0.970

Disponibilité opérationnelle:

Dopr = 0.460

Equipement : C00908**Fiabilité:**

N=117

k=10

a=89.6

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 105.6 [	60	0.512	0.512
02	[105.6,195.2 [	27	0.230	0.743
03	[195.2,284.8 [	9	0.076	0.820
04	[284.8,374.4 [	9	0.076	0.897
05	[374.8, 464 [	8	0.068	0.965
06	[464 , 553.6 [	2	0.017	0.982
07	[553.6,643.2 [	0	0	0.982
08	[643.2,732 [	0	0	0.982
09	[732 , 822.4 [	0	0	0.982
10	[822.4, 912]	2	0.017	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma=15.703$ h $\eta=117.834$ (1/h) $\beta=0.728$

MTBF=159.556 h

 $\sigma=635.6$ h

R(mtbf)=0.3146

 λ (mtbf)=0.0058 def/h**test:**

Dn=1.170

Dn, α =1.342le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=124

k=10

a=16.4

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 17.4 [	89	0.717	0.717
02	[17.4 , 33.8 [	18	0.145	0.868
03	[33.8 , 50.2 [	7	0.056	0.919
04	[50.2 , 66.6 [	4	0.032	0.951
05	[66.6 , 83 [	1	0.008	0.959
06	[83 , 99.4 [	2	0.016	0.975
07	[99.4 , 115.8 [	0	0	0.975
08	[115.8,132.2[	2	0.016	0.991
09	[132.2,148.6[	0	0	0.991
10	[148.6 , 165]	1	0.008	1

loi ajustée: GAMMA**paramètres:** $\alpha=30.732$ $\beta=0.531$

MTTR =16.32 h

 $\delta=22.394$ h**test:**

Dn=1.210

Dn, α =1.342le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D=0.909

Disponibilité opérationnelle:

Dopr =0.646

Equipement : C009921

Fiabilité:

N=54

k=8

a=206

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 222[	28	0.518	0.518
02	[222 , 428[	16	0.296	0.814
03	[428 , 634[	2	0.037	0.851
04	[634 , 840[	4	0.074	0.925
05	[840 , 1046[	2	0.037	0.962
06	[1046 , 1252[	0	0	0.962
07	[1252 , 1458[	0	0	0.962
08	[1458 , 1664]	3	0.055	1

loi ajustée: WEIBULL

paramètres: $\gamma=15.842$ h

$\eta=232.456$ (1/h)

$\beta=0.638$

MTBF=312.535 h; $\sigma=561.381$ h

$R(\text{mtbf})=0.3110$; $\lambda(\text{mtbf})=0.0025$ def/h

test:

$D_n=0.844$

$D_{n,\alpha}=1.333$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$

Maintenabilité:

N=62

k=10

a=12.5

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 13.5[	46	0.741	0.741
02	[13.5 , 26[	4	0.064	0.806
03	[26 , 38.5[	4	0.064	0.870
04	[38.5 , 51]	3	0.048	0.919
05	[51 , 63.5[	2	0.032	0.951
06	[63.5 , 76[	0	0	0.951
07	[76 , 88.5[	0	0	0.951
08	[88.5 , 101]	0	0	0.951
09	[101 , 113.5[	1	0.016	0.967
10	[113.5 , 126]	2	0.032	1

loi ajustée: GAMMA

paramètres:

$\alpha=30.379$

$\beta=0.514$

MTTR =15.64 h

$\delta=21.80$ h

test:

$D_n=1.159$

$D_{n,\alpha}=1.335$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$

Disponibilité:

D =0.956

Disponibilité opérationnelle:

Dopr =0.630

Equipement : C01302**Fiabilité:**

N=49

k=10

a=196.8

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 212.8[	31	0.633	0.633
02	[212.8 , 409.8[	9	0.184	0.816
03	[409.8 , 606.4[	2	0.041	0.857
04	[606.4 , 803.2[	3	0.061	0.918
05	[803.2 , 1000[	2	0.041	0.959
06	[1000 , 1196.8[	0	0	0.959
07	[1196.8,1393.6[	0	0	0.959
08	[1393.6,1590.4[	1	0.020	0.979
09	[1590.4,1787.2[	0	0	0.979
10	[1787.2, 1984]	1	0.02	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma = 15.868$ h $\eta = 242.397$ (1/h) $\beta = 0.673$

MTBF = 334.86 h

 $\sigma = 488.489$ h

R(mtbf) = 0.3003

 $\lambda(\text{mtbf}) = 0.0025$ def/h**test:**

Dn = 1.255

Dn, α = 1.329le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=47

k=10

a=20.6

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 21.6 [	32	0.681	0.681
02	[21.6 , 42.2[	5	0.106	0.787
03	[42.2 , 62.8[	4	0.059	0.847
04	[62.8 , 83.4[	2	0.042	0.889
05	[83.4 , 104[	0	0	0.889
06	[104 , 124.6[	2	0.042	0.932
07	[124.6 , 145.2[	1	0.021	0.953
08	[145.2 , 165.8[	0	0	0.953
09	[165.8 , 186.4[	0	0	0.953
10	[186.4 , 208]	1	0.021	1

loi ajustée: GAMMA**paramètres:** $\alpha = 87.074$ $\beta = 0.278$

MTTR = 24.380 h

 $\delta = 46.075$ h**test:**

Dn = 1.105

Dn, α = 1.332le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D = 0.930

Disponibilité opérationnelle:

Dopr = 0.630

Equipement : C00090**Fiabilité:**

N=71

k=8

a=126

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 142 [	33	0.464	0.464
02	[142 , 268 [	16	0.225	0.690
03	[268 , 394 [	9	0.127	0.817
04	[394 , 520 [	8	0.112	0.944
05	[520 , 648 [	1	0.014	0.957
06	[648 , 772 [	1	0.014	0.972
07	[772 , 898 [	0	0	0.972
08	[898 , 1024]	2	0.028	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma = 15.737$ h $\eta = 187.027$ (1/h) $\beta = 0.692$ MTBF = 234.421 h; $\sigma = 912.140$ hR(mtbf) = 0.3281; λ (mtbf) = 0.0035 def/h**test:**

Dn = 1.195

: Dn, α = 1.3336le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=74

k=10

a=9.5

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 10.5 [	50	0.676	0.676
02	[10.5 , 20 [	8	0.108	0.784
03	[20 , 29.5 [	2	0.027	0.811
04	[29.5 , 39 [	4	0.054	0.865
05	[39 , 48.5 [	6	0.081	0.946
06	[48.5 , 58 [	1	0.013	0.959
07	[58 , 67.5 [	1	0.013	0.972
08	[67.5 , 77 [	0	0	0.972
09	[77 , 86.5 [	1	0.013	0.986
10	[86.5 , 96]	1	0.013	1

loi ajustée: EXPONENTIELLE**paramètres:**

b = 2.3

c = 4.6

MTTR = 44.55 h

Disponibilité:

D = 0.840

Disponibilité opérationnelle:

Dopr = 0.546

Equipement : C00877**Fiabilité:**

N=109

k=10

a=65.6

N°	Classes	n	f	F
01	[16 ,81.6 [	36	0.330	0.330
02	[81.6 ,147.2 [	22	0.201	0.532
03	[147.2,212.8 [	20	0.183	0.715
04	[212.8,278.4 [	9	0.082	0.798
05	[278.4,344 [	6	0.055	0.853
06	[344 ,409.6 [	7	0.064	0.917
07	[409.6,475.2 [	4	0.036	0.954
08	[475.2,540.8 [	3	0.027	0.981
09	[540.8,606.4 [	1	0.009	0.990
10	[606.4,672]	1	0.009	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma=15.589$ h $\eta=151.390$ (1/h) $\beta=0.866$

MTBF=177.594 h

 $\sigma=186.210$ h

R(mtbf)=0.3463

 $\lambda(\text{mtbf})=0.0056$ def/h**test:**

Dn =1.133

Dn, α =1.341le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=95

k=10

a=6.8

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 7.8 [	51	0.51	0.51
02	[7.8 , 14.6 [	22	0.22	0.73
03	[14.6, 21.4 [	11	0.11	0.84
04	[21.4, 28.2 [	3	0.03	0.87
05	[28.2 , 35 [	6	0.060	0.93
06	[35 , 41.8[	1	0.01	0.94
07	[41.8 , 39.5 [	1	0.01	0.95
08	[39.5 , 45 [	1	0.01	0.96
09	[45 , 50.5 [	2	0.02	0.98
10	[50.5 ,56]	2	0.02	1

loi ajustée:GAMMA**paramètres:** $\alpha =16.5$ $\beta =0.64$

MTTR =10.5 h

 $\delta =13.2$ h**test:**

Dn =1.252

Dn, α =1.340le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D =0.94

Disponibilité opérationnelle:

Dopr =0.635

Equipement : C03075**Fiabilité:**

N=88

k=8

a=46

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 62 [	25	0.284	0.284
02	[62 , 108[	17	0.193	0.477
03	[108 , 154[	10	0.113	0.590
04	[154 , 200[	9	0.102	0.693
05	[200 , 246[	8	0.090	0.784
06	[246 , 292[	10	0.113	0.897
07	[292 , 338[	8	0.090	0.988
08	[338 , 384]	1	0.011	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma = 15.858$ h $\eta = 140.614$ (1/h) $\beta = 0.724$ MTBF = 188.299 h; $\sigma = 180.982$ h

R(mtbf) = 0.2379

 $\lambda(\text{mtbf}) = 0.0060$ def/h**test:** Dn = 1.134Dn, α = 1.339le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=95

k=10

a=6.8

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 7.8[	56	0.589	0.589
02	[7.8 , 14.6[	14	0.147	0.737
03	[14.6 , 21.4[	9	0.095	0.831
04	[21.4 , 28.2[	1	0.010	0.842
05	[28.2 , 35 [	4	0.042	0.884
06	[35 , 41.8 [	2	0.021	0.905
07	[41.8 , 48.6 [	2	0.021	0.926
08	[48.6 , 55.4[	4	0.042	0.968
09	[55.4 , 62.2[	2	0.021	0.989
10	[62.2 , 69]	1	0.010	1

loi ajustée: EXPONENTIELLE**paramètres:**

b= 1.372

c= 4.802

MTTR = 29.95 h

Disponibilité:

D=0.864

Disponibilité opérationnelle:

Dopr=0.624

Equipement : C00344**Fiabilité:**

N=89

k=8

a=148

N°	Classes	n	f	F
01	[16 ,164 [	13	0.541	0.541
02	[164 ,312 [	5	0.208	0.75
03	[312 ,460 [	3	0.125	0.875
04	[460 ,608 [	1	0.041	0.916
05	[608 ,756 [	0	0	0.916
06	[756 ,904 [	1	0.041	0.958
07	[904 ,1052 [	0	0	0.958
08	[1052 ,1200]	1	0.041	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma=15.778$ h $\eta=196.556$ (1/h) $\beta=0.779$ MTBF=242.74 h ; $\sigma=298.765$ hR(mtbf)= 0.3334; λ (mtbf)=0.038def/h**test:**

Dn =0.779

Dn, $\alpha=1.319$ le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=120

k=10

a=9.5

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 8.1 [	81	0.675	0.675
02	[8.1 , 15.1 [	11	0.092	0.766
03	[15.1 , 22.3[	10	0.083	0.851
04	[22.3 , 29.4 [	3	0.025	0.875
05	[29.4 , 36.5 [	7	0.058	0.933
06	[36.5 , 43.6 [	2	0.016	0.95
07	[43.6 , 50.7 [	0	0	0.95
08	[50.7 , 57.8 [	3	0.025	0.975
09	[57.8 , 64.9 [	2	0.016	0.992
10	[64.9 , 72]	1	0.008	1

loi ajustée:EXPONENTIELLE**paramètres:**

b =2.56

c = 3.310

MTTR =28.07 h

Disponibilité:

D =0.894

Disponibilité opérationnelle:

Dopr =0.645

Equipement : C00833**Fiabilité:**

N=85

k=8

a=114

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 130[	50	0.588	0.588
02	[130 , 244[	12	0.141	0.729
03	[244 , 358[	10	0.117	0.847
04	[358 , 472[	5	0.058	0.905
05	[472 , 586[	1	0.011	0.917
06	[586 , 700 [	3	0.035	0.952
07	[700 , 814[	3	0.035	0.988
08	[814 , 928]	1	0.011	1

loi ajustée: WEIBULL

paramètres: $\gamma = 15.861$ h $\eta = 96.058$ (1/h) $\beta = 0.524$ MTBF = 192.4 h; $\sigma = 1167.9$ h

R(mtbf) = 0.2527

 $\lambda(\text{mtbf}) = 0.0041$ def/htest: $D_n = 1.316$ $D_{n,\alpha} = 1.337$ le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=99

k=10

a=9.1

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 10.1[	69	0.697	0.697
02	[10.1 , 19.2[	12	0.121	0.818
03	[19.2 , 28.3[	4	0.040	0.858
04	[28.3 , 27.5]	3	0.030	0.888
05	[27.5 , 46.6[	3	0.030	0.919
06	[46.6 , 55.7]	3	0.030	0.949
07	[55.7 , 64.8[	2	0.020	0.969
08	[64.8 , 73.9[	0	0	0.969
09	[73.9 , 83[	0	0	0.969
10	[83 , 92.1]	3	0.030	1

loi ajustée: EXPONENTIELLE

paramètres:

 $b = 2.132$ $c = 4.835$

MTTR = 48.4 h

Disponibilité:

D = 0.799

Disponibilité opérationnelle:

Dopr = 0.597

Equipement : C003351**Fiabilité:**

N=53

k=10

a=152

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 168 [	27	0.509	0.509
02	[168 ,320 [	14	0.264	0.773
03	[320 , 472 [	2	0.037	0.811
04	[472 , 624 [	5	0.094	0.905
05	[624 , 776 [	1	0.018	0.924
06	[776 , 928 [	0	0	0.924
07	[928 ,1080[	2	0.035	0.962
08	[1080 , 1232[	1	0.018	0.981
09	[1232 , 1384[	0	0	0.981
10	[1384 , 1536]	1	0.018	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma = 15.828$ h $\eta = 202.207$ (1/h) $\beta = 0.657$

MTBF = 288.7 h

 $\sigma = 440.811$ h

R(mtbf) = 0.2959

 $\lambda(\text{mtbf}) = 0.0029$ def/h**test:**

Dn = 0.975

Dn, α = 1.333le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=61

k=10

a=5,5

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 6.5[	38	0.623	0.623
02	[6.5 , 12 [	15	0.242	0.865
03	[12 , 17.5 [	5	0.081	0.945
04	[17.5 , 23 [	0	0	0.945
05	[23 , 28.5 [	0	0	0.945
06	[28.5 , 34 [	1	0.016	0.962
07	[34 , 39.5[	0	0	0.962
08	[39.5 , 45[	0	0	0.962
09	[45 , 50.5[	1	0.016	0.977
10	[50.5 , 56]	1	0.016	1

loi ajustée: GAMMA**paramètres:** $\alpha = 8.115$ h $\beta = 0.774$

MTTR = 6.281 h

 $\delta = 7.140$ h**test:**

Dn = 1.221

Dn, α = 1.335le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D = 0.980

Disponibilité opérationnelle:

Dopr = 0.670

Equipement : C00874**Fiabilité:**

N=142

k=10

a=73.6

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 89.6[	77	0.542	0.542
02	[89.6 , 163.2[	31	0.218	0.760
03	[163.2, 236.8[	13	0.091	0.852
04	[236.8 , 310.4[	7	0.049	0.901
05	[310.4 , 384[	3	0.021	0.922
06	[384 , 457.6[	6	0.042	0.964
07	[457.6 , 531.2[	0	0	0.964
08	[531.2 , 604.8[	2	0.014	0.978
09	[604.8 , 678.4[	1	0.007	0.985
10	[678.4 , 752]	2	0.014	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma = 15.820$ h $\eta = 101.798$ (1/h) $\beta = 0.681$

MTBF = 148.256

 $\sigma = 632.450$ h

R(mtbf) = 0.3023

 $\lambda(\text{mtbf}) = 0.0018$ def/h**test:**

Dn = 1.121

Dn, α = 1.331le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=128

k=10

a=9.5

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 10.5[	83	0.648	0.648
02	[10.5 , 20[	17	0.132	0.781
03	[20 , 29.5[	13	0.101	0.882
04	[29.5 , 39[	4	0.031	0.914
05	[39 , 48.5[	7	0.054	0.968
06	[48.5 , 58[	1	0.007	0.976
07	[58 , 67.5[	0	0	0.976
08	[67.5 , 77[	1	0.007	0.984
09	[77 , 86.5[	1	0.007	0.992
10	[86.5 , 96]	1	0.007	1

loi ajustée: GAMMA**paramètres:** $\alpha = 18.590$ $\beta = 0.658$

MTTR = 12.232 h

 $\delta = 15.079$ h**test:**

Dn = 1.279

Dn, α = 1.342le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D = 0.924

Disponibilité opérationnelle:

Dopr = 0.720

Equipement : C001454

Fiabilité:

N=53

k=8

a=216

N°	Classes	n	f	F
01	[16 ,232 [	13	0.419	0.419
02	[232 ,448 [	6	0.193	0.612
03	[448 ,664 [	4	0.129	0.741
04	[664 , 880 [	2	0.064	0.806
05	[880 ,1096 [	2	0.064	0.870
06	[1096,1312 [	2	0.064	0.935
07	[1312,1528 [	1	0.032	0.967
08	[1528,1744]	1	0.032	1

loi ajustée: WEIBULL

paramètres: $\gamma=15.849$ h

$\eta=207.801$ (1/h)

$\beta=0.615$

MTBF=318.543 h ; $\sigma=509.90$ h

$R(\text{mtbf})=0.2836$, $\lambda(\text{mtbf})=0.0029$ def/h

test: $D_n=0.871$

$D_{n,\alpha}=1.333$

Maintenabilité:

N=56

k=10

a=9.8

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 10.8[	39	0.696	0.696
02	[10.8 , 20.6[	6	0.107	0.803
03	[20.6 , 30.4[	2	0.035	0.839
04	[30.4, 40.2[	3	0.053	0.892
05	[40.2 , 50[	2	0.035	0.928
06	[50 , 59.8[	1	0.017	0.946
07	[59.8 , 69.6[	0	0	0.946
08	[69.6 , 79.4[	0	0	0.946
09	[79.4 , 89.2[	2	0.035	0.982
10	[89.2 , 99]	1	0.017	1

loi ajustée: GAMMA

paramètres:

$\alpha=16.5$

$\beta=0.64$

MTTR =10.5 h

$\delta=13.2$ h

test:

$D_n=1.252$

$D_{n,\alpha}=1.340$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha=0.05$

Disponibilité:

D=0.961

Disponibilité opérationnelle:

Dopr=0.72

Equipement : C03074**Fiabilité:**

N= 100

k= 12

a= 72

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 882[	42	0.42	0.42
02	[882 , 160[	24	0.24	0.66
03	[160 , 232[	10	0.10	0.76
04	[232 , 304[	5	0.05	0.81
05	[304 , 376[	5	0.05	0.86
06	[376 , 448[	4	0.04	0.90
07	[448 , 520[	3	0.03	0.93
08	[520 , 592[	2	0.02	0.95
09	[592 , 664[	2	0.02	0.97
10	[664 , 736[	0	0	0.97
11	[736 , 808[	1	0.01	0.98
12	[808 , 880]	2	0.02	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma=11.981$ h $\eta=137.217$ (1/h) $\beta=0.756$

MTBF=174.247 h

 $\sigma =685.56$ h

R(mtbf)=0.3214

 $\lambda(\text{mtbf})=0.0053$ def/h**test:** $D_n =1.1304$ $D_{n,\alpha}=1.3404$ le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=95

k=10

a=6.8

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 7.8 [	56	0.589	0.589
02	[7.8 , 14.6 [	14	0.147	0.736
03	[14.6 , 21.4 [	9	0.094	0.831
04	[21.4 , 28.2 [	1	0.010	0.842
05	[28.2 , 35 [	4	0.042	0.884
06	[35 , 41.8 [	2	0.021	0.905
07	[41.8 , 48.6 [	2	0.021	0.926
08	[48.6 , 55.4 [	4	0.042	0.968
09	[55.4 , 62.2 [	2	0.021	0.989
10	[62.2 , 69]	1	0.01	1

loi ajustée: EXPONENTIELLE**paramètres:** $b =2.390$ $c =4.90$

MTTR =55.22

Disponibilité:

D =0.74

Disponibilité opérationnelle:

Dopr =0.524

Equipement: C00654**Fiabilité:**

N=103

k=10

a=84.8

N°	Classes	n	f	F
01	[16 ,100.8 [	52	0.504	0.504
02	[100.8,185.6 [	12	0.116	0.621
03	[185.6,270.4 [	18	0.174	0.796
04	[270.4,355.2 [	14	0.135	0.932
05	[355.2,440 [	3	0.029	0.691
06	[440 ,524.8 [	1	0.009	0.970
07	[524.8,609.6 [	1	0.009	0.980
08	[609.6,694.4 [	1	0.009	0.990
09	[694.4,779.2 [	0	0	0.990
10	[779.2, 864]	1	0.009	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma=15.780$ h $\eta=138.83$ (1/h) $\beta=0.806$

MTBF=172.2 h

 $\sigma=616.4$ h

R(mtbf)=0.3326

 $\lambda(\text{mtbf})=0.0057$ def/h**test:**

Dn =1.134

Dn, α =1.334le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=93

k=10

a=8.4

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 9.4[	54	0.580	0.580
02	[9.4 , 17.8[	17	0.182	0.763
03	[17.8 , 26.2 [	13	0.139	0.903
04	[26.2 , 34.6 [	4	0.043	0.946
05	[34.6 , 43 [	1	0.01	0.956
06	[43 , 51.4 [	1	0.01	0.967
07	[51.4 ,59.8 [	0	0	0.967
08	[59.8 , 68.2[	1	0.01	0.978
09	[68 , 76.6[	0	0	0.978
10	[76.6 , 85]	2	0.021	1

loi ajustée: GAMMA**paramètres:** $\alpha=19.570$ $\beta=0.601$

MTTR =11.761 h

 $\delta=15.171$ h**test:**

Dn =1.096

Dn, α =1.339le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D =0.91

Disponibilité opérationnelle:

Dopr =0.71

Equipement : C00655**Fiabilité:**

N=128

k=10

a=80

N°	Classes	n	f	F
01	[16 ,96 [	71	0.554	0.554
02	[96 ,176 [	26	0.203	0.757
03	[176 ,256 [	16	0.125	0.882
04	[256 ,336 [	10	0.078	0.960
05	[336 ,416 [	2	0.015	0.976
06	[416 ,496 [	1	0.007	0.984
07	[496 ,576 [	1	0.007	0.992
08	[576 ,656 [	0	0	0.992
09	[656 ,736 [	0	0	0.992
10	[736 ,816]	1	0.007	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma=15.667$ h $\eta=98.69$ (1/h) $\beta=0.685$

MTBF=143.298 h

 $\sigma=600$ h

R(mtbf)=0.3034

 $\lambda(\text{mtbf})=0.0064$ def/h**test:**

Dn =0.713

Dn, α =1.327le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=122

k=10

a=8.5

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 9.5[	86	0.704	0.704
02	[9.5 , 18[	13	0.106	0.811
03	[18 , 26.5[	13	0.106	0.918
04	[26.5 , 35[	4	0.032	0.950
05	[35 , 43.5[	2	0.016	0.967
06	[43.5 , 52[	2	0.016	0.983
07	[52 , 60.5[	1	0.008	0.991
08	[60.5 , 69[	0	0	0.991
09	[69 , 77.5[	0	0	0.991
10	[77.5 , 86]	1	0.008	1

loi ajustée: GAMMA**paramètres:** $\alpha=12.914$ $\beta=0.713$

MTTR =9.20 h

 $\delta=10.904$ h**test:**

Dn =1.256

Dn, α =1.342le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D =0.909

Disponibilité opérationnelle:

Dopr =0.646

Equipement : C00973**Fiabilité:**

N=36

k=10

a=80

N°	Classes	n	f	F
01	[16 ,96 [	13	0.361	0.361
02	[96 ,176 [	10	0.277	0.638
03	[176 ,256 [	3	0.083	0.722
04	[256 ,336 [	1	0.027	0.75
05	[336 ,416 [	2	0.055	0.805
06	[416 ,496 [	1	0.027	0.832
07	[496 ,576 [	1	0.027	0.860
08	[576 ,656 [	1	0.027	0.888
09	[656 ,736 [	2	0.055	0.943
10	[736 ,818]	2	0.055	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma=15.666$ h $\eta=169.689$ (1/h) $\beta=0.698$

MTBF=230.844 h

 $\sigma=994.98$ h

R(mtbf)=0.3071

 $\lambda(\text{mtbf})=0.0038$ def/h**test:**

Dn =0.590

Dn, α =1.327le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=48

k=10

a=4.8

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 5.8 [	21	0.437	0.437
02	[5.8 ,10.6 [	16	0.333	0.77
03	[10.6, 15.4 [	3	0.062	0.833
04	[15.4 ,20.4[	3	0.062	0.895
05	[20.4 , 25[	3	0.062	0.958
06	[25., 29.8[	0	0	0.958
07	[29.8 , 34.6[	0	0	0.958
08	[34.6, 39.4[	1	0.02	0.979
09	[39.4 , 44.2[	0	0	0.979
10	[44.2 ,49]	1	0.02	1

loi ajustée: GAMMA**paramètres:** $\alpha=12.065$ $\beta=0.666$

MTTR =8.035 h

 $\delta=9.84$ h**test:**

Dn =0.885

Dn, α =1.332le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**D=0.96 **Disponibilité opérationnelle:**

Dopr=0.66

Equipement : C01092**Fiabilité:**

N=92

k=10

a=89.6

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 105.6[	47	0.511	0.511
02	[105.6 ,195.2[	17	0.185	0.696
03	[195.2, 284.8[	12	0.130	0.826
04	[284.8 , 374.4[	5	0.054	0.880
05	[374.4 , 464[	4	0.043	0.924
06	[464 , 553.6[	1	0.011	0.935
07	[553.6 , 643.2[	2	0.022	0.956
08	[643.2 , 732.8[	2	0.022	0.978
09	[732.8 , 822.4[	0	0	0.978
10	[822.4 , 912]	2	0.022	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma = 14.171$ h $\eta = 84.656$ (1/h) $\beta = 0.645$

MTBF = 130.859 h

 $\sigma = 591.6$ h

R(mtbf) = 0.2923

 $\lambda(\text{mtbf}) = 0.0067$ def/h**test:**

Dn = 1.130

Dn, α = 1.340le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N= 101

k=10

a=5.1

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 6.1[	62	0.614	0.614
02	[6.1 , 11.2[	14	0.138	0.752
03	[11.2 , 16.3[	10	0.099	0.852
04	[16.3 , 21.4[	4	0.039	0.891
05	[21.4 , 26.5[	2	0.019	0.911
06	[26.5 , 31.6[	2	0.019	0.931
07	[31.6 , 36.7[	4	0.039	0.970
08	[36.7 , 41.8[	1	0.009	0.980
09	[41.8 , 46.9[	0	0	0.980
10	[46.9 , 52]	2	0.019	1

Loi ajustée :EXPONENTIELLE**paramètres:**

b = 1.624

c = 3.498

MTTR = 18.845 h

Disponibilité:

D = 0.874

Disponibilité opérationnelle:

Dopr = 0.629

Equipement : C00691**Fiabilité:**

N=88

k=12

a=92

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 108[	46	0.522	0.522
02	[108 , 200[	12	0.136	0.659
03	[200 , 292[	12	0.136	0.695
04	[292 , 384[	6	0.068	0.861
05	[384 , 476[	6	0.068	0.931
06	[476 , 568[	1	0.011	0.943
07	[568 , 660[	1	0.011	0.954
08	[660 , 752[	1	0.011	0.965
09	[752 , 844[	1	0.011	0.977
10	[844 , 936[	1	0.011	0.988
11	936 , 1028[	0	0	0.988
12	[1028 , 1120]	1	0.011	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma = 15.761$ h $\eta = 136.657$ (1/h) $\beta = 0.625$

MTBF = 211.175 h

 $\sigma = 320.26$ h

R(mtbf) = 0.2864

 $\lambda(\text{mtbf}) = 0.0046$ def/h**test:**

Dn = 1.218

Dn, α = 1.339le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=90

k=10

a=9.5

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 10.5[	58	0.644	0.644
02	[10.5 , 20[	15	0.166	0.811
03	[20 , 29.5[	7	0.077	0.888
04	[29.5 , 39[	3	0.033	0.922
05	[39 , 48.5[	1	0.011	0.933
06	[48.5 , 58[	0	0	0.933
07	[58 , 67.5[	2	0.022	0.955
08	[67.5 , 77[	0	0	0.955
09	[77 , 86.5[	2	0.022	0.977
10	[86.5 , 96]	2	0.022	1

loi ajustée: Log-normale**paramètres:** $\mu = 1.798$ h $\delta = 1.688$

MTTR = 25.135 h

 $\sigma = 49.74$ h**test:**

Dn = 1.276

Dn, α = 1.339le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D = 0.894

Disponibilité opérationnelle:

Dopr = 0.709

Equipement : C00810**Fiabilité:**

N=31

k=8

a=80

N°	Classes	n	f	F
01	[16 ,96 [	13	0.419	0.419
02	[96 ,176 [	6	0.193	0.612
03	[176 ,256 [	4	0.129	0.741
04	[256 ,336 [	2	0.064	0.806
05	[336 ,416 [	2	0.064	0.870
06	[416 ,496 [	2	0.064	0.935
07	[496 ,576 [	1	0.032	0.967
08	[576 ,656]	1	0.032	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma=15.578$ h $\eta=137.41$ (1/h) $\beta=0.696$ MTBF=190.469 h ; $\sigma =813.6$ hR(mtbf)=0.3064 ; $\lambda(\text{mtbf})=0.0047$ def/h**test:** $D_n =0.877$ $D_n, \alpha =1.325$ **Maintenabilité:**

N=73

k=10

a=29

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 30[	64	0.876	0.876
02	[30 , 59[	4	0.054	0.931
03	[59 , 88[	2	0.027	0.958
04	[88 , 117[	2	0.027	0.986
05	[117 , 146[	0	0	0.986
06	[146 , 175[	0	0	0.986
07	[175 , 204[	0	0	0.986
08	[204 , 233[	0	0	0.986
09	[233 , 262[	0	0	0.986
10	[262 , 291]	1	0.013	1

loi ajustée: GAMMA**paramètres:** $\alpha =39.66$ $\beta =0.425$

MTTR =16.855 h

 $\delta =25.85$ h**test:** $D_n =1.182$ $D_n, \alpha =1.337$ le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D=0.92

Disponibilité opérationnelle:

Dopr=0.682

Equipement : C01015**Fiabilité:**

N = 100

k = 10

a = 86.4

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 102.4 [	45	0.45	0.45
02	[102.4, 188.8 [	23	0.23	0.68
03	[188.8, 275.2 [	16	0.16	0.84
04	[275.2, 361.6 [	5	0.05	0.89
05	[361.6, 448 [	2	0.02	0.91
06	[448 , 534.4 [	3	0.03	0.94
07	[534.4, 620.8[	3	0.03	0.97
08	[620.8, 707.2[	1	0.01	0.98
09	[707.2, 793.6[	1	0.01	0.99
10	[793.6, 880]	1	0.01	1

loi ajustée: WEIBULL

paramètres: $\gamma = 15.69$ h $\eta = 131.59$ (1/h) $\beta = 0.73$

MTBF = 168.14 h

 $\sigma = 227.656$ h

R(mtbf) = 0.3286

 λ (mtbf) = 0.0053 def/h

Test:

Dn = 1.127

Dn, $\alpha = 1.340$ le modèle théorique ajuste le modèle experimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N = 105

k = 10

a = 503

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 6.3 [	76	0.734	0.734
02	[6.3 , 11.6 [	15	0.143	0.866
03	[11.6, 16.9 [	8	0.076	0.943
04	[16.9 , 22.2 [	4	0.038	0.981
05	[22.2, 27.5 [	0	0	0.981
06	[27.5 , 32.8 [	1	0.009	0.990
07	[32.8 , 38.1[	0	0	0.990
08	[38.1 , 43.4 [	0	0.	0.990
09	[43.4, 48.7 [	0	0.	0.990
10	[48.7, 54]	1	0.09	1

loi ajustée: EXPONENTIELLE

paramètres:

b = 2.13

c = 3.75

MTTR = 24.3 h

Disponibilité:

D = 0.82

Disponibilité opérationnelle:

Dopr = 0.645

Equipement : C01301**Fiabilité:**

N=78

k=10

a=163.2

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 179.2[	52	0.666	0.666
02	[179.2 , 342.4[	11	0.141	0.807
03	[342.4 , 505.6[	6	0.078	0.885
04	[505.6 , 668.8[	3	0.038	0.923
05	[668.8 , 832.2[	4	0.051	0.974
06	[842.2 , 995.2[	0	0	0.974
07	[995.2 , 1158.2[	1	0.013	0.987
08	[1158.2, 1321.6[	0	0	0.987
09	[1321.6, 1484.8[	0	0	0.987
10	[1484.8 , 1648]	1	0.013	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma = 15.737$ h $\eta = 119.510$ (1/h) $\beta = 0.724$

MTBF = 163.4 h

 $\sigma = 662.6$ h

R(mtbf) = 0.3122

 $\lambda(\text{mtbf}) = 0.0056$ def/h**test:**

Dn = 1.189

Dn, α = 1.341le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N= 75

k=10

a=8.8

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 9.8[	48	0.640	0.640
02	[9.8 , 18.6[	15	0.200	0.840
03	[18.6 , 27.4[	2	0.026	0.866
04	[27.4 , 36.2[	4	0.053	0.920
05	[36.2 , 45[	1	0.013	0.933
06	[45 , 53.8[	1	0.013	0.946
07	[53.8 , 62.6[	1	0.013	0.959
08	[62.6 , 71.4[	1	0.013	0.972
09	[71.4 , 80.2[	1	0.013	0.985
10	[80.2 , 89]	1	0.013	1

loi ajustée: GAMMA**paramètres:** $\alpha = 18.801$ $\beta = 0.612$

MTTR = 11.506 h

 $\delta = 14.708$ h**test:**

Dn = 1.124

Dn, α = 1.337le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D = 0.934

Disponibilité opérationnelle:

Dopr = 0.680

Equipement : C00657**Fiabilité:**

N=46

k=10

a=104

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 120[	20	0.454	0.454
02	[120 , 224[	6	0.136	0.591
03	[224 , 328[	7	0.160	0.750
04	[328 , 432[	4	0.091	0.841
05	[432 , 536[	1	0.023	0.864
06	[536 , 640[	2	0.045	0.910
07	[640 , 744[	2	0.045	0.954
08	[744 , 848[	1	0.023	0.977
09	[848 , 952[	0	0	0.977
10	[952 , 1056]	1	0.023	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma = 15.897$ h $\eta = 222.982$ (1/h) $\beta = 0.631$

MTBF = 339.634 h

 $\sigma = 1673.3$ h

R(mtbf) = 0.2881

 $\lambda(\text{mtbf}) = 0.0059$ def/h**test:**

Dn = 0.667

Dn, α = 1.331le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N= 62

k=10

a=8.4

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 9.4[	42	0.677	0.677
02	[9.4 , 17.8[	7	0.113	0.789
03	[17.8 , 26.2[	9	0.145	0.935
04	[26.2 , 34.6[	0	0	0.935
05	[34.6 , 43[	1	0.016	0.952
06	[43 , 51.4[	0	0	0.952
07	[51.4 , 59.8[	2	0.032	0.984
08	[59.8 , 68.2[	0	0	0.984
09	[68.2 , 76.6[	0	0	0.984
10	[76.6 , 85]	1	0.016	1

loi ajustée: GAMMA**paramètres:** $\alpha = 18.952$ $\beta = 0.513$

MTTR = 9.725 h

 $\delta = 13.577$ h**test:**

Dn = 1.124

Dn, α = 1.337le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D = 0.970

Disponibilité opérationnelle:

Dopr = 0.800

Equipement : C00815**Fiabilité:**

N=90

k=8

a=107

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 123[	46	0.511	0.511
02	[123 , 230[	16	0.177	0.688
03	[230 , 337[	10	0.111	0.800
04	[337 , 444[	8	0.088	0.888
05	[444 , 551[	6	0.066	0.955
06	[551 , 656[	2	0.022	0.977
07	[656 , 765[	0	0	0.977
08	[765 , 872]	2	0.022	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma = 15.858$ h $\eta = 157.912$ (1/h) $\beta = 0.670$ MTBF = 223.520 h; $\sigma = 318.930$ h

R(mtbf) = 0.3007

 $\lambda(\text{mtbf}) = 0.0038$ def/h**test:** $D_n = 0.931$ $D_{n,\alpha} = 1.339$ le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$.**Maintenabilité**

N=98

k=10

a=10.2

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 11.2[	73	0.745	0.745
02	[11.2 , 21.4[	13	0.133	0.878
03	[21.4 , 31.6[	6	0.061	0.939
04	[31.6 , 41.8[	2	0.020	0.959
05	[41.8 , 52[	1	0.010	0.969
06	[52 , 62.2[	0	0	0.969
07	[62.2 , 72.4[	2	0.020	0.989
08	[72.4 , 82.6[	0	0	0.989
09	[82.6 , 92.8[	0	0	0.989
10	[92.8 , 103]	1	0.010	1

loi ajustée: EXPONENTIELLE**paramètres:**

b= 2.167

c = 5.621

MTTR = 68.992 h

Disponibilité:

D = 0.764

Disponibilité opérationnelle:

Dopr = 0.630

Equipement : C00781**Fiabilité:**

N=102

k=8

a=76

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 92 [	53	0.519	0.519
02	[92 , 168[	22	0.215	0.735
03	[168 , 244[	9	0.088	0.823
04	[244 , 320[	4	0.039	0.862
05	[320 , 396[	9	0.088	0.950
06	[396 , 472[	1	0.009	0.960
07	[472 , 548[	3	0.029	0.990
08	[548 , 624]	1	0.009	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma = 15.555$ h $\eta = 105.919$ (1/h) $\beta = 0.802$ MTBF = 143.770 h; $\sigma = 144.05$ hR(mtbf) = 0.3120; $\lambda(\text{mtbf}) = 0.0073$ def/h**test:** $D_n = 1.237$ $D_{n,\alpha} = 1.341$ le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=103

k=10

a=10.3

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 13.3[	70	0.68	0.68
02	[13.3 , 25.6[	15	0.146	0.825
03	[25.6 , 37.9[	4	0.04	0.864
04	[37.9 , 50.2[	6	0.06	0.922
05	[50.2 , 62.5[	4	0.04	0.961
06	[62.5 , 74.8[	1	0.009	0.971
07	[74.8 , 87.1[	1	0.009	0.98
08	[87.1 , 99.4[	0	0	0.98
09	[99.4 , 111.7[	0	0	0.98
10	[111.7 , 124]	2	0.02	1

loi ajustée: GAMMA**paramètres:** $\alpha = 23.462$ h $\beta = 0.616$

MTTR = 14.452 h

 $\delta = 18.414$ h**test:** $D_n = 1.308$ $D_{n,\alpha} = 1.341$ le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D = 0.910

Disponibilité opérationnelle:

Dopr = 0.770

Equipement : C00782**Fiabilité:**

N=121

k=8

a=144

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 160[	87	0.719	0.719
02	[160 , 304 [	18	0.148	0.862
03	[304 , 448[	8	0.066	0.928
04	[448 , 592[	2	0.016	0.944
05	[592 , 736 [	3	0.024	0.968
06	[736 , 880[	2	0.016	0.984
07	[880 , 1024[	1	0.008	0.992
08	[1024 , 1262]	1	0.008	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma = 15.601$ h $\eta = 101.548$ (1/h) $\beta = 0.518$ MTBF = 206.312 h; $\sigma = 1264.9$ hR(mtbf) = 0.2501; $\lambda(\text{mtbf}) = 0.0037$ def/h**test:**

Dn = 1.300

Dn, α = 1.337le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=121

k=10

a=7

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 8[	79	0.653	0.653
02	[8 , 15[	28	0.124	0.884
03	[15 , 22[	6	0.05	0.934
04	[22 , 29[	3	0.025	0.958
05	[29 , 36[	3	0.025	0.983
06	[36 , 43[	0	0	0.983
07	[43 , 50[	0	0	0.983
08	[50 , 57[	1	0.008	0.992
09	[57 , 64[	0	0	0.992
10	[64 , 71]	1	0.008	1

loi ajustée: EXPONENTIELLE**paramètres:** $b = 1.869$ $c = 4.210$

MTTR = 31.75 h

Disponibilité:

D = 0.866

Disponibilité opérationnelle:

Dopr = 0.762

Equipement : C00966**Fiabilité:**

N=51

k=10

a=166.4

N°	Classes	n	f	F
01	[16 ,182.4 [	25	0.490	0.490
02	[182.4 ,348.8 [	8	0.156	0.647
03	[348.8 ,514.2 [	7	0.137	0.784
04	[514.2 ,681.6 [	2	0.039	0.823
05	[681.6 ,848 [	2	0.039	0.862
06	[848 ,1014.4[	2	0.039	0.901
07	[1014.4,1180.8[	1	0.019	0.921
08	[1180.8,1347.2[	2	0.039	0.960
09	[1347.2,1513.6[	1	0.019	0.980
10	[1513.6,1680]	1	0.019	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma=15.843$ h $\eta=272.184$ (1/h) $\beta=0.692$

MTBF=363.997 h

 $\sigma=509.9$ h

R(mtbf)=0.3055

 $\lambda(\text{mtbf})=0.0023$ def/h**test:**

Dn =0.796

Dn, α =1.333le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=54

k=10

a=8.3

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 9.3 [	37	0.685	0.685
02	[9.3, 17.6 [	10	0.185	0.870
03	[17.6, 25.9[	4	0.074	0.944
04	[25.9, 34.2[	2	0.04	0.981
05	[34.2, 42.5[	0	0	0.981
06	[42.5, 50.8[	0	0	0.981
07	[50.8 ,59.1[	0	0	0.981
08	[59.1, 67.4[	0	0	0.981
09	[67.4 ,75.7[	0	0	0.981
10	[75.7, 78.4]	1	0.02	1

loi ajustée: GAMMA**paramètres:** $\alpha=12.922$ $\beta=0.687$

MTTR =8.877 h

 $\delta=10.64$ h**test:**

Dn =0.956

Dn, α =1.333le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D =0.796

Disponibilité opérationnelle:

Dopr =0.802

Equipement : C00826**Fiabilité:**

N=57

k=10

a=129.6

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 145.6[	34	0.596	0.596
02	[145.6 , 275.2[	11	0.192	0.789
03	[275.2 , 404.8[	0	0	0.789
04	[404.8 , 534.4[	4	0.070	0.859
05	[534.4 , 664[	2	0.035	0.894
06	[664 , 793.6[	2	0.035	0.929
07	[793.6 , 923.2[	1	0.017	0.947
08	[923.2 , 1052.8[	2	0.035	0.982
09	[1052 , 1182.4[	0	0	0.982
10	[1182.4 , 1312]	1	0.017	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma=15.797$ h $\eta=178.068$ (1/h) $\beta=0.652$

MTBF=253.45 h

 $\sigma = 388.188$ h

R(mtbf)=0.2991

 $\lambda(\text{mtbf})=0.0033$ ref/h**test:**

Dn =1.130

Dn, α =1.334le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N= 64

k= 10

a= 10.9

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 11.9 [	43	0.671	0.671
02	[11.9 , 22.8[	12	0.187	0.859
03	[22.8 , 33.7[	4	0.062	0.921
04	[33.7 , 44.6[	1	0.015	0.937
05	[44.6 , 55.5[	1	0.015	0.953
06	[55.5 , 66.4[	0	0	0.953
07	[66.4 , 77.3[	0	0	0.953
08	[77.3 , 88.2[	1	0.015	0.968
09	[88.2 , 99.1[	1	0.015	0.984
10	[99.1 , 110]	1	0.015	1

loi ajustée:GAMMA**paramètres:** $\alpha =22.495$ $\beta =0.550$

MTTR =12.494 h

 $\delta =16.683$ h**test:**

Dn =1.096

Dn, α =1.335le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D =0.95

Disponibilité opérationnelle:

Dopr=0.78

Equipement : C01113**Fiabilité:**

N=130

k=10

a=96

N°	Classes	n	f	F
01	[16 ,112 [	67	0.515	0.515
02	[112 ,208 [	34	0.261	0.776
03	[208 ,304 [	17	0.130	0.907
04	[304 ,400 [	4	0.030	0.938
05	[400 ,496 [	3	0.023	0.961
06	[496 ,592 [	2	0.015	0.976
07	[592 ,688 [	1	0.007	0.984
08	[688 ,784 [	0	0	0.984
09	[784 ,880 [	1	0.007	0.992
10	[880 ,976]	1	0.007	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma=15.72$ h $\eta=107.18$ (1/h) $\beta=0.73$

MTBF=139.89 h

 $\sigma=185.888$ h

R(mtbf)=0.3284

 $\lambda(\text{mtbf})=0.0065$ def/h**test:**

Dn =1.242

Dn, $\alpha=1.343$ le modèle théorique ajuste le modèle expérimentale au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:** ...

N=132

k=10

a=9.2

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 10.2 [	98	0.742	0.742
02	[10.2 , 19.4 [	20	0.151	0.894
03	[19.4 , 28.6 [	7	0.053	0.947
04	[28.6 , 37.8 [	3	0.023	0.969
05	[37.8 , 47 [	2	0.015	0.985
06	[47 , 56.2 [	1	0.007	0.992
07	[56.2 , 65.4 [	0	0	0.992
08	[65.4 , 74.6 [	0	0	0.992
09	[74.6 ,83.8 [	0	0	0.992
10	[83.8 , 93]	1	0.015	1

loi ajustée:EXPONENTIELLE**paramètres:** $b=1.93$ $c=5.8$

MTTR =51.37 h

Disponibilité:

D =0.73

Disponibilité opérationnelle:

Dopr =0.67

Equipement : C00963**Fiabilité:**

N=55

k=10

a=91.2

N°	Classes	n	f	F
01	[16 ,107.2 [	30	0.545	0.545
02	[107.2,198.4 [	5	0.090	0.636
03	[198.4,289.6 [	7	0.127	0.763
04	[289.6, 380.8[	7	0.127	0.890
05	[380.8, 472 [	2	0.036	0.927
06	[472 ,563.2 [	1	0.018	0.945
07	[563.2,654.4 [	0	0	0.945
08	[654.4, 745.6[	0	0	0.945
09	[745.6, 836.8[	1	0.018	0.963
10	[836.8, 928]	2	0.036	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma=15.83$ h $\eta=155.10$ (1/h) $\beta=0.64$

MTBF=238.48 h

 $\sigma =374.576$ h

R(mtbf)=0.2835

 $\lambda(\text{mtbf})= 0.0036$ def/h**test:**

Dn =1.151

Dn, α =1.334le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité**

N=61

k=10

a=4.7

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 5.7 [	36	0.590	0.590
02	[5.7 , 10.4 [	13	0.213	0.803
03	[10.4, 15.1 [	4	0.065	0.868
04	[15.1, 19.8 [	2	0.032	0.901
05	[19.8 , 24.5 [	2	0.032	0.934
06	[24.5 ,29.2 [	0	0	0.934
07	[29.2 ,33.9 [	2	0.032	0.967
08	[33.9 ,38.6 [	1	0.016	0.983
09	[38.6 ,43.3 [	0	0	0.983
10	[43.3 ,48]	1	0.016	1

loi ajustée:GAMMA**paramètres:** $\alpha =11.278$ $\beta =0.585$

MTTR =6.61 h

 $\delta =8.62$ h**test:**

Dn =1.184

Dn, α =1.334le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D =0.973

Disponibilité opérationnelle:

Dopr =0.74

Equipement : C00879

Fiabilité:

N=39

k=8

a=148

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 164[	17	0.436	0.436
02	[164 , 312[	12	0.307	0.743
03	[312 , 406[	8	0.205	0.948
04	[406 , 608[	0	0	0.948
05	[608 , 752[	0	0	0.948
06	[752 , 904[	0	0	0.948
07	[904 , 1052[	0	0	0.948
08	[1052 , 1200]	2	0.051	1

loi ajustée: WEIBULL

paramètres: $\gamma=15.288$ h

$\eta=206.79$ (1/h)

$\beta=0.723$

MTBF=269.32 h; $\sigma=1140.2$ h

R(mtbf)=0.3134; λ (mtbf)=0.0035 ref/h

test:

$D_n=1.032$

$D_{n,\alpha}=1.329$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha=0.05$

Maintenabilité:

N= 32

k= 8

a= 6

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 7 [	17	0.531	0.531
02	[7 , 13[	9	0.281	0.812
03	[13 , 19[	1	0.031	0.843
04	[19 , 25[	2	0.062	0.906
05	[25 , 31[	1	0.031	0.937
06	[31 , 37[	0	0	0.937
07	[37 , 43[	0	0	0.937
08	[43 , 49]	2	0.062	1

loi ajustée:GAMMA

paramètres:

$\alpha=14.082$

$\beta=0.623$

MTTR =8.773 h

$\delta=11.115$ h

test: $D_n=1.003$

$D_{n,\alpha}=1.333$

le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha=0.05$ **Disponibilité:**

D =0.970

Disponibilité opérationnelle:

Dopr=0.861

Equipement : C00641**Fiabilité:**

N=138

k=10

a=78.4

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 94.4[	68	0.472	0.472
02	[94.4 , 172.8[	24	0.173	0.666
03	[172.8 , 251.2[	18	0.130	0.727
04	[251.2 , 329.2[	17	0.123	0.920
05	[329.2, 408[	3	0.021	0.942
06	[408 , 486.4[	2	0.014	0.956
07	[486.4, 564.8[	2	0.014	0.971
08	[564.8 , 643.2[	3	0.021	0.992
09	[643.2, 721.4[	0	0	0.992
10	[721.4 , 800 [	1	0.007	1

loi ajustée: WEIBULL**paramètres:** $\gamma = 15.111$ h $\eta = 74.567$ (1/h) $\beta = 0.715$

MTBF = 107.652 h

 $\sigma = 417.130$ h

R(mtbf) = 0.3113

 $\lambda(\text{mtbf}) = 0.0090$ def/h**test:**

Dn = 1.210

Dn, α = 1.333le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N=115

k=10

a=7

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 8[	79	0.653	0.653
02	[8 , 15[	28	0.231	0.884
03	[15 , 22 [	5	0.049	0.933
04	[22 , 29[	3	0.025	0.958
05	[29 , 36[	3	0.025	0.983
06	[36 , 43[	0	0	0.983
07	[43 , 50[	0	0	0.983
08	[50 , 57[	1	0.008	0.992
09	[57 , 64 [	0	0	0.992
10	[64 , 71[	1	0.008	1

loi ajustée: EXPONENTIELLE**paramètres:**

b = 1.35

c = 6.21

MTTR = 49.9 h

Disponibilité:

D = 0.683

Disponibilité opérationnelle:

Dopr = 0.554

Equipement : C00911**Fiabilité:**

N = 108

k = 10

a = 110.4

N°	Classes	n	f	F
01	[16 , 126.4 [	83	0.788	0.768
02	[126.4, 236.8 [	14	0.129	0.898
03	[236.8, 347.2 [	4	0.037	0.935
04	[347.2, 457.6 [	2	0.018	0.953
05	[457.6 , 568 [	1	0.009	0.962
06	[568 , 678.4 [	1	0.009	0.972
07	[678.4 , 788.8 [	0	0	0.972
08	[788.8 , 899.2 [	1	0.009	0.981
09	[899.2, 1009.6 [	1	0.009	0.999
10	[1009.6, 1120]	1	0.009	1

loi ajustée: WEIBULL

paramètres: $\gamma=15.769$ h $\eta=56.976$ (1/h) $\beta=0.815$

MTBF=168.14 h

 $\sigma=72.90$ h

R(mtbf)=0.3430

 λ (mtbf)=0.0141 def/h

test:

Dn = 1.1286

Dn, α = 1.333le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Maintenabilité:**

N = 101

k = 10

a = 4.4

N°	Classes	n	f	F
01	[1 , 5.4 [	45	0.445	0.445
02	[5.4 , 9.8 [	22	0.217	0.663
03	[9.8 , 14.2 [	14	0.138	0.801
04	[14.2 , 18.6 [	7	0.069	0.871
05	[18.6 , 23 [	3	0.029	0.900
06	[23 , 27.4 [	2	0.019	0.920
07	[27.4 , 31.8 [	1	0.009	0.930
08	[31.8 , 36.2 [	2	0.019	0.950
09	[36.2, 40.6 [	3	0.029	0.980
10	[40.6 , 45]	2	0.019	1

loi ajustée: GAMMA

paramètres:

 $\alpha=27.356$ $\beta=0.0549$

MTTR = 15.018 h

 $\delta=20.273$ h

test:

Dn = 1.326

Dn, α = 1.341le modèle théorique ajuste le modèle expérimental au seuil $\alpha = 0.05$ **Disponibilité:**

D = 0.840

Disponibilité opérationnelle:

Dopr = 0.861

FIABILITE:

Le tableau ci-dessous résume l'étude de fiabilité

N°	DESIGNATION	MATRICULE	LOI AJUSTEE	MTBF (h)	β	R(mtbf)
01	Tour vertical	C008321	WEIBULL	103.733	0.673	0.3003
02	Perceuse radiale	C011091	WEIBULL	341.150	0.769	0.3243
03	Machine à laver cémentation	L002211	WEIBULL	393.141	0.636	0.3166
04	Fraiseuse horizontale à banc fixe	C006351	WEIBULL	296.338	0.536	0.2488
05	Tour semi-automatique	C009081	WEIBULL	159.556	0.728	0.3146
06	Perceuse radiale	C003201	WEIBULL	229.106	0.802	0.3369
07	Rectifieuse de filtage	C009921	WEIBULL	312.535	0.638	0.3110
08	Tour vertical	C013021	WEIBULL	334.860	0.673	0.3003
09	Tour revolver semi-automatique	C000901	WEIBULL	234.421	0.692	0.3281
10	Tour semi-auto A MANDRIN	C008771	WEIBULL	177.594	0.866	0.3463
11	Scie à ruban horizontal	C030751	WEIBULL	188.299	0.724	0.2378
12	Rectifieuse d'intérieur	C011151	MOYENNE	30.860	-	-
13	Rectifieuse universelle	C006051	WEIBULL	267.920	0.890	0.3475
14	Tour revolver	C003441	WEIBULL	242.740	0.779	0.3334
15	Tour parallèle	C008331	WEIBULL	192.400	0.524	0.2527
16	Perceuse radiale	C003351	WEIBULL	288.700	0.657	0.2959
17	Tour semi-automatique	C008741	WEIBULL	148.256	0.681	0.3023
18	Fraiseuse verticale	C014541	WEIBULL	313.543	0.615	0.2836
19	Scie à ruban horizontal	C030741	WEIBULL	174.247	0.756	0.3214
20	Tour semi-automatique revolver	C006541	WEIBULL	172.200	0.806	0.3326
21	Tour transpilote	C006551	WEIBULL	143.298	0.685	0.3034
22	Fraiseuse horizontale à banc fixe	C009731	WEIBULL	230.844	0.698	0.3071
23	Tour semi-automatique à barre	C010921	WEIBULL	130.859	0.645	0.2923
24	Rectifieuse universelle	C006911	WEIBULL	211.175	0.625	0.2864
25	Tour parallèle	C008101	WEIBULL	190.460	0.696	0.3064
26	Tour semi-automatique à barre	C010151	WEIBULL	168.143	0.726	0.3286
27	Tour automatique revolver	C006411	WEIBULL	107.652	0.715	0.3113
28	Tour revolver semi-automatique	C013011	WEIBULL	163.400	0.718	0.3122
29	Tour parallèle	C006571	WEIBULL	339.634	0.631	0.2881
30	Tour de reproduction	C008151	WEIBULL	223.520	0.670	0.3007
31	Tour automatique revolver	C007811	WEIBULL	143.770	0.802	0.3120
32	Tour automatique revolver	C007821	WEIBULL	206.312	0.518	0.2501
33	Machine à tailler	C009661	WEIBULL	363.997	0.692	0.3055
34	Tour parallèle	C008261	WEIBULL	263.450	0.652	0.2991
35	Tour semi-automatique à barre	C011131	WEIBULL	139.888	0.727	0.3281
36	Tour vertical	C009111	WEIBULL	76.650	0.815	0.3430
37	Tour automatique synchromat	C009631	WEIBULL	238.477	0.638	0.2835
38	Perceuse radiale	C008791	WEIBULL	269.320	0.723	0.3134

Tableau II-1

Recapitulation de l'étude de fiabilité

INTERPRETATION

En examinant les résultats du tableau ci-dessus nous pouvons tirer les remarques suivantes sur la variable aléatoire temps de bon fonctionnement (T.B.F):

- Elle suit la loi de WEIBULL pour la quasi-totalité des équipements avec le paramètre de forme $\beta < 1$ (37 sur 38 équipements);
- Elle est estimée par la moyenne arithmétique pour le tour semi-automatique immatriculé CO11151, puisque le nombre d'observations recueillies est très insuffisant pour être ajusté par un modèle théorique.

Par conséquent le taux de défaillance instantané est décroissant, phénomène caractérisant les équipements en période de jeunesse, il n'y a, donc, pas lieu de remplacer ces équipements.

Par contre, les responsables de la maintenance centrale devront établir un plan de maintenance du type correctif parfaitement adapté aux équipements en phase de jeunesse.

Il faut noter que 53% des équipements étudiés sont installés et mis en fonctionnement en 1974 et 21% en 1975, il faut rappeler aussi que ces équipements font partie de la classe A du classement fait par l'étude précédente en se basant sur le critère du NHI, donc il faut s'attendre à trouver un taux de panne instantané croissant pour ces équipements avec des $\beta > 1$.

Ces résultats peuvent être expliqués par:

- une rénovation d'une bonne partie de ces équipements;
- Le remplacement d'organes ou groupe d'organes tombés en panne se faisait systématiquement et par d'autre, tout neufs (un moteur grillé est remplacé par un autre tout neuf au lieu de le rebobiner).

Cette façon de procéder permet aux équipements (machines outils) de garder leurs performances pendant une période très longue de fonctionnement. Mais très probablement avec des coûts de maintenances très élevés.

On se propose de mener une analyse des coûts de maintenance des équipements pour mettre en évidence cette situation.

MAINTENABILITE:

le tableau ci-dessous résume l'étude de maintenabilité

N°	DESINATION	MATRICULE	LOI AJUSTEE	MTTR (h)	LOGICIEL UTILISE
01	Tour vertical	C008321	GAMMA	25.990	UNIFIT
02	Perceuse radiale	C011091	GAMMA	12.740	UNIFIT
03	Machine à laver cementation	L002211	GAMMA	10.897	UNIFIT
04	Fraiseuse hor. à banc fixe	C006351	GAMMA	14.273	UNIFIT
05	Tour semi-automatique	C009081	GAMMA	16.320	UNIFIT
06	Perceuse radiale	C003201	GAMMA	10.430	UNIFIT
07	Rectifieuse de filage	C009921	GAMMA	15.640	UNIFIT
08	Tour vertical	C013021	GAMMA	24.380	UNIFIT
09	Tour revolver semi-auto	C000901	EXPONENTIELLE	44.55	CURVE
10	Tour semi-auto A MANDRIN	C008771	GAMMA	15.018	UNIFIT
11	Scie à ruban horizontal	C030751	EXPONENTIELLE	29.950	CURVE
12	Rectifieuse d'interieur	C011151	MOYENNE	6.846	-
13	Rectifieuse universelle	C006051	LOG NORMALE	22.732	UNIFIT
14	Tour revolver	C003441	EXPONENTIELLE	28.075	CURVE
15	Tour parallèle	C008331	EXPONENTIELLE	48.400	CURVE
16	Perceuse radiale	C003351	GAMMA	6.281	UNIFIT
17	Tour semi-automatique	C008741	GAMMA	12.232	UNIFIT
18	Fraiseuse verticale	C014541	GAMMA	13.030	UNIFIT
19	Scie à ruban horizontal	C030741	EXPONENTIELLE	55.220	CURVE
20	Tour semi-auto revolver	C006541	GAMMA	11.761	UNIFIT
21	Tour transpilote	C006551	GAMMA	9.2000	UNIFIT
22	Fraiseuse hor. à banc fixe	C009731	GAMMA	8.035	UNIFIT
23	Tour semi-auto. à barre	C010921	EXPONENTIELLE	18.845	CURVE
24	Rectifieuse universelle	C006911	LOG NORMALE	25.135	UNIFIT
25	Tour parallèle	C008101	GAMMA	16.855	UNIFIT
26	Tour semi-auto. à barre	C010151	EXPONENTIELLE	24.300	CURVE
27	Tour automatique revolver	C006411	EXPONENTIELLE	49.900	CURVE
28	Tour revolver semi-aut.	C013011	GAMMA	11.506	UNIFIT
29	Tour parallèle	C006571	GAMMA	9.725	UNIFIT
30	Tour de reproduction	C008151	EXPONENTIELLE	68.992	CURVE
31	Tour automatique revolver	C007811	GAMMA	14.452	UNIFIT
32	Tour automatique revolver	C007821	EXPONENTIELLE	31.750	CURVE
33	Machine à tailler	C009661	GAMMA	8.877	UNIFIT
34	Tour parallèle	C008261	GAMMA	12.494	UNIFIT
35	Tour semi-auto. à barre	C011131	EXPONENTIELLE	51.370	CURVE
36	Tour vertical	C009111	GAMMA	15.018	UNIFIT
37	Tour automatique synchromat	C009631	GAMMA	6.610	UNIFIT
38	Perceuse radiale	C008791	GAMMA	8.773	UNIFIT

Tableau II-2

Interprétation:

La durée d'intervention TTR sur une machine en panne est distribuée selon :

- la loi log-normale pour les deux machines :
 - Rectifieuse universelle COO 6051
 - Rectifieuse universelle COO 6911
- la loi exponentielle modifiée pour les durées d'intervention non modélisables par un modèle théorique connu par un logiciel UNIFIT ;
- la loi gamma pour le reste du machines.

On remarque que la variable aléatoire TTR est comprise entre 6,281 h et 68,992 h .Ce qui nous paraît excessif puisque représente environ 8 jours de temps d'immobilisation pour seulement une intervention.

Ces longues durées d'interventions peuvent s'expliquer par les constatations suivantes:

- L'insuffisance de précision des informations recueillis sur les TTR ;
- Pour la scie immatriculée C030741 un changement de la pompe de graissage a provoqué des problèmes de manque de précision, ce qui oblige de faire des mises au point.
- Pour le tour vertical immatriculé C009111, la boîte de vitesse a été modifiée de manière incorrecte, ce qui a provoqué des variations de vitesses accidentelles.
- Il arrive que la réparation ne soit pas parfaite pour la raison que la vraie cause n'a pas été découverte, et la réparation effectuée ne constitue que un palliatif dont l'effet ne sera que momentané ;
- Les rectifieuses ont des T.T.R important cela est dû à leur nature complexe;
- Les tours Tour-automatiques, de reproduction, présentent des T.T.R très important à cause des difficultés d'accès aux systèmes ou sous-système défaillant ;
- Dans certains cas une réparation d'un élément fragilise d'autres éléments, ce qui amène à refaire l'opération pour l'ensemble.
- Durant la période 1994 -1995 le centre mécanique a connu des difficultés en matière de disponibilité d'outillages nécessaire aux réparations .

Pour mieux approfondir l'investigation sur d'autre causes qui explique ces valeurs excessives des M.T.R nous avons élaboré un programme informatiques d'aide au diagnostique. L'utilisation de ce programme en présence des opérateurs et techniciens ainsi que les responsables de la maintenance permet d'identifier toutes les causes.

Le principe de fonctionnemet et la méthode d'investigation sera expliquer dans l'annexe.

DISPONIBILITE:

le tableau ci -dessous résume l'étude de disponibilité

N°	DESIGNATION	MATRICULE	MTTL(h)	DISPO.THEO	DISPO.OPR	ECARTS
01	Tour vertical	C008321	398.970	0.799	0.196	0.603
02	Perceuse radiale	C011091	218.520	0.964	0.596	0.364
03	Machine à laver cementation	L002211	437.130	0.970	0.460	0.510
04	Fraiseuse hor. à banc fixe	C006351	232.290	0.954	0.545	0.410
05	Tour semi-automatique	C009081	71	0.709	0.546	0.060
06	Perceuse radiale	C003201	123.113	0.956	0.630	0.330
07	Rectifieuse de filtage	C009921	164.6	0.950	0.630	0.320
08	Tour vertical	C013021	171.210	0.950	0.630	0.300
09	Tour revolver semi-auto	C000901	150.190	0.840	0.546	0.300
10	Tour semi-auto A MANDRIN	C008771	991.650	0.940	0.635	0.305
11	Scie à ruban horizontal	C030751	83.851	0.864	0.624	0.240
12	Rectifieuse d'interieur	C011151	1359	0.820	0.021	0.800
13	Rectifieuse universelle	C006051	121.290	0.910	0.613	0.300
14	Tour revolver	C003441	105	0.894	0.645	0.250
15	Tour parallèle	C008331	81.220	0.799	0.597	0.202
16	Perceuse radiale	C003351	134.390	0.998	0.972	0.306
17	Tour semi-automatique	C008741	46.120	0.924	0.720	0.204
18	Fraiseuse verticale	C014541	113.42	0.961	0.720	0.241
19	Scie à ruban horizontal	C030741	78.71	0.740	0.524	0.216
20	Tour semi-auto revolver	C006541	53.200	0.910	0.710	0.210
21	Tour transpilote	C006551	49.43	0.940	0.709	0.230
22	Fraiseuse hor. à banc fixe	C009731	109.080	0.960	0.660	0.300
23	Tour semi-automatique à barre	C010921	58.35	0.874	0.629	0.245
24	Rectifieuse universelle	C006911	61.100	0.894	0.709	0.185
25	Tour parallèle	C008101	72.05	0.920	0.682	0.240
26	Tour semi-automatique à barre	C010151	55.40	0.820	0.645	0.175
27	Tour automatique revolver	C006411	37.500	0.683	0.554	0.130
28	Tour revolver semi-auto.	C013011	65.240	0.934	0.680	0.254
29	Tour parallèle	C006571	73.31	0.970	0.800	0.170
30	Tour de reproduction	C008151	59.86	0.764	0.630	0.134
31	Tour automatique revolver	C007811	27.970	0.910	0.770	0.314
32	Tour automatique revolver	C007821	32.51	0.866	0.762	0.105
33	Machine à tailler	C009661	80.460	0.976	0.802	0.174
34	Tour parallèle	C008261	55.40	0.950	0.780	0.170
35	Tour semi-automatique à barre	C011131	18.610	0.731	0.666	0.065
36	Tour vertical	C009111	27.870	0.840	0.641	0.200
37	Tour automatique synchromat	C009631	75.950	0.973	0.740	0.233
38	Perceuse radiale	C008791	34.640	0.970	0.861	0.170

tableau II-3

Recapitulation de l'étude de maintenabilité

**ASPECT
ECONOMIQUE**

Interprétations:

On prenant en compte le temps logistique dans le calcul de la disponibilité nous remarquons un écart très sensible entre la disponibilité théorique et la disponibilité opérationnelle ce qui implique que les équipements ne sont pas disponibles pendant de longue période.

Cet état est dû aux attentes :

- Attente de PDR en commande qui représente environ 25 % (période de réapprovisionnement des stocks de PDR très longue en moyenne 26 mois)
- Attente de PDR en réalisation évaluée à 20 % .
- Attente du personnels évaluée à 15 %.
- Attente services généraux évaluée à 20 % ...etc.

Pour mieux illustrer cette situation on a inclut dans l'annexe un graphique résumant l'évolution des indisponibilités sur une période de douze ans des équipements du centre mécanique.

Dans cette partie, nous voulons mettre en évidence l'importance de l'aspect économique des travaux d'entretien, et analyser les coûts générés par la dégradation des équipements de production. Nous essayerons, ensuite, de compléter l'étude des équipements de la partie II.

Le souci premier du service maintenance est de maintenir en état de bon fonctionnement les moyens de production, mais pas à n'importe quel prix. C'est pourquoi l'homme de maintenance doit décider sous contraintes technico-économique avant d'entreprendre une action d'achat ou d'entretien d'un matériel.

1.1- Importance de l'analyse des coût :

Une panne coûte chère à une entreprise car elle réduit sa marge bénéficiaire. Pour cette raison, les services entretien doivent abaisser au maximum les coûts de maintenance.

Les coûts de maintenance entrent dans le prix de revient des produits fabriqués, et leurs analyse permet au responsable de la maintenance :

- d'établir un budget prévisionnel annuel ;
- de connaître et déterminer le niveau de maintenance préventive à mettre en oeuvre ;
- de vérifier l'efficacité des actions de maintenance ;
- de faire face au problème de renouvellement du matériel ;
 - . remplacement : achat à l'identique ou non ;
 - . refécution mineur : remise à niveau ;
 - . refécution majeur : reconstruction (rénovation).

1.2- Les coûts de maintenance :

Ils se décomposent en deux types de coûts :

1- Coûts directs : comprenant les salaires des techniciens et responsables, coûts des pièces de rechanges, équipements en logiciels, matériel de bureaux, etc....

2- Coûts indirects : coût de l'indisponibilité, perte de production, évaluation des coûts causés par les pertes de la clientèle, main d'oeuvre inoccupées, etc....

Nous les noterons $CM = CD + CID$

1.2.1- Coûts directs : (CD)

C'est un cumul des dépenses directement liés à la pannes, calculés par la formule suivante :

$$CD = Cmo + Cpdr + Cps + Cst + Ccoh$$

- . Cmo : coûts de main d'oeuvre ;
- . Cpdr : coûts de consommation de la pièce de la rechange (PDR) ;
- . Cps : coûts de possession de stock PDR ;
- . Cst : coûts des travaux sous-traités.

CcoH : Coût de consommation en outillages et en hygiène et sécurité.

Les coûts directs sont relatifs à un état périodique (notre cas c'est annuel) et à l'intervention.

a/- Coûts de main d'oeuvre :

C'est le produit " temps technique de réparation " x " taux horaire ". Il est noté :

$$C_{mo} = THI \times TTR$$

THI : Taux horaire d'intervention, fournis par le service de comptabilité analytique, il est relatif à une qualification professionnelle.

b/- Coûts de consommation des pièces de rechanges :

Ce poste est important en maintenance, ce sont des dépenses relatives à la consommation de la PDR. C'est la somme des prix d'achats des pièces de rechanges, des frais de transport et coût de passation de commande. Certains consommables existent depuis plusieurs années en stock, il faut faire attention à l'actualisation de leurs prix d'achat.

c/- Coûts de possession des stocks :

Constitués par des frais de magasinage et l'évaluation des pertes et dépréciations dues au stockage, ces coûts sont caractérisés par un taux d'amortissement.

d/- Coûts des travaux sous-traités :

Coûts des prestations de service et travaux réalisés par des entreprises publics et/ou privés, relatifs à la maintenance.

e/- Coûts de consommation de l' outillages et hygiène et sécurité :

C'est des dépenses consommées en outillage et les moyens d'assurer l'hygiène et la sécurité dans l'atelier.

1.2.2- Coûts indirects :

Ces coûts sont dus à l'arrêt de production et difficiles à évaluer que les coûts directs (évaluation d'un arrêt de production sur l'image de marque auprès des clients).

Ces coûts sont dûs à l'arrêt de production et difficiles à évaluer que les coûts directs (évaluation d'un arrêt de production sur l'image de marque auprès des clients).

On les calcule par la formule suivante :

$$CID = C_{PPNF} + C_{MOI}$$

tel que :

C_{PPNF} : Coûts de perte de production (produits non fabriqués) à cause des opérations de maintenance.

C_{MOI} : Coûts de main d'oeuvre inoccupées (Mo de fabrication).

a/- Coût de perte de production :

Il y a un manque à gagner lorsque l'outil de production est indisponible à cause des travaux de maintenance. Ce manque est égal à :

$$C_{PPNF} = \text{"prix d'une minute d'arrêt de l'équipement"} \times TA \times K_{exp}$$

TA[min] : temps d'arrêt total annuel ;

K_{exp} : coefficient d'exploitation de l'équipement.

b/- Coûts de main d'oeuvre inoccupée :

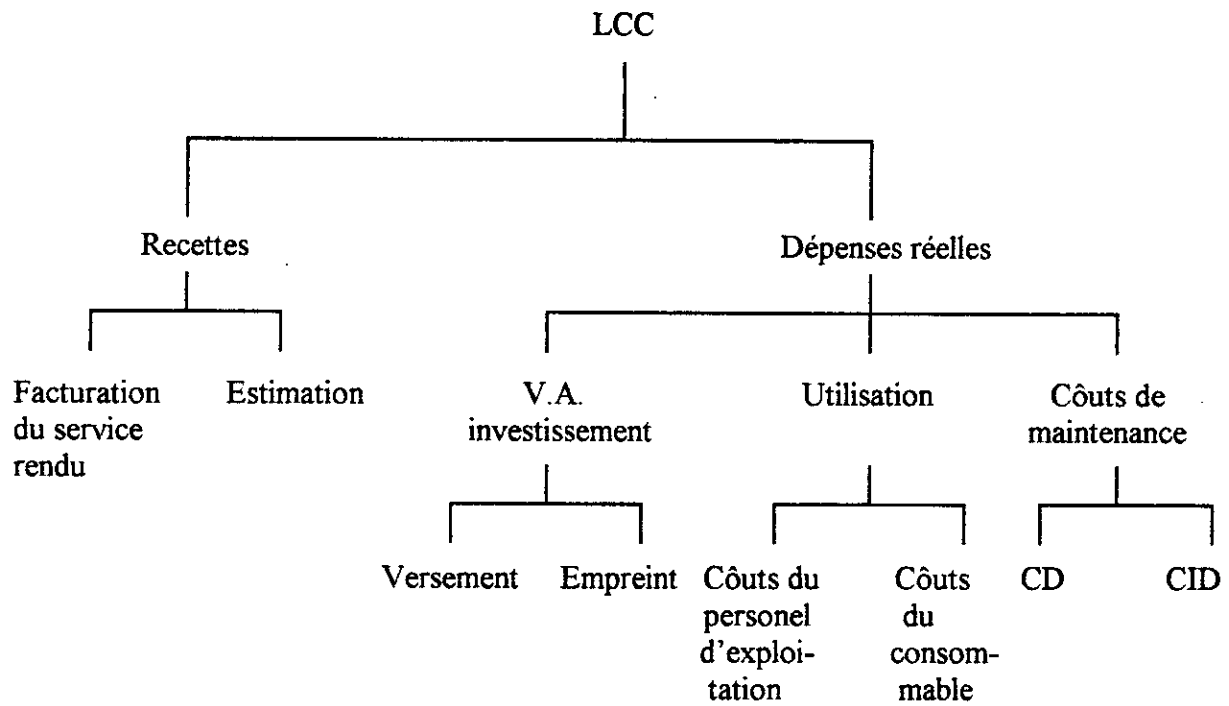
Ce coût est calculé par la formule suivante :

$$C_{MOI} = \text{"prix d'une minute de main d'oeuvre (de fabrication)"} \times TA$$

1.3- Coûts de possession d'un matériel :

Il est noté LCC (life cycle cost). Le LCC est un coût défini comme étant la somme algébrique des dépenses de possession d'un matériel et des recettes qu'il procure.

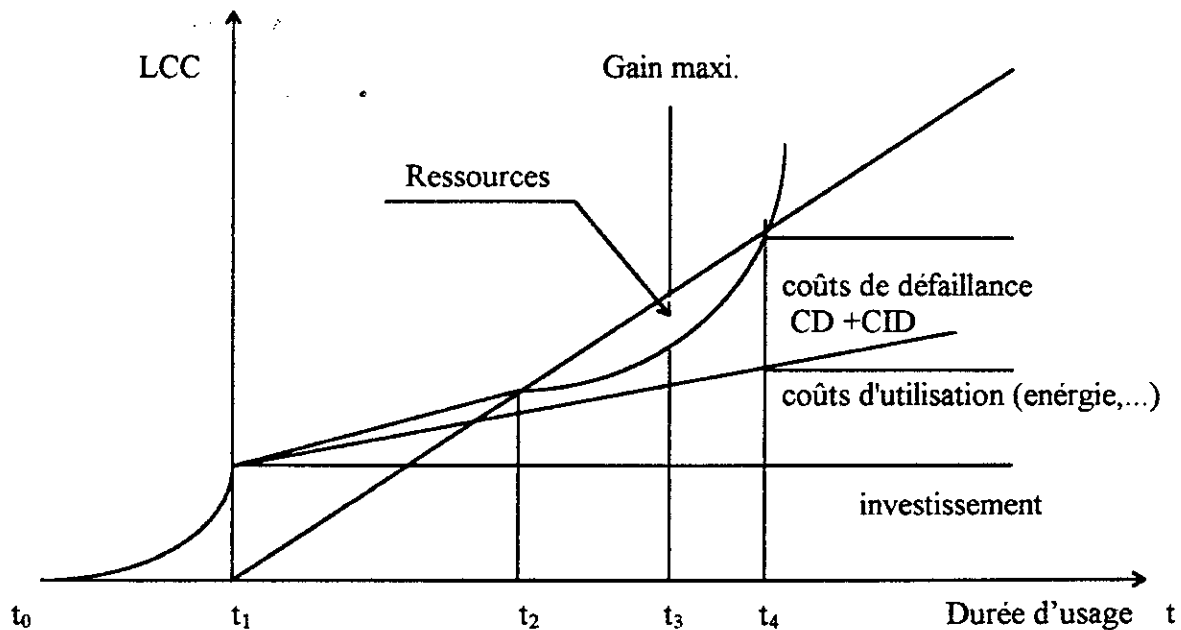
Les composantes du LCC sont représentées par la configuration arboréscence ci-dessous :



VA : Valeur d'acquisition;
 CD : Coûts directs;
 CID : Coûts indirects.

configuration arboriscente du LCC.

Le LCC est un outil d'aide à la décision. Il doit figurer au tableau de bord de la gestion économique d'une entreprise, car il visualise et cumule toutes les données économiques saisies au long de cycle de vie d'un matériel.



Courbe de LCC

- t_0 : date de décision d'achat ;
- t_1 : date de mise en service ;
- t_2 : date d'amortissement ;
- t_3 : période d'optimal économique ;
- t_4 : arrêt de la maintenance ;
au delà, survie coûteuse ;
- (t_2, t_4) : zone de rentabilité de l'équipement.

Les recettes dans la plus part des cas sont difficiles à connaître, sauf si le service rendu est facturé. Les dépenses d'exploitation sont supposés linéaires par rapport au temps.

Nous avons commencé par classer les équipements par ordre décroissant du NHI. Cependant, on ne peut étudier tous les équipements (trente huit équipements) à cause de la contrainte temps ainsi que la difficulté de la collecte des données nécessaires, alors on a retenu uniquement les quatre premiers équipements, c'est-à-dire, ceux qui présentent les NHI les plus élevés, ainsi qu'un équipement rénové, pour leurs appliquer la méthode décrite dans la partie théorique.

Les équipements retenus sont :

- 1- Tour vertical (C008321) , utilisé pour l'usinage des boites de directions, immobilisé pendant 18234 h, environs quatre années.
- 2- Perceuse radiale (C011091) , utilisée pour l'usinage ferrures, immobilisée pendant 12049h , environs trois ans et demi.
- 3- Machine à laver cementation (L002211), utilisée pour le traitement thermique, immobilisée pendant 10503 h, environs trois ans.
- 4- Fraiseuse horizontale à banc fixe (C006351) , utilisée pour l'usinage ferrures, immobilisée pendant 8692 h, environs deux ans et demi.
- 5-Tour automatique revolver (C006411), utilisé pour l'usinage des boitiers pour roulements, immobilisé pendant à peu près une année.

I / COUTS DIRECTS:

I-1 couts de main d'oeuvre:

Ce coût est calculé par la formule suivante:

$$C_{mo} = THI \times \Sigma TTR.$$

Tel que:

ΣTTR [h] : sommes des temps techniques de réparations durant une année;

THI [DA/h] : taux horaire d'intervention.

Le THI diffère d'un niveau de qualification à un autre. Les intervenants possibles lorsque il y'a une panne sont :

- Technicien (TN);
- Réparateur machine outil (RMO)

- Réparateur électro-mécanicien (REM)
- Technicien supérieur (TS).

Le THI appliqué au centre mécanique inclu l'ensemble des charges salariales y compris les salaires des employés de bureaux du service maintenance, plus les frais généraux .

Nous prendrons dans le calcul du coût de main d'oeuvre (Cmo) la moyenne des taux horaires des intervenants cités ci-dessus, sa valeur est : $THI_{moy} = 74.22$ da/h.

	89	90	91	92	93	94	95
C008321	30355.98	34734.96	403755.68	0	0	0	0
C011091	964.86	22201	13433.82	6234.48	10019.7	6086.04	5418.06
L002211	8757.96	111.333	6976.68	87060.06	10836	12023.64	0
C006351	5640.72	22562.88	14398	149992.44	8015.76	4824.3	42824.94
C006411	23230.86	22859.76	15215.1	31914.6	6457.14	15734.64	9129.06

Tableau III-I-1

II-2 coûts de pièces de pièce de rechange consommées:

Au C.V.I. deux types de pièces de rechanges sont gérées par le magasin de PDR :

- La PDR spécifique;
- La PDR standard.

La PDR spécifique ne peut être utilisée dans n'importe quel équipement (embrayages, roulements, ventilateur pour machine à laver, ... etc), elles sont destinées à remplacer l'élément défaillant similaire sur un équipement bien déterminé contrairement au pièces standards qui sont montées sur différents équipements (Courroies, ... etc), le coût de PDR consommées pour chaque équipement est calculé comme suit:

$$C_{pdr} = \Sigma(\text{Prix d'achat des pièces standards}) + \Sigma(\text{Prix d'achat des pièces spécifiques})$$

Ces coûts concernent les prix d'achat unitaire de PDR . Le tableau ci-dessous regroupe les coûts annuels des PDR spécifiques consommées pour chaque (DA) équipement durant la période 89-95.

	89	90	91	92	93	94	95
C008321	90801.36	8332.84	2081.88	0	0	0	0
C011091	0	0	2450	2753.84	101.28	0	0
L002211	0	0	0	0	0	188.27	188.27
C006351	4609	9383.53	3130.34	4964.08	5693.42	2293.8	0
C006411	13302.67	17025.1	9898.89	13590.46	9346.28	4179.65	4340.85

Tableau III-I-2

Coût de pieces standards consommées (DA):

	89	90	91	92	93	94	95
C008321	22700.34	2083.21	520.47	0	0	0	0
C011091	0	0	612.5	688.46	25.32	0	0
L002211	0	0	0	0	0	47.07	47.07
C006351	1152.25	2345.88	782.58	1241.02	1423.35	573.45	0
C006411	3325.67	4256.27	2474.7	3397.7	2336.57	1044.91	1085.2

Tableau III-I-3

Coût total de PDR consommées évalué en DA:

	89	90	91	92	93	94	95
C008321	113501.7	10416.09	2602.35	0	0	0	0
C011091	0	0	3062.5	3442.3	126.6	0	0
L002211	0	0	0	0	0	235.34	235.34
C006351	5761.25	11729.41	3912.92	6205.0	7116.77	2867.25	0
C006411	16628.34	21281.37	12373.59	16988.06	11282.85	5224.56	5426.05

Tableau III-I-4

Les coûts de PDR sont relevés des fiches du mouvements de stocks au magasin de PDR. Ces fiches contiennent les dates de sorties des pièces spécifiques pour chaque équipement ainsi que les prix d'achats unitaires.

I-3 Coût de possession de stock:

Le coût de possession de stock est inexistant au niveau de l'SNVI, alors on l'a estimé à 25 % du coût total de la PDR consommées.

	89	90	91	92	93	94	95
C008321	28375.43	2604.02	650.59	0	0	0	0
C011091	0	0	767.62	860.57	31.65	0	0
L002211	0	0	0	0	0	58.83	58.83
C006351	1440.3	2932.35	978.32	1551.27	1779.19	716.81	0
C006411	4157.02	5320.33	3093.40	4247.01	2920.71	1306.14	1356.51

Tableau III-I-5

I-4 Coût de sous-traitance:

Durant la période 89-95 aucun équipement concerné par cette étude n'a été réparé par des sous-traitants.

I-5 Coût de consommation matières et fournitures :

Il s'agit des frais de fonctionnement, de nettoyage, d'hygiène et sécurité consacrés pour la tenue en état de tous le centre mécanique, en particulier les moyens de production. Ce coût est calculé par la formule suivante:

$$Ccmf = Coc + Chs$$

Les coûts Coc et Chs correspondent au coût de l'outillages consommés et coût d'hygiène et sécurité respectivement. Ces coûts ont été recueillis auprès du service comptabilité analytique. La valeur qu'on a eu pour le Coc représente les dépenses en outillage pour tout le centre mécanique sachant qu'il y a 551 machines outils. La valeur moyenne de Coc pour les quatres machines (C008321, C011091, C006351, C006411) est en moyenne égale à :

$$Coc = \frac{Coctotal}{551}$$

Par contre le Chs est donné par section. Connaissant le nombre d'équipements par section nous déterminerons la valeur moyenne consommées par chaque équipement.

Valeurs de Coc en DA

	89	90	91	92	92	94	95
C008321	17308.57	9146.67	11691.82	0	0	0	0
C011091	17308.57	9146.67	11691.82	15577.5	3049.79	12928.1	30444.3
L002211	0	0	0	0	0	0	0
C006351	17308.57	9146.67	11691.82	15577.5	3049.79	12928.1	30444.3
C006411	17308.57	9146.67	11691.82	15577.5	3049.79	12928.1	30444.3

Tableau III-I-6

Valeurs de Chs en DA

	89	90	91	92	92	94	95
C008321	779.12	1250.27	1757.41	764.15	1408.94	1194.16	1157.76
C011091	1255.14	1158.07	1444.67	1276.86	1204.95	1387.87	933.83
L002211	1839.5	650.7	994.11	498.4	445.91	107.78	352.81
C006351	1255.14	1158.07	1444.67	1276.86	1204.95	1387.87	933.83
C006411	87.37	854.54	1038.06	1194.19	1389.10	280.88	1033.33

Tableau III-I-7

Le tableau suivant présente les coûts Coc et Chs en DA.

	89	90	91	92	93	94	95
C008321	18087.69	10396.94	13449.23	764.15	1408.94	1194.16	1157.76
C011091	18563.71	10304.74	13136.49	16854.36	4254.74	14315.97	31378.13
L002211	1839.5	650.7	994.11	498.4	445.91	107.78	352.81
C006351	18563.71	10304.74	13136.49	16854.36	4254.74	14315.97	31378.13
C006411	17395.94	10001.21	12729.88	16771.69	4438.89	13208.98	31477.63

Tableau III-I-8

Les coûts directs de maintenance sont représentés dans le tableau ci-dessous (évalués en DA) :

	89	90	91	92	93	94	95
C008321	190320.8	58152.01	57077.85	764.15	1408.94	1194.16	1157.76
C011091	19528.57	32505.74	30398.43	45419.35	14432.69	20402.01	36796.19
L002211	10597.46	11783.7	7970.79	97558.46	11282.03	12425.59	664.974
C006351	31405.98	47529.38	32425.73	39603.17	21166.46	48524.33	74203.07
C006411	61412.22	59462.57	43411.97	69921.36	25499.59	35474.32	47389.25

Tableau III-I-9

II- COÛT INDIRECT:

Il est noté CID , c'est la somme des coûts de perte de produit non fabriqué et de main d'oeuvre inoccupée. Il est déterminé comme suit:

$$CID = C_{PPNF} + C_{MOI}$$

Tel que :

C_{PPNF} : Coût de perte de produit non fabriqué;

C_{MOI} : Coût de main d'oeuvre inoccupée.

II-1- Coût de perte de produit non fabriqué:

Il est déterminé par la formule suivante:

$$C_{PPNF} = UTS \cdot TA \cdot k_{exp}$$

Tel que:

UTS[DA/min] : Unité de temps SNVI qui détermine le prix d'une minute de travail d'un matériel;

TA[min] : Temps d'arrêt d'un équipement pendant une année entière.

k_{exp} : Coefficient d'exploitation de l'équipement.

	89	90	91	92	93	94	95
Tour, vertical [C008321]							
k_{exp}	0.85	0.83	0.52	0.61	0.40	0.49	0.61
TA [min]	48840	57840	163740	131820	203400	170820	551400
UTS [DA/min]	2.482	2.605	2.359	4.908	4.477	4.223	10.380

Tableau III-II-1

	89	90	91	92	93	94	95
Perceuse radiale [C011091]							
k_{exp}	0.96	0.96	0.97	0.89	0.93	0.99	0.96
TA [min]	1020	38700	25860	130560	69540	6840	39180
UTS [DA/min]	1.863	1.977	1.749	2.754	3.639	4.837	5.585

Tableau III-II-2

	89	90	91	92	93	94	95
Machine à laver cementation [L002211]							
kexp	0.97	0.96	0.98	0.33	0.57	0.67	
TA [min]	9900	12120	6300	224640	143580	143580	337800
UTS [DA/min]	3.002	2.617	3.387	5.849	5.906	13.532	8.793

Tableau III-II-3

	89	90	91	92	93	94	95
Fraiseuse horizontale à banc fixe [C006351]							
kexp	0.83	0.78	0.73	0.80	0.76	0.59	0.62
TA [min]	58980	70980	80880	66840	81240	142620	133140
UTS [DA/min]	1.863	1.977	1.749	2.754	3.639	4.837	5.585

Tableau III-II-4

	89	90	91	92	93	94	95
Tour automatique revolver [C006411]							
kexp	0.86	0.86	0.80	0.63	0.94	0.73	0.88
TA [min]	29160	29160	42420	79080	81240	142620	25800
UTS [DA/min]	2.340	2.495	2.186	3.600	3.824	4.940	6.901

Tableau III-II-5

d'où le résultat du coût de perte de produit non fabriqué C_{PPNF} :

	89	90	91	92	93	94	95
C008321	103037.74	125010.75	200856.58	394653.26	364248.70	353472.70	831998.5
C011091	1824.25	73449.5	43872.26	320010.39	235342.13	32754.22	210067.48
L002211	18828.21	30449.32	370440	433593.39	483350.58	1301759.45	0
C006351	91200.18	109455.42	103265.16	147261.89	224680.59	407013.23	461023.87
C006411	58581.58	62568.6	74184.09	179353.44	44860.10	205986.14	15668.30

Tableau III-II-6

Les temps d'arrêts sont relevés du listing des taux de pannes auprès du service maintenance centrale. Les UTS, par contre, sont recueillis auprès du service comptabilité analytique et les coefficients kexp du service méthode.

II-2- Coût de main d'oeuvre inoccupée:

C'est le coût des opérateurs sur machines (de la fabrication) inactifs à cause de l'arrêt de production provoqué par les opérations de maintenance. Il est déterminé par la formule suivante:

$$C_{MOI} = UAS \cdot TA$$

Tel que:

UAS [DA/min]: Unité allouée SNVI, elle détermine le prix d'une minute de travail d'un opérateur sur machine.

	89	90	91	92	93	94	95
C008321	0.715	0.713	0.718	1.688	1.635	1.846	3.478
C011091	1.337	1.977	0.698	1.026	1.735	2.367	2.101
L002211	0.709	0.713	0.705	1.226	1.552	1.921	2.454
C006351	1.337	1.977	0.698	1.026	1.735	2.367	2.101
C006411	0.732	0.736	0.728	1.242	1.555	1.986	2.495

Tableau III-II-7

Resultat du coût de main d'oeuvre inoccupée C_{MOI} en DA

	89	90	91	92	93	94	95
C008321	34920.6	41239.92	117565.32	222512.16	332559.0	315333.72	457009.2
C011091	1363.74	7650.99	18050.28	133954.56	120651.9	16190.28	82317.18
L002211	7019.1	8641.56	4441.5	275408.64	222836.16	275817.18	828961.2
C006351	78756.26	140327.46	56454.24	68577.84	140951.4	337581.45	279727.14
C006411	21345.12	21461.76	30881.76	98217.36	19406.4	113440.32	64371.00

Tableau III-II-8

A partir des valeurs des tableaux N° III-II-6 et III-II-8, nous avons calculé les coûts indirects que nous présentons dans le tableau suivant:

	89	90	91	92	93	94	95
C008321	137958.35	242097.02	318421.9	617165.52	696807.72	668806.42	128007.7
C011091	3187.99	81100.49	61922.54	453964.95	355994.03	48944.5	232384.5
L002211	35847.31	39090.88	374881.5	709002.03	706186.74	1577576.63	828961.2
C006351	169956.44	249782.88	159719.4	215839.73	365631.99	744594.77	740751.01
C006411	79926.7	84030.36	105065.85	277570.8	64266.5	319426.46	80039.3

Tableau III-II-9

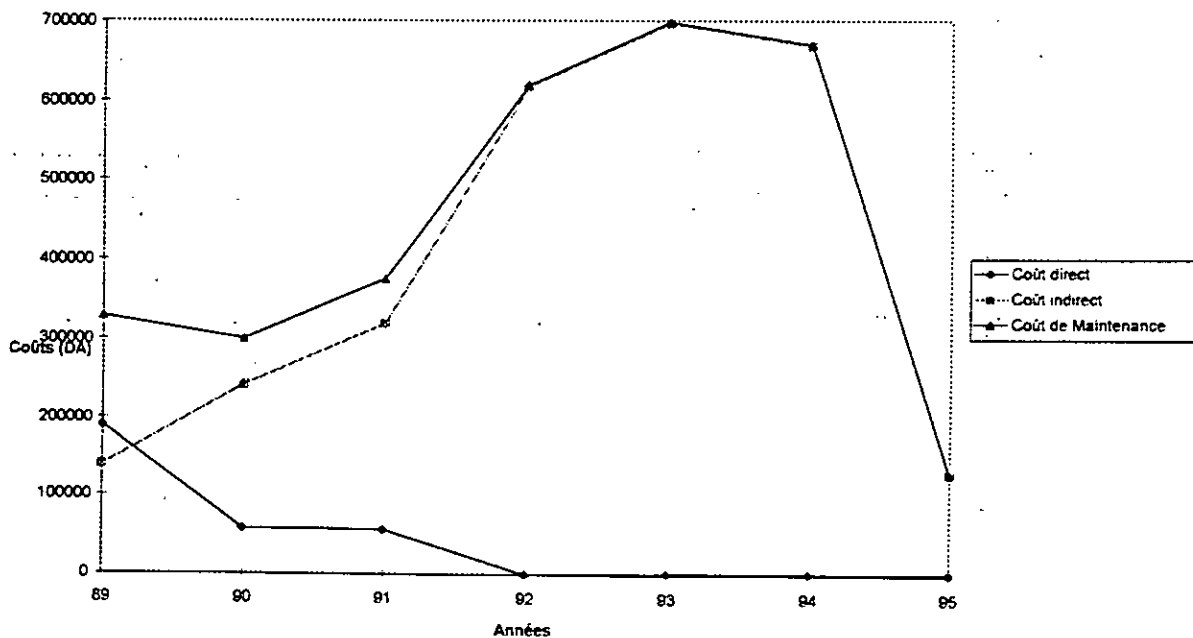
Par conséquent, Les valeurs des coûts directs et indirects présentées dans les deux tableaux N° III-I-9 et III-II-9 respectivement, nous permettent de calculer les coûts totaux de maintenance CM dont les résultats sont évalués en DA dans le tableau suivant:

	89	90	91	92	93	94	95
C008321	328279.15	300249.03	375499.75	617929.67	698216.66	670000.58	129165.46
C011091	22716.56	113606.23	92320.97	505419.35	370426.72	69346.51	269180.85
L002211	46444.77	50874.58	382852.29	499384.3	717468.77	1590002.22	829608.17
C006351	201362.42	297312.26	192145.13	796560.49	386798.45	793119.1	814954.08
C006411	140638.92	143493.03	148477.82	347492.16	89766.09	354900.78	127428.55

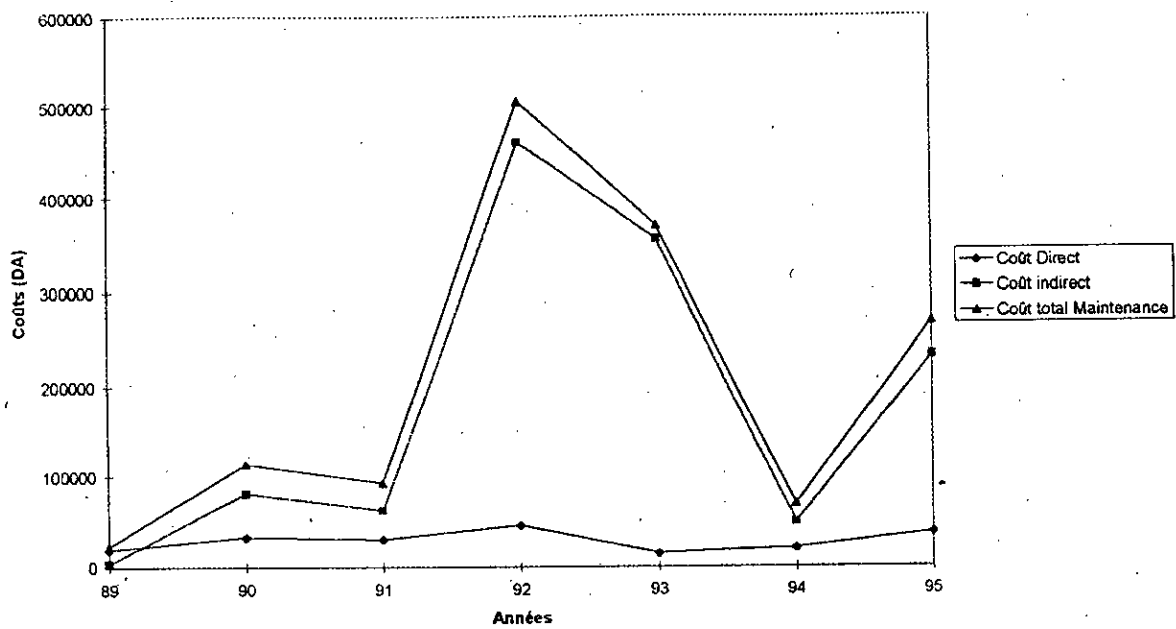
Tableau III-1

Représentation graphique de l'évolution des différents types de coûts (CD, CID, CM) :

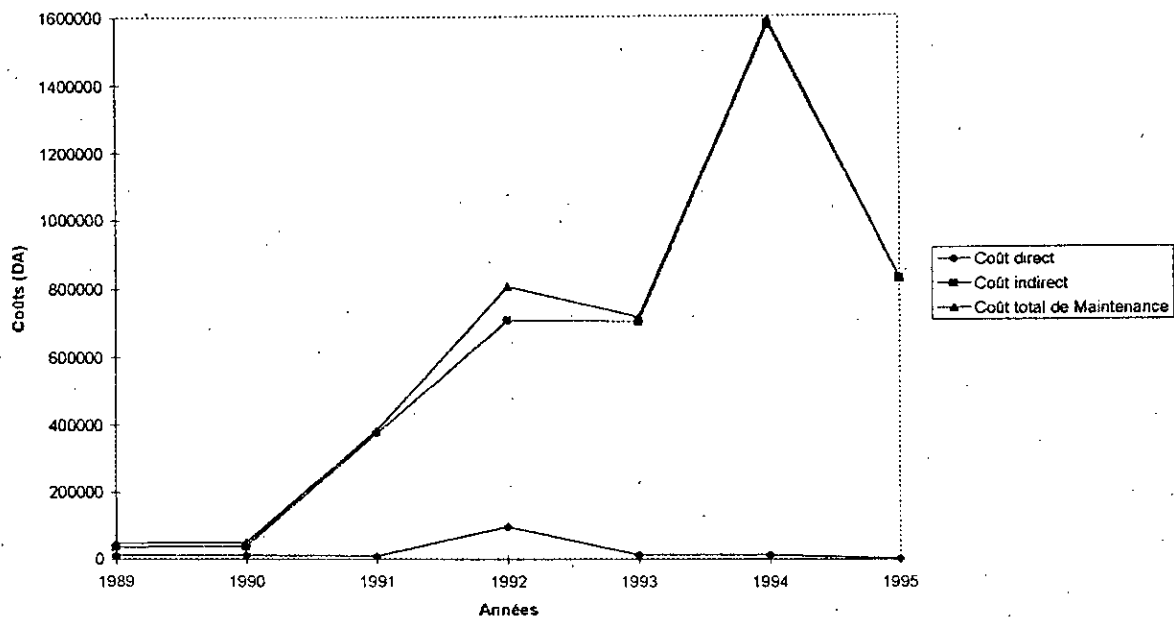
Représentation graphique des trois types de coûts de maintenance
Tour vertical (C008321)



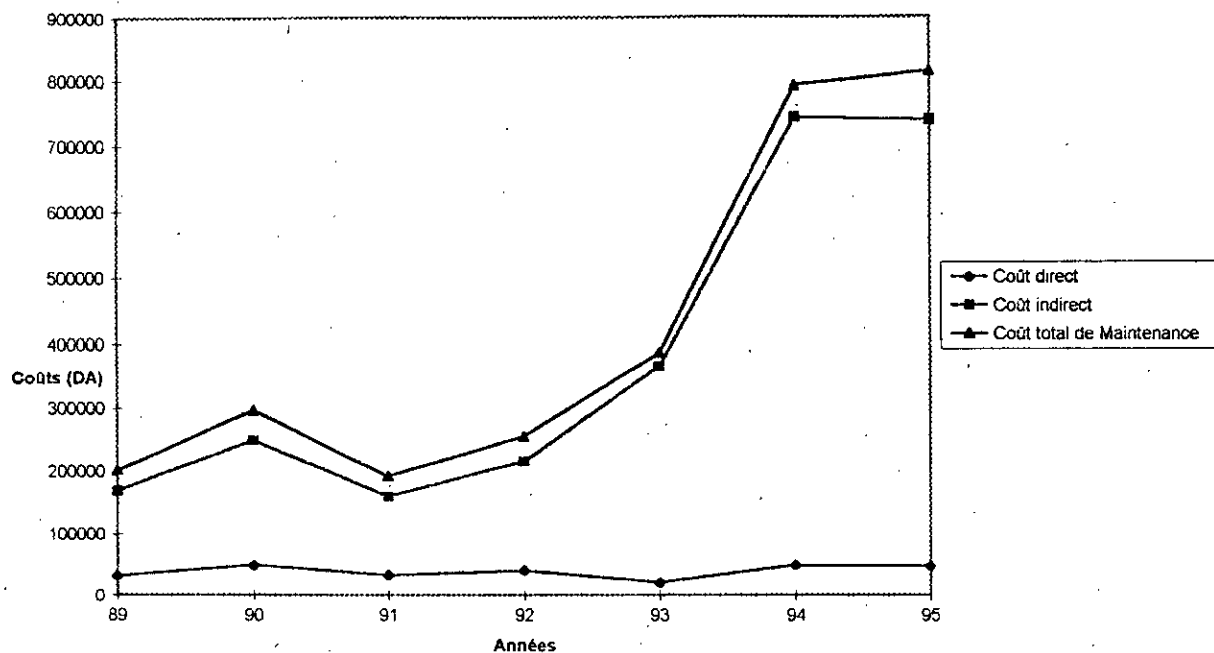
Représentation graphique des trois types types de coûts
Perceuse radiale [C011091]



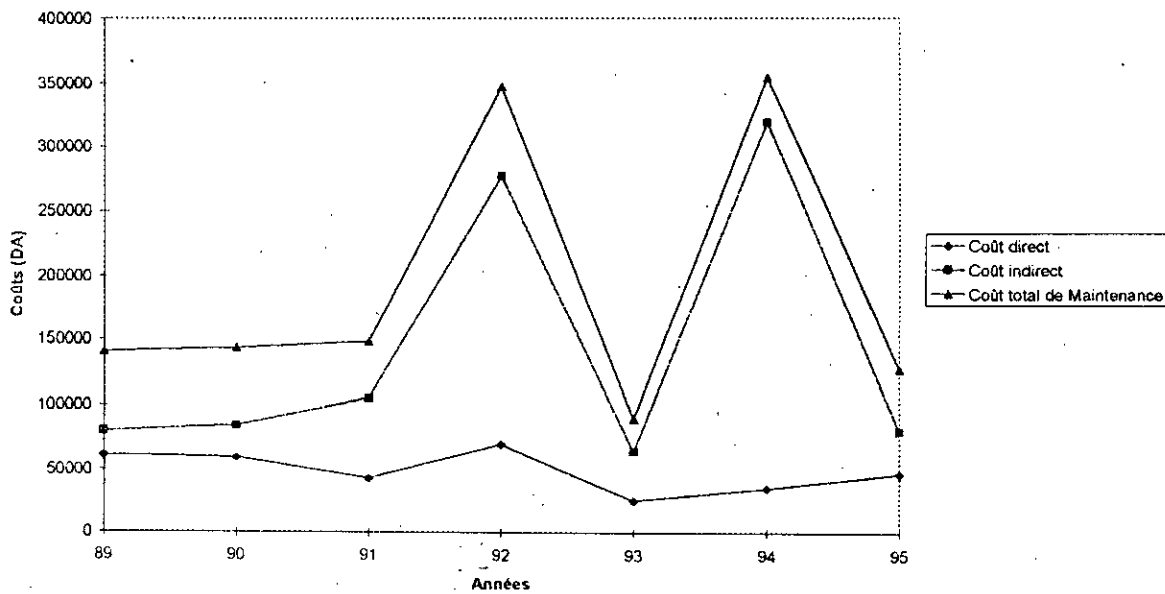
Représentation graphique des trois types de coûts
Machine à laver cementation [L002211]



Evolution des coûts de maintenance
Fraiseuse horizontale à banc fixe [C006351]



Représentation graphique des trois types de coûts de Maintenance
Tour automatique revolver [C006411]



III- CALCUL DES RATIOS

Un ratio est un indicateur du tableau de bord formé par deux grandeurs Différentes qui peuvent ne pas être de même nature.

III-1 coûts directs :

Les différents ratios, pour chaque équipement, sont présentés dans les tableaux suivants:

C008321

	89	90	91	92	93	94	95
CD/CM (%)	11.59	19.37	15.2	0.12	0.20	0.18	0.11
Cmo/CD (%)	16	59.7	96.03	0	0	0	0
Cpdr/CD (%)	59	18	0.62	0	0	0	0
Cps/CD (%)	15	4.5	0.15	0	0	0	0
Ccmf/CD (%)	9.5	18	3.20	100	100	100	100

Tableau III-III-1

En moyenne le coût direct représente 6.68 % du coût de maintenance.

C011091

	89	90	91	92	93	94	95
CD/CM (%)	85.97	28.61	32.93	9.1	3.9	29.42	13.67
Cmo/CD (%)	4.94	68.29	44.19	13.73	69.42	29.83	14.72
Cpdr/CD (%)	0	0	10.07	7.58	0.87	0	0
Cps/CD (%)	0	0	2.25	1.89	0.22	0	0
Ccmf/CD (%)	95.06	31.70	43.21	37.11	29.47	70.17	85.27

Tableau III-III-2

En moyenne le coût direct représente 29.08 % du coût de maintenance

L002211

	89	90	91	92	93	94	95
CD/CM (%)	22.82	23.16	2.08	10.99	1.57	4.12	0.08
Cmo/CD (%)	82.64	94.47	87.53	99.43	96.05	96.76	0
Cpdr/CD (%)	0	0	0	0	0	1.89	36.37
Cps/CD (%)	0	0	0	0	0	0.47	9.09
Ccmf/CD (%)	17.36	5.52	12.253	0.57	3.95	0.86	54.53

Tableau III-III-3

En moyenne le coût direct représente 9.26 % du coût de maintenance.

C006351

	89	90	91	92	93	94	95
CD/CM (%)	15.6	15.99	16.87	15.5	5.48	6.12	9.11
Cmo/CD (%)	17.96	47.47	44.40	37.85	37.87	9.94	57.71
Cpdr/CD (%)	18.34	24.47	12.06	15.67	33.62	59.07	0
Cps/CD (%)	4.58	6.17	3.01	3.92	8.41	1.47	0
Ccmf/CD (%)	4.58	21.68	40.51	42.56	20.10	29.50	42.28

Tableau III-III-4

En moyenne le coût direct représente 12.11 % du coût de maintenance

C006411

	89	90	91	92	93	94	95
CD/CM (%)	43.17	41.44	29.24	20.12	28.41	10	37.19
Cmo/CD (%)	37.83	38.44	35.05	45.64	25.32	44.37	19.26
Cpdr/CD (%)	27.07	35.79	28.50	24.29	45.81	14.73	11.45
Cps/CD (%)	6.77	8.95	7.12	6.07	11.45	3.68	28.62
Ccmf/CD (%)	28.33	16.82	29.32	23.98	17.41	37.28	66.42

Tableau III-III-5

En moyenne le coût direct représente 29.74 % du coût de maintenance.

Les coûts de maintenance resultants du temps technique de réparation (TTR) sont élevés à cause de la main d'oeuvre (du service maintenance)

Le manque d'expérience chez les techniciens et la difficulté de détecter la panne de certains équipements. Le meilleur exemple est le tour de reproduction qui a une moyenne du temps de réparation MTTR égale à 69 h à cause de sa complexité et la difficulté d'accès à l'organe défaillant.

Les ratios relatifs aux coûts indirects:

C008321

(%)	89	90	91	92	93	94	95
CID/CM	88.41	80.63	84.80	99.87	99.79	99.82	99.10
C _{PPNE} /CID	74.69	82.97	63.08	63.95	52.27	52.85	64.55
C _{MOI} /CID	25.31	17.03	36.92	36.05	47.73	47.15	35.45

Tableau III-III-6

En moyen 90.97 % du coût de maintenance est un coûts indirect

C011091

(%)	89	90	91	92	93	94	95
CID/CM	14.03	71.39	67.07	90.90	96.10	70.58	86.33
C _{PPNF} /CID	57.22	90.57	70.85	70.49	66.11	66.92	90.40
C _{MOI} /CID	42.78	9.43	29.15	29.51	33.89	33.08	9.60

Tableau III-III-7

L002211

(%)	89	90	91	92	93	94	95
CID/CM	77.18	76.84	97.92	89.01	98.43	95.88	99.92
C _{PPNF} /CID	80.42	77.89	98.82	61.16	68.45	99.22	0
C _{MOI} /CID	19.58	22.11	1.08	38.84	31.55	0.78	100

Tableau III-III-8

C006351

(%)	89	90	91	92	93	94	95
CID/CM	84.40	84.01	19.61	84.50	94.52	93.88	90.89
C _{PPNF} /CID	53.66	43.82	64.65	68.22	61.44	54.66	62.24
C _{MOI} /CID	46.34	56.18	35.34	31.77	38.55	45.34	37.76

Tableau III-III-9

C006411

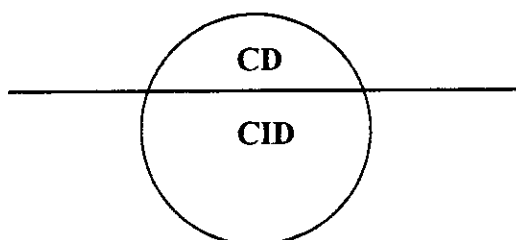
(%)	89	90	91	92	93	94	95
CID/CM	56.83	58.56	70.76	79.88	71.59	90.00	62.81
C _{PPNF} /CID	73.29	74.46	70.61	64.62	69.80	64.49	19.58
C _{MOI} /CID	26.71	25.54	29.39	35.38	30.20	35.51	84.42

Tableau III-III-10

Les pourcentages moyens des coûts directs et des coûts indirects par rapport au coût total de maintenance sont présentés dans le tableau suivant:

Equipement	CD/CM (%)	CID/CM (%)
C008321	9.024	90.97
C011091	29.08	70.91
L002211	2.26	90.74
C006351	21.17	78.83
C006411	29.94	70.06

Tableau III-



Coûts de maintenance

Le deuxième type de coût (Coût indirect ou de non-maintenance) est de loin le plus important. Il faut, donc, agir sur ce coût pour diminuer les coûts de maintenance. Les coûts indirects représentent la perte de chiffre dû au temps non productif ajouter à cela les salaires de la main d'oeuvre de production inactive, causés par l'indisponibilité de l'outil de production.

Les coûts élevés générés par l'indisponibilité des équipements sont dûs à la difficulté de gérer la pièce de rechange (PDR), en terme d'achat. Il faut noter qu'en moyenne, une pièce de rechange en commande entre en stock 25 mois plus tard (après le lancement de la commande d'achat). Le rebobinage d'un moteur (Attente de PDR en réalisation) dure à peu près 22 jours.

L'analyse des résultats des coûts de maintenance nous a permis d'aboutir aux remarques suivantes:

- Il faut payer la *disponibilité* de la pièce (PDR) et non pas la pièce, d'où la diminution des coûts de l'exploitation dûs au PDR et minimiser au maximum les coûts indirects par la réparation rapide et dans les plus brefs délais des équipements tombés en pannes.

- Il faut adopter un plan de *réapprovisionnement rapide* de stock en PDR nécessaire.

- Il faut intervenir au moment propice (diminuer les coûts de main d'oeuvre de maintenance).

CONCLUSION:

Les résultats obtenus dans notre étude (mesure de la disponibilité, et des coûts) démontrent la nécessité d'appliquer un outil d'aide au diagnostic.

Pour appliquer un plan de maintenance approprié à chaque équipement et prendre l'initiative " maîtriser la panne plutôt que de la subir ". Le logiciel qu'on a élaboré est susceptible (voir annexe) de contribuer à cette nouvelle vision de la politique de maintenance (cf. Demonstration). Le module III permet, par une approche qualitative rigoureuse, d'analyser l'environnement de travail de l'équipement et les origines des défaillances ce qui facilite l'apprehension rapide du type fonctionnel de l'avarie et l'accessibilité à l'organe défaillant ce qui réduit les temps d'intervention d'où un gain en productivité.

Les deux études quantitative et économique (basée sur l'analyse des coûts) dans lesquelles (étude quantitative) nous avons démontré que tous les équipements se trouvent dans la phase ① (période de jeunesse) et les résultats des coûts de maintenance la (partie III), notamment, ceux des coûts indirects nous permettent de conclure que les équipements sont en mesure d'assurer la production par:

- Une meilleure gestion de la pièce de rechange;
- Un contrôle rigoureux des données provenant des interventions;
- Une exploitation rationnelle et rentable du système informatique existant;
- Des stages de formation du personnel intervenant , pour la consolidation de l'expérience acquise.

L'application de la politique de maintenance curative (Travailler jusqu'à la panne) pour des équipements organisés en lignes constitue un obstacle majeur pour la production puisque chaque équipement qui tombe en panne provoque l'arrêt de production de la ligne. Pour cette raison les responsables de la maintenance doivent choisir un plan de maintenance adéquat.

Le centre mécanique de C.V.I a bénéficié d'un nombre important de machines outil (à commande numérique, automates programmables) qui risquent d'avoir le même sort en matière de maintenance que les anciennes machines, le service maintenance doit prendre des mesures d'entretien et un suivi particulier vis-à-vis de ces nouvelles machines .

Dans la page 75, ligne 2, il faut lire *et de sécurité consacrés pour la tenue en état de tout le centre mécanique et en particulier pour les moyens de production au lieu de et sécurité consacrés pour la tenue en état de tous le centre mécanique en particulier les moyens de production.*

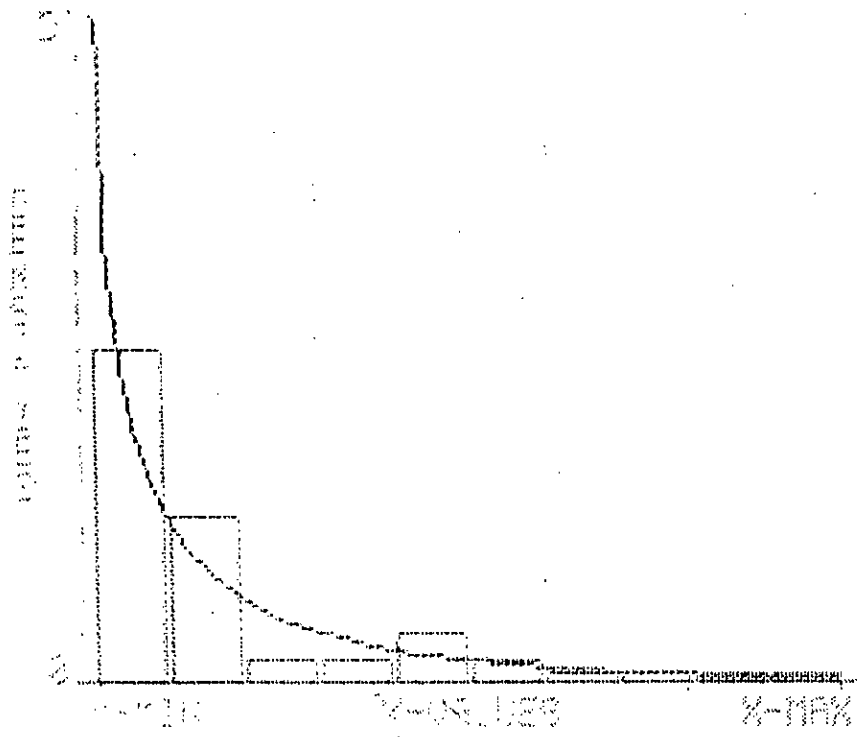
Dans la page 77, ligne 2, il faut lire *le coût total au lieu de les coûts totaux.*

Dans la page 80, ligne 2, il faut lire *il est la somme au lieu de c'est la somme.*

BIBLIOGRAPHIE

- [1] " Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité 1986 "
 AFNOR
- [2] " Optimisation d'une politique de Maintenance "
 P. LYONNET éd. techniques et documentations
- [3] " La fonction Maintenance "
 F. MONCHY éd. Masson
- [4] " Cours de Fiabilité "
 A.OUABDESSLAM 3^{eme} années Genie industriel -ENP- (1994 /1995)
- [5] " Etude Technique et Economique de la Maintenance au centre mécanique
 du Complexe de véhicules industriels C.V.I "
 S.DJOUFLKIT et R.SEDAOUI
 Mémoire Genie Industriel.E.N.P (1994-1995).
- [6] " La fiabilité en exploitation "
- [7] "La Maintenance mathématique et méthodes "
 P.LYONNET éd. technique et documentaion
- [8] "La maintenance productive totale (TPM) "
 N. SEIICHI éd. AFNOR gestion
- [9] " Instantannée technique "
 Revue N° 35 / 1995
- [10] " La maintenance technique "
 M. CHAFAI éd. ENAP

MODEL 1: Weibull
 P&C SAMPLE : 020833.TBF



DENSITIES

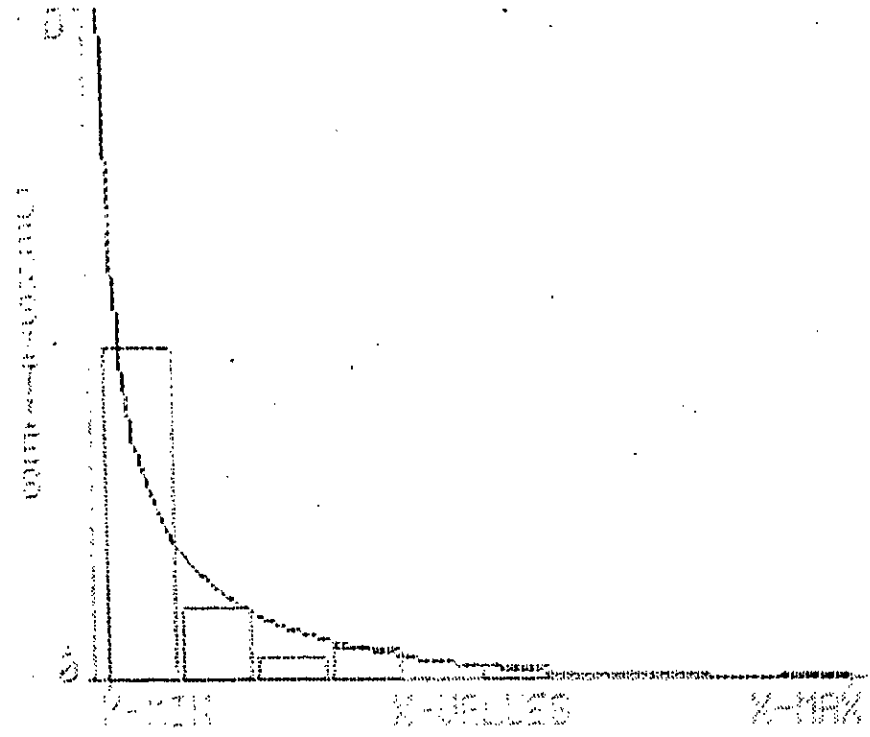
D
 .32118

X-VALUES

X-MIN
 18.8000
 X-MAX
 484.200
 INTERVAL WIDTH
 44.8000

11-JUN-1995 10:23 AM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Gamma
 P&C SAMPLE : 060833.TTR



DENSITIES

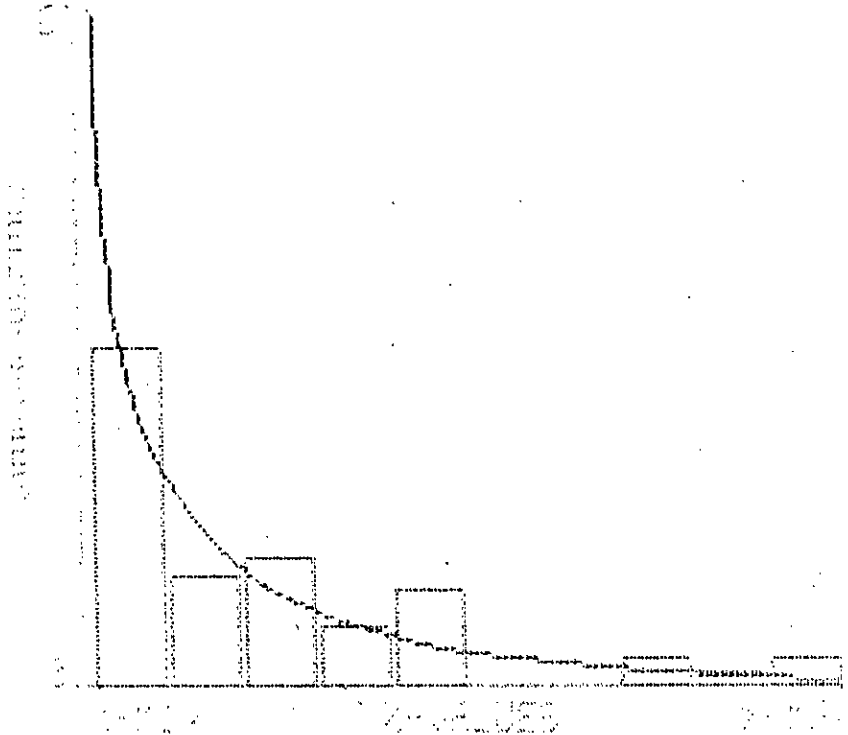
D
 .07698

X-VALUES

X-MIN
 1.20000
 X-MAX
 168.200
 INTERVAL WIDTH
 15.7000

10-JUN-1995 2:14 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
 R/S SAMPLE : 081109.TBF



DENSITIES

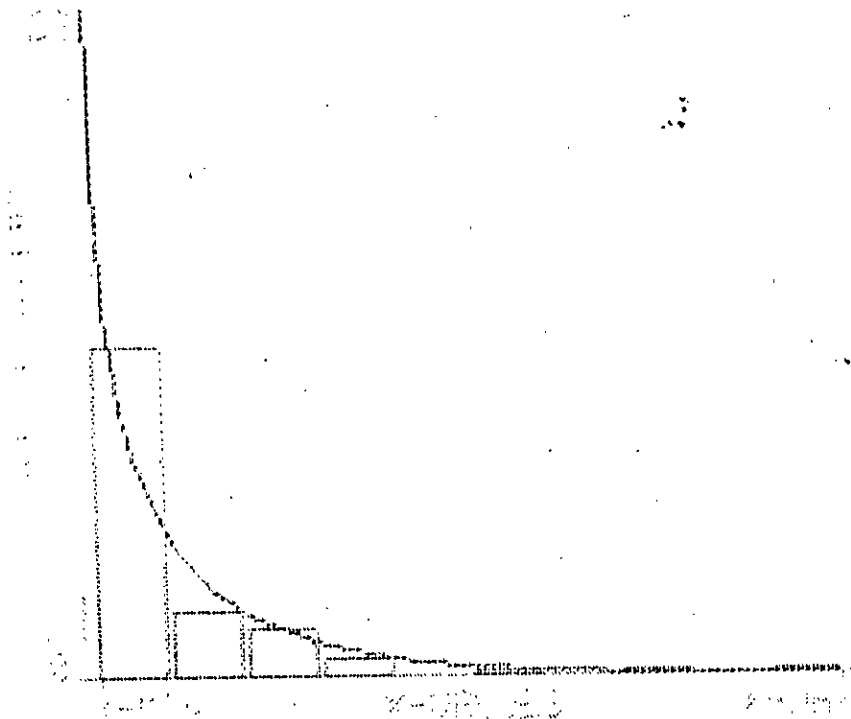
D
 2.36973E- 2

X-VALUES

X-NIN
 18.8000
 X-NEX
 1315.00
 INTERVAL WIDTH
 24.900

10-11-1988 4:42 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Gamma
 R/S SAMPLE : 081109.TTR



DENSITIES

D
 1.0489

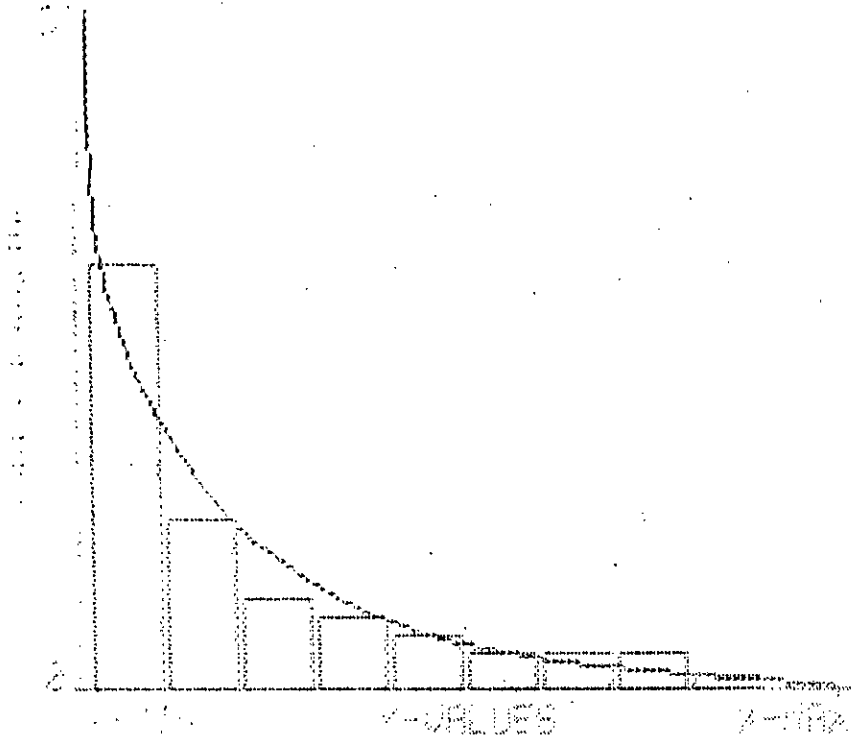
X-VALUES

X-NIN
 24.8200
 X-NEX
 1315.00
 INTERVAL WIDTH
 24.82000

10-11-1988 3:14 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1. Weibull

R&D SAMPLE : LOG221.TSF



COEFFICIENTS

β

3.58341E-6

λ -VALUES

λ -MIN

15.5000

λ -MAX

125.100

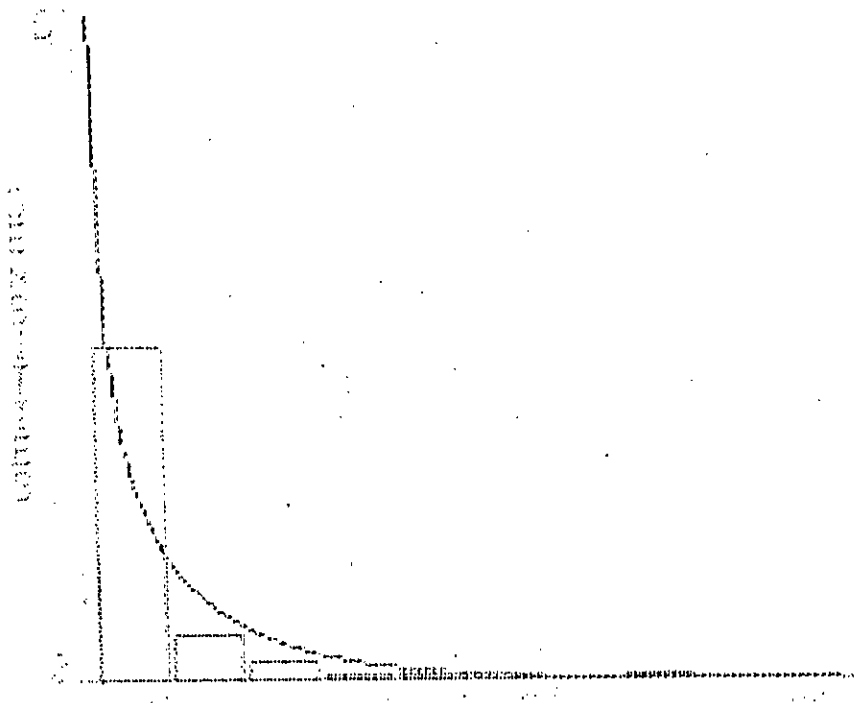
INTERNAL WIDTH

124.700

12-000-000-0000 PH

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1. Gamma

R&D SAMPLE : LOG221.TTR



COEFFICIENTS

β

1.1000

λ -VALUES

λ -MIN

1.0000

λ -MAX

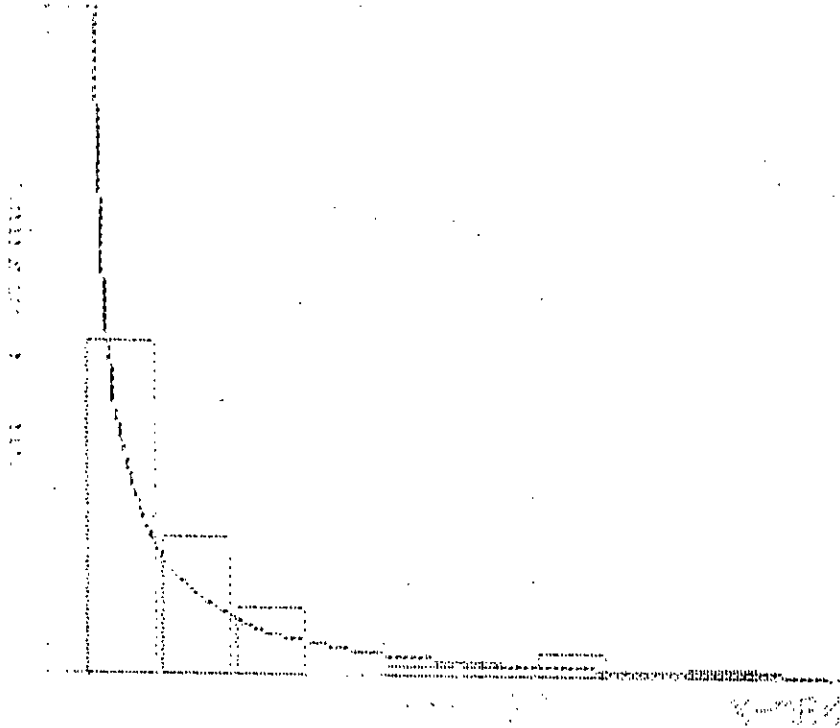
1.0000

INTERNAL WIDTH

0.97000

10-000-000-0000 PH

MODEL 1: Weibull
SAMPLE : 028535.TEP

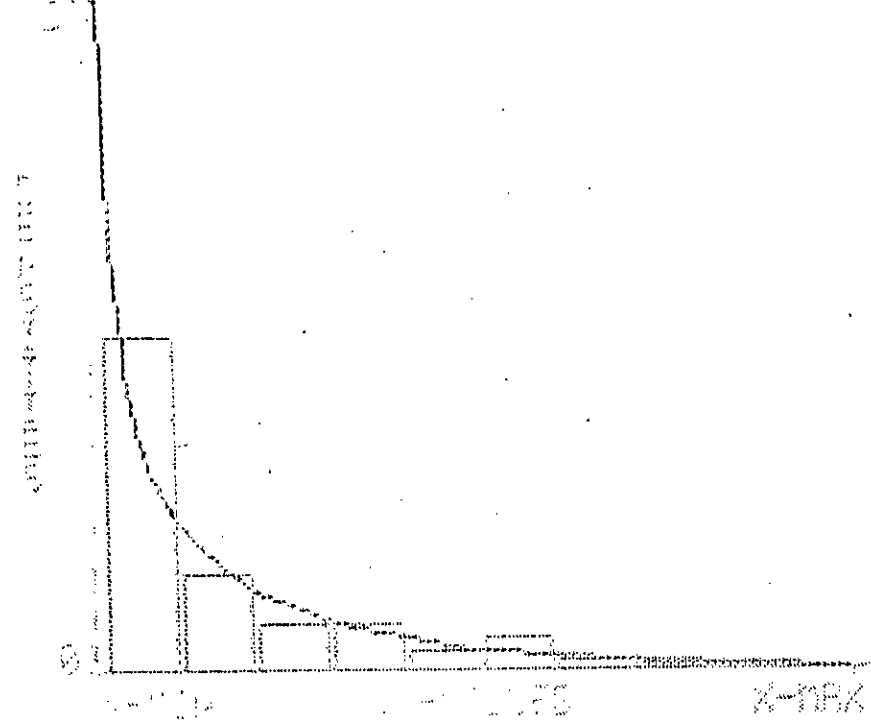


DENSITIES
D
7.22521E- 3

X-VALUES
X-MIN
18.8285
X-MAX
1472.88
INTERVAL WIDTH
145.500

11-JUN-1985 11:05 AM

MODEL 1: Gamma
SAMPLE : 008535.TEP

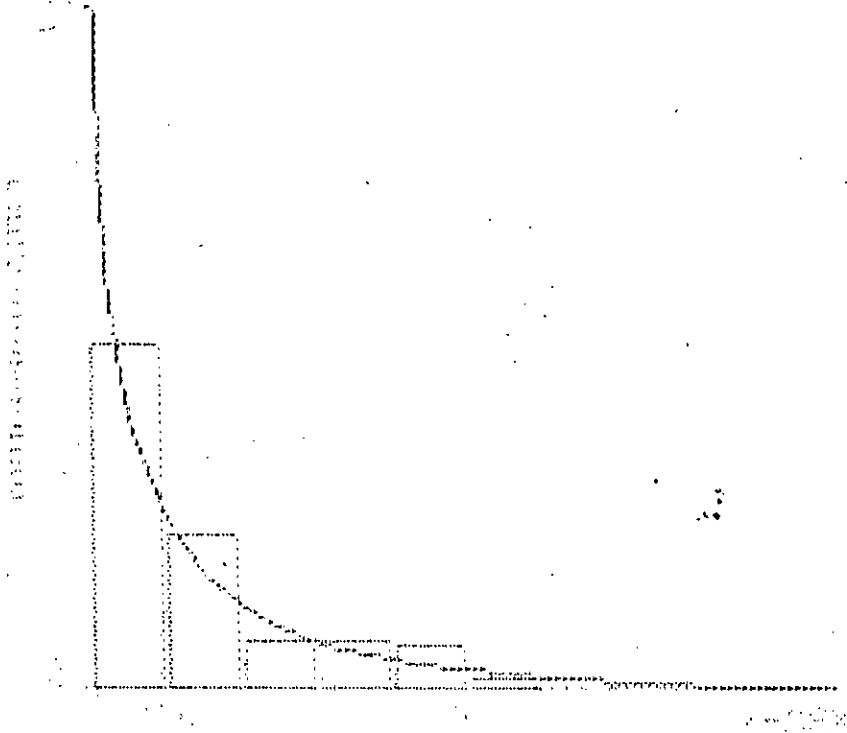


DENSITIES
D
.14178

X-VALUES
X-MIN
1.00000
X-MAX
77.8000
INTERVAL WIDTH
7.80000

10-JUN-1985 2:57 PM

DESCRIPTIVE STATISTICS AND HISTOGRAM WITH MODEL 1 Weibull
NO SAMPLE : 032908, TEF



DENSITIES

D

.01144

X-VALUES

X-MIN

15.5000

X-MAX

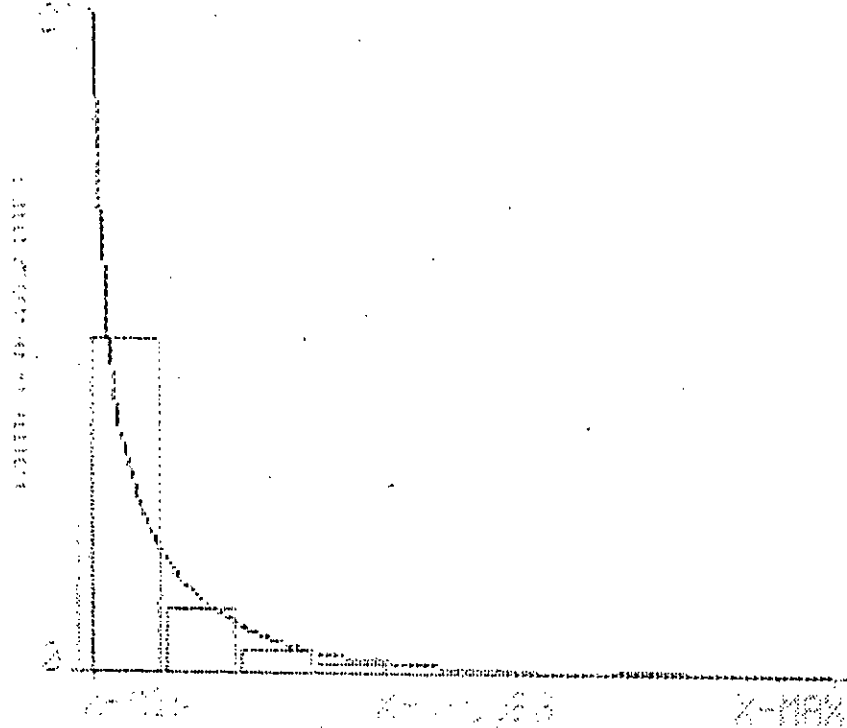
912.500

INTERVAL WIDTH

89.5000

10-JUN-1956 1:18 PM

DESCRIPTIVE STATISTICS AND HISTOGRAM WITH MODEL 1 Gamma
NO SAMPLE : 088908, TTF



DENSITIES

D

.09752

X-VALUES

X-MIN

1.00000

X-MAX

165.000

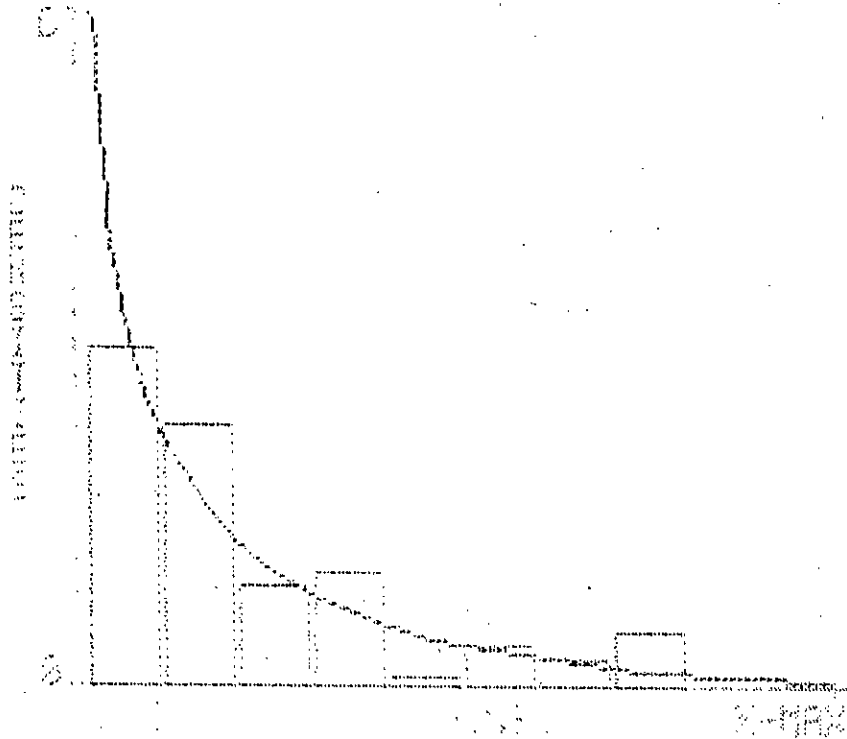
INTERVAL WIDTH

16.4000

10-JUN-1956 2:25 PM

NEW
RAC SAMPLE : 088328.TEF

MODEL 1: Weibull



DENSITIES

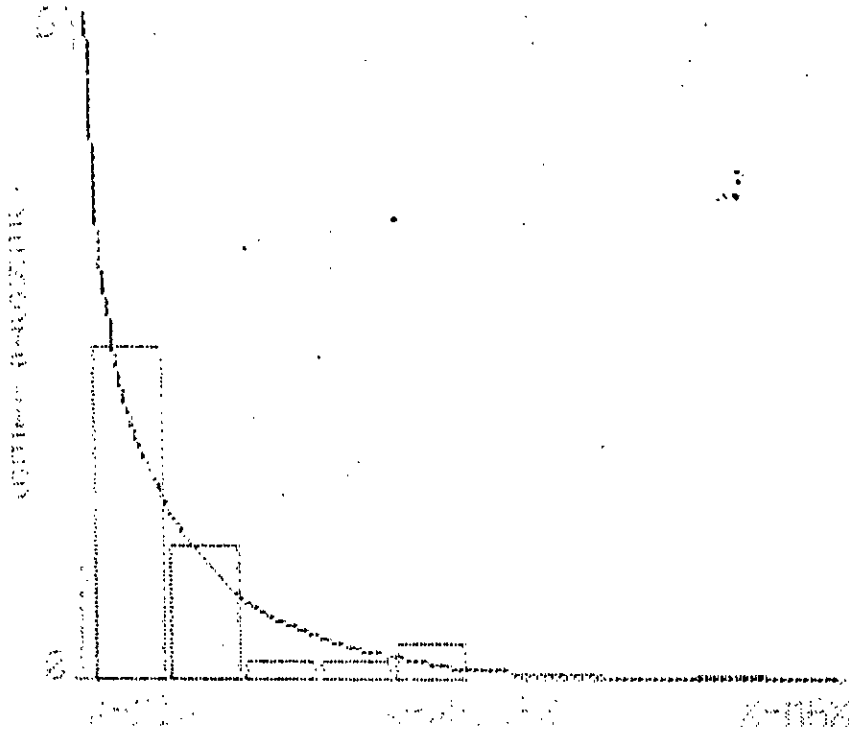
0
7.39935E-3

X-VALUES

X-MIN
15.0000
X-MAX
944.000
INTERVAL WIDTH
92.0000

11-30-1988 11:18 AM

CRABITZ ... AT WITH MODEL 1: Gamma
RAC SAMPLE : 088328.TTR



DENSITIES

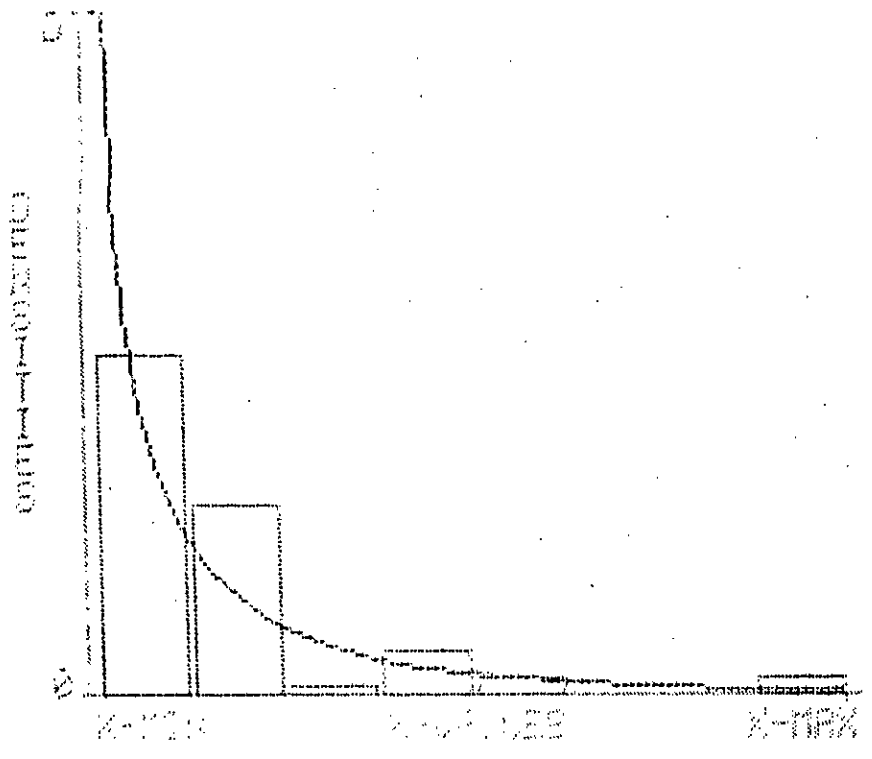
0
1.15000

X-VALUES

X-MIN
1.00000
X-MAX
77.0000
INTERVAL WIDTH
7.60000

12-01-1988 3:57 PM

MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE : 000993.TTF

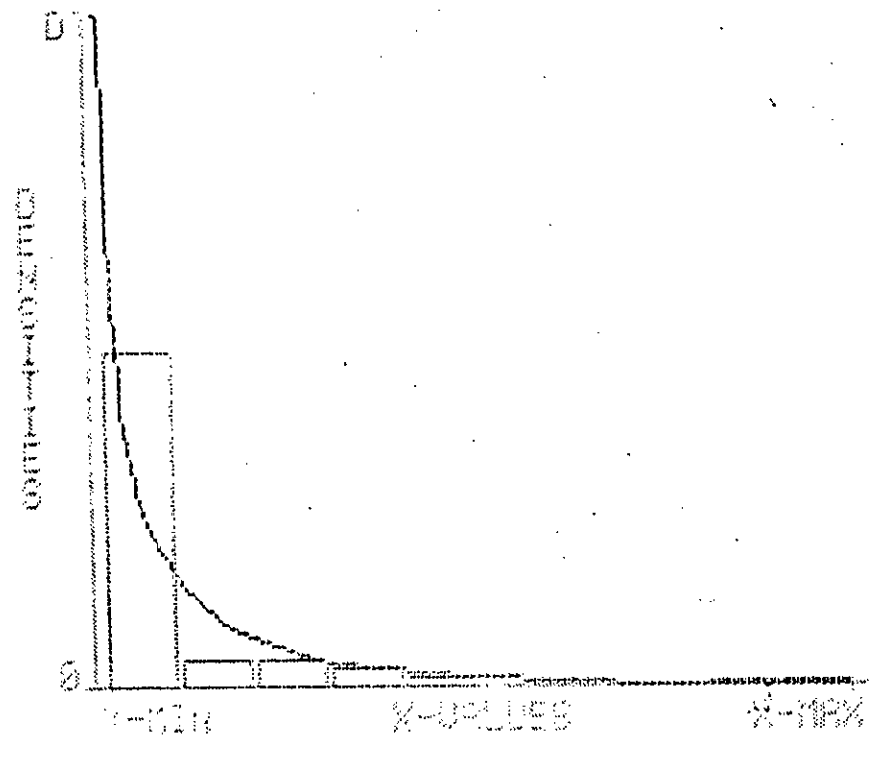


DENSITIES
 D
 5.80415E-3

X-VALUES
 X-MIN
 16.8888
 X-MAX
 1884.88
 INTERVAL WIDTH
 268.888

11-JUN-1986 9:27 AM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Gamma
 AND SAMPLE : 000992.TTR



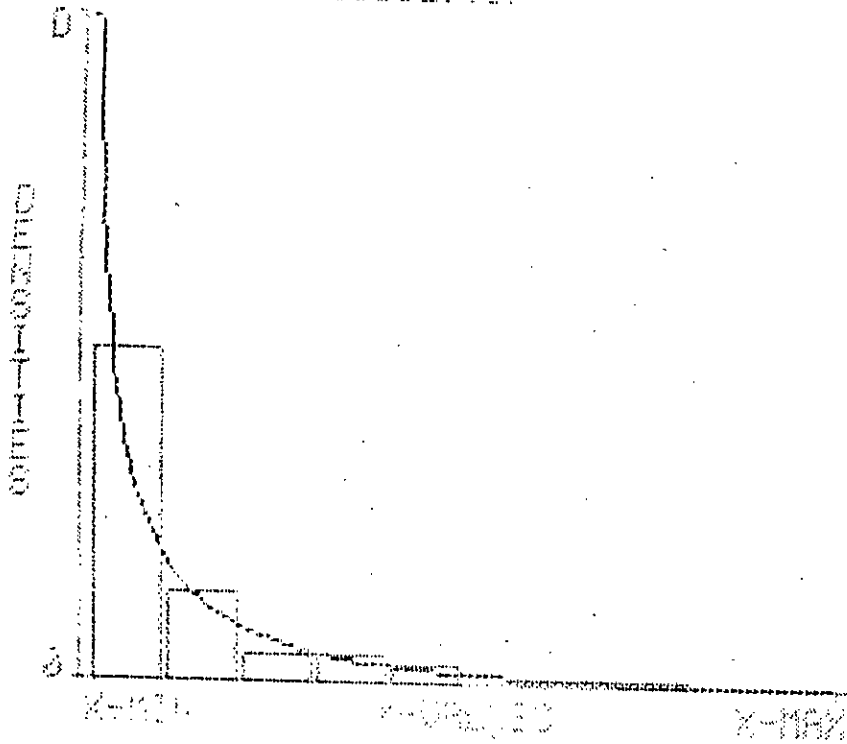
DENSITIES
 D
 .11871

X-VALUES
 X-MIN
 1.00000
 X-MAX
 128.888
 INTERVAL WIDTH
 12.5000

10-JUN-1986 2:25 PM

RAD SAMPLE : 001830.TEF

MODEL : WEIDULL



DENSITIES

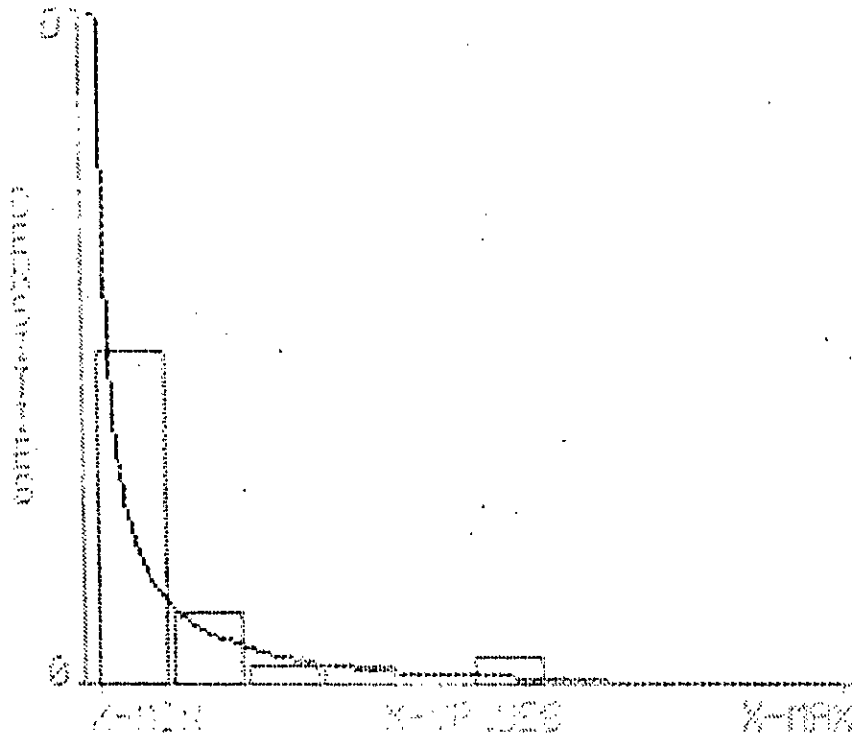
D
8.25361E-3

X-VALUES

X-MIN
18.0000
X-MAX
1984.00
INTERVAL WIDTH
196.800

11-JUN-1988 4:18 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Gamma
RAD SAMPLE : 001802.TTR



DENSITIES

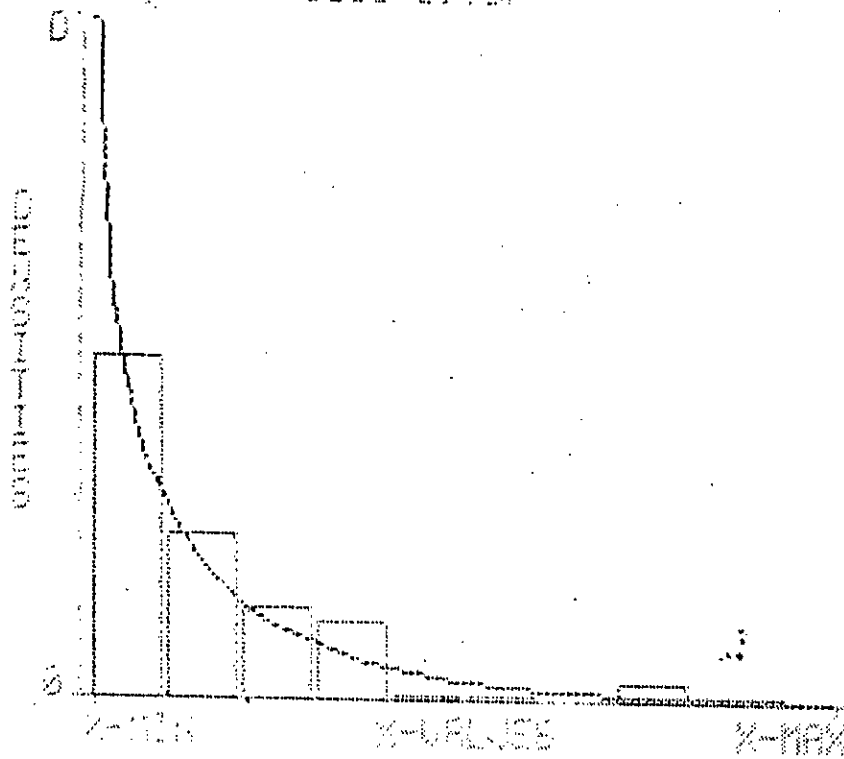
D
.06510

X-VALUES

X-MIN
2.00000
X-MAX
208.000
INTERVAL WIDTH
20.0000

10-JUN-1988 4:18 PM

TEST : ... WITH MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE : C00090.TBF



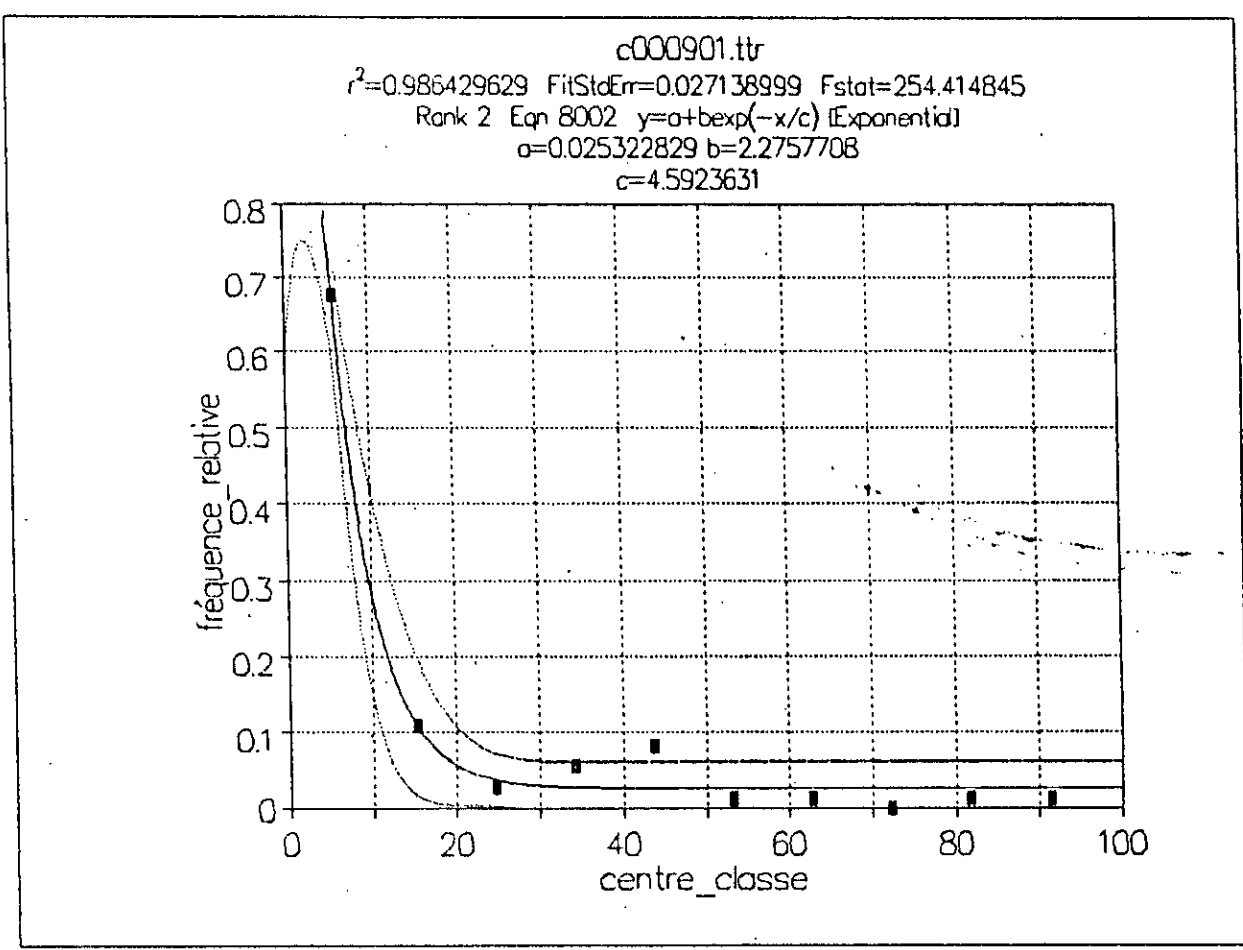
DENSITIES

D
 7.37788E-3

X-VALUES

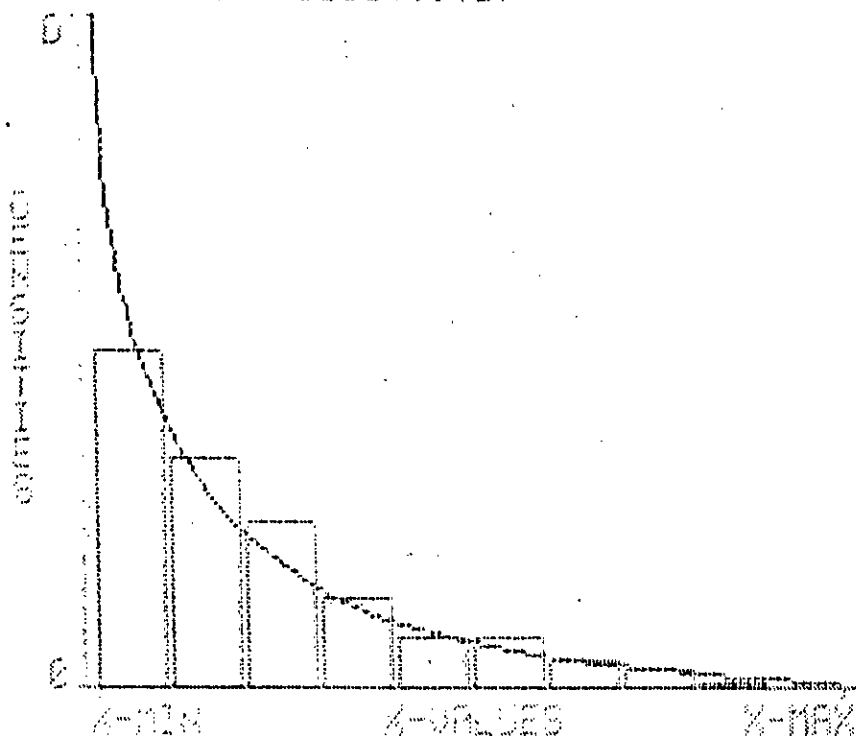
X-MIN
 15.0000
 X-MAX
 1276.00
 INTERVAL WIDTH
 125.000

12-JUN-1985 1:57 PM



MODEL 1: Weibull

RND SAMPLE : C80877.TEF



DENSITIES

D

.81018

X-VALUES

X-MIN

16.0000

X-MAX

672.000

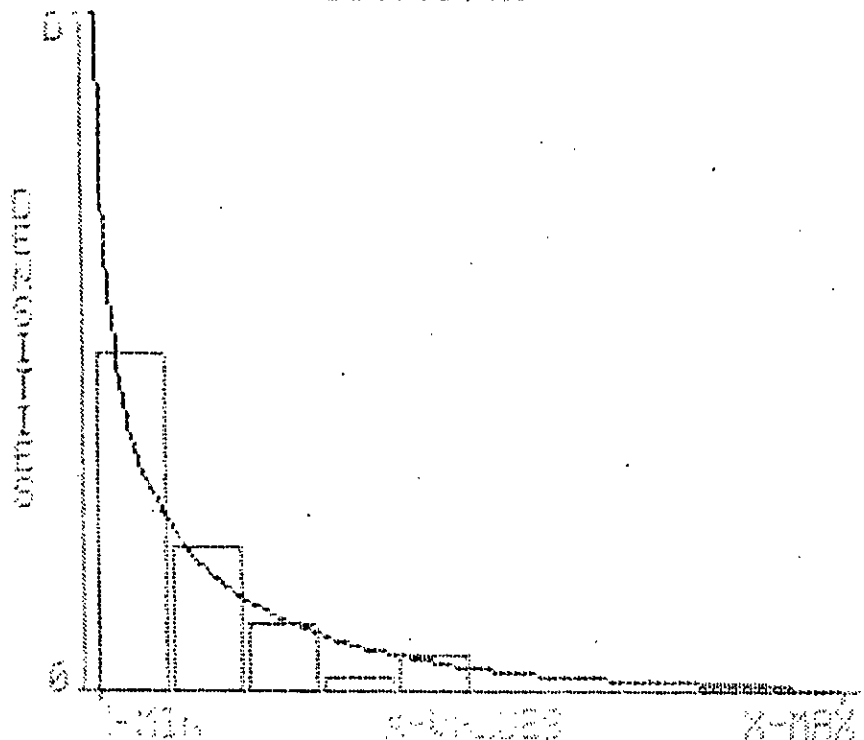
INTERVAL WIDTH

65.6000

11-JUN-1995 10:32 AM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Gamma

RND SAMPLE : C80877.TTR



DENSITIES

D

.18381

X-VALUES

X-MIN

1.00000

X-MAX

56.0000

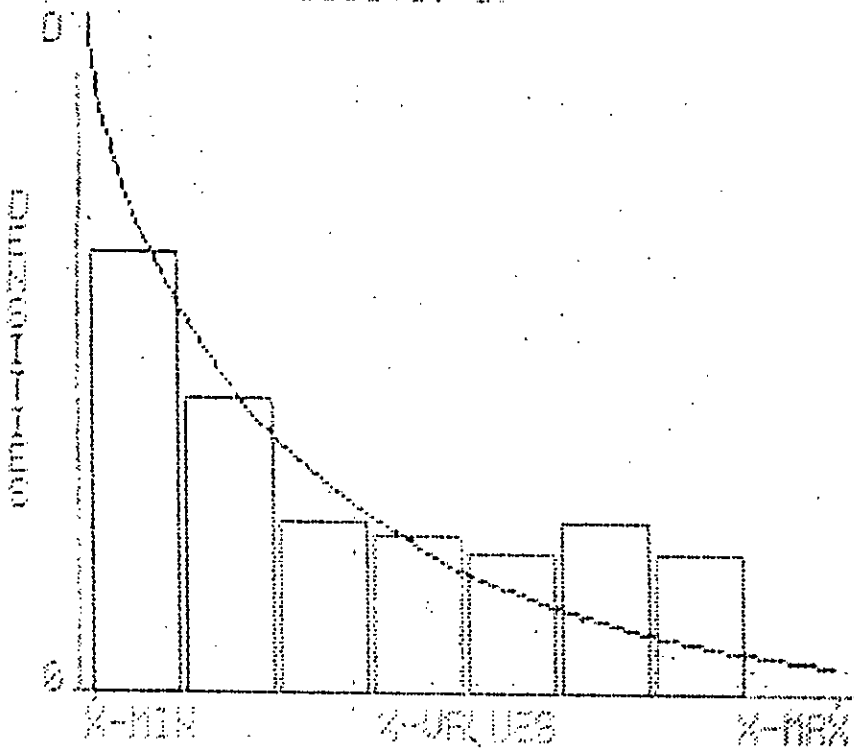
INTERVAL WIDTH

5.50000

10-JUN-1995 2:20 PM

RND SAMPLE # 083075.TEF

Model : W@IDU11



DENSITIES

D

9.58972E- 3

X-VALUES

X-MIN

16.0000

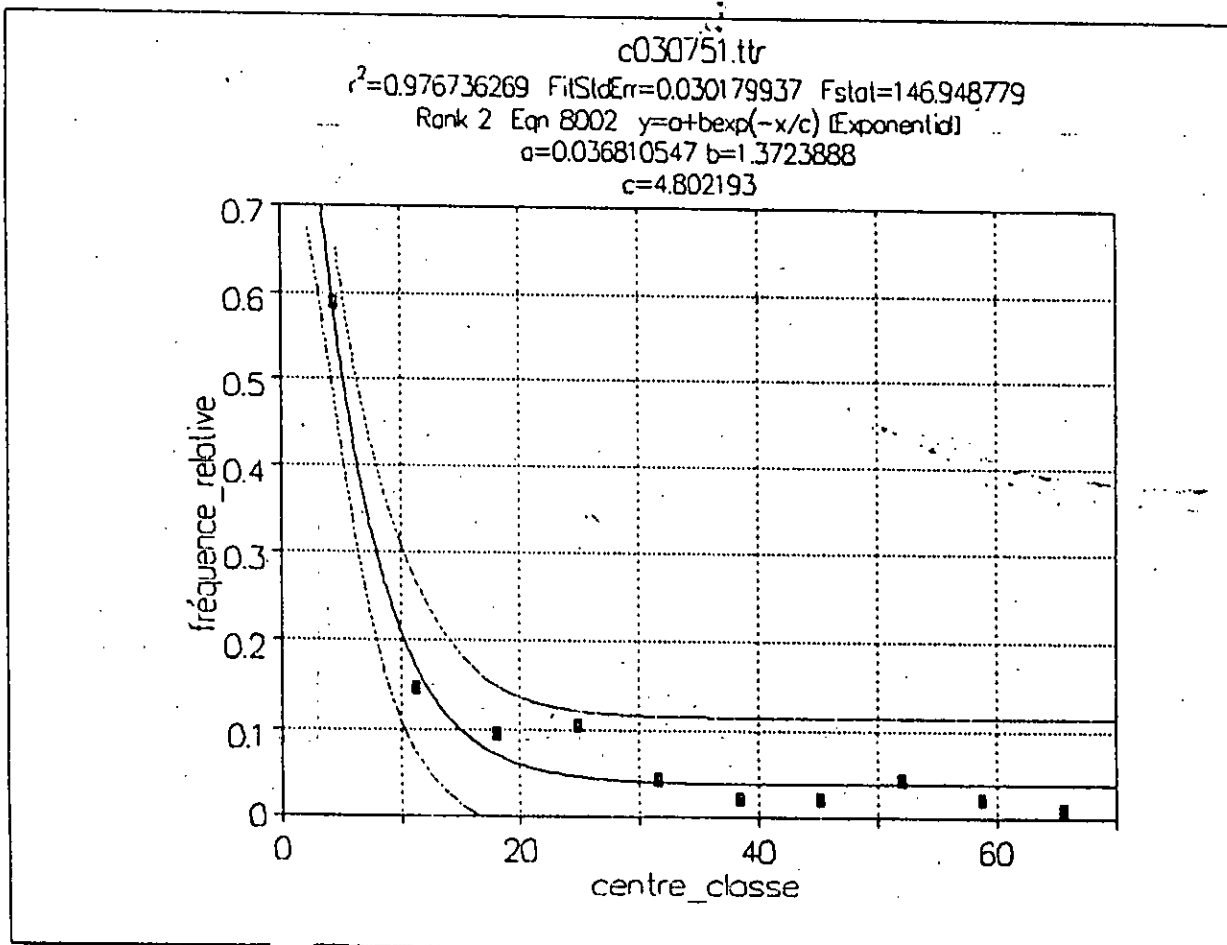
X-MAX

384.000

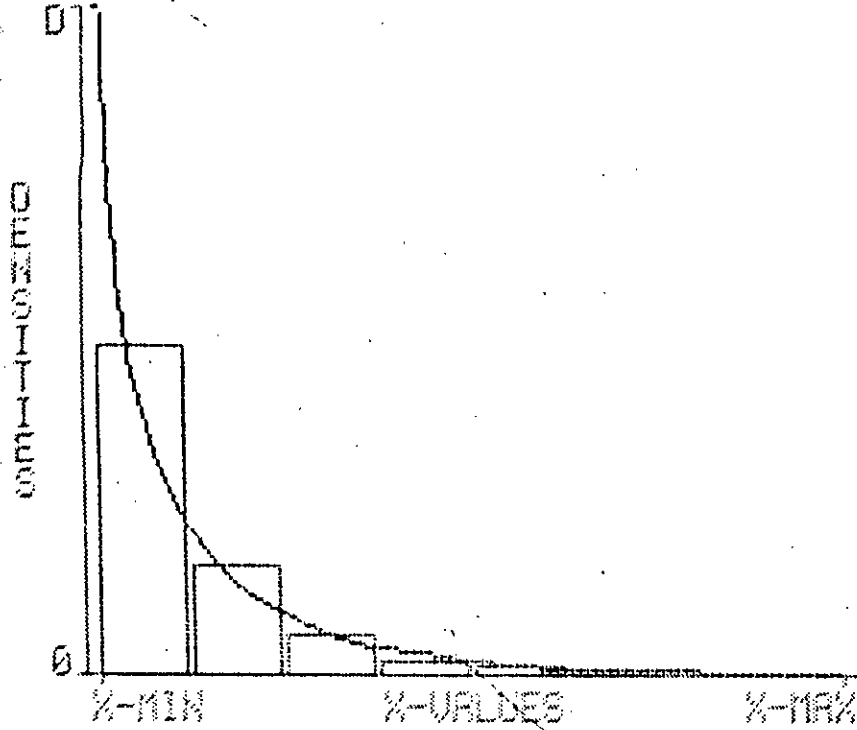
INTERVAL WIDTH

48.0000

11-JUN-1986 4:32 PM



DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE : C00344.TEF



DENSITIES

D

8.50289E- 3

%-VALUES

%-MIN

16.0000

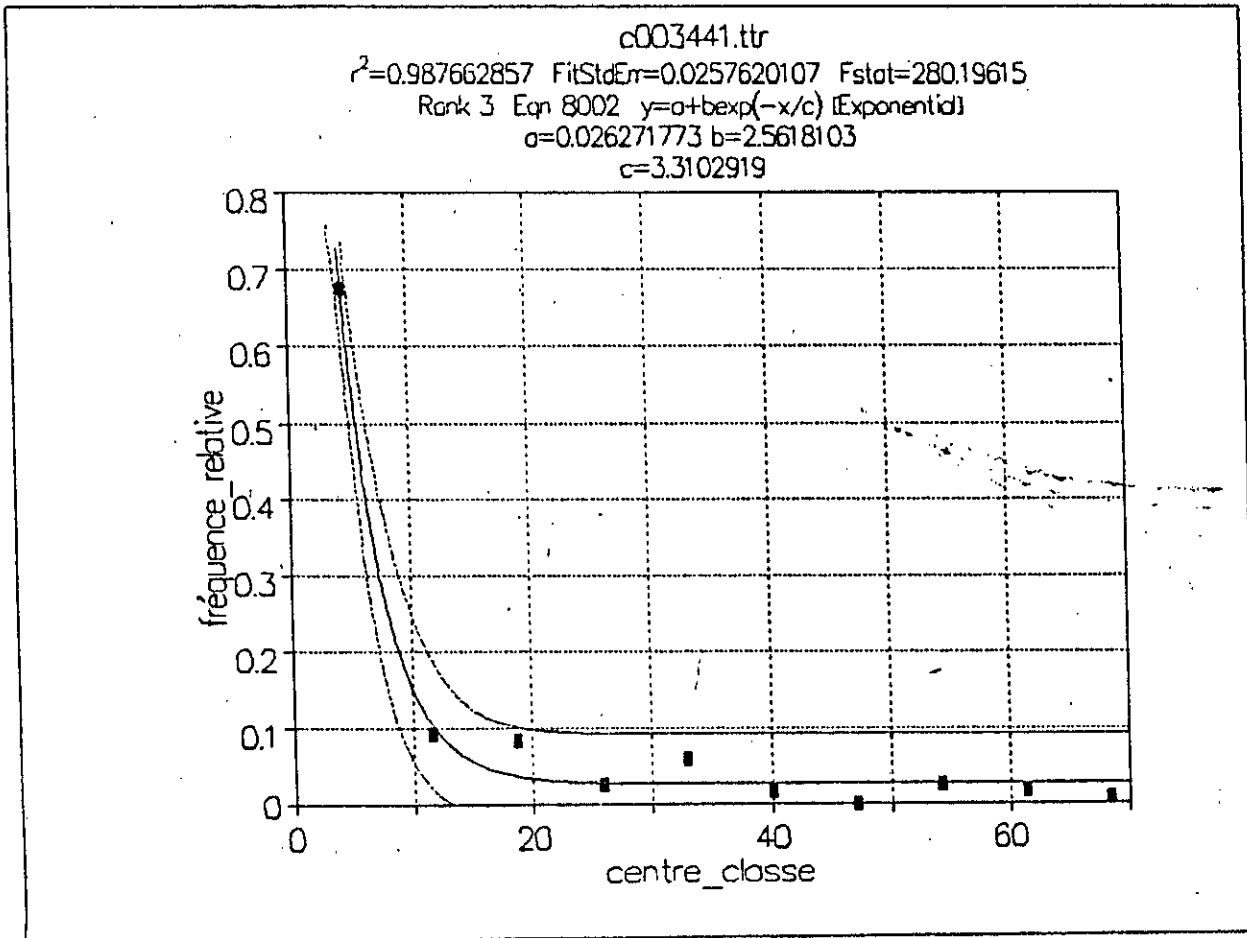
%-MAX

1200.00

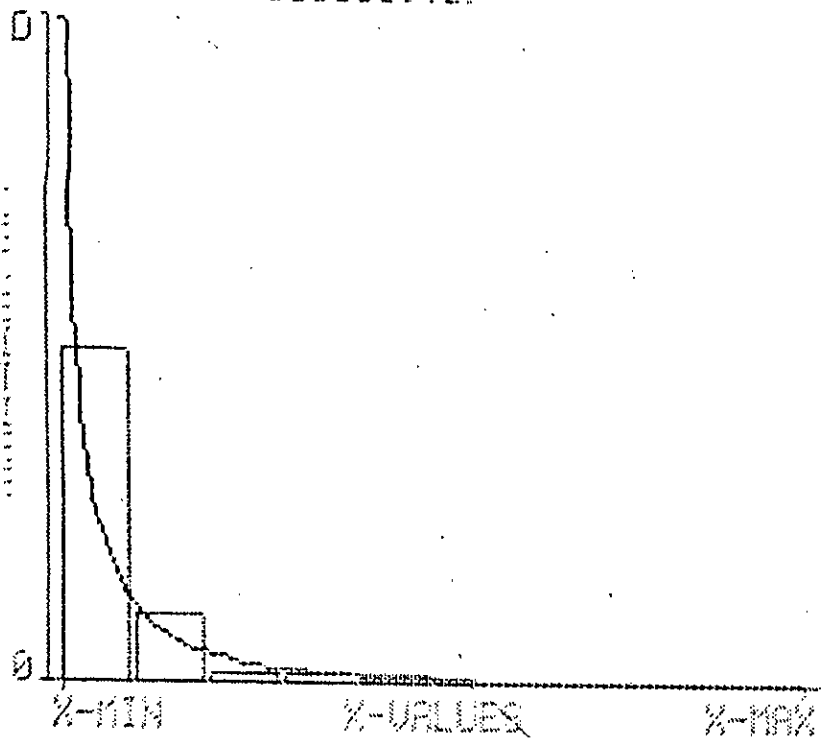
INTERVAL WIDTH

148.000

11-JUN-1998 10:44 AM



ANALYSE STATISTIQUE DE L'ÉCHANTILLON AVEC LE MODELE 1:weibull
 AD SAMPLE : C008331.TBF



DENSITIES

D

7.90032E- 3

%-VALUES

%-MIN

16.0000

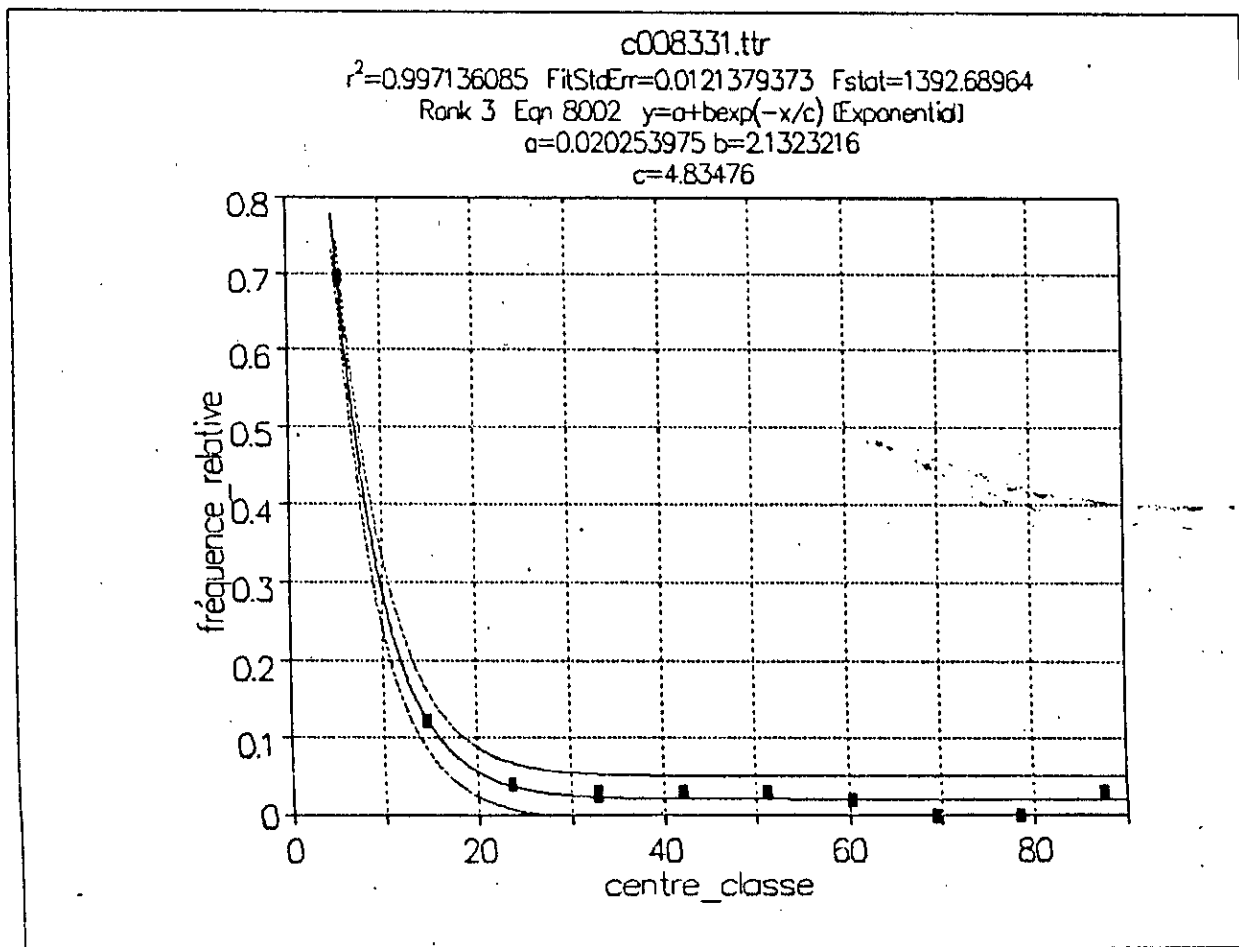
%-MAX

1890.00

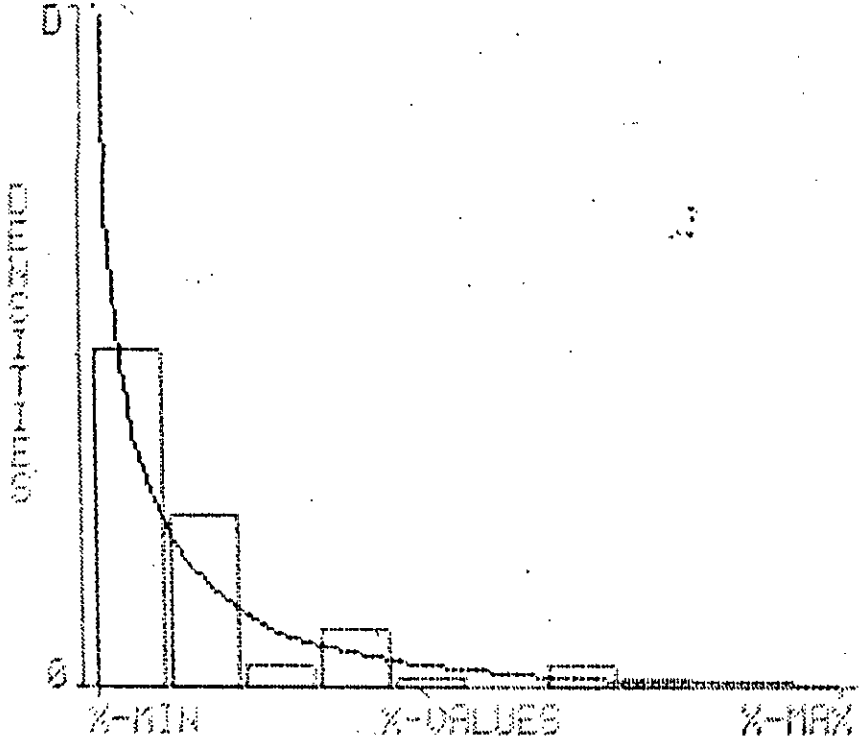
INTERVAL WIDTH

187.400

11-JUN-1995 4:14 PM



DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE : C00335.TBF

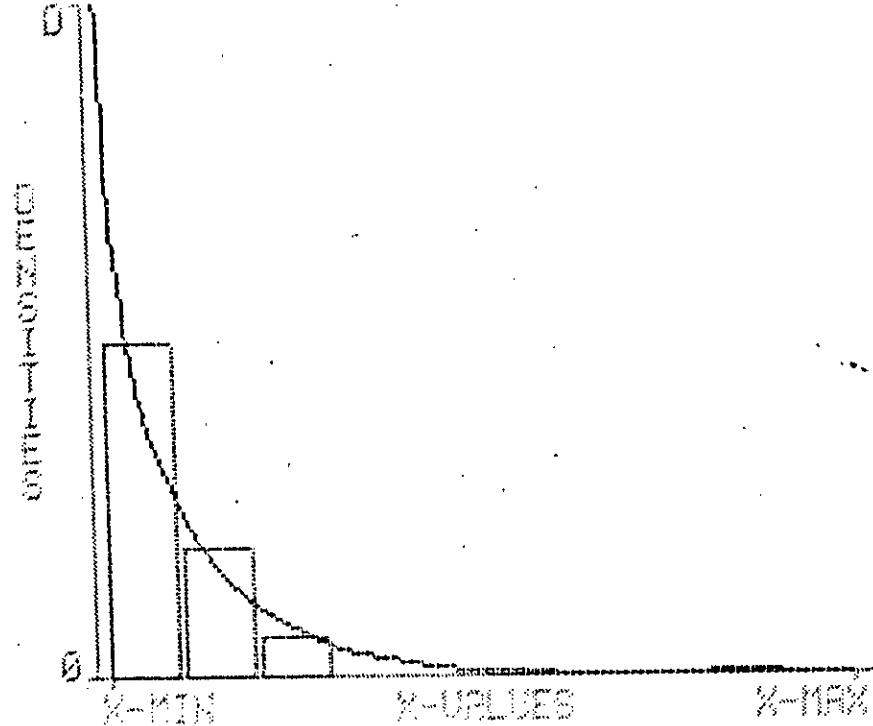


DENSITIES
 D
 6.78308E- 3

%-VALUES
 %-MIN
 16.0000
 %-MAX
 1538.00
 INTERVAL WIDTH
 152.000

11-JUN-1995 12:00 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Gamma
 AND SAMPLE : C00335.TTR



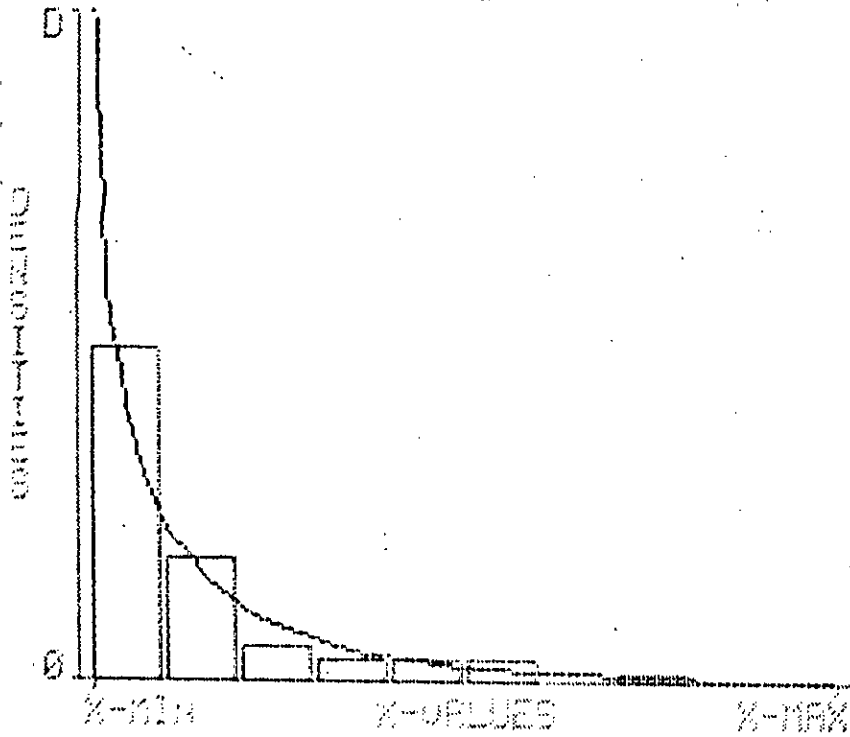
DENSITIES
 D
 .22852

%-VALUES
 %-MIN
 1.00000
 %-MAX
 56.0000
 INTERVAL WIDTH
 5.50000

10-JUN-1995 4:00 PM

AND SAMPLE : C00874.TBF

LEVEL 1V C100H



DENSITIES

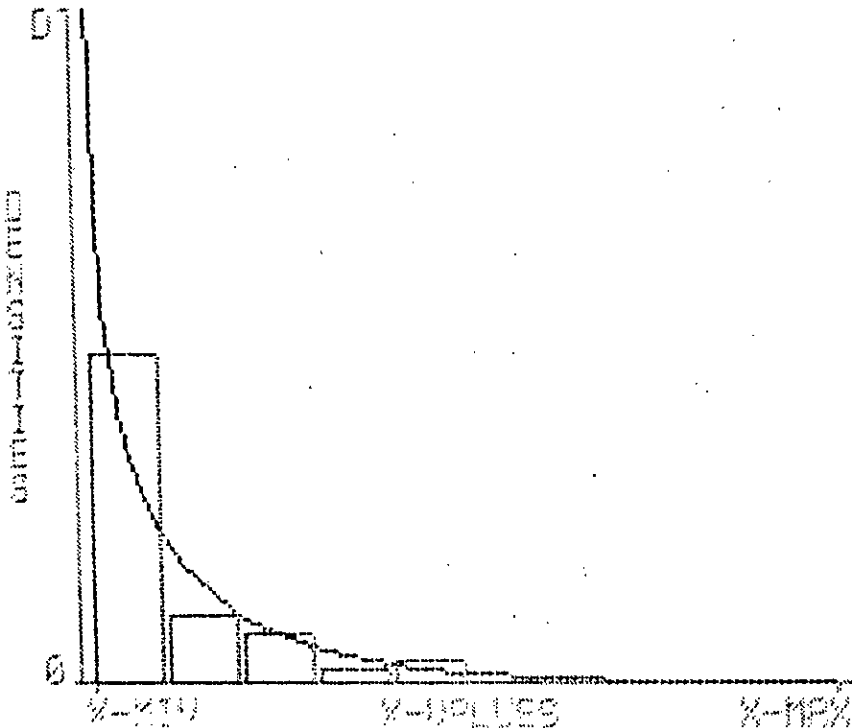
D
.01503

X-VALUES

X-MIN
16.0000
X-MAX
752.000
INTERVAL WIDTH
73.0000

12-JUN-1996 1:53 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1:Gamma
AND SAMPLE : C00874.TTR



DENSITIES

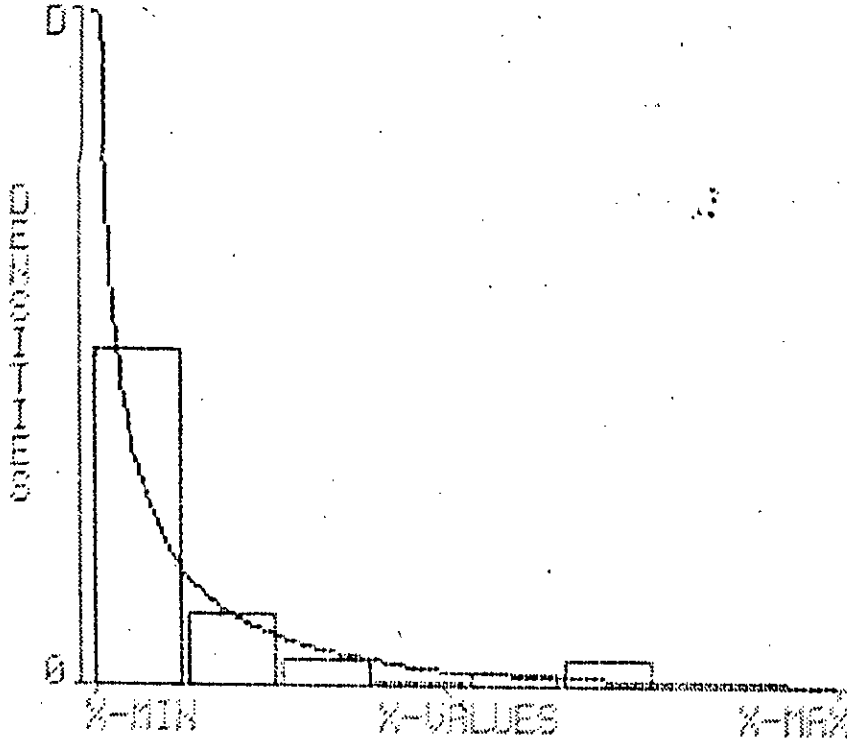
D
.13851

X-VALUES

X-MIN
1.00000
X-MAX
98.0000
INTERVAL WIDTH
9.50000

10-JUN-1996 4:22 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
AND SAMPLE : 001454.TBF



DENSITIES

D

8.11481E- 3

X-VALUES

%-MIN

18.0000

%-MAX

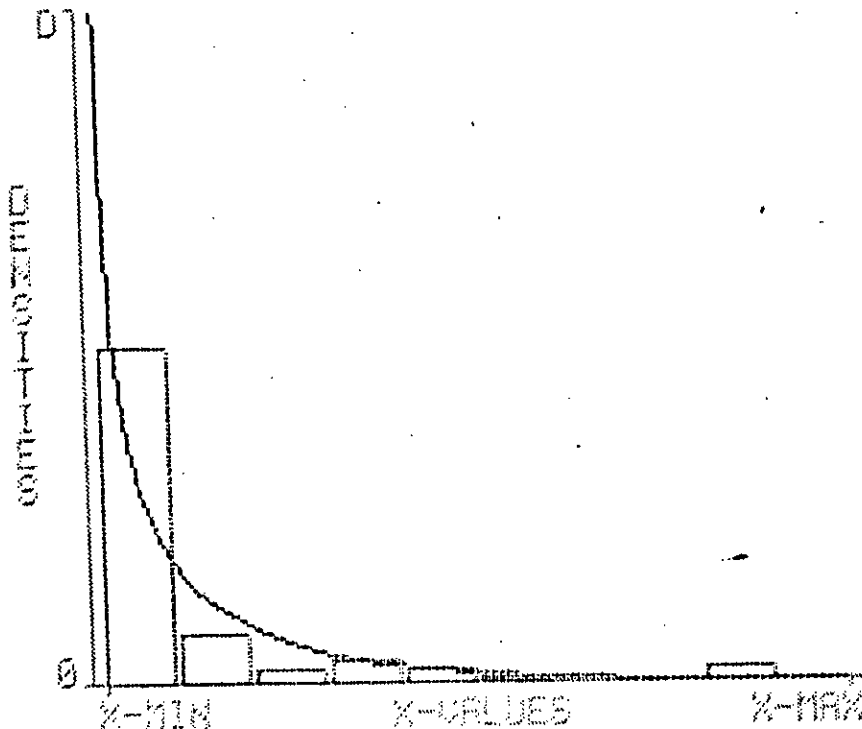
1744.00

INTERVAL WIDTH

216.000

11-JUN-1996 4:53 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Gamma
AND SAMPLE : 001454.TTR



DENSITIES

D

.14212

X-VALUES

%-MIN

1.00000

%-MAX

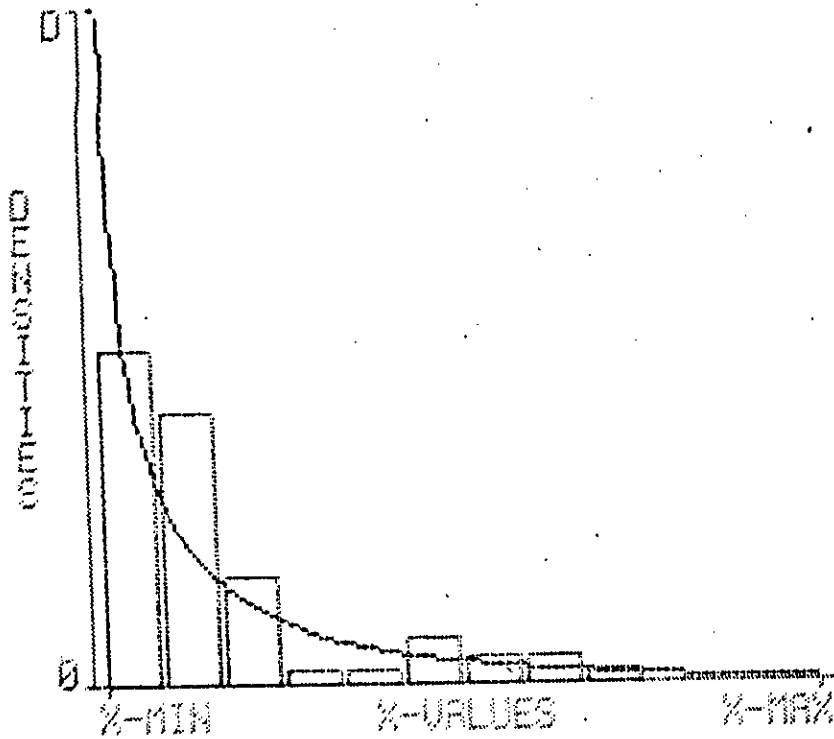
99.0000

INTERVAL WIDTH

9.00000

10-JUN-1996 3:20 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE : C03074.TBF



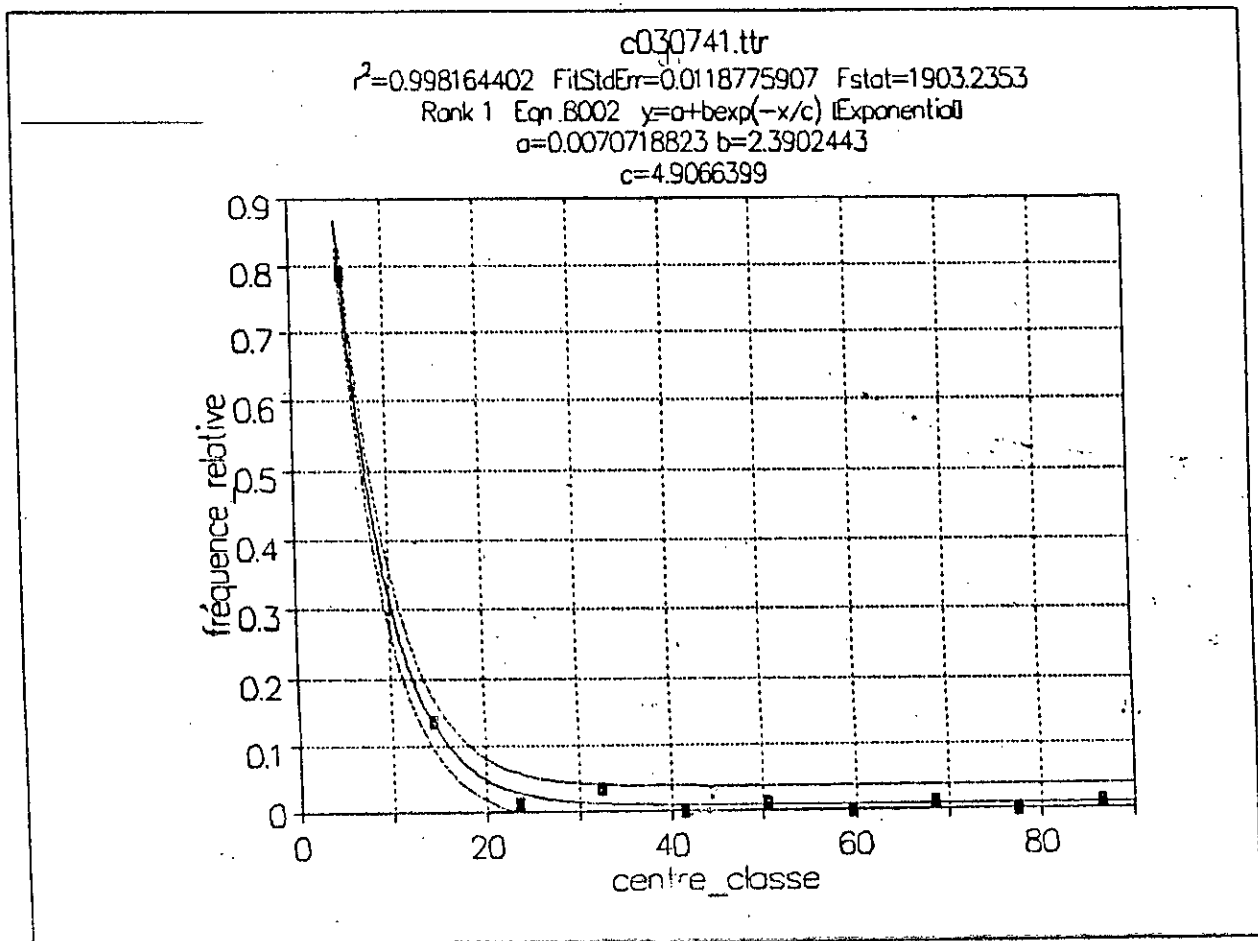
DENSITIES

D
 .81823

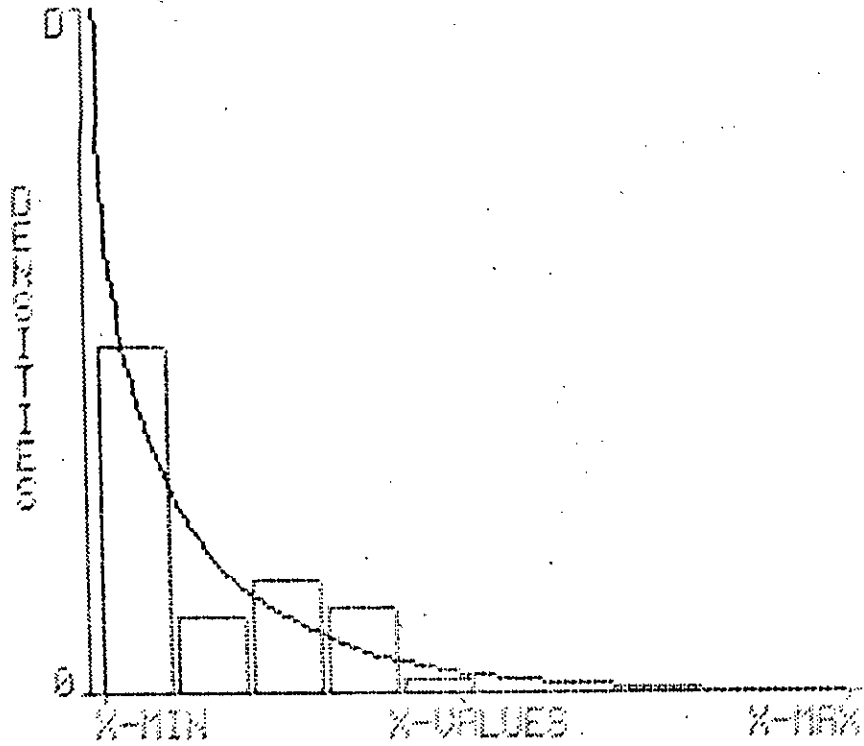
%-VALUES

%-MIN
 16.0000
 %-MAX
 88.0000
 INTERVAL WIDTH
 72.0000

12-JUN-1996 2:17 PM



DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE : C00554.TBF



DENSITY

5

1.01193

%-VALUES

%-MIN

16.0000

%-MAX

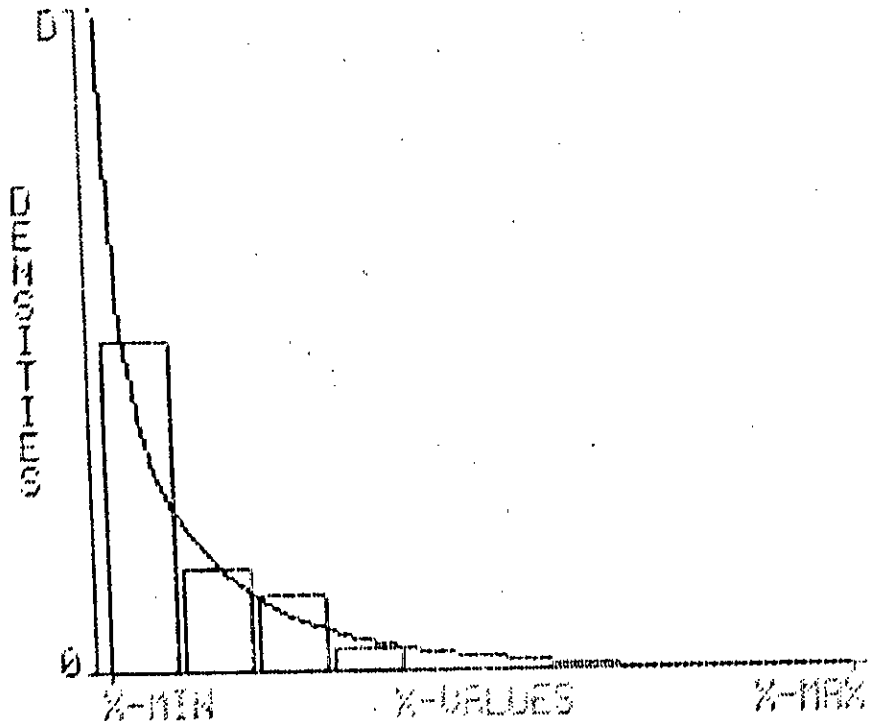
884.000

INTERVAL WIDTH

81.0000

12-JUN-1998 1:24 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Gamma
 AND SAMPLE : C00554.TTR



DENSITY

5

1.01193

%-VALUES

%-MIN

16.0000

%-MAX

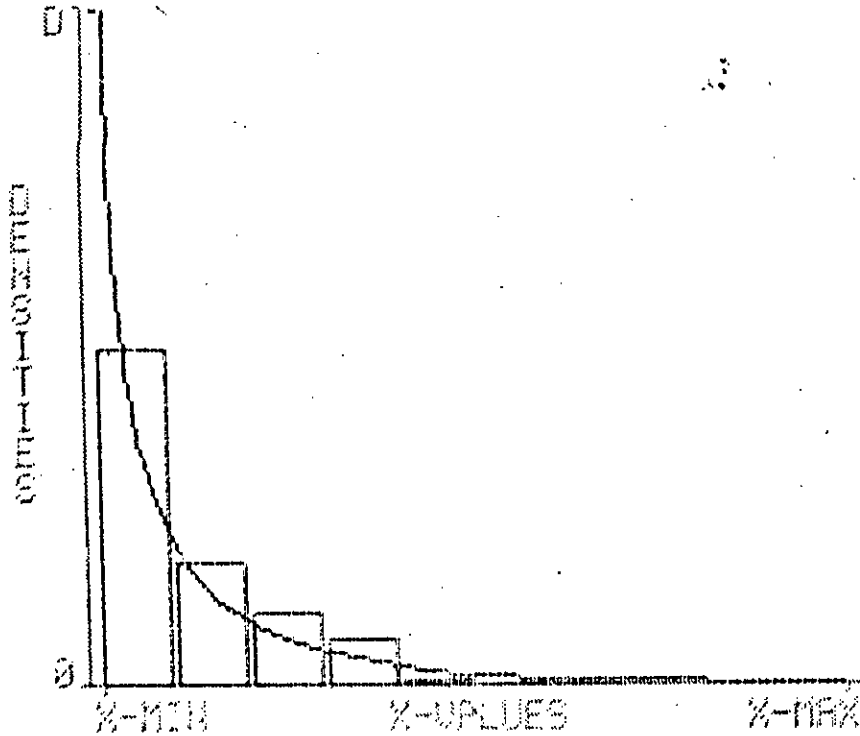
884.000

INTERVAL WIDTH

81.0000

12-JUN-1998 1:24 PM

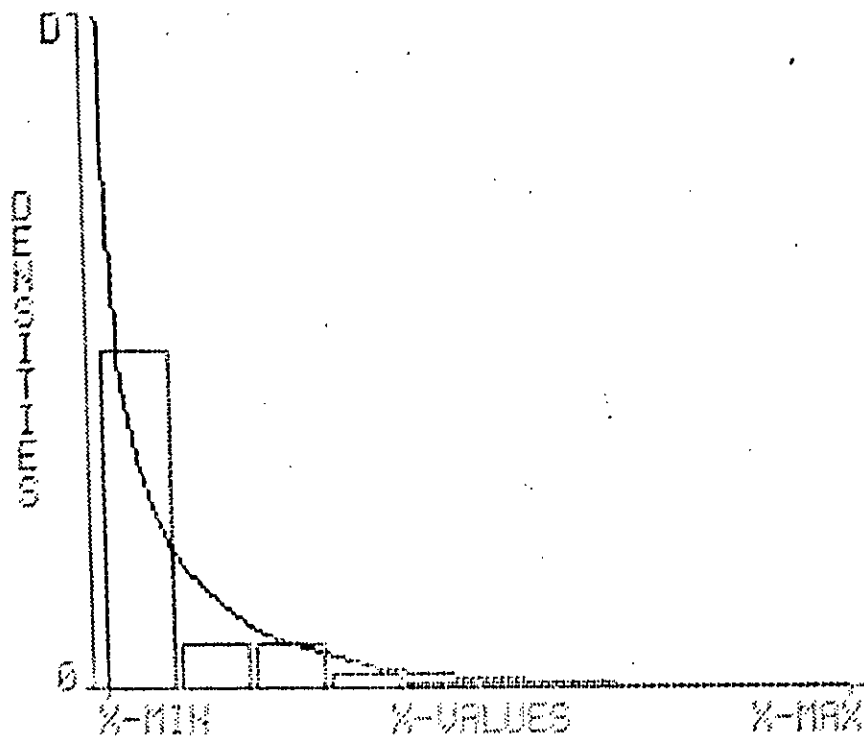
DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE : C00655.TSF



DENSITY
 .01710
 X-MIN
 10.0000
 X-MAX
 81.0000
 INTERNAL WIDTH
 60.0000

12-JUN-1993 11:30 AM

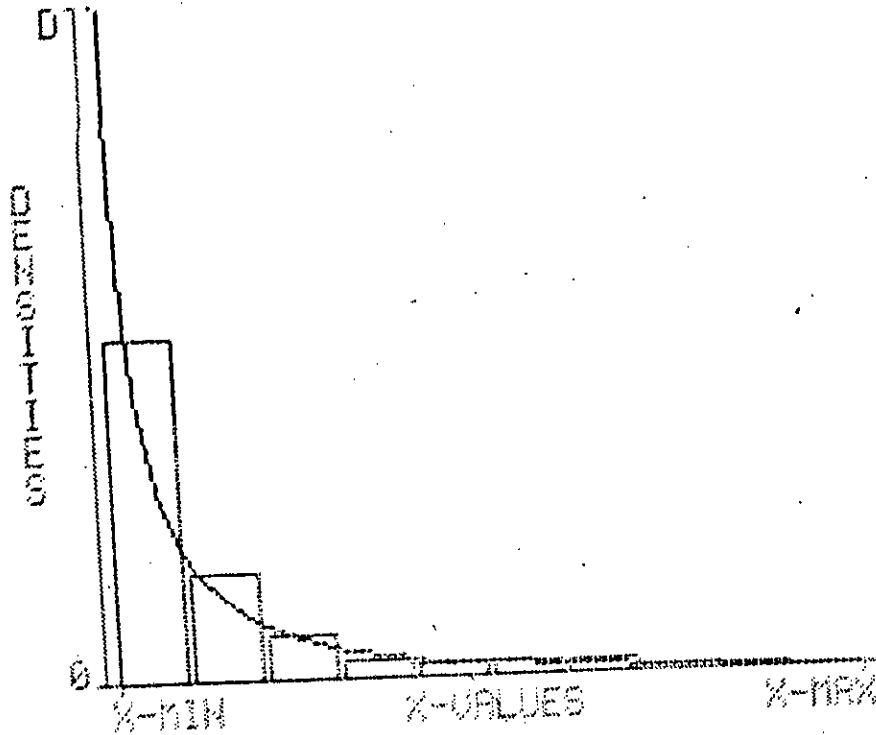
DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Gamma
 AND SAMPLE : C00655.TTR



DENSITY
 0
 .18100
 X-MIN
 1.00000
 X-MAX
 86.0000
 INTERNAL WIDTH
 8.50000

10-JUN-1993 11:30 AM

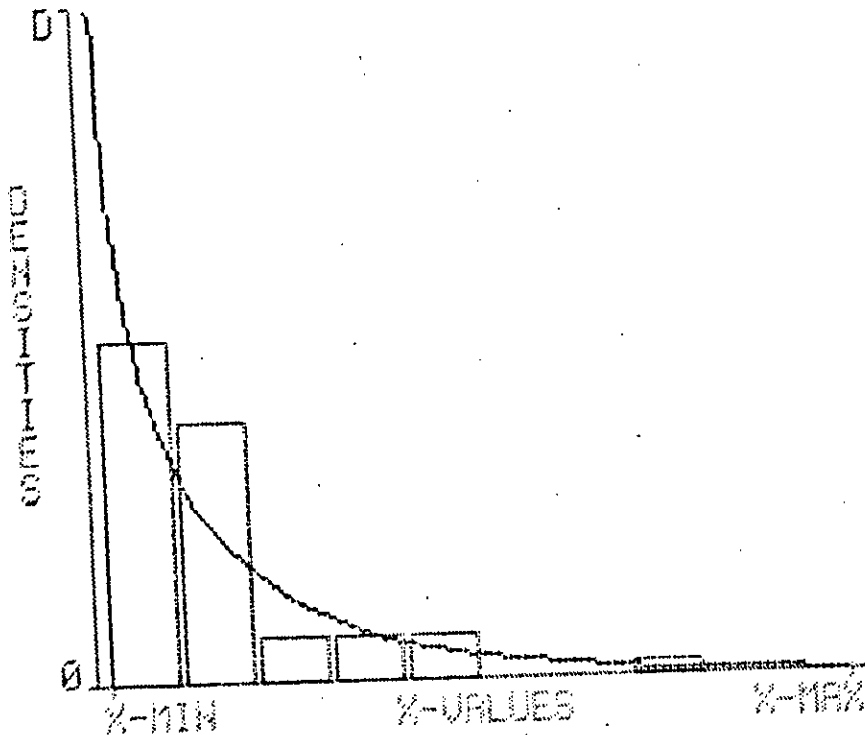
DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE : C00973.TBF



DENSITIES
 0
 1472.000
%-VALUES
 %-MIN
 1472.000
 %-MAX
 1472.000
 INTERNAL WIDTH
 1472.000

11-JUN-1996 11 35 AM

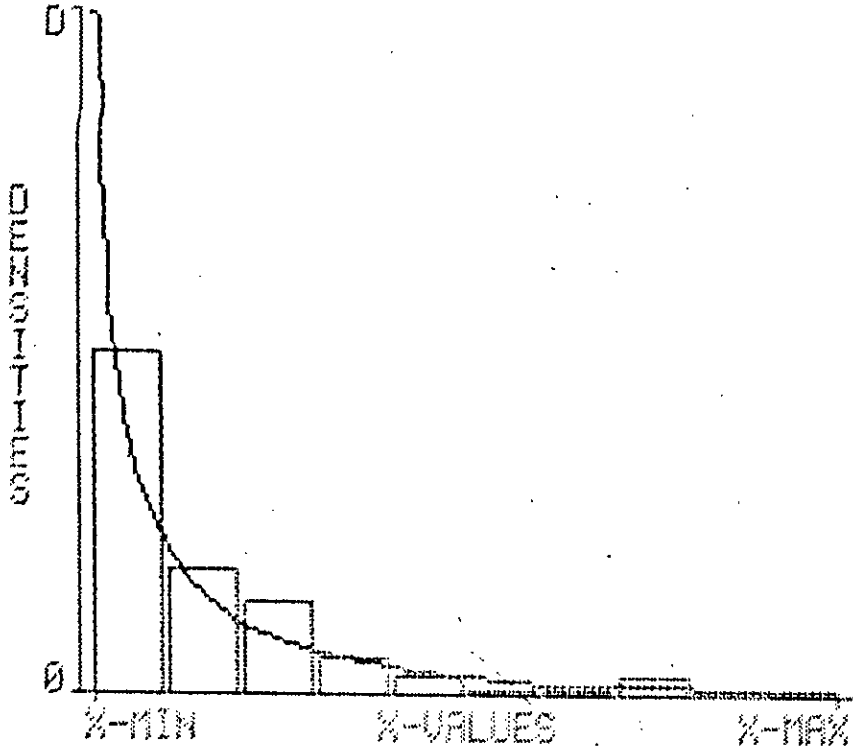
DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Gamma
 AND SAMPLE : C00973.TTR



DENSITIES
 0
 49.88000
%-VALUES
 %-MIN
 1.880000
 %-MAX
 49.88000
 INTERNAL WIDTH
 4.880000

10-JUN-1996 3 30 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE : C01092.TBF



DENSITE

B
 .01116

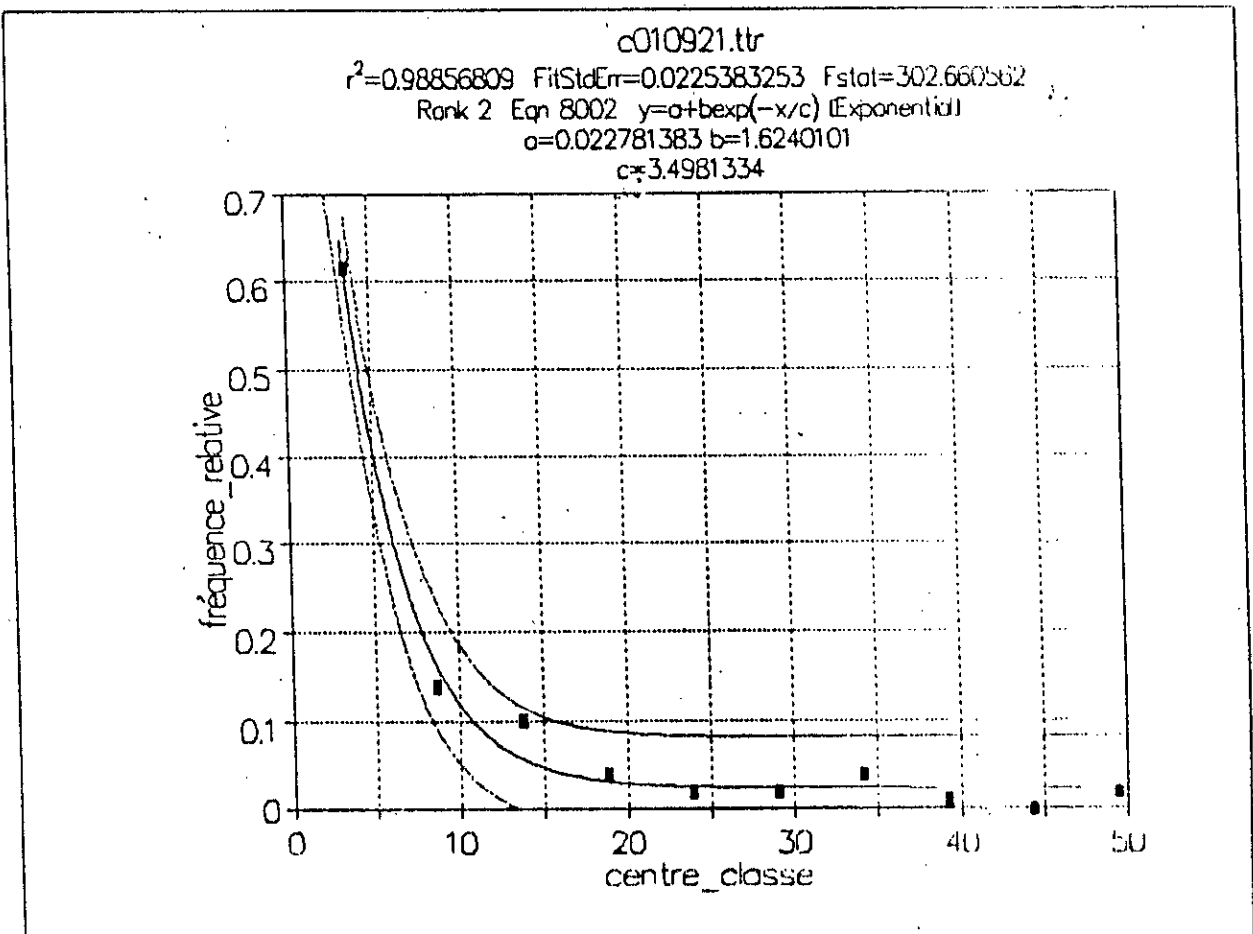
%-VALUES

%-MIN
 18.8888

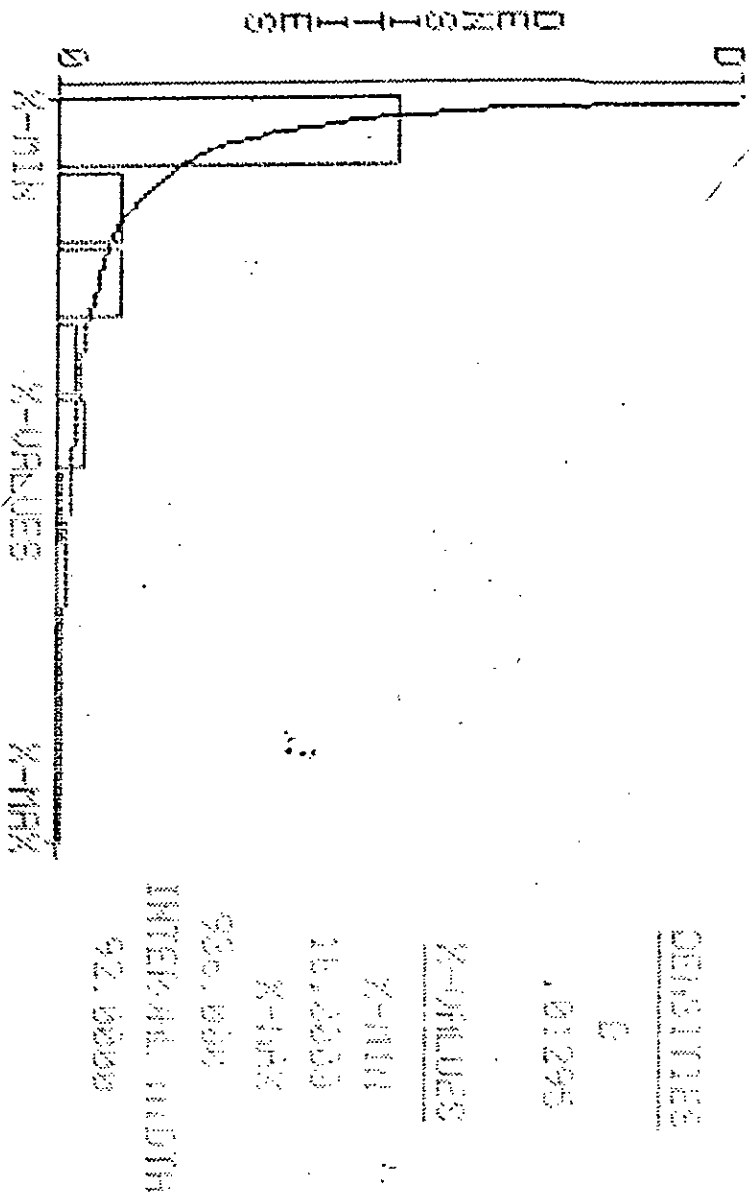
%-MAX
 912.888

INTERVAL WIDTH
 89.8888

12-JUN-1988 2 20 PM

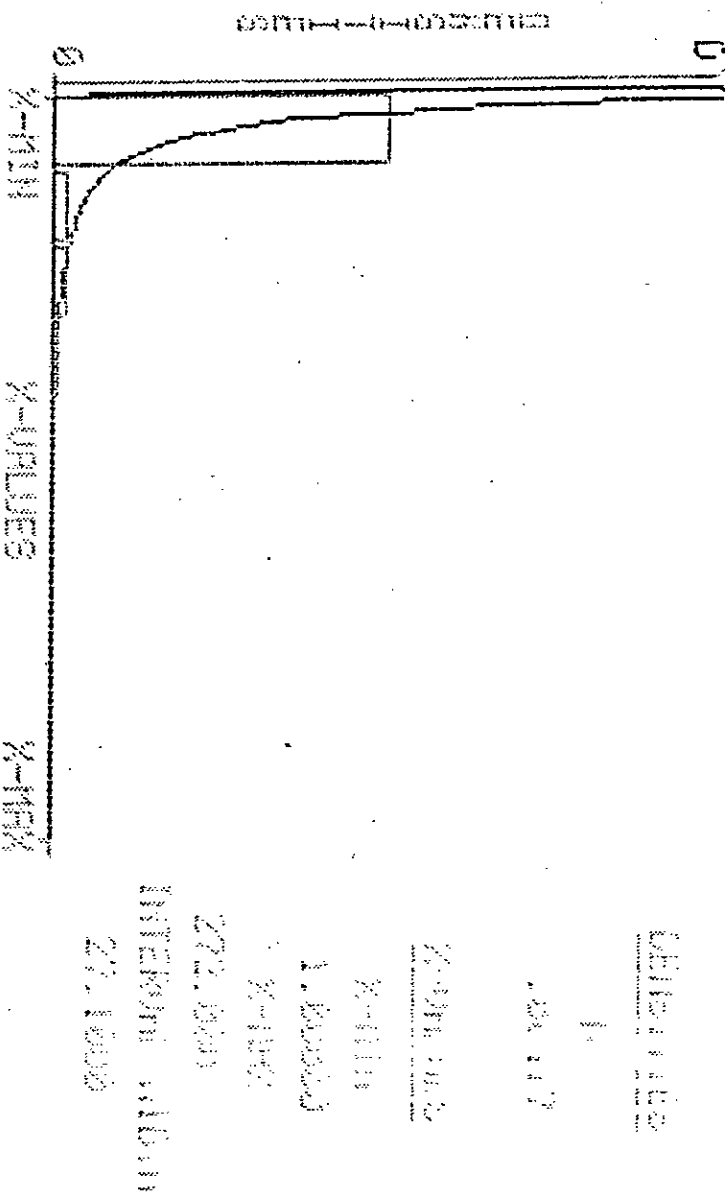


DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE : 000691.TRF



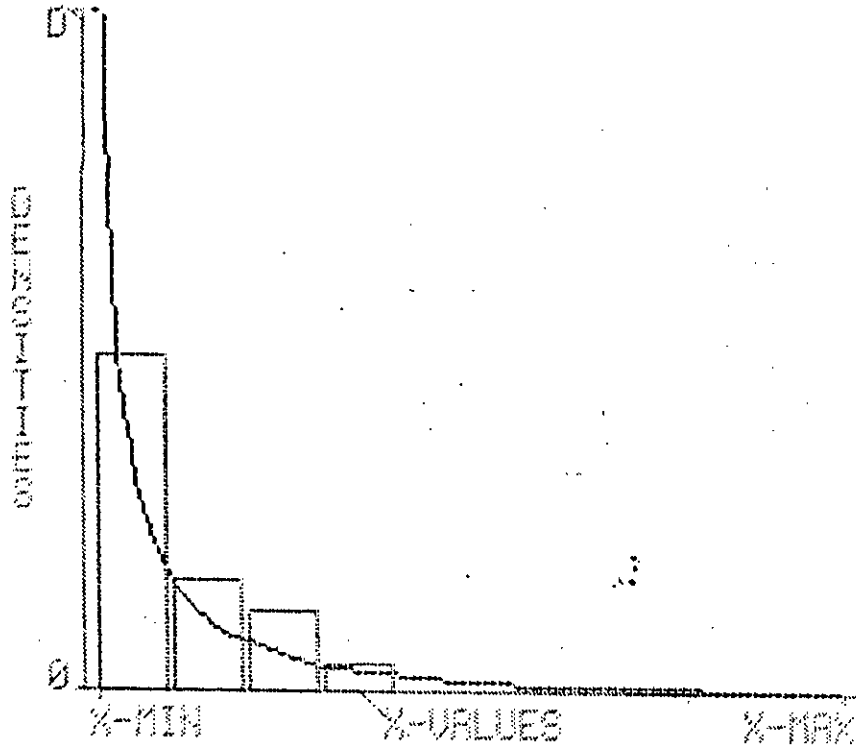
12-JUN-1988 3 40 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 2: Log-normal
 AND SAMPLE : 000691.TRF



12-JUN-1988 3 10 PM

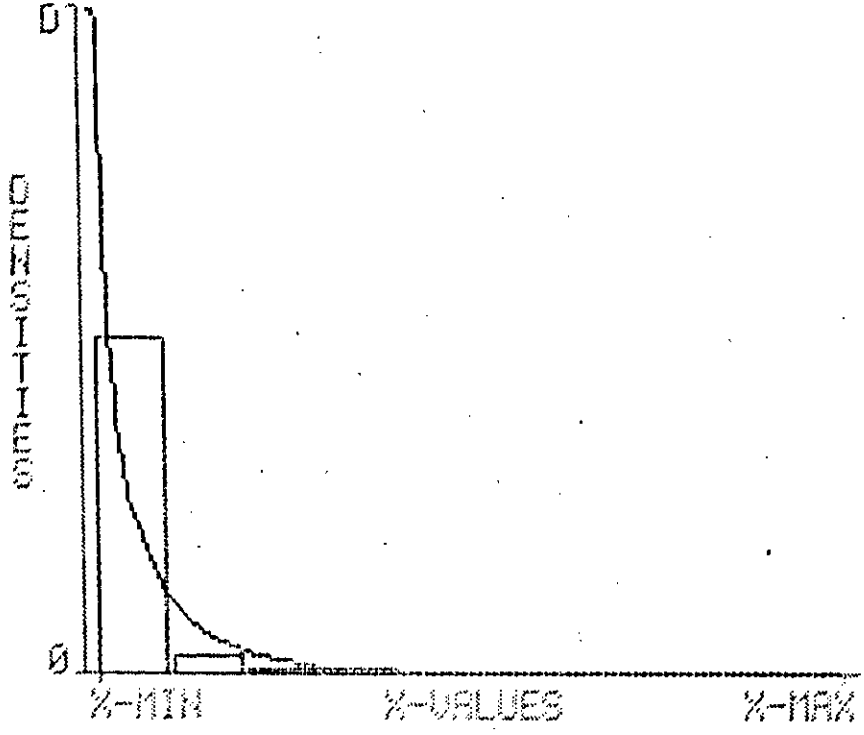
DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE : C00310.TBF



DENSITIES
 D
 8.55210E-3
%-VALUES
 %-MIN
 18.0000
 %-MAX
 176.000
 INTERVAL WIDTH
 175.000

12-JUN-1988 1 15 PM

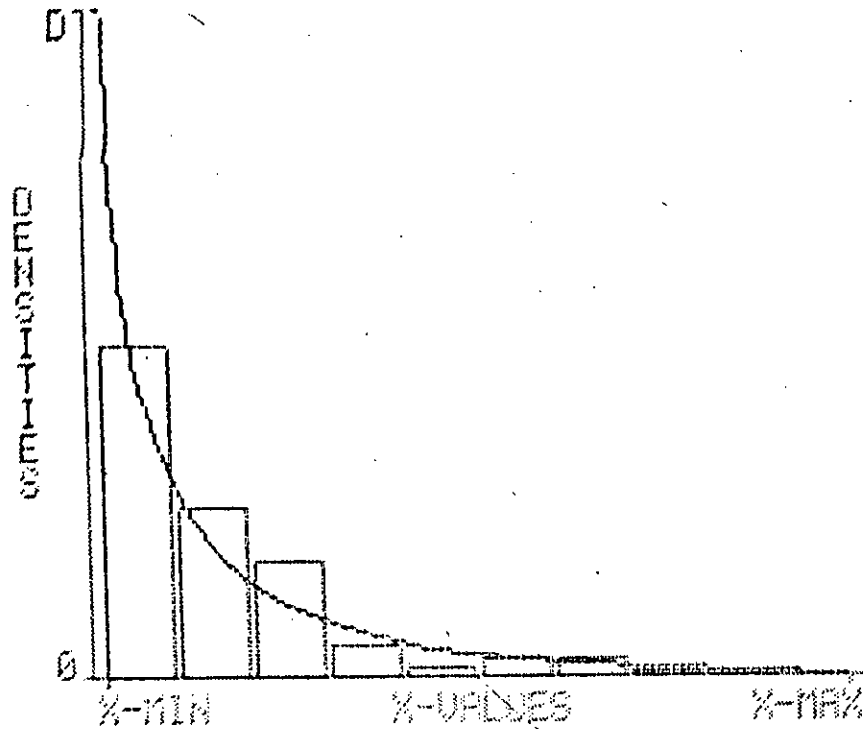
DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Gamma
 AND SAMPLE : C00310.TTR



DENSITIES
 D
 1.0000E-3
%-VALUES
 %-MIN
 1.00000
 %-MAX
 291.000
 INTERVAL WIDTH
 29.0000

10-JUN-1988 1 15 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1
 AND SAMPLE : C01015.TBF



DENSITIES

C

1.01041

%-VALUES

%-MIN

15.00000

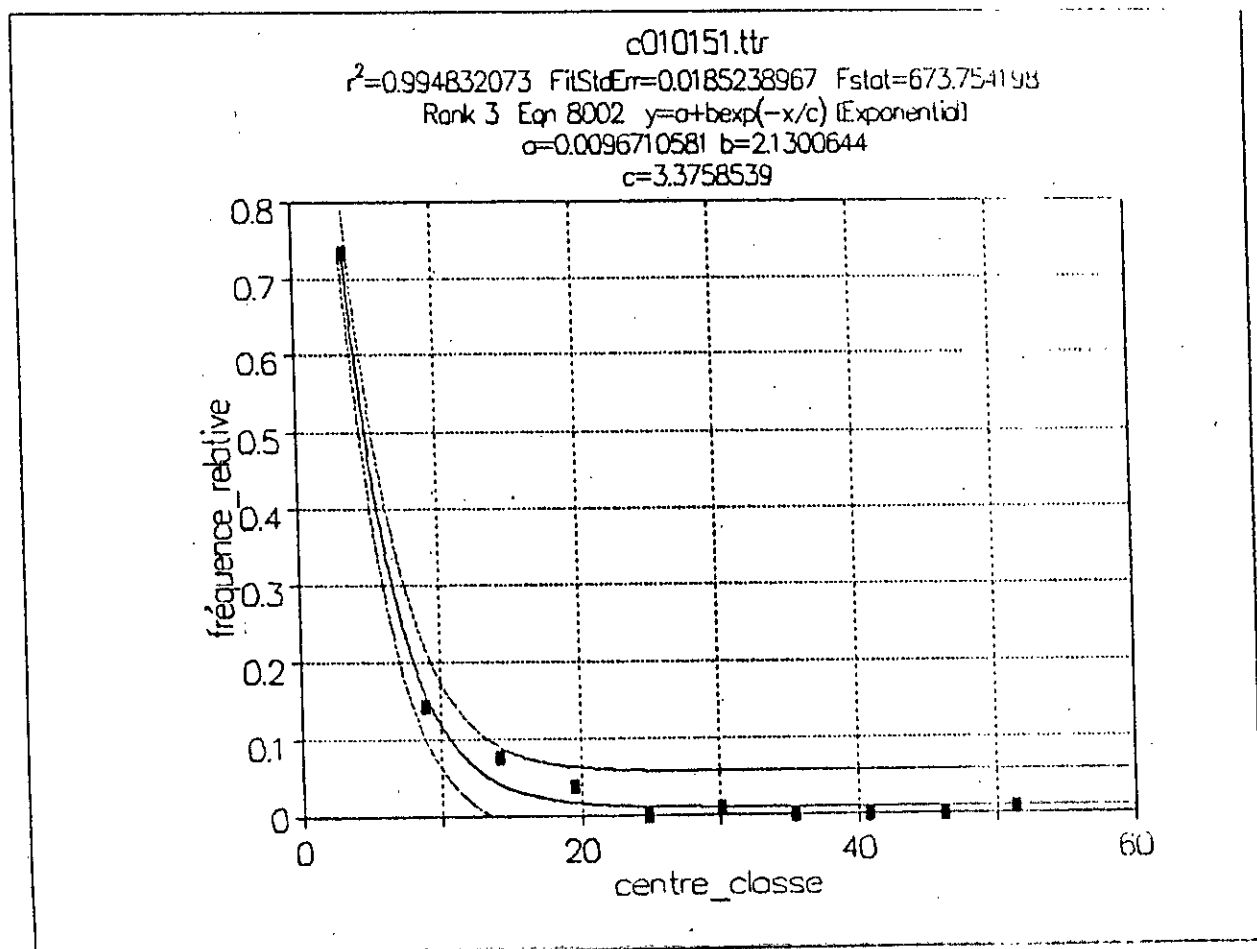
%-MAX

888.000

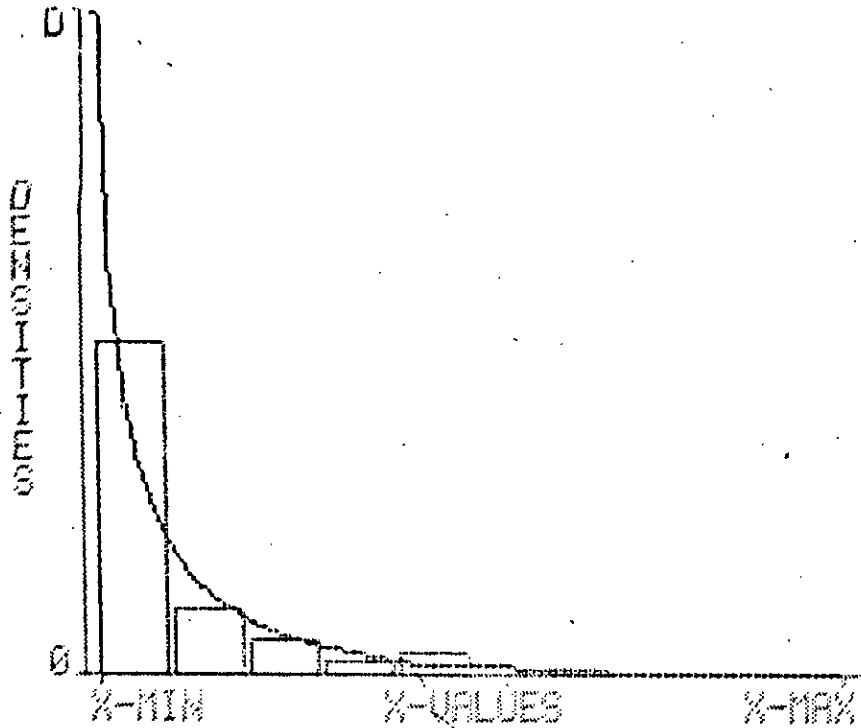
INTERVAL

88.4888

15-JUN-1982 2 50 PM



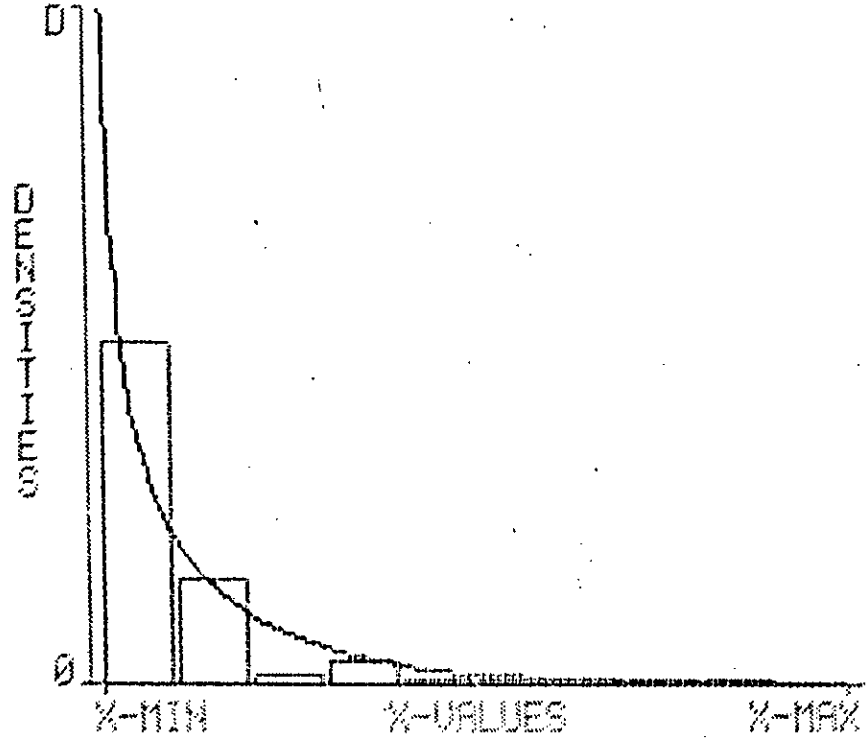
AND SAMPLE : C01301.TEF



DENSITIES
 0
 8.16741
%-VALUES
 %-MIN
 15.0000
 %-MAX
 1548.00
 INTERVAL WIDTH
 100.000

11-JUN-1966 4 18 PM

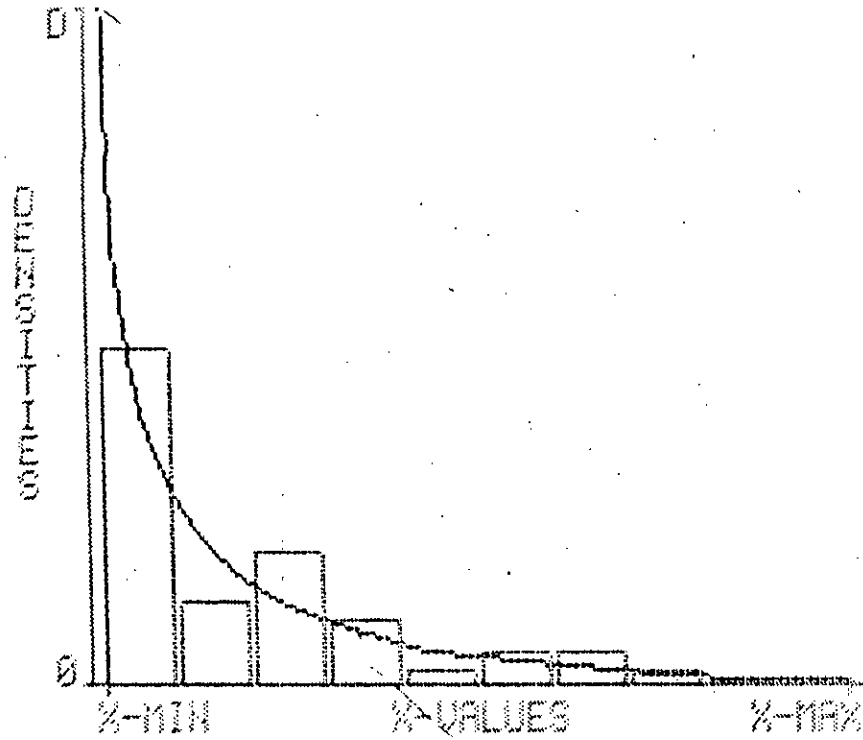
DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1:Gamma
AND SAMPLE : C01301.TTR



DENSITIES
 0
 .14545
%-VALUES
 %-MIN
 1.00000
 %-MAX
 69.0000
 INTERVAL WIDTH
 8.00000

10-JUN-1966 4 07 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE : C00657.TBF

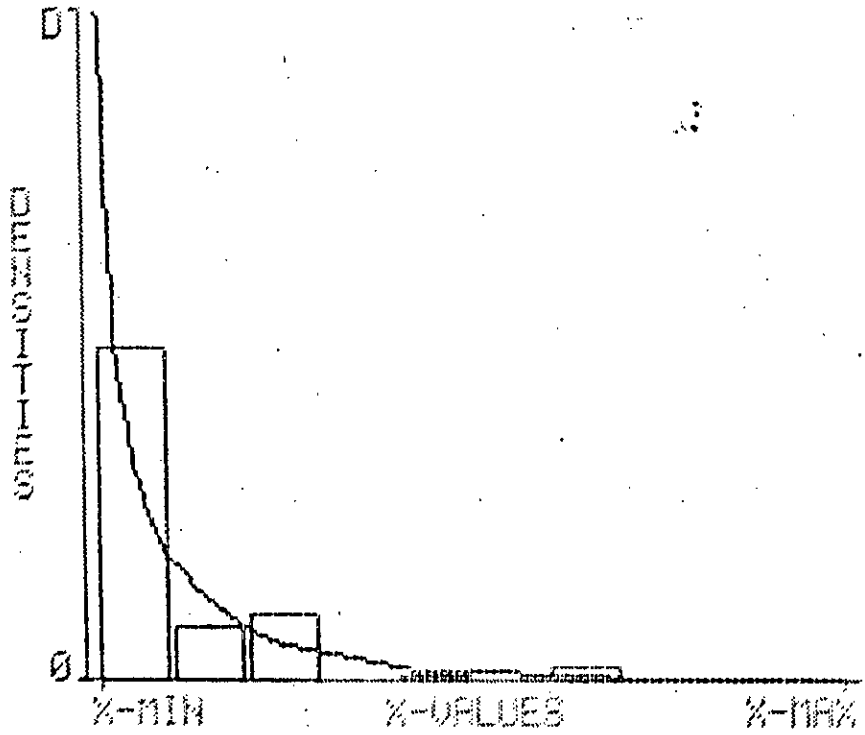


DENSITIES

0
 8.7430E-03
%-VALUES
 %-MIN
 15.8000
 %-MAX
 1058.00
 INTERUM WIDTH
 104.800

12-JUN-1988 1:42 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Gamma
 AND SAMPLE : C00657.TTR

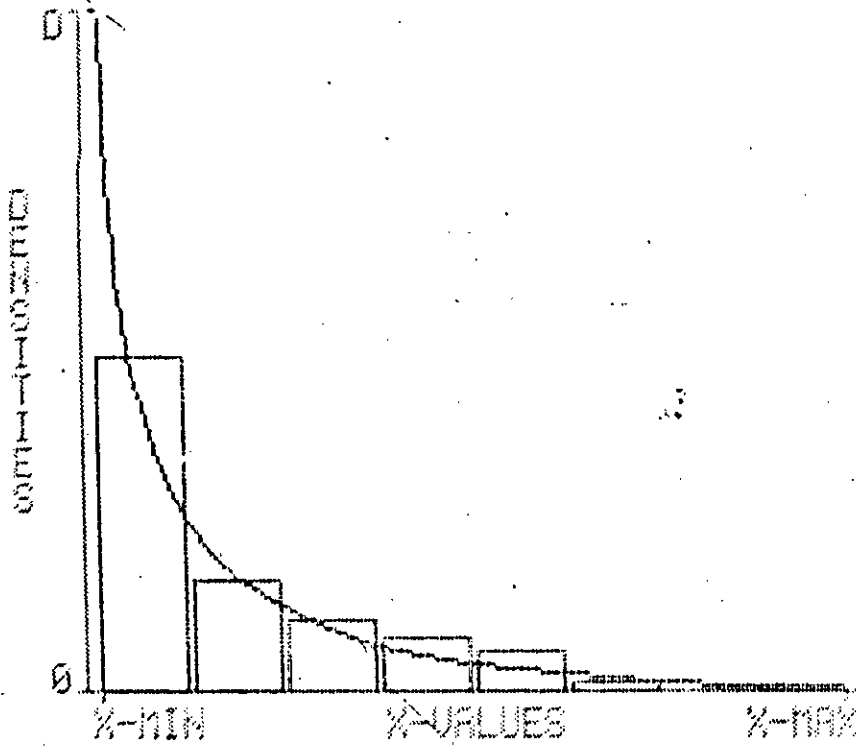


DENSITIES

0
 .15129
%-VALUES
 %-MIN
 1.0000
 %-MAX
 85.0000
 INTERUM WIDTH
 8.4000

10-3-1988 1:42 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE : C00815.TBF



DENSITIES

D

9.55148E-2

%-VALUES

%-MIN

16.0000

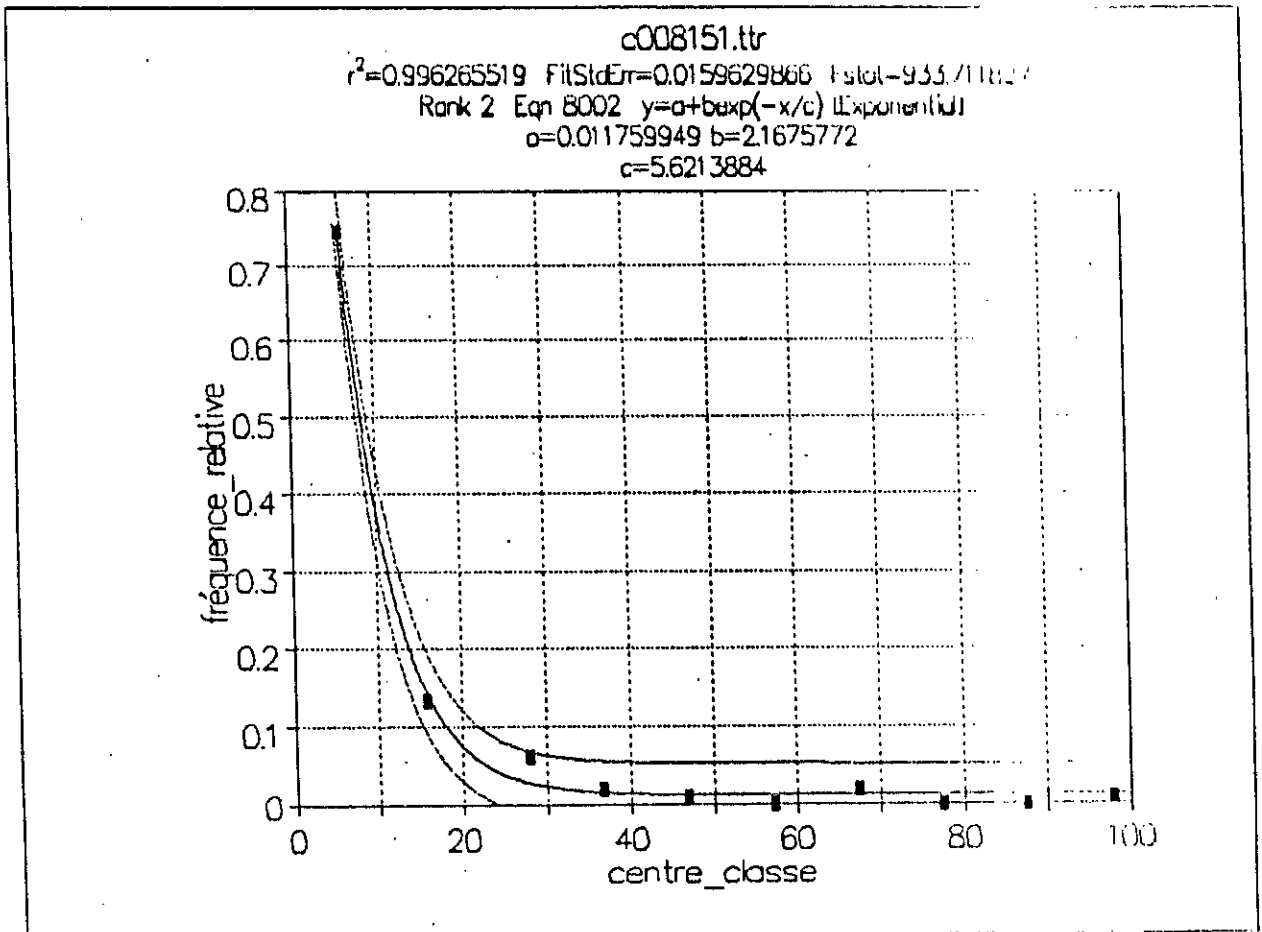
%-MAX

872.000

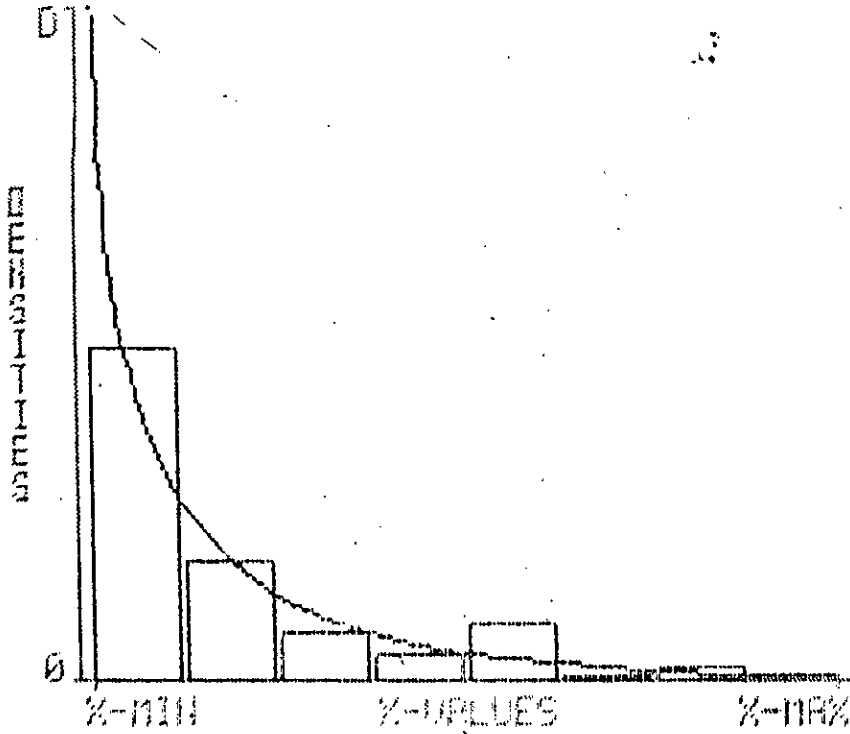
INTERVAL WIDTH

187.200

11-JUN-1984 4:27 PM



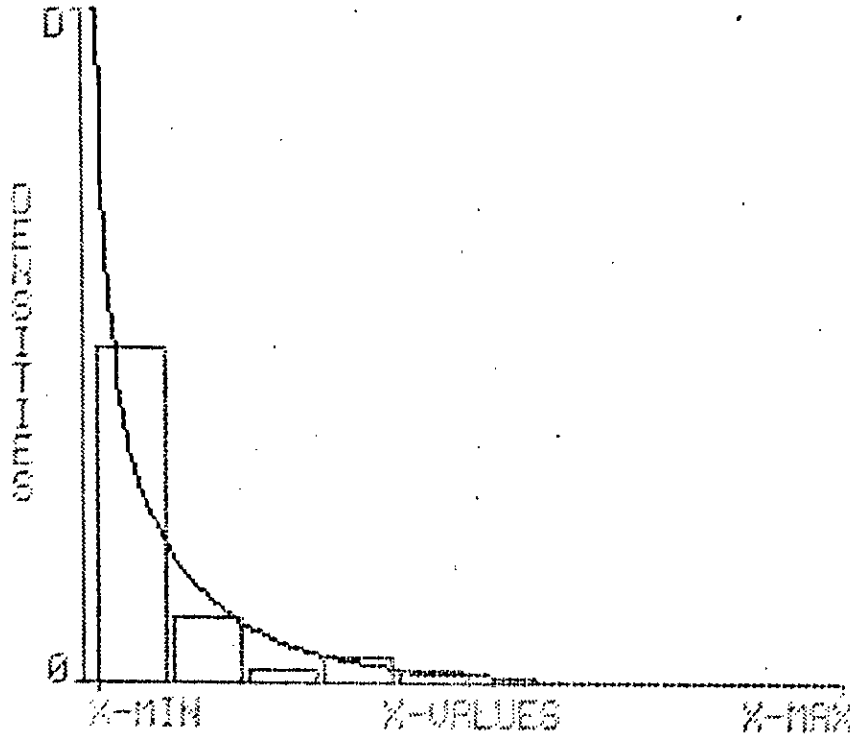
DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: WEIBULL
 AND SAMPLE : C00781.TBF



DENSITY
 1.01377
 %-VALUES
 %-MIN
 18.0000
 %-MAX
 824.000
 INTERVAL WIDTH
 76.0000

11-JUN-1994 4 25 PM

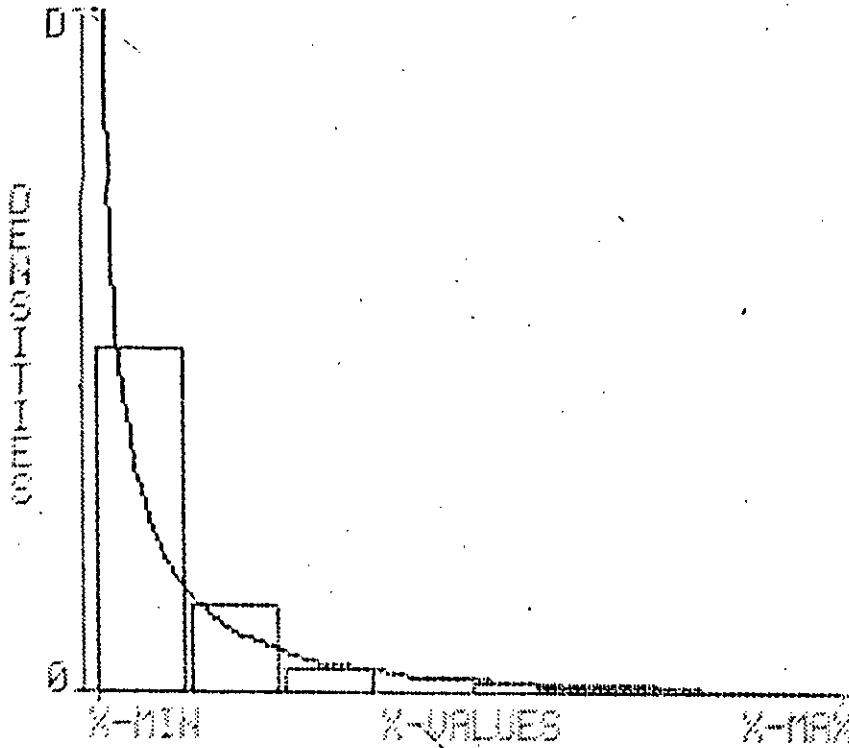
DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: GOMPERT
 AND SAMPLE : C00781.TTR



DENSITY
 1.11000
 %-VALUES
 %-MIN
 1.00000
 %-MAX
 124.000
 INTERVAL WIDTH
 12.3000

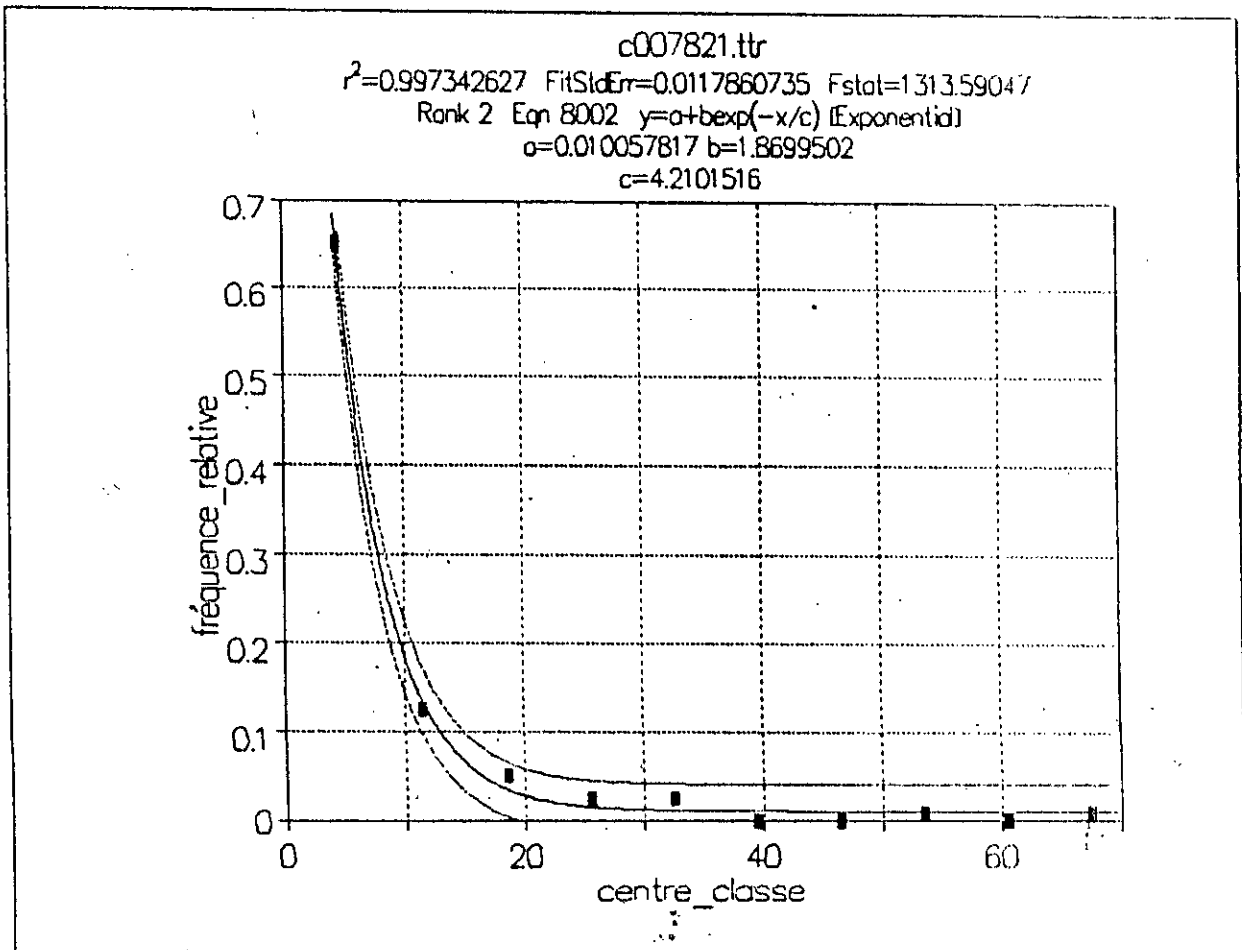
10-JUN-1994 4 25 PM

GENERAL : χ^2 MINIMISATION OF THE MODEL IN VCIT 111
 AND SAMPLE : C00782.TBF

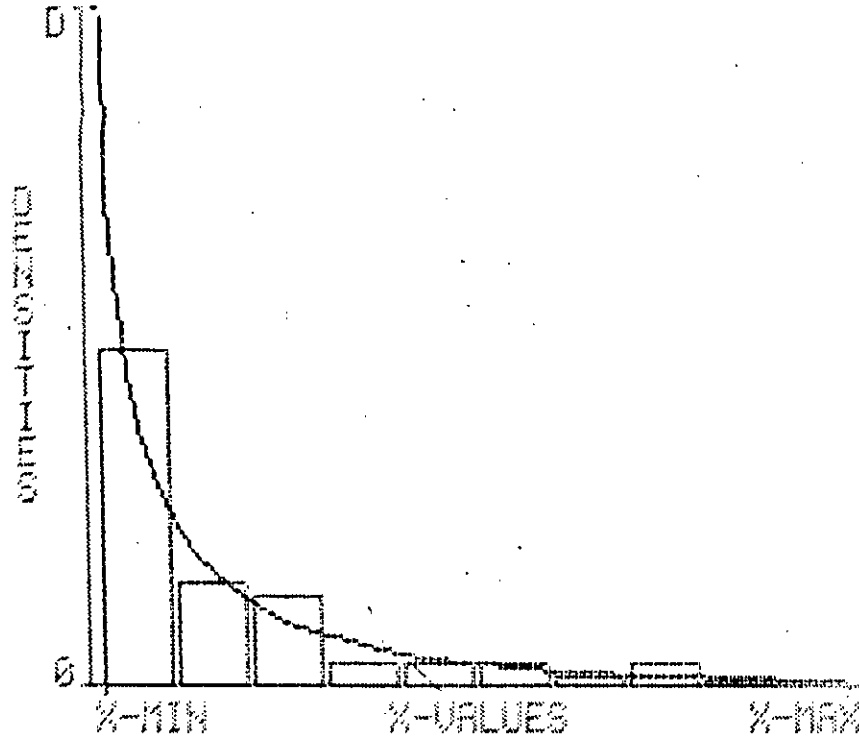


GENERAL
 9.35000
 7.00000
 7.00000
 16.80000
 7.00000
 1168.000
 INTERPOLATION
 144.000

11-JUL-1988 4 10 PM



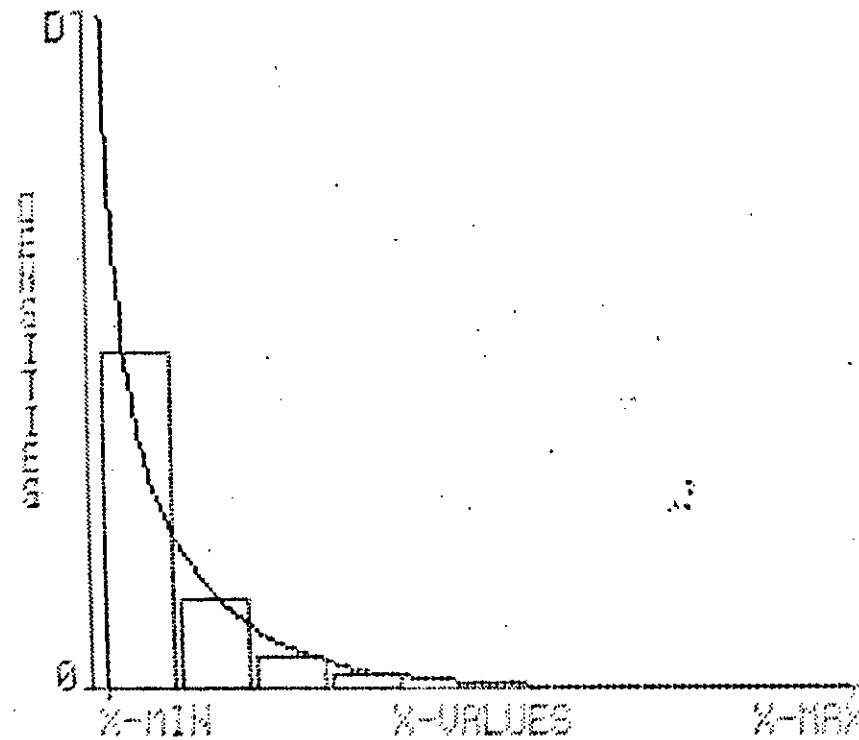
DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
AND SAMPLE : C80966.TBF



DENSITIES
D
15.0000
%-MIN
16.0000
%-MAX
1820.00
INTERVAL WIDTH
166.000

12-JUN-1955 11 50 PM

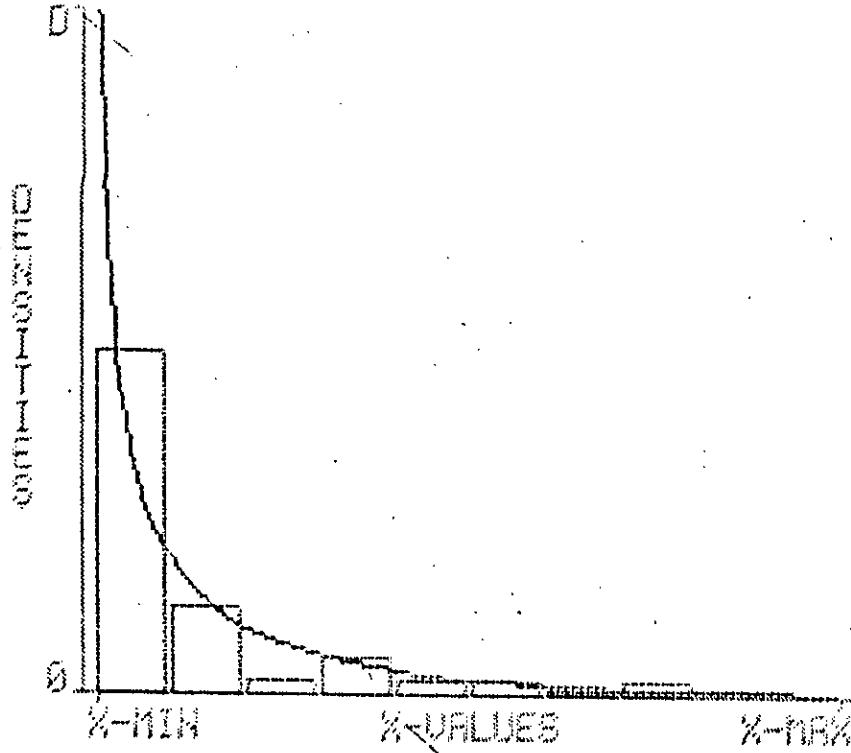
DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Gamma
AND SAMPLE : C80966.TTR



DENSITIES
D
1.0000
%-MIN
1.0000
%-MAX
84.0000
INTERVAL WIDTH
8.0000

12-JUN-1955 11 50 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1:WEIBULL
 AND SAMPLE : C00826.TBF



DENSITIES

D

9.28511E-3

%-VALUES

%-MIN

15.0000

%-MAX

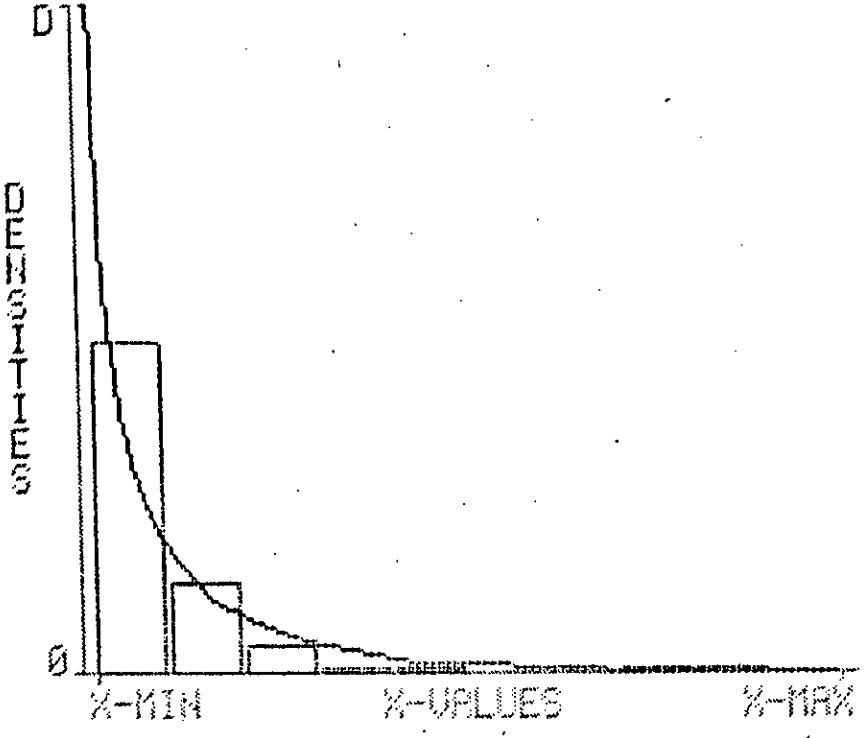
1312.00

INTERVAL WIDTH

129.500

11-JUN-1955 10:47 AM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1:Gamma
 AND SAMPLE : C00826.TTR



DENSITIES

D

1.1230

%-VALUES

%-MIN

1.00000

%-MAX

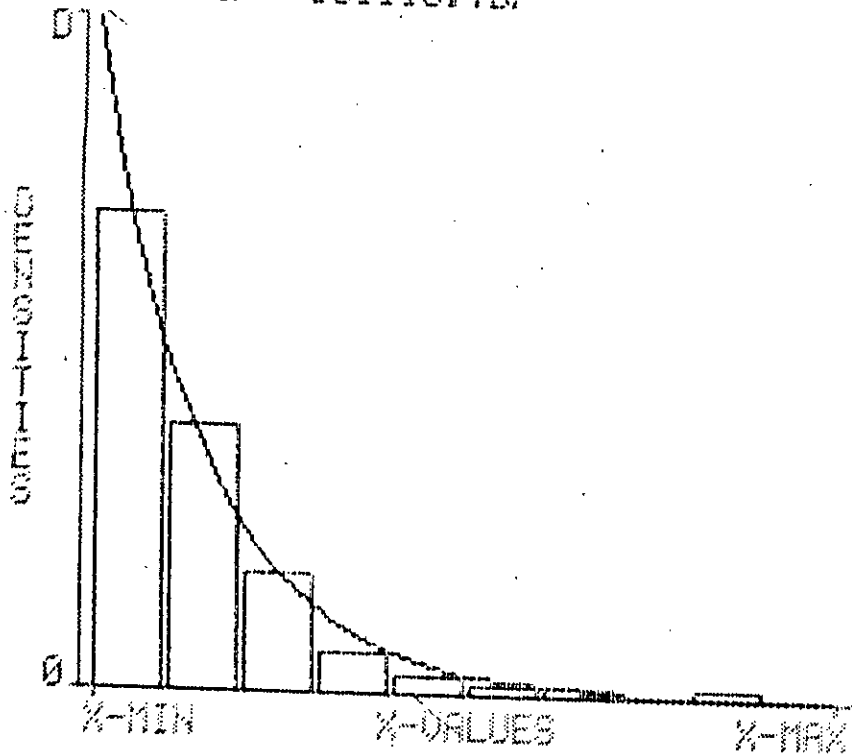
110.000

INTERVAL WIDTH

10.5000

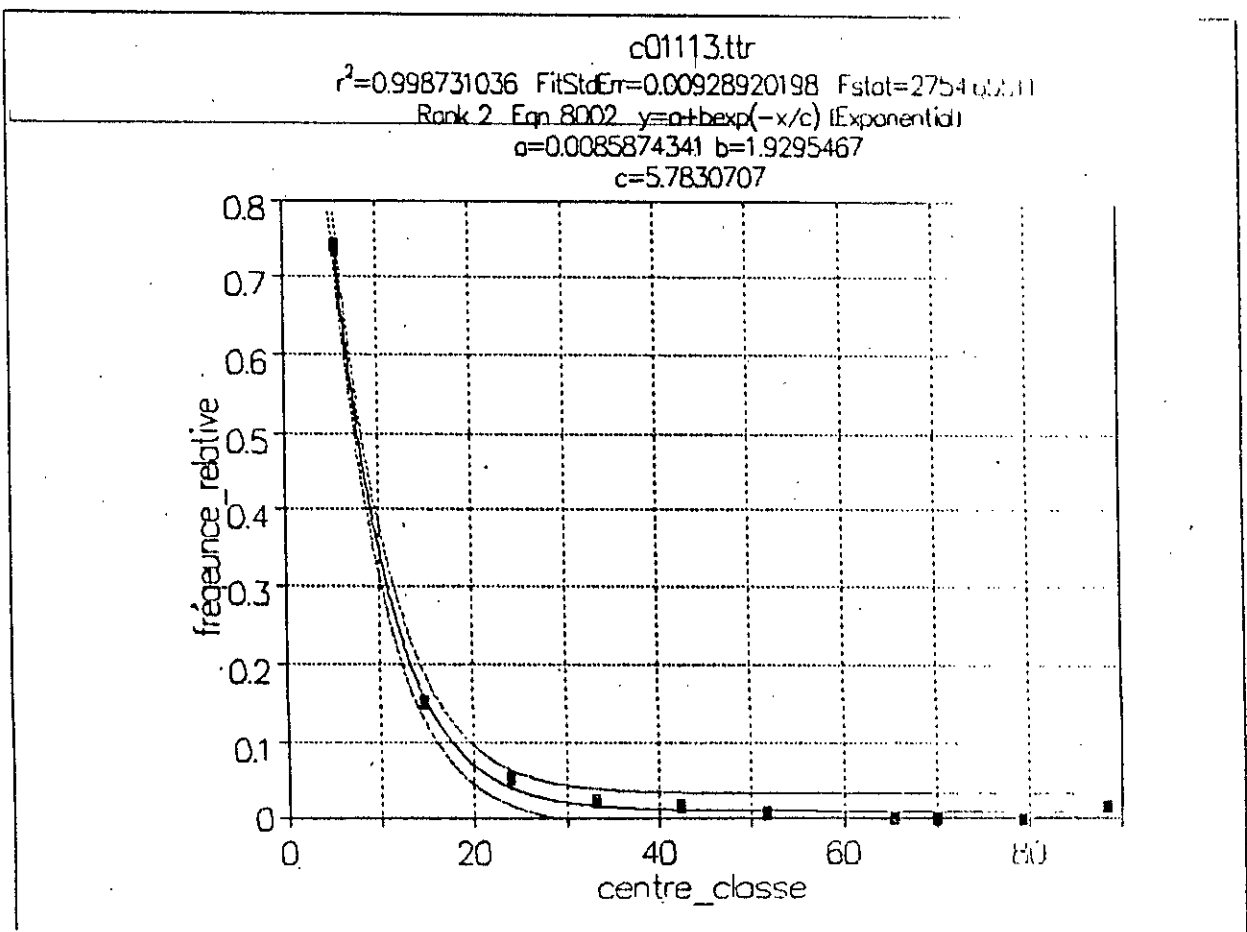
10-JUN-1955 2:11 PM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE : C01113.TBF

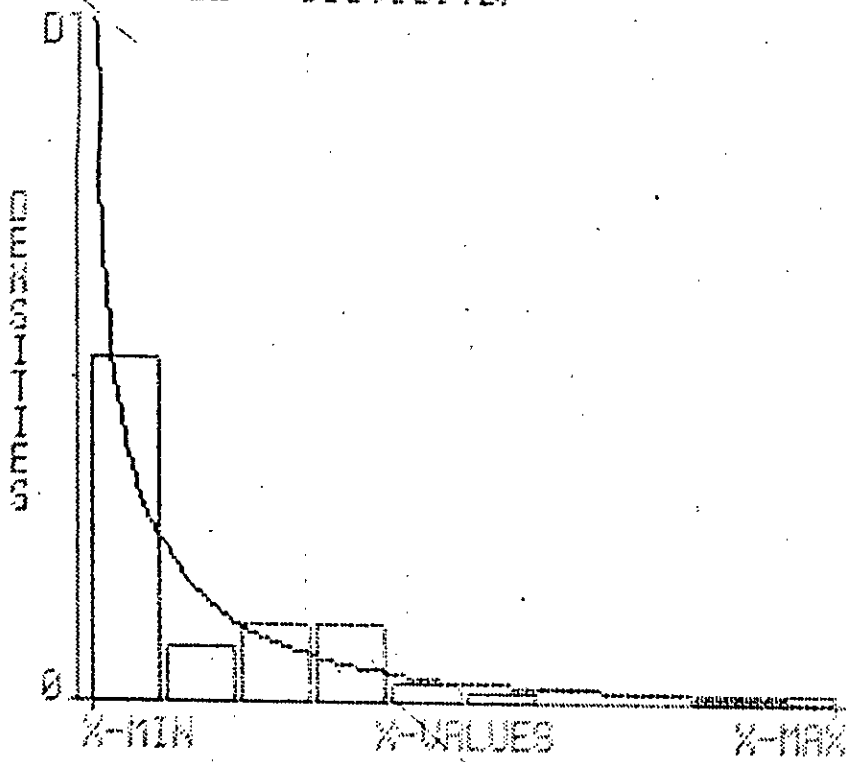


Densite
 7.13222e-3
%-DRLUES
 10.0000
 10.0000
 10.0000
 10.0000
 10.0000
 10.0000
 10.0000
 10.0000

11-2-2015



DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE : C00963.TBF

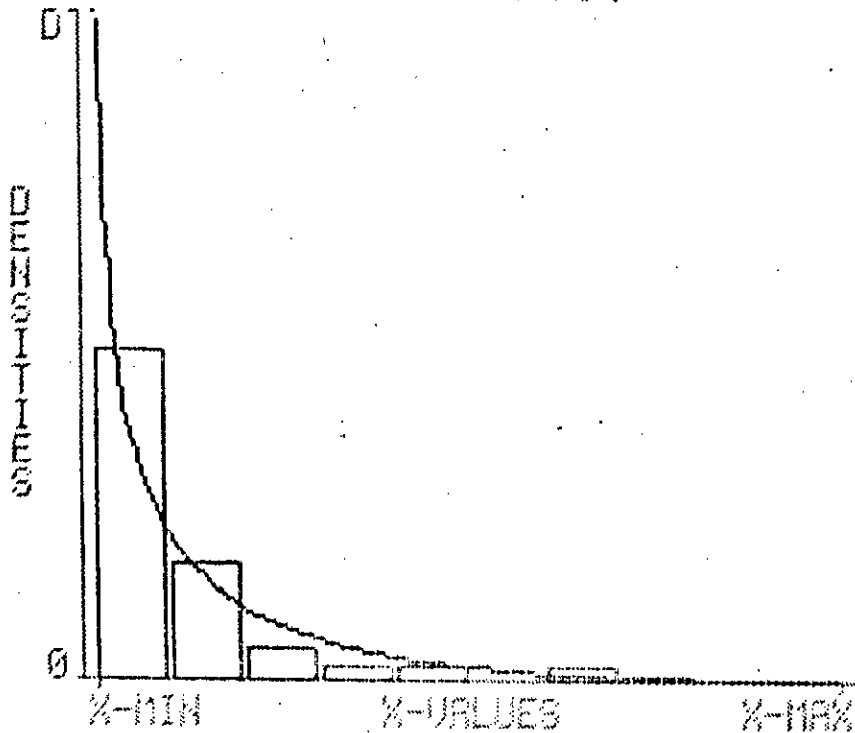


DENSITIES
 D
 .01196

%-VALUES
 %-MIN
 18.0000
 %-MAX
 528.888
 INTERVAL WIDTH
 91.2888

11-JUN-1988 8:43 AM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Gamma
 AND SAMPLE : C00963.TTR

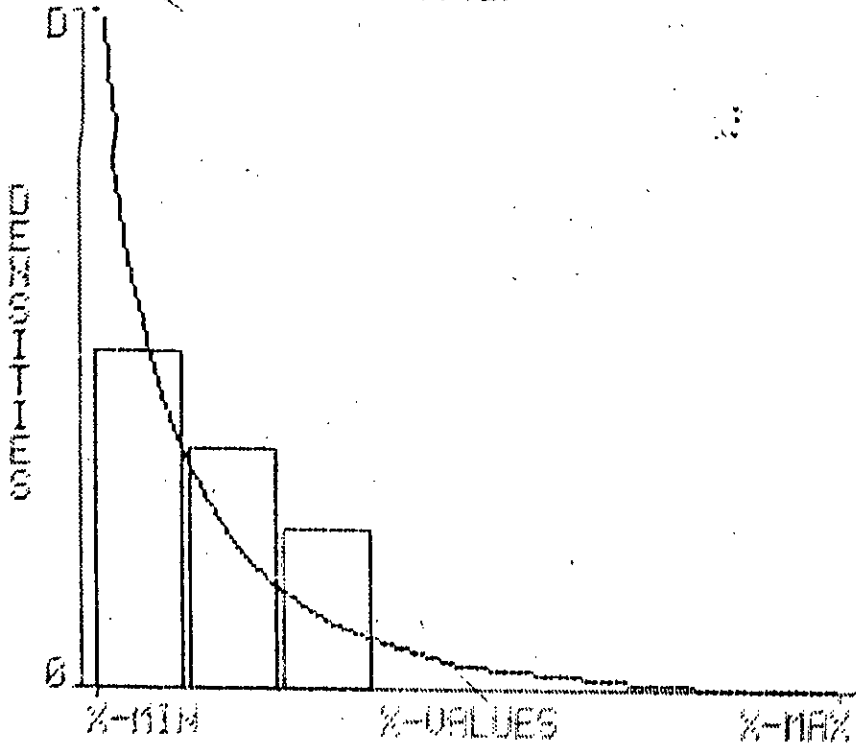


DENSITIES
 D
 .25117

%-VALUES
 %-MIN
 1.00000
 %-MAX
 48.0000
 INTERVAL WIDTH
 4.70000

10-JUN-1988

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE : 000879.TEF



DENSITIES

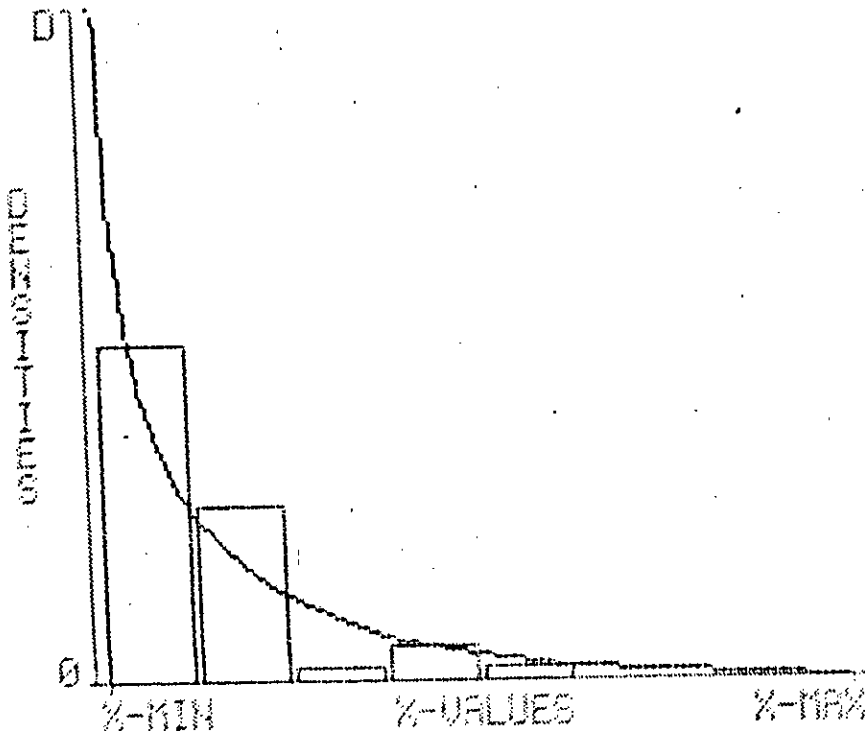
0
 E.04552E-03

%-VALUES

%-MIN
 16.0000
 %-MAX
 1200.00
 INTERVAL: 400.00

13-JUN-1984 11:00 AM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Gamma
 AND SAMPLE : 000879.TTR



DENSITIES

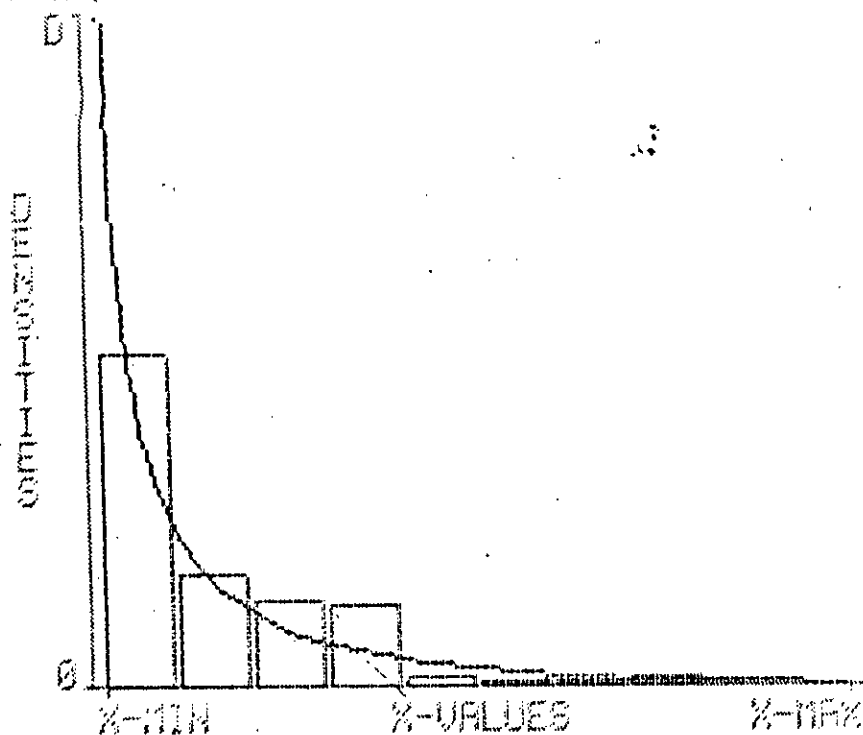
0
 1.17000E-03

%-VALUES

%-MIN
 1.00000
 %-MAX
 49.0000
 INTERVAL: 16.0000

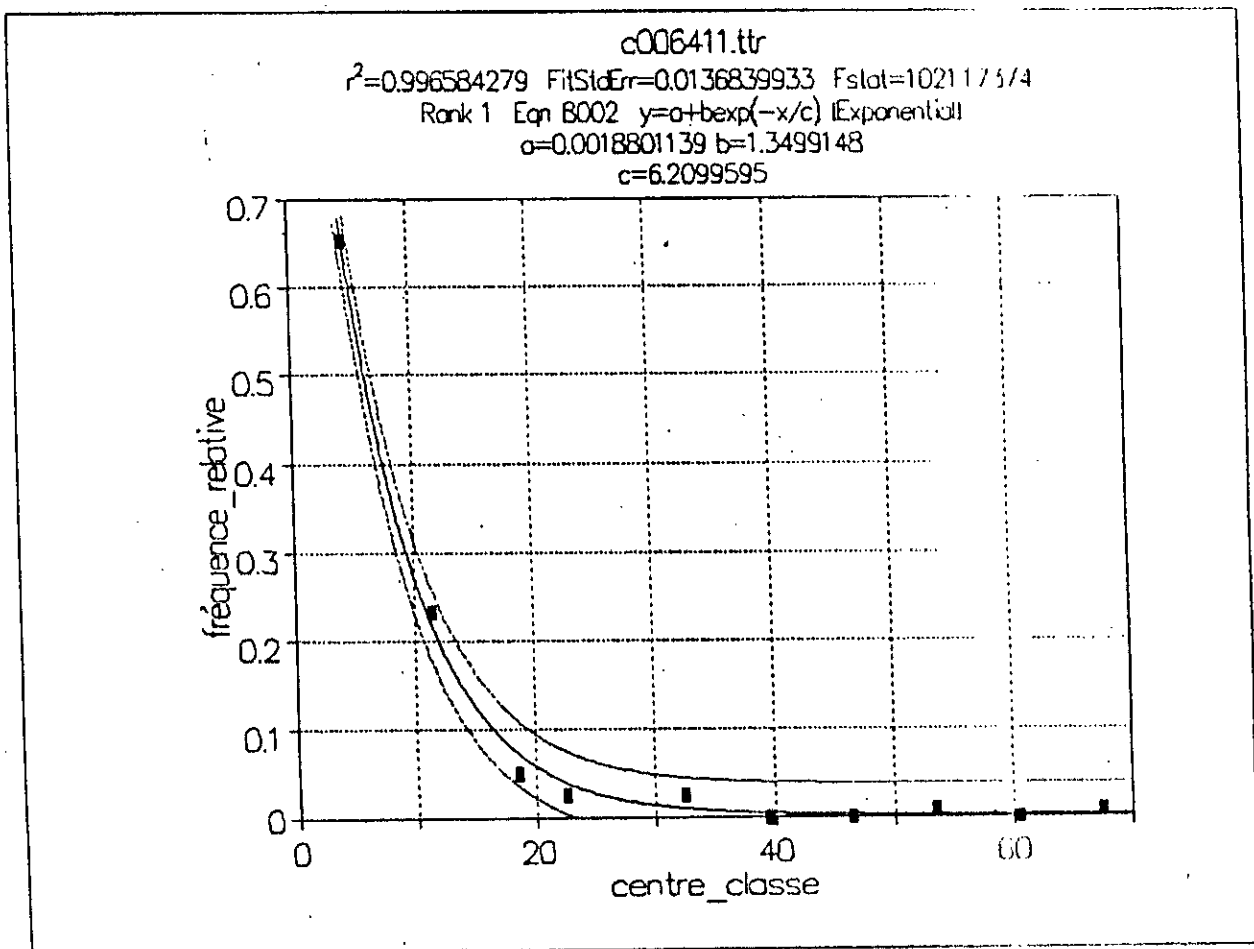
12-JUN-1984 11:00 AM

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL Weibull
 AND SAMPLE : C00641.TRF

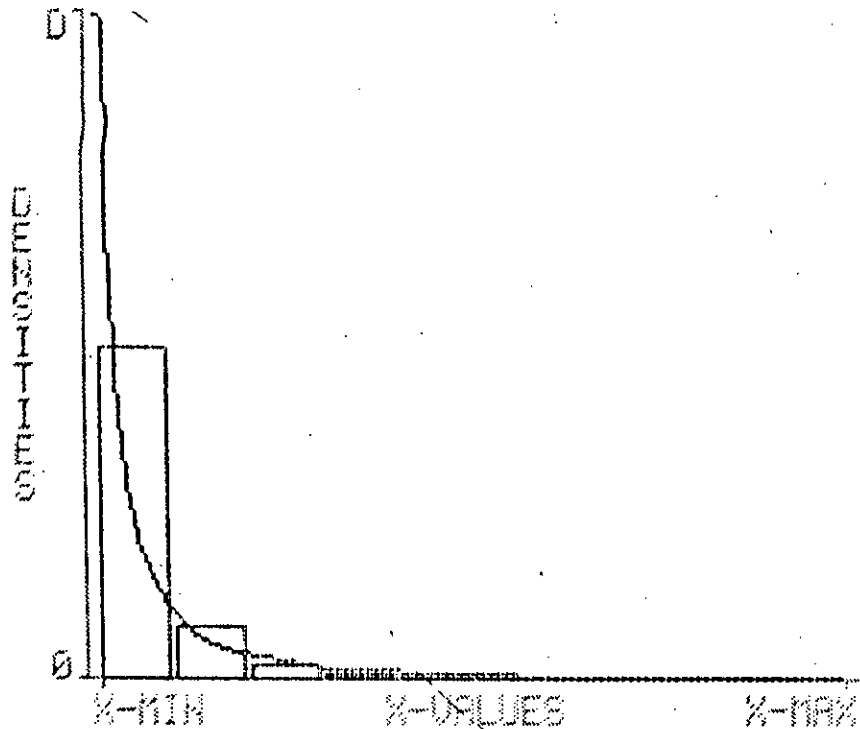


DENSITIES
 0
 1.0120E
 %-VALUES
 %-MIN
 10.0000
 1.0000
 800.000
 INTERPOLATION
 70.0000

11-July-1995 10:00:00



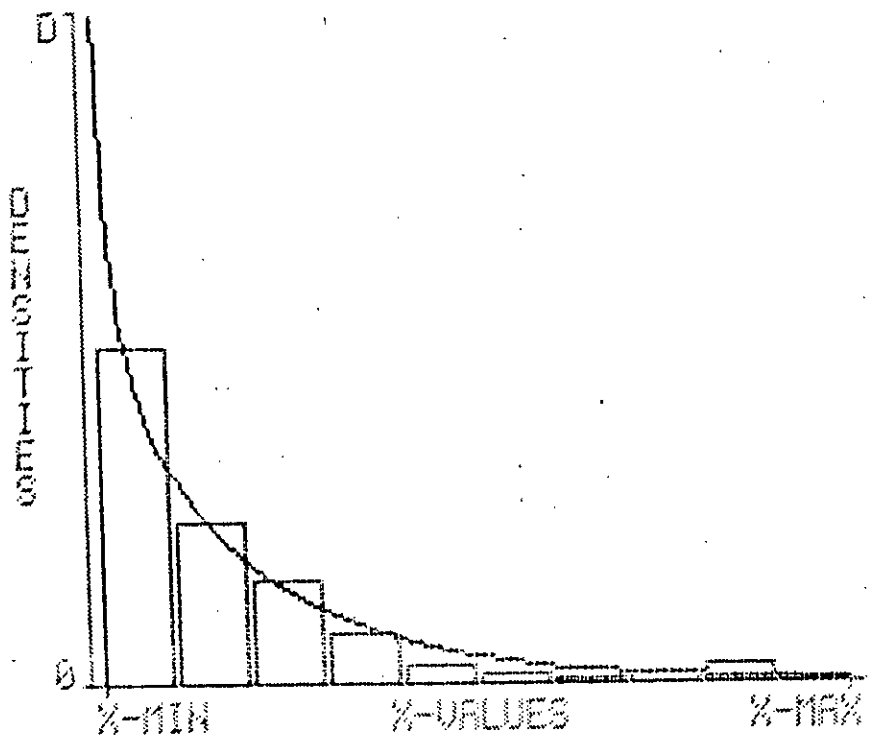
DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Weibull
AND SAMPLE : C00911.TBF



DENSITIES
D
10.0000
1.000000
7.0000
10.0000
7.0000
10.0000
INTERVAL WIDTH
10.0000

11-JUN-1988

DENSITY / HISTOGRAM OVERPLOT WITH MODEL 1: Gamma
AND SAMPLE : C00911.TTR



DENSITIES
D
10.0000
1.000000
7.0000
10.0000
7.0000
10.0000
INTERVAL WIDTH
4.000000

10-JUN-1988 2 30 PM

LOGICIEL UNIFIT:

On a utilisé UNIFIT pour le traitement de données recueillis sur les temps de bon fonctionnement(TBF) et les temps techniques de réparation (TTR). Pour cet effet On a jugé nécessaire de données un bréf aperçu sur le principe de fonctionnement du logiciel.

UNIFIT fait partie de la génération de logiciels développé vers les années quatre-vingts avec une interface non uniformisé et mécanismes élémentaires de fonctionnements non familiers a tous les usagers.

Mode d'utilisation:

On commence par créer le fichier de données à l'aide d'un éditeur de fichier quelconque, on introduisant seulement une donnée par ligne, après le lancement du logiciel un dialogue s'établi entre l'ordinateur et l'utilisateur, pour bien spécifier les options de travail (chemin, noms...etc.), une fois la spécification est faite, un sommaire statistique sera affiché sur l'écran (moyenne, variance...etc.). L'étape suivante est de visualiser à partir du menu principal l'allure de la courbe de données. ce qui permet de choisir le modèle théorique candidat, ce choix doit être renforcé par un test d'hypothèse, si le modèle est accepté, l'option caractéristique du modèle ajusté donne l'ensemble des paramètres et moments du modèle.

LOGICIEL TABLECURVE:

Pourquoi le logiciel TABLECURVE ?

On est amené à utiliser ce logiciel pour trouver des modèles théoriques qui ajustent les données expérimentales des séries T.T.R qu'on a pas pu ajuster par UNIFIT.

Mode d'emplois:

Ce logiciel est conçu avec un environnement très ergonomique, il présente ainsi une souplesse et une maniabilité extraordinaire, sa fonction de base est de trouver fonction qui ajuste le nuage de points, pour ce faire deux séries de données (x,y) sont nécessaires.

La procédure d'interpolation des points commence par essayer un peu plus de 4000 fonctions standards prédéterminées, en respectant les options (type de fonction : linéaire, la meilleure polynomiales...etc.). Ensuite le logiciel classe ces fonctions par ordre de coefficient de corrélation (r^2). Ainsi, on a directement le modèle possédant le meilleur (r^2) en premier Rang.

PRESENTATION DU PROGRAMME

De procédures non finalisées, ce programme a fait l'objet de modifications structurelles, en effet on a réorganisé ces procédures en un module qui permet, notamment, la saisie des différents paramètres d'exploitation et les coûts relatifs aux opérations d'entretien. Deux autres modules sont ajoutés au premier.

Notre programme est élaboré sous l'environnement intégré du développement de turbo pascal version 7.0, avec une interface en turbo vision, comportant des menus déroulants.

Module II:

Ce module a été conçu dans le but de modéliser les données expérimentales par des modèles théoriques. A cet effet l'option QUANTITATIVE du menu principale permet la connexion.

Avec le logiciel TABLECURVE ou UNIFIT cependant pour charger le logiciel UNIFIT.

Le processeur numérique (mathématique) devrait être installé sur l'ordinateur. Pour cette raison on a choisi le logiciel TABLECURVE pour la démonstration. Après l'évaluation de la fiabilité et la maintenabilité le module récupère le fichier de résultats. Ce qui permet de calculer la disponibilité.

MODULE III:

Ce module est essentiellement intéressant dans le cas de manque de données expérimentales sur les équipements. Il travaille en mode interactif, et ne peut être utilisé efficacement qu'en présence de techniciens et opérateurs ayant travaillé, sur la machine en question.

Un dialogue s'établit entre l'utilisateur et le programme pour évaluer les différents indices. Objectif de :

- Disponibilité opérationnelle (ODO);
- Gravité (IG);
- Fiabilité (IF);
- Criticité (IC).

Il propose pour chaque indice un ensemble de variantes et demande à l'utilisateur d'en choisir une. Après confirmation, le programme affecte une valeur à l'indice en question en conformité avec l'algorithme de plan maintenance (article de MONNIER).

Ainsi en évaluant les différents indices cités ci-dessus, le programme déroule les différents tests et décide du résultat final, c'est-à-dire, s'il faut établir un plan de maintenance impératif ou un plan de maintenance envisageable.

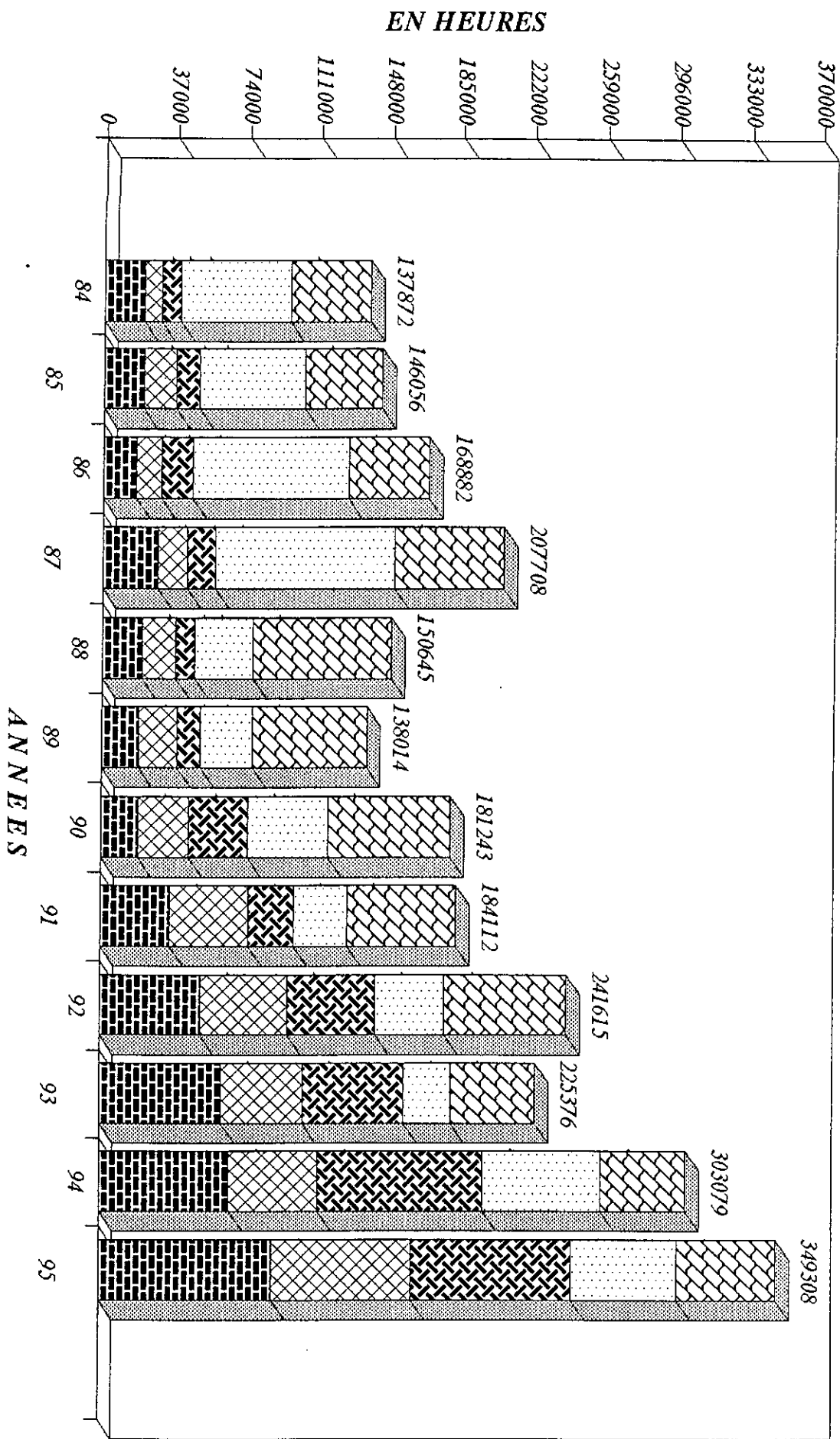
ACTIVITE MAINTENANCE

CENTRE	ME			FO			TE			MC			MA			ARM			CVI		
RUBRIQUE	P	R	E	P	R	E	P	R	E	P	R	E	P	R	E	P	R	E	P	R	E

DURATI	146278	109965	-24,62%	6566	5594	-14,80%	31738	9226	-70,93%	15550	14105	-9,29%	25792	10643	-23,84%	1465	1308	-10,72%	227369	159841	-29,71%
PREVENTIF	33411	14719	-55,95%	15754	15971	1,38%	17629	5152	-70,78%	9880	11170	13,06%	17667	16608	-5,99%	1020	736	-27,84%	95361	64356	-32,51%
DIVERS	0	0	/	3937	308	-92,18%	10491	3674	-64,98%	2065	0	-100,00%	0	0	/	0	300	100,00%	16493	4282	-74,04%
FORMATION	0	1413	100,00%	0	0	/	0	0	/	0	0	/	2247	0	-100,00%	0	0	/	2247	1413	-37,12%
ABSENTEISME	26747	8150	-69,53%	4108	4603	12,05%	6506	6029	-7,33%	3192	3035	-4,92%	5642	3220	-42,93%	4724	5940	25,74%	50919	30977	-39,16%
DEPERDITION	21282	20744	-2,53%	3893	9934	155,18	10580	49687	369,63	1558	2980	91,27%	5078	3664	-27,85%	4122	16413	298,18%	46513	103422	122,35%
LI SUPPLEM.	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/
REBOBINAGE	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	13718	8604	-37,28%	13718	8604	-37,28%
RENOVATION	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	11225	7607	-32,23%	11225	7607	-32,23%

POTENTIEL	227718	154991	-31,94%	34258	36410	6,28%	76944	73768	-4,13%	32245	31290	-2,96%	56426	43135	-23,55%	36274	40908	12,77%	463865	380502	-17,97%
-----------	--------	--------	---------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	-------	-------	--------	-------	-------	---------	-------	-------	--------	--------	--------	---------

EVOLUTION DES INDISPONIBILITES
SUR 12 ANS DU CENTRE MECANIQUE



ATTENTE PDR EN CDE

ATTENTE D'INTERV.

ATTENTE PDR EN REAL

TEMPS D'INTERV.

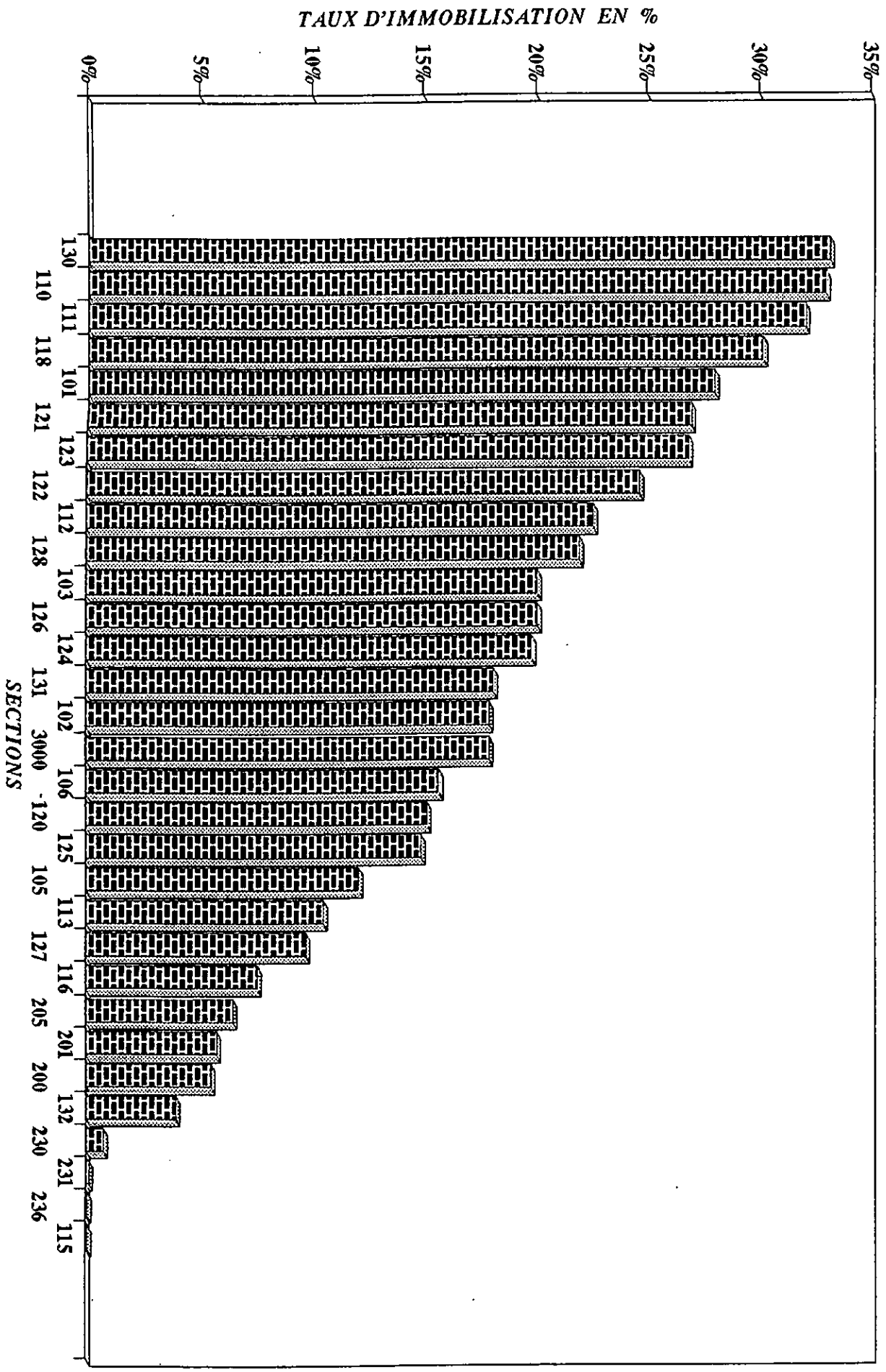
ATTENTE REBOB.MOT.

ATTENTE D'INTERV.

EFFECTIF MAINTENANCE

RUBRIQUE	CENTRE			ME			FO			T.E			M.C			M.A			ARM			C.V.I		
	P	R	E	P	R	E	P	R	E	P	R	E	P	R	E	P	R	E	P	R	E	P	R	E
CHEF DE SERVICE	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	6	6	0			
CHEF D'ATELIER	3	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	5	5	0			
INGENIEUR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	2	-1	4	3	-1			
CONTRE MAITRE	1	1	0	0	0	0	2	2	0	1	1	0	2	1	-1	1	1	0	7	6	-1			
TECHNICIEN SUPERIEUR	12	12	0	2	1	-1	7	7	0	1	1	0	0	0	0	6	6	0	28	27	-1			
TECHNICIEN	27	27	0	7	8	1	14	14	0	5	8	3	4	6	2	4	1	-3	61	64	3			
R.M.O.	41	41	0	10	10	0	17	18	1	6	6	0	8	7	-1	2	2	0	84	84	0			
R.E.M	18	18	0	2	3	1	6	5	-1	4	3	-1	8	6	-2	1	1	0	39	36	-3			
CHEF D'EQUIPE	0	0	0	1	0	-1	2	2	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	5	4	-1			
GRAISSEUR	9	9	0	2	2	0	2	2	0	0	0	0	2	1	-1	1	0	-1	16	14	-2			
OUVRIER PROFESSIONNEL	10	10	0	0	0	0	0	0	0	4	2	-2	0	0	0	10	10	0	24	22	-2			
OUVRIER PNEUMATIQUE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	3	3	0			
OUVRIER SPECIALISE	2	2	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	0			
FUMISTE	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0			
AGENT TECHNIQUE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
NETTOYAGE TECHNIQUE	0	1	1	0	0	0	3	0	-3	7	6	-1	8	8	0	0	0	0	18	15	-3			
SOUDEUR	2	2	0	0	2	2	2	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	6	8	2			
GRATTEUR	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	4	4			
MANOEUVRE	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	6	6	0	0	0	0	6	10	4			
GARDE VESTIAIRE	0	0	0	0	0	0	2	3	1	4	4	0	0	0	0	0	0	0	6	7	1			
AUTRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
TOTAL	126	127	1	31	34	3	69	71	2	36	35	-1	44	41	-3	29	27	-2	335	335	0			

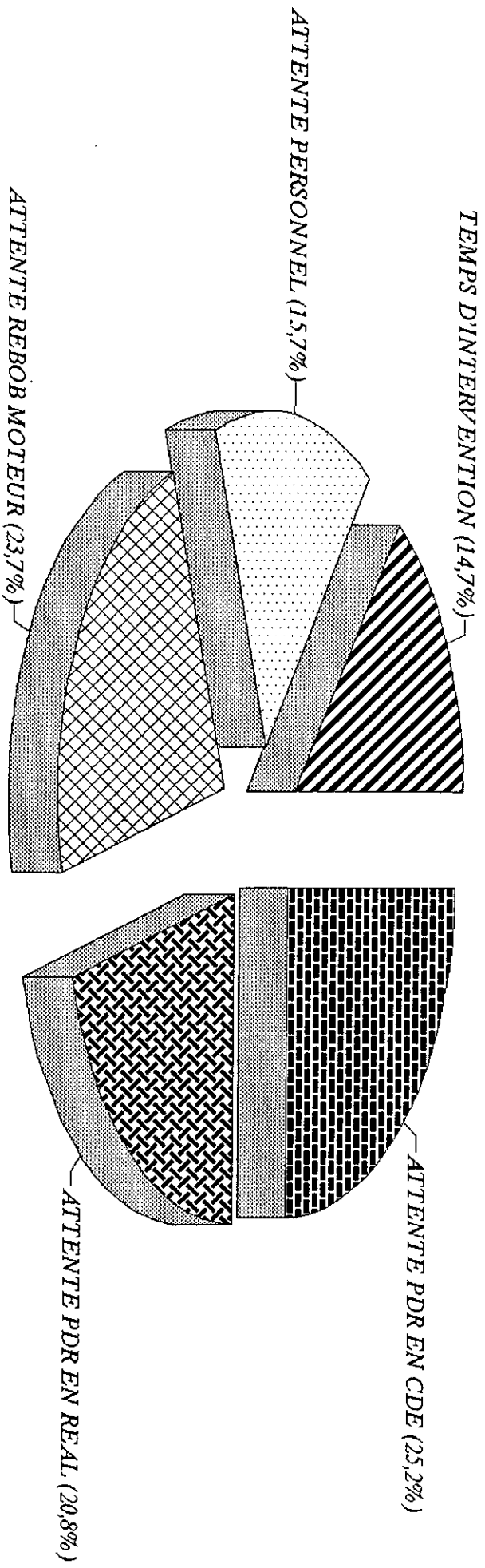
REPARTITION DU TAUX D'IMMOBILISATION
PAR SECTION DU CENTRE MECANIQUE



SECTION	PARAMETRES DE MAINTENANCE											
	B	C	D	E	TOTAL ATTENTES	TOTAL IMMOB	TEMPS INTERV	NBRE DE PANNES	NMTP	POTENTIEL	MTBF	
M	101	8246	9868	9873	10747	38734	47336	8602	440	56	169476	5,1
	102	1007	3455	950	680	6092	7348	1256	68	12	40908	38,0
E	103	2372	1261	867	7349	11849	14669	2820	227	23	73050	10,3
	105	1873	3988	3421	2877	12159	13833	1674	167	31	113958	15,4
C	106	2904	3301	867	577	7649	10559	2910	171	19	67206	14,4
	110	1440	10186	16237	6429	34292	38962	4670	211	35	119802	9,3
A	111	89	564	1838	1411	3902	4234	332	34	7	14720	38,6
	112	1373	4193	2158	3250	10974	11472	498	35	4	50670	124,4
N	113	2578	4259	1494	1403	9734	10664	930	60	11	101340	84,0
	115	0	0	0	0	0	3	3	2	2	28150	2814,7
I	116	1162	54	401	949	2566	3425	859	57	7	45040	91,3
	118	962	819	6223	8448	16452	16978	526	56	9	56300	70,2
Q	120	477	0	421	3059	3957	4443	486	48	10	29220	51,6
	121	3283	200	3502	5421	12406	14208	1802	106	17	52596	21,3
U	122	2575	2221	858	1661	7315	9386	2071	153	12	37986	14,4
	123	2079	5651	6300	6031	20061	22618	2557	115	19	61362	16,0
E	124	3724	1165	2004	995	7888	11016	3128	184	19	55518	14,2
	125	2241	356	3421	3420	9438	10920	1482	170	23	73050	15,2
	126	7700	9183	61	4187	21131	24595	3464	335	41	125646	7,7
	127	384	243	0	16	643	1077	434	29	4	11040	57,3
1	128	328	230	1897	479	2934	3641	707	38	7	16560	37,8
	130	5966	8422	16682	6742	37812	43302	5490	208	44	131490	9,4
9	131	608	287	5550	864	7309	9028	1719	108	14	49674	22,1
	132	366	0	160	232	758	1328	570	38	10	33120	46,5
9	200	272	1019	1204	111	2606	3483	877	54	13	62560	32,2
	201	347	1088	670	1253	3358	4246	888	40	13	73050	68,8
9	205	174	570	0	540	1284	1518	234	7	5	23376	390,3
	230	114	182	96	190	582	744	162	15	5	99360	121,7
5	231	16	0	0	0	16	20	4	4	1	18400	459,5
	236	0	0	0	0	0	5	5	3	3	18400	613,2
	3000	47	0	822	3338	4207	4247	40	5	4	105192	420,6
	TOTAL	54707	72765	87977	82659	298108	349308	51200	3188	480	1958220	0,7

SECTION	MECANIQUE			ELECTRIQUE			ELECTRONIQUE			HYDRAULIQUE			PNEUMATIQUE			DIVERS			
	TEMPS INTERV.	NBRE DE PANNES	MTR	TEMPS INTERV.	NBRE DE PANNES	MTR	TEMPS INTERV.	NBRE DE PANNES	MTR	TEMPS INTERV.	NBRE DE PANNES	MTR	TEMPS INTERV.	NBRE DE PANNES	MTR	TEMPS INTERV.	NBRE DE PANNES	MTR	
M	101	6246	317	19,7	1190	193	6,2	851	17	50,1	315	30	10,5	0	0	/	0	0	/
E	102	851	48	17,7	271	38	7,1	0	0	/	134	9	14,9	0	0	/	0	0	/
C	103	1517	111	13,7	986	150	6,6	164	2	82,0	153	23	6,7	0	0	/	0	0	/
A	105	1125	116	9,7	394	73	5,4	55	2	27,5	100	16	6,3	0	0	/	0	0	/
N	106	2351	141	16,7	419	79	5,3	47	4	11,8	93	11	8,5	0	0	/	0	0	/
I	110	3063	122	25,1	1228	129	9,5	82	2	41,0	294	31	9,5	3	1	3,0	0	0	/
Q	111	174	23	7,6	43	7	6,1	0	0	/	106	10	10,6	9	2	4,5	0	0	/
U	112	360	24	15,0	138	23	6,0	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/
E	113	763	53	14,4	138	27	5,1	0	0	/	29	4	7,3	0	0	/	0	0	/
1	115	3	2	1,5	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/
9	116	467	45	10,4	165	21	7,9	186	3	62,0	39	6	6,5	2	1	2,0	0	0	/
9	118	259	27	9,6	241	39	6,2	0	0	/	18	4	4,5	8	1	8,0	0	0	/
5	120	187	19	9,8	212	39	5,4	68	2	34,0	19	4	4,8	0	0	/	0	0	/
	121	698	71	9,8	433	77	5,6	640	10	64,0	31	7	4,4	0	0	/	0	0	/
	122	1323	98	13,5	577	92	6,3	34	1	34,0	121	18	6,7	16	1	16,0	0	0	/
	123	1294	73	17,7	465	53	8,8	654	8	81,8	144	24	6,0	0	0	/	0	0	/
	124	1476	103	14,3	660	106	6,2	925	11	84,1	67	15	4,5	0	0	/	0	0	/
	125	921	86	10,7	448	89	5,0	1	1	1,0	112	21	5,3	0	0	/	0	0	/
	126	2146	151	14,2	964	209	4,6	0	0	/	328	56	5,9	26	2	/	0	0	/
	127	348	17	20,5	11	6	1,8	0	0	/	69	9	7,7	6	2	3,0	0	0	/
	128	405	28	14,5	153	14	10,9	75	4	18,8	74	7	10,6	0	0	/	0	0	/
	130	4177	182	23,0	1050	98	10,7	218	8	27,3	45	9	5,0	0	0	/	0	0	/
	131	1012	62	16,3	434	53	8,2	210	10	21,0	63	7	9,0	0	0	/	0	0	/
	132	134	21	6,4	428	30	14,3	0	0	/	8	2	4,0	0	0	/	0	0	/
	200	819	44	18,6	42	14	3,0	0	0	/	16	3	5,3	0	0	/	0	0	/
	201	433	20	21,7	305	27	11,3	0	0	/	150	4	37,5	0	0	/	0	0	/
	205	106	3	35,3	128	7	18,3	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/
	230	107	8	13,4	53	9	5,9	0	0	/	2	1	2,0	0	0	/	0	0	/
	231	2	2	1,0	2	2	1,0	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/
	236	1	1	1,0	4	2	2,0	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/
	3000	4	1	4,0	36	6	6,0	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/
	TOTAL	32772	2019	16,2	11618	1712	6,8	4210	85	49,5	2530	331	7,6	70	10	7,0	0	0	/

**REPARTITION DES IMMOBILISATIONS
PAR RUBRIQUE DU CENTRE MECANIQUE**



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 : $\text{ODO} < 0.90$

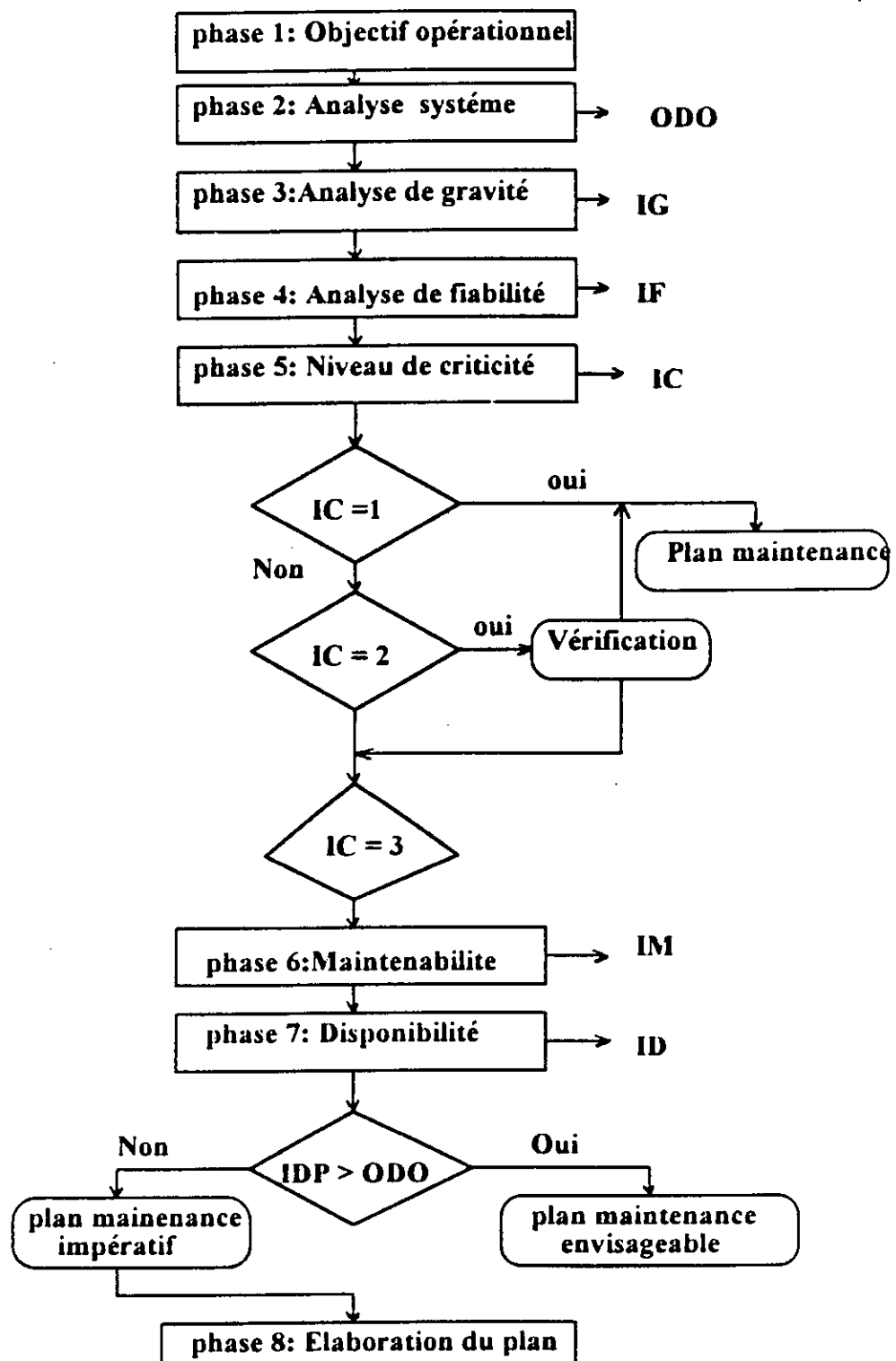


Figure II - 2 : synoptique du plan de maintenance

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.

Niveaux		Classification 1	Classification 2	Classification 3	Classification 4	Classification 5
		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 ≤ arrêts ≤ 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 ≤ arrêts < 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	0.4	0.6	0.8	1
Critères				
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'indice 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} explicites 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 (Q1) 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:

$$Q1 = (S11 \times S12 \times S13 \times S14 \times S15)^{1/5}$$

S11 complexité	S12 nombre de pièces	S13 accueil interne	S14 accueil externe	S15 préhension	S_{ij}
Elementaire	$N < 10$	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.

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

Les indices S2j seront donnés par le tableau suivant:

S21 Documentation	S22 Gamme	S23 Outillage	S24 Manutention	S2j
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 coûteuse	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 Sij 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 données 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 apparaitre:

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

$$\text{D'où: } Q5 = (S51 \times S52)^{1/2}$$

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	Tres 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).