

وزارة التربية الوطنية
MINISTRE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT: GENIE INDUSTRIEL

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ANALYSE DES DEFAILLANCES
DE LA CHAÎNE DE
PRODUCTION "PAÏLS"
au niveau de L'E.M.B

Proposé par :
E.M.B

Etudié par :
A.CHAREF
K.REZZAZ

Dirigé par
Mr. LAMRAOUI
Mr. OUABDESSALLAM

PROMOTION
JUILLET 1993

Dédicaces

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

A ma mère et à mon père
A mes soeurs
A tous mes amis

Je dédie ce modeste travail

CHAREF ABDELKADER

A ma tendre mère
A mon merveilleux père
A toutes mes soeurs et ma belle soeur
A Mes frères RACHID et HAMID
A la sympathique promotion "1993" du Genie Industriel
A tous ceux que j'aime

Je dédie ce travail

REZZAZ KAMEL

REMERCIEMENTS

Que toutes les personnes qui ont collaboré à la réalisation de ce modeste travail, trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements en particulier à:

Messieurs LAMRAOUI et OUABDESSALAM, qui ont bien voulu accepter de diriger notre travail.

Monsieur FASSIH pour ses encouragements et précieux conseils

Monsieur KACI, pour nous avoir proposé le sujet et assuré son suivi.

Messieurs DJABRI et RAMDANE, pour leurs collaborations et précieux conseils.

Ainsi que tout le personnel du service technique.

Sans oublier tous les enseignants du département Génie Industriel qui ont participé à notre formation.

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Departement : GENIE INDUSTRIEL

Promoteurs : Mr LAMRAOUI
Mr OUABDESSALEM

Elèves ingénieurs : Charef A.
Rezzaz K.

ملخص:

إن الغاية من هذه الدراسة هو التحليل الكمي والكيفي للأعطاب التي تطرأ على تجهيزات سلسلة إنتاج أوتوماتيكية لوحدة التغليف المعدني ، وهذا بتطبيق المفاهيم الأساسية للصيانة المتمثلة في الموثوقية ، الموصونية والموفورية والتي تمثل القاعدة الأساسية لاختيار سياسة ملائمة للصيانة.

Sujet:

Résumé: Cette étude consiste en une analyse quantitative et qualitative des avaries des équipements d'une chaîne de production à l'entreprise d'emballage métallique en procédant par l'application des concepts clefs de la maintenance, à savoir fiabilité maintenabilité et disponibilité qui serviront de base pour le choix d'une politique de maintenance adéquate.

Subject:

Abstract: The aim of this study consists in a qualitative and quantitative analysis of equipments failures within E.M.B, proceeding with the application of maintenance key concepts wich are reliability, maintainability and avaliability ; These elements determining the choice of an appropriate maintenance policy.

INTRODUCTION.....	1
I- PRESENTATION DE L'UNITE.....	2
1-Présentation de l'unité.....	3
2-Activité de l'unité.....	3
3-Description du service technique.....	6
4-Description du produit et de la chaîne de production.....	7
II- GENERALITES SUR LA MAINTENANCE.....	9
1-Définition.....	9
2-Outils de la maintenance.....	10
III-ETUDE DE FIABILITE, MAINTENABILITE ET DISPONIBILITE DE LA CHAINE DE PRODUCTION.....	11
1-Aspect quantitatif.....	11
a-Approche mathématique.....	11
-Fiabilité.....	11
-Maintenabilité.....	17
-Disponibilité.....	20
b-Collecte des données.....	22
c-Application.....	23
-Etude de fiabilité.....	25
-Etude de maintenabilité.....	34
-Etude de disponibilité.....	53
2-Aspect qualitatif.....	54
a-Principe de la méthode.....	54
b-Application.....	71

3- Impact économique des coûts de maintenance.....	107
IV- CONCLUSION.....	114
V- ANNEXES.....	115

INTRODUCTION

INTRODUCTION:

Dans le présent travail, on se propose de faire une étude de fiabilité des équipements d'une chaîne de production automatisée.

Notre motivation est essentiellement due aux problèmes d'entretien et d'indisponibilité engendrés par de fréquents arrêts et la lenteur des opérations de maintenance.

L'étude qui suivra se veut un modèle d'analyse qui permettra d'identifier certains problèmes liés à la maintenance et de mieux les cerner. L'objectif essentiel est donc d'essayer d'apprécier la qualité de la maintenance à l'EMB, ainsi que de déterminer les capacités réelles des équipements de la chaîne de production vu les conditions d'exploitation.

Notre travail est structuré comme suit:

- d'abord une présentation de l'entreprise EMB et de son unité de production de Kouba.

- puis une étude mathématique de fiabilité, maintenabilité et disponibilité, suivie d'une application traitant le cas de la chaîne Pails.

- ensuite nous aborderons l'aspect qualitatif de fiabilité, maintenabilité et disponibilité.

- enfin, une partie mettant en relief l'aspect économique de la maintenance suivie d'une conclusion générale.

**PRESENTATION DE
L'ENTREPRISE**

PRESENTATION DE L'UNITE:

Dans le passé l'activité Emballage Métalliques (EM) était réduite à celle de l'unité de Kouba.

A partir de 1968, date de la prise en main de cette unité par la SNS et malgré le départ massif de l'encadrement étranger, l'activité EM devait non seulement maintenir le rythme de production mais aussi entamer une extension rapide grâce à un programme d'acquisition d'équipements nouveaux et performants.

A partir de 1972, l'activité EM devait sortir d'Alger pour s'étendre à travers le territoire national.

Ces extensions réalisées, la nécessité s'est fait sentir de regrouper les unités EM réparties dans différentes parties du pays.

Ce regroupement devait aboutir à la création de la Division Emballages Métalliques en 1977.

Depuis, d'autres projets étaient lancés par la division en vue de satisfaire le mieux possible la demande du marché national.

Par décret n°83-36 du 1^{er} Janvier 1983 a été créée l'Entreprise Nationale des Emballages Métalliques, issue de la restructuration de la Société Nationale de Sidérurgie (SNS).

La vocation de l'entreprise EMB est la fabrication et la commercialisation des emballages métalliques.

L'entreprise nationale EMB regroupe 8 unités de production réparties sur le territoire national. Notre étude a été menée au niveau de l'unité KDU sise à Kouba (Gué de Constantine).

1-PRESENTATION DE L'UNITE DE KOUBA (KDU):

L'unité d'Emballages Métalliques de KOUBA est située à une dizaine de kilomètres de l'est d'Alger. Elle fut connue, depuis 1949 sous le nom de CARNAUD, Société Française chargée de la fabrication de boîtes de conserves et diverses.

Il a fallu attendre la nationalisation de cette unité en 1968 et son rattachement à la SNS pour relancer le processus de modernisation et d'extension de l'unité .

Les événements marquants l'histoire de l'unité peuvent être résumés comme suit:

- Création d'une imprimerie sur métal en 1972.
- Acquisition d'une ligne de fabrication de bidon d'huile (SAFIA) en 1972.
- Démarrage d'un atelier de bouteilles à gaz (BAG) en 1972, abandonné en 1982 à une autre unité.
- Mise en place de sept chaînes de fabrication à commandes numériques.

2-ACTIVITE DE L'UNITE: [8]

La mission première de l'unité K/DU consiste à fabriquer l'emballage métallique pour 3 secteurs distincts:

a-Secteur conserves:

Ce secteur est desservi en boîtes d'emballage métalliques destinées au conditionnement des aliments.

L'intérieur de ces boîtes est couvert d'une couche de vernis alimentaire (tomate, jus, confiture,...).

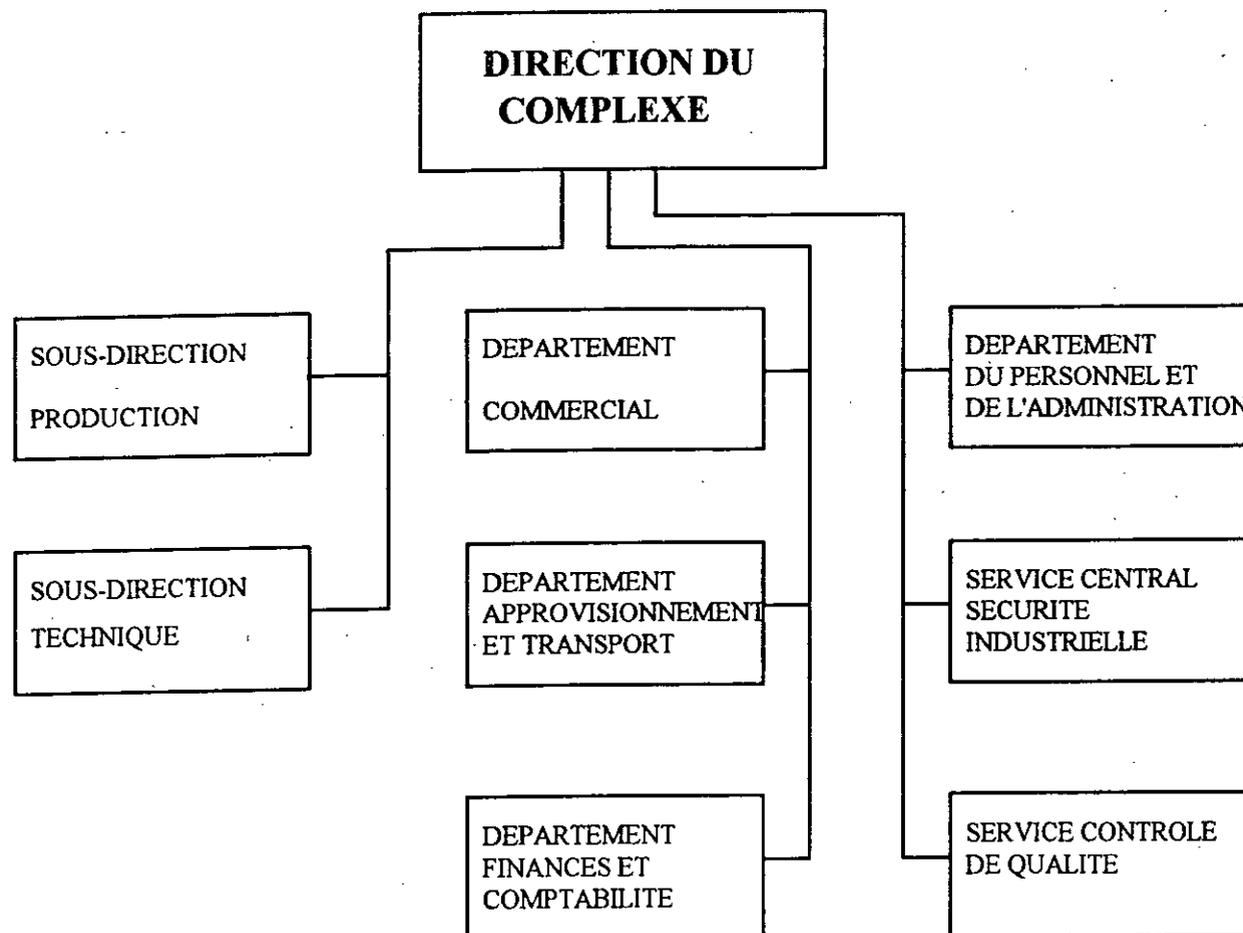
b-Secteur divers:

Les produits fabriqués pour ce secteur s'adressent essentiellement au stockage et au conditionnement des différentes matières; soit des bidons à caractère alimentaire (huile de table, beurre soumaa, tabac, etc...), soit des boîtes destinées au stockage matière, (ingrédients, insecticides, peinture, ...).

c-Secteur fûts:

Le produit fût revêt un caractère d'utilisation spécifique, il est destiné à emballer les huiles industrielles et autres produits petro-chimiques (alcool, peinture, graisse....).

ORGANIGRAMME DU COMPLEXE DES EMBALLAGES METALLIQUES

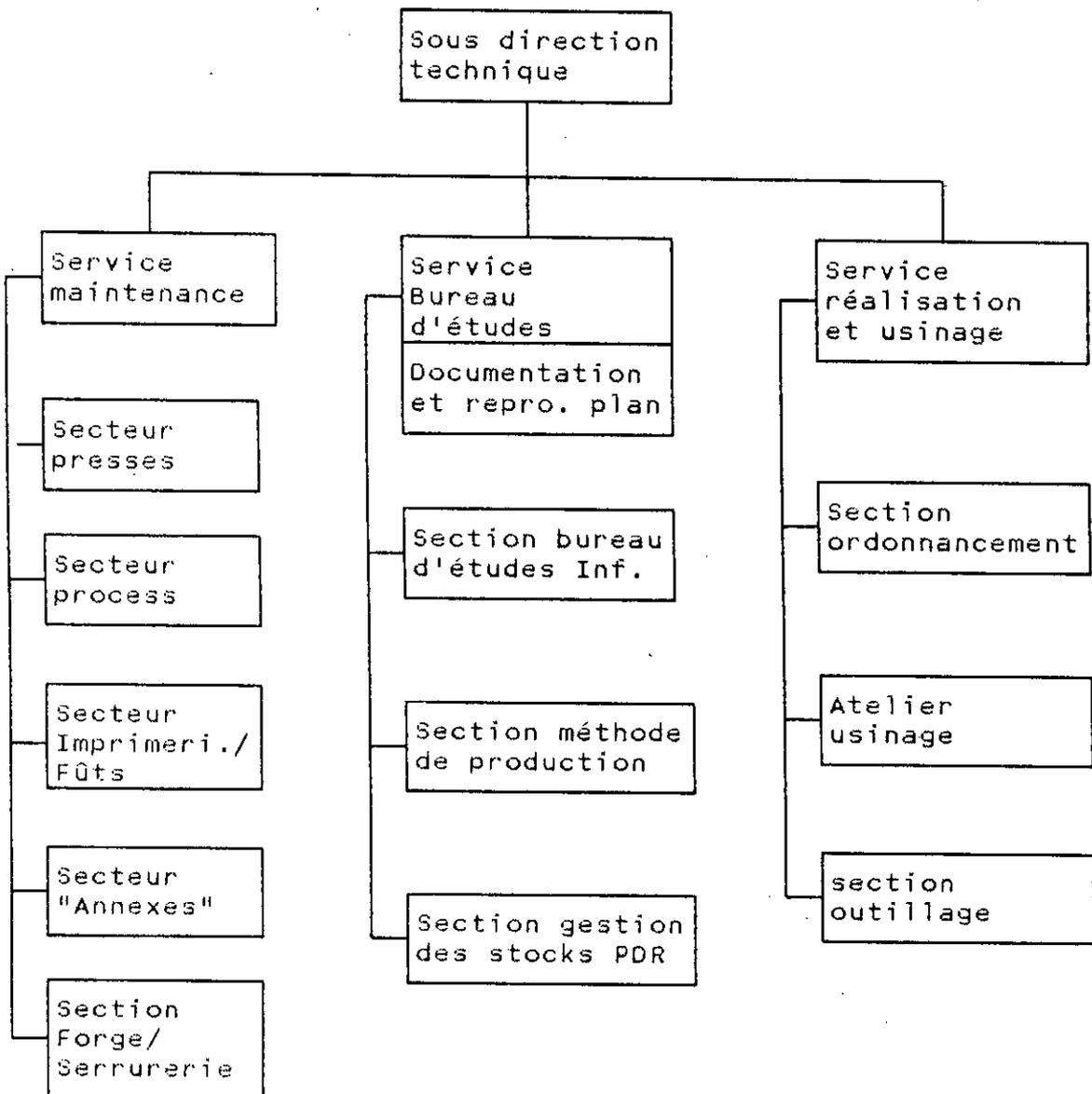


ORGANIGRAMME DE L'UNITE :

3-DESCRIPTION DU SERVICE TECHNIQUE (Maintenance):

La sous direction technique assure la maintenance et le bon fonctionnement de tous les équipements, machines et installations, liés à la production. Elle assure et réalise aussi tous les programmes de maintenance préventive desdits équipements.

Nous présentons ci-dessous l'organigramme de ce service:



4-DESCRIPTION DU PRODUIT ET DE LA CHAINE DE PRODUCTION: [9]

a-Characteristique du bidon Pails (3.5l):

- diamètre: 180 mm
- Hauteur: 184 mm
- contenance: 3.5l

Ce produit est destiné à contenir de la:

- Soumaà (SOGEDIA)
- Peinture (SNIC)

b-Déscription de la chaine de production:

La chaine Pails est constituée des équipements suivants:

- 1 - Banc à galet: est utilisé pour faciliter le déplacement du fardeau de fer blanc.
- 2 - Table élévatrice: sert à soulever le fardeau au niveau de l'alimentateur.
- 3 - Alimentateur: sert à alimenter (ou distribuer) feuille par feuille la machine en aval.
- 4 - Cisaille: sert à découper la feuille en bandes (développé du corps) (548mm x 204mm).
- 5 - Soudeuse Super Wimmer (SBW): sert à souder le corps, après lui avoir donné une forme cylindrique.
- 6 - Transporteur: transporte le corps pour l'opération suivante (équipement suivant).
- 7 - Expondeur: sert à exposer la partie supérieure du corps pour le renforcer.
- 8 - Transporteur:
- 9 - Bordeuse (Roulé-jonc.): sert à préparer l'ourle.
- 10- Transporteur:
- 11- Bordeuse (Retreint): sert à faire l'ourle pour éliminer l'arête tranchante (risque d'accident pour le consommateur).
- 12- Transporteur:

- 13- Bordeuse : Diminution du diamètre du corps sur la partie inférieure pour assurer un bon sertissage avec le fond (du bidon).
- 14- Transporteur:
- 15-Encolleur: dépose une quantité de colle sur l'extrémité inférieure du corps (qui sert à l'étanchéité).
- 16- Sertisseuse: Après dépôt de la colle, l'équipement distribue un fond au corps et le sertit (Sertissage, Assemblage)
- 17- Transporteur:
- 18- Bordeuse (Mini jonc): Elle diminue le diamètre du corps sur la partie supérieure en formant un retrait pour assurer un bon blocage du bouchon avec ce dernier.
- 19- Transporteur:
- 20- Indexeur (détecteur): sert pour détecter le cordon de soudure afin que les cabouchois ne soient pas placés dessus.
- 21- Transporteur:
- 22- Soudeuse cabouchois: sert pour souder les deux cabouchois sur le corps de façon symétrique.
- 23- Transporteur:
- 24- Machine à anses: Elle fabrique les anses et les accroche sur les cabouchois.
- 25- Dérouleur: Il alimente la machine à anses en fil galvanisé pour la fabrication des anses.
- 26- Transporteur:
- 27- Station de rechapissage: Dépose une quantité de vernis alimentaire, à l'intérieur du corps, sur le cordon de soudure.
- 28- Transporteur:
- 29- Etuve: sert à sécher le vernis déposé.
- 30- Transporteur:
- 31- Emballeuse:

**GENERALITES SUR
LA MAINTENANCE**

II- GENERALITES SUR LA MAINTENANCE: [7]

Maintenir du matériel, ce n'est pas uniquement dépanner; c'est effectuer des opérations (Dépannage, graissage, visite, réparation, amélioration, etc...) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de production.

1-DEFINITION AFNOR(NF X 60-010):

La maintenance, c'est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé.

Les différents aspects de la maintenance sont:

a-La maintenance préventive:

Elle vise à diminuer la probabilité de défaillance d'un système. Pour cela elle s'appuie sur:

-La maintenance systématique:

qui consiste à changer, suivant un échéancier établi, des éléments jugés comme trop usagers.

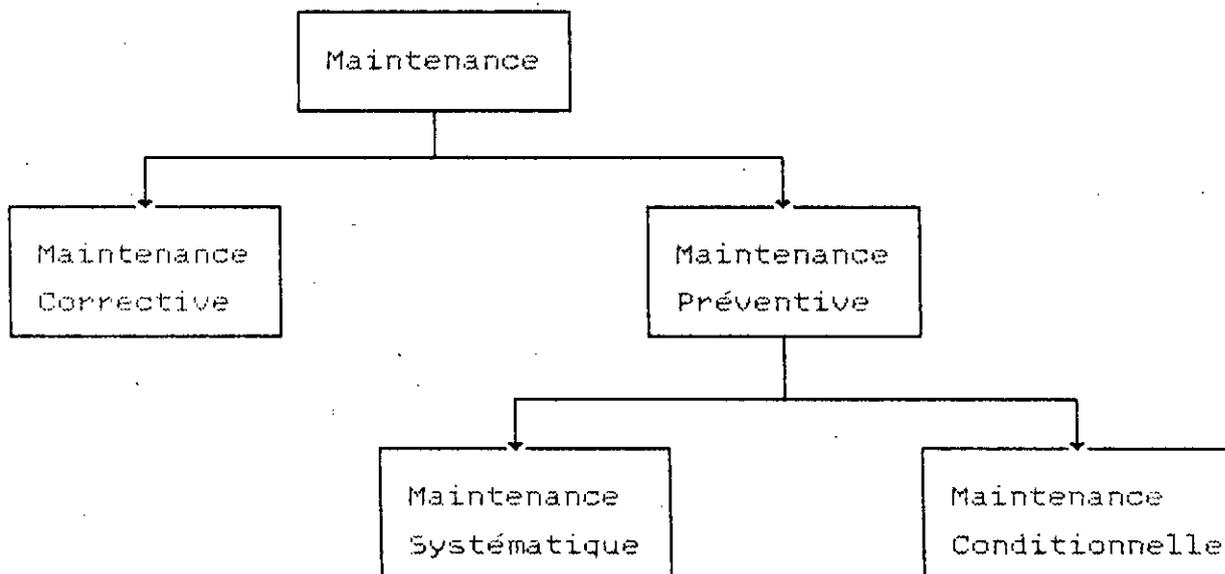
-La maintenance conditionnelle:

est une maintenance préventive qui demande d'effectuer un diagnostic avant de remplacer l'élément visité.

b-La maintenance corrective:

Elle s'applique après la panne. Cela ne veut pas dire qu'elle n'a pas été pensée. En effet, des méthodes de dépannage rapide peuvent être appliquées (arbre de maintenance).

Ceci peut être schématiser de la façon suivante:



2-OUTILS DE LA MAINTENANCE:

Il est à rappeler qu'entretenir du matériel relève du domaine de la pratique et de la connaissance de la conception de celui-ci; cependant la maintenance s'appuie aussi sur des techniques statistiques telles que la fiabilité et la maintenabilité qui sont devenues des outils nécessaires pour l'élaboration de plans de maintenances préventives.

**ETUDE DE FIABILITE,
MAINTENABILITE ET DISPONIBILITE**

III- ETUDE DE LA FIABILITE - MAINTENABILITE - DISPONIBILITE:

1-ASPECT QUANTITATIF:

A-APPROCHE MATHEMATIQUE:

LA FIABILITE: [1],[2]

1.0 DEFINITION

La fiabilité est la caractéristique d'un dispositif, exprimée par la probabilité que ce dernier accomplisse une fonction requise dans des conditions données pendant un temps donné.

-Fiabilité estimée:

C'est la fiabilité d'un produit, mesurée au cours d'essais spécifiques effectués avec un programme d'essais entièrement défini.

-Fiabilité prédite:

C'est la fiabilité calculée sur la base d'un modèle mathématique défini à partir des données du projet et de la fiabilité estimée ou prédite de ses composants, en tenant compte des conditions d'exploitation prédéterminées.

-Fiabilité opérationnelle:

C'est la fiabilité observée sur des produits en exploitation normale. Elle dépend des conditions réelles d'utilisation, de l'ambiance entourant les produits, de l'influence du personnel de maintenance et d'exploitation.

-Probabilité de survie:

C'est la probabilité de ne pas avoir de défaillance dans des conditions d'utilisation déterminées, pendant une durée de fonctionnement donnée. La probabilité de survie est la valeur numérique de la fiabilité.

ii) QUELQUES CONCEPTS DE FIABILITE:

-Densité de probabilité $f(t)$:

La probabilité pour que l'équipement tombe en panne entre l'instant t et l'instant $t+dt$ s'écrit:

$$f(t).dt = \text{Prob}(t < T < t+dt)$$

-Fonction de répartition $F(t)$:

C'est la probabilité pour que l'équipement tombe en panne avant l'instant t .

$$F(t) = P(T < t) = \int_0^t f(\tau).d\tau$$

-Fonction de fiabilité $R(t)$:

Elle représente la probabilité de survie à un instant t donné.

$$R(t) = \text{Prob}(T > t)$$

-Taux de défaillance $\lambda(t)$:

Le taux instantané de défaillance $\lambda(t)$ d'un dispositif est la probabilité d'avoir une défaillance entre t et $t+dt$ à condition que le dispositif ait vécu jusqu'à t .

$$\lambda(t) = \frac{dF}{dt} \times \frac{1}{R(t)} = \frac{f(t)}{1-F(t)}$$

-Moyenne de temps de bon fonctionnement (MTBF):

C'est la valeur moyenne des durées de fonctionnement entre défaillances consécutives.

Elle a pour expression:

$$MTBF = \int_0^{+\infty} R(t) \cdot dt$$

-La courbe en baignoire:

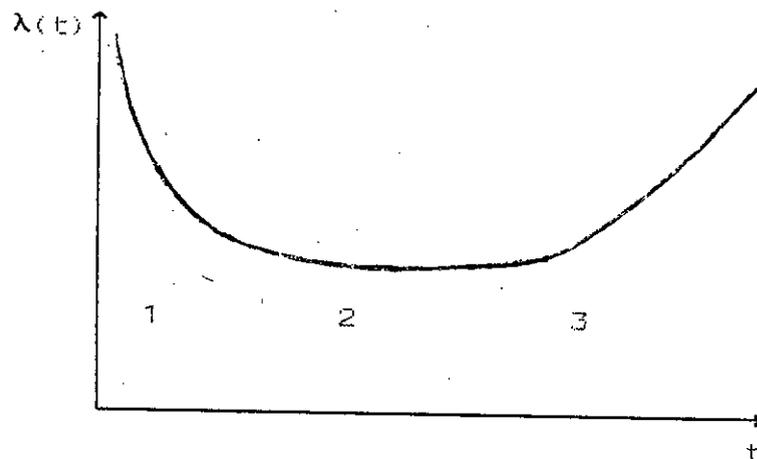
Dans la vie d'un matériel réparable, ou d'une population homogène de matériels identiques, l'expérience montre qu'il est possible de distinguer généralement 3 périodes; pendant chacune d'elle, le taux de défaillance $\lambda(t)$ [probabilité d'un dispositif, survivant à un instant t , meure dans l'unité de temps suivante] a une variation caractéristique.

Ces 3 périodes sont:

1-Celle de mortalité infantile (correspondant à la période de jeunesse) à taux de défaillance décroissant.

2-Celle à taux sensiblement constant (correspond à la période de maturité).

3-Celle d'usure (correspondant à la période de vieillesse) à taux de défaillance croissant.



iii) LOIS USUELLES EN FIABILITE:

-Loi de WEIBULL:

Ce modèle mathématique "coiffe" bien un assez grand nombre de distributions de durée de vie.

Il a été d'abord utilisé lors de l'étude de la fatigue des matériaux; il a été très utile dans l'étude de distribution de défaillance des tubes à vide et est actuellement d'un usage presque universel en fiabilité.

Soit la variable aléatoire continue T, distribuée suivant une loi de Weibull:

a-Densité de probabilité:

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

β : est appelé paramètre de forme $\beta > 0$

η : est appelé paramètre d'échelle $\eta > 0$

γ : est appelé paramètre de position $\gamma \in \mathbb{R}$

b-Fonction de répartition:

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

c-Fonction de fiabilité:

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left[\frac{t-\gamma}{\eta} \right]^{\beta}}$$

REMARQUE:

Pour $\gamma=0$ et $\beta=1$, on retrouve la distribution exponentielle, cas particulier de la loi de Weibull.

Dans ce cas:

$$\lambda = \frac{1}{\eta} = \frac{1}{\text{MTBF}}$$

d-Taux instantané de défaillance: $\lambda(t)$

$$\lambda(t) = \frac{1}{1-F(t)}$$

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

Avec $t \geq \gamma$

$\beta > 0$

$\eta > 0$

e-Moyenne de temps de bon fonctionnement:

$$\text{MTBF} = E(t) = \gamma + \eta \cdot \Gamma \left[1 + \frac{1}{\beta} \right]$$

f-Variance:

$$V(t) = \eta^2 \cdot \Gamma \left[1 + \frac{2}{\beta} \right] - \eta^2 \cdot \Gamma \left[1 + \frac{1}{\beta} \right]^2$$

g-Exploitation:

Si $\beta < 1$ alors $\lambda(t)$ décroît: période de jeunesse (Rodage, déverminage...).

Si $\beta = 1$ alors $\lambda(t)$ constant: indépendance du processus et du temps.

Si $\beta > 1$ alors $\lambda(t)$ croit: phase de vieillesse que l'on peut analyser plus finement pour orienter un diagnostic.

Si $1.5 < \beta < 2.5$: phénomène de fatigue.

Si $3 < \beta < 4$: phénomène d'usure, de corrosion (débute au temps $t = \gamma$), de dépassement d'un seuil (domaine de déformation plastique).

Si $\beta \approx 3.5$: $f(t)$ est symétrique, la distribution est pratiquement normale.

-Loi exponentielle:

Lorsque $\lambda(t)$ est constante ($\lambda(t) = k$); $R(t) = \text{Exp}(-k.t)$.

Cette expression exponentielle de la fiabilité joue un rôle très important, surtout en électronique, où elle s'applique généralement bien.

$$\text{MTBF} = \frac{1}{k}$$

LA MAINTENABILITE: [3], [4]

1-DÉFINITION:

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

C'est donc une caractéristique d'un matériel qui s'exprime par la probabilité que ce matériel, lorsqu'il nécessite une intervention de maintenance, soit remis dans un état de fonctionnement donné, dans des limites de temps spécifiées, lorsque le travail est effectué selon des procédures prescrites et des conditions données.

2-BUT:

Le but de ce concept est d'estimer et de quantifier l'aptitude des agents de la maintenance à effectuer des interventions préventives ou curatives sur un matériel donné en un temps donné, et d'essayer d'améliorer ce dernier.

3-ASPECT THÉORIQUE:

De la définition ci-dessus, il convient de remarquer 3 points très importants:

- la notion de probabilité.
- la définition de l'état de fonctionnement.
- les limites de temps spécifiés.

Cela nous ramène à définir une variable aléatoire "temps d'intervention" et sa densité de probabilité.

a-Définition des temps techniques de réparation (TTR):

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

- Temps de vérification de la réalité de la défaillance.
- Temps de diagnostic.
- Temps d'accès à l'organe défaillant.
- Temps de remplacement ou de réparation.
- Temps de rassembleage.
- Temps de contrôle et d'essais.

b-La fonction de maintenabilité:

Soit T la variable aléatoire "temps d'intervention", on appelle alors la densité de probabilité de t:

$$g(t) = \text{Prob}(TTR = t)$$

La fonction de répartition est notée:

$$M(t) = \int_0^t g(\tau) . d\tau$$

C'est donc la probabilité d'une durée TTR < t

$$M(t) = \text{Prob}(TTR < t)$$

Le taux instantané de réparation $\mu(t)$ est donné par la formule:

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

Ce qui permet d'écrire:

$$M(t) = 1 - \text{Exp} \left[- \int_0^t \mu(u) . du \right]$$

c-Principales lois de durées d'intervention:

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

exponentielle ou Gamma.

CARACTERISTIQUES DE LA LOI LOG-NORMALE:

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

-elle est continue et positive ($t \in]0, +\infty[$)

-sa fonction de densité est:

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

-sa fonction de répartition est:

$$F(t) = \text{Prob}(T < t) = \frac{1}{t \sigma \sqrt{2\pi}} \int_0^t \text{Exp} \left[-\frac{(\ln u - \mu)^2}{2 \sigma^2} \right] du$$

-espérance mathématique:

$$E(t) = \text{Exp} \left[\mu + \frac{1}{2} \sigma^2 \right]$$

-variance:

$$V(t) = \text{Exp} \left[2\mu + 2 \sigma^2 \right] - \left[2\mu + \sigma^2 \right]^2$$

Dans ce cas le MTTR est:

$$\text{MTTR} = E(t) = \text{Exp} \left[\mu + \frac{1}{2} \sigma^2 \right]$$

LA DISPONIBILITE: [4]

La disponibilité est l'aptitude d'un système, sous les aspects combinés de sa fiabilité, de sa maintenabilité, de la logistique et de la maintenance à remplir ou à être en état de remplir une fonction à un instant donné ou dans un intervalle de temps donné.

(Déf. AFNOR)

Cette définition fait intervenir les 4 aspects suivants:

- Le nombre de défaillances lié à l'étude de fiabilité.
- Le temps de réparation lié à l'étude de la maintenabilité.
- La qualité des moyens mis en oeuvre (logistique).
- Enfin, les procédures d'interventions (maintenance).

-En ne considérant que les deux premiers aspects, la disponibilité $D(t)$ sera fonction des deux paramètres λ et μ supposés constants.

$$\text{Taux de défaillance: } \lambda = \frac{1}{\text{MTBF}}$$

$$\text{Taux de réparation: } \mu = \frac{1}{\text{MTTR}}$$

La disponibilité instantanée s'écrit:

$$D(t) = \frac{\mu}{\mu + \beta} + \frac{\beta}{\mu + \beta} \cdot \text{Exp}[-(\mu + \beta) t]$$

En faisant tendre t vers l'infini, on obtient ce qu'on appelle la disponibilité asymptotique ou intrinsèque (également nommée moyenne).

$$D = \frac{\mu}{\mu + \beta} \quad \text{ou} \quad D = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

-Si on considère le troisième aspect, la nouvelle formule de la disponibilité sera:

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

où MTL est la moyenne des temps de logistique.

Disponibilité d'une chaîne de production:

Si D_i est la disponibilité d'une machine, alors la disponibilité totale $D(t)$ d'une chaîne de production composée de plusieurs machines disposées en série est:

$$D_t = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{D_i} - (n-1)}$$

B-COLLECTE ET TRAITEMENT DES DONNÉES:

La collecte de l'information nécessaire pour notre étude provient essentiellement (Annexe 1):

- des demandes de travaux
- des ordres de fabrication
- des enregistrements des ordres de travail

Ces documents contiennent des informations sur:

- des dates de défaillances
- des temps de réparation
- de la désignation du travail
- des coûts des opérations de maintenance

Cependant, vu l'impossibilité de traiter tous les équipements de la chaîne Pails, nous avons procédé à une classification ABC pour sélectionner les machines qui causent le plus de problèmes.

Enfin, il est à noter que les ajustements de loi de probabilité et les tests d'hypothèses effectués sur les données collectées sont réalisés avec le logiciel UNIFIT.

NB:

Un aperçu sur ce dernier et sur la méthode ABC est donné en annexe 2.

APPLICATION

C-APPLICATION:

ANALYSE PARETO:

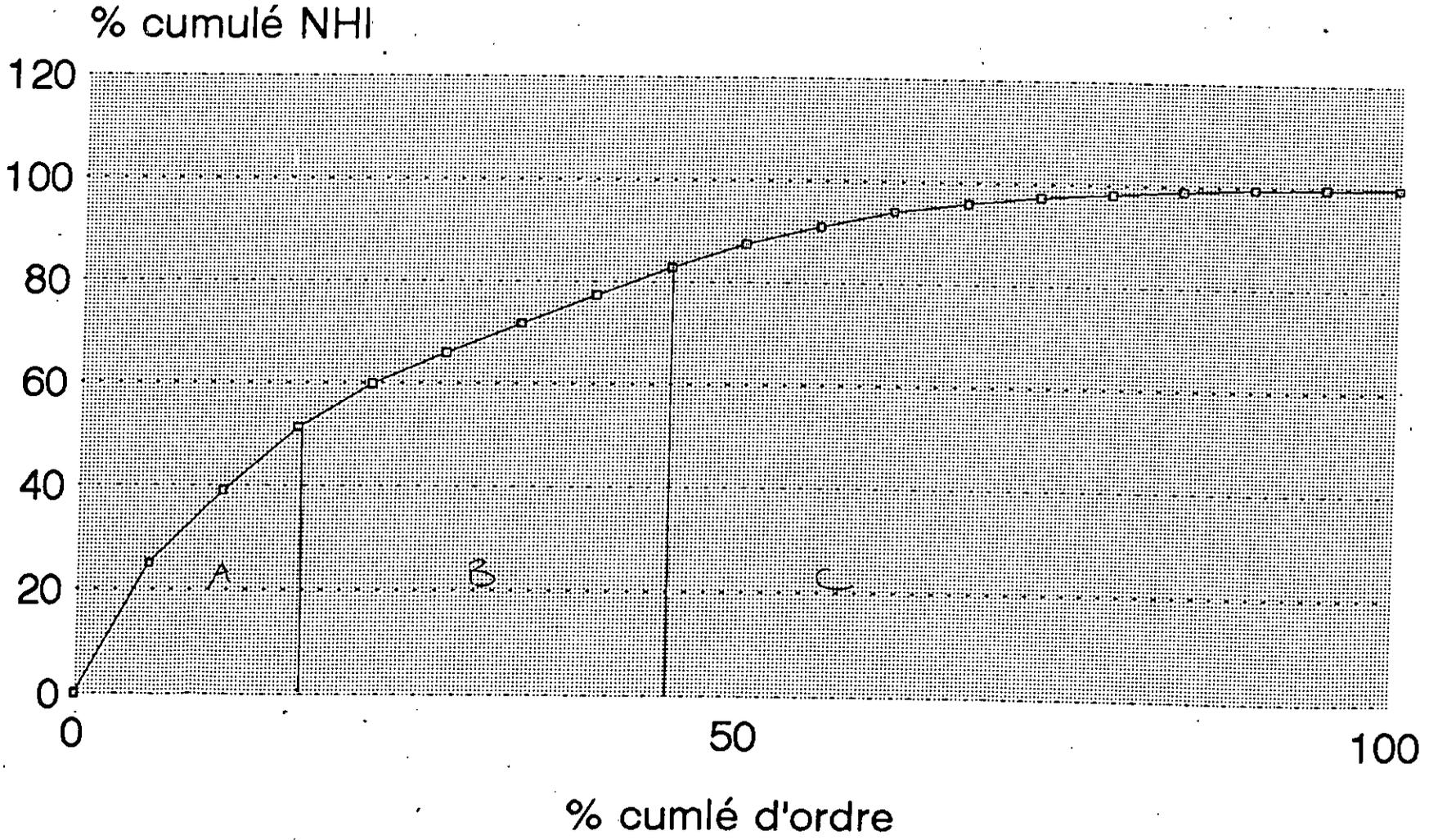
Equipements	N d'ordre	% cumulé d'ordre	N H I	cumulé N H I	% cumulé N H I
Facis	1	5.56	499.5	499.5	25.08
Machine à anse (P2)	2	11.11	279	778.5	39.09
Machine à anse (P1)	3	16.67	244.5	1023	51.37
Sertisseuse	4	22.22	168	1191	59.80
Soudeuse cabouchon (P1)	5	27.78	122	1313	65.93
Soudeuse (S B W)	6	33.33	116.5	1429.5	71.78
Soudeuse cabouchon (P2)	7	38.89	112.5	1542	77.43
Bordeuse (Mini-Jonc)	8	44.44	109.5	1651.5	82.93
Expondeur	9	50.00	92.5	1744	87.57
Transporteur	10	55.56	69.5	1813.5	91.06
Bordeuse (Roulé-Jonc)	11	61.11	63.5	1877	94.25
Dérouleur	12	66.67	34	1911	95.96
Hyfra	13	72.22	28	1939	97.36
Encolleur	14	77.78	18	1957	98.27
Bordeuse (Retreint)	15	83.33	15.5	1972.5	99.05
Reahampissage	16	88.89	12	1984.5	99.65
Indexeur	17	94.44	4	1988.5	99.85
Cisaille	18	100	3	1991.5	100

N H I: Nombre d'heures d'intervention.

On constate que 80% du temps total des interventions pour la maintenance curative est causé par les huit premières machines; à cet effet notre étude portera sur celle-ci.

ANALYSE PARETO

24



Etude de fiabilité:

Etude de fiabilité
Facis (groupe refroidisseur)

Nombre d'observations recueillies: $n = 41$

Nombre de classes minimum: $k \approx 7$

On prendra 9 classes

Classes (en jour)	Nombre d'obs. (n_i)	Fréquences cumulées $F_{obs}\%$
1-10	21	51.22
10-19	13	82.93
19-28	4	92.68
28-37	2	97.56
37-46	0	97.56
46-55	0	97.56
55-64	0	97.56
64-73	0	97.56
73-82	1	100

Ajustement avec UNIFIT

Modèle exponentielle

$$\lambda = 0.084 \text{ Déf/j}$$

$$R_{est}(t) = \text{Exp}(-0.084 \cdot t)$$

$$\text{MTBF} = 11.90 \text{ j}$$

Statistique modifiée de
Kolmogorov:

$$D_n = 0.95805$$

Valeur critique au seuil

$$\alpha = 0.05$$

$$D_{n,\alpha} = 1.1704$$

On accepte l'hypothèse d'un modèle exponentielle de paramètre

$$\lambda = 0.084$$

par conséquent le temps moyen de bon fonctionnement est de 11.90 j.

Etude de fiabilité
Machine à anse (Pz)

Nombre d'observations recueillies: $n = 71$

Nombre de classes minimum: $k = 8$

On prendra 10 classes

Classes (en jour)	Nombre d'obs. (n_i)	Fréquences cumulées $F_{obs}\%$
1- 18	54	76.06
18- 35	11	91.55
35- 52	2	94.37
52- 69	1	95.77
69- 86	0	95.77
86-103	1	97.18
103-120	1	98.59
120-137	0	98.59
137-154	0	98.59
154-171	1	100

Ajustement avec UNIFIT

Modèle Weibull

$$\gamma = 0.99 J$$

$$\eta = 11.02 J$$

$$\beta = 0.65$$

$$MTBF = 16j$$

Statistique modifiée de
Kolmogorov:

$$D_n = 0.946622$$

Valeur critique au seuil

$$\alpha = 0.05$$

$$D_{n,\alpha} = 1.3374$$

On accepte l'hypothèse d'un modèle Weibull de paramètre $\gamma=0.99$, $\eta=11.02$, $\beta=0.65$ au seuil $\alpha=0.05$.

Le temps moyen de bon fonctionnement est $MTBF= 16j$.

Etude de fiabilité
Machine à Anse (P1)

Nombre d'observations recueillies: $n = 74$

Nombre de classes minimum: $k \approx 8$

On prendra 12 classes

Classes (en jour)	Nombre d'obs. (n_i)	Fréquences cumulées $F_{obs}\%$
2-11	32	43.24
11-20	16	64.86
20-29	8	75.68
29-38	7	85.14
38-47	4	90.54
47-56	2	93.24
56-65	1	94.59
65-74	0	94.59
74-83	0	94.59
83-92	2	97.30
92-101	0	97.30
101-110	2	100

Ajustement avec UNIFIT

Modèle Weibull

$$\gamma = 1.96 \text{ j}$$

$$\eta = 16.78 \text{ j}$$

$$\beta = 0.83$$

$$\text{MTBF} = 21 \text{ j}$$

La statistique modifiée
de Kolmogorov:

$$D_n = 0.9186$$

Valeur critique au seuil

$$\alpha = 0.05$$

$$D_{n,\alpha} = 1.3374$$

On accepte l'hypothèse d'un modèle Weibull de paramètre $\gamma=1.96$, $\eta=16.78$, $\beta=0.83$ au seuil $\alpha=0.05$.

Le temps moyen de bon fonctionnement est: $\text{MTBF} = 21 \text{ j}$

Etude defiaabilité
Sertisseuse

Nombre d'observations recueillies: $n = 37$

Nombre de classes minimum: $k \approx 7$

On prendra 9 classes

Classes (en jour)	Nombre d'obs. (n_i)	Fréquences cumulées $F_{obs}\%$
3-13	13	35.14
13-23	9	59.46
23-33	3	67.57
33-43	2	72.97
43-53	2	78.38
53-63	2	83.78
63-73	3	91.89
73-83	0	91.89
83-93	3	100

Ajustement avec UNIFIT

Modèle exponentielle

$$\lambda = 0.0337 \text{ Déf/j}$$

$$Rest(t) = \text{Exp}(-0.0337 \cdot t)$$

$$MTBF = 29.65 \text{ j}$$

Statistique modifiée de
Kolmogorov:

$$D_n = 0.78599$$

Valeur critique au seuil

$$\alpha = 0.05$$

$$D_{n,\alpha} = 1.0686$$

On accepte l'hypothèse d'un modèle exponentielle de paramètre $\lambda=0.0337$, par conséquent le temps moyen de bon fonctionnement est de 29.65 j.

Etude de fiabilité
Soudeuse cabouchon (P4)

Nombre d'observations recueillies: $n = 21$

Nombre de classes minimum: $k \approx 6$

On prendra 9 classes

Classes (en jour)	Nombre d'obs. (n_i)	Fréquences cumulées Fobs%
10-20	3	14.29
20-30	4	42.86
30-40	3	47.62
40-50	3	61.90
50-60	3	76.19
60-70	2	85.71
70-80	1	90.48
80-90	1	95.24
90-100	1	100

Ajustement avec UNIFIT

Modèle Weibull

$$\gamma = 9.79 \hat{j}$$

$$\eta = 36.91 \hat{j}$$

$$\beta = 1.31$$

$$\text{MTBF} = 44.67j$$

Statistique modifiée de
Kolmogorov:

$$D_n = 0.4146$$

Valeur critique au seuil

$$\alpha = 0.05$$

$$D_{n,\alpha} = 1.3166$$

On accepte l'hypothèse d'un modèle Weibull de paramètre $\gamma=9.79$, $\eta=36.91$ et $\beta= 1.31$ au seuil $\alpha= 0.05$.

Par conséquent le temps moyen de bon fonctionnement est $\text{MTBF}=44.67j$.

Etude de fiabilité
Soudeuse super-wima (SBW)

Nombre d'observations recueillies: $n = 42$

Nombre de classes minimum: $k \approx 7$

On prendra 9 classes

Classes (en jour)	Nombre d'obs. (n_i)	Fréquences cumulées $F_{obs}\%$
2-15	19	46.34
15-28	11	73.17
28-41	4	82.91
41-54	1	85.36
54-67	3	92.68
67-80	1	95.12
80-93	0	95.12
93-106	1	97.56
106-119	1	100

Ajustement avec UNIFIT

Modèle exponentielle

$$\lambda = 0.042 \text{ déf/j}$$

$$R_{est}(t) = \text{Exp}(-0.042 t)$$

$$\text{MTBF} = 23.59$$

Statistique modifiée de
Kolmogorov:

$$D_n = 0.705113$$

Valeur critique au seuil

$$\alpha = 0.05$$

$$D_{n,\alpha} = 1.0708$$

On accepte l'hypothèse d'un modèle exponentielle de paramètre $\lambda=0.042$.

MTBF = 23.59 jours.

Etude de fiabilité
Soudeuse cabouchon (Pz)

Nombre d'observations recueillies: $n = 27$

Nombre de classes minimum: $k \geq 7$

On prendra 12 classes

Classes (en jour)	Nombre d'obs. (ni)	Fréquences cumulées Fobs%
3- 7	8	29.63
7-11	4	44.44
11-15	4	59.26
15-19	3	70.37
19-23	0	70.37
23-27	3	81.48
27-31	0	81.48
31-35	0	81.48
35-39	2	88.88
39-43	1	92.59
43-47	1	96.3
47-51	1	100

Ajustement avec UNIFIT

Modèle exponentielle

$$\lambda = 0.061 \text{ Déf/j}$$

$$R_{est}(t) = \text{Exp}(-0.061 \cdot t)$$

$$\text{MTBF} = 16.37 \text{ j}$$

Statistique modifiée de
Kolmogorov:

$$D_n = 0.870078$$

Valeur critique au seuil

$$\alpha = 0.05$$

$$D_{n,\alpha} = 1.0623$$

On accepte l'hypothèse d'un modèle exponentielle de paramètre $\lambda = 0.061$, par conséquent le temps moyen de bon fonctionnement est de 16.37j.

Etude de fiabilité
Bordeuse (Mini-Jonc)

Nombre d'observations recueillies: $n = 26$

Nombre de classes minimum: $k \approx 6$

On prendra 9 classes

Classes (en jour)	Nombre d'obs. (ni)	Fréquences cumulées Fobs%
3-13	6	23.08
13-23	6	46.15
23-33	3	57.69
33-43	5	76.92
43-53	1	80.77
53-63	3	92.31
63-73	1	96.31
73-83	0	96.15
83-93	1	100

Ajustement avec UNIFIT

Modèle exponentielle

$$\lambda = 0.0326 \text{ Déf/j}$$

$$R_{\text{est}}(t) = \text{Exp}(-0.0326 \cdot t)$$

$$\text{MTBF} = 30.62 \text{ j}$$

Statistique modifiée de

Kolmogorov:

$$D_n = 0.898762$$

Valeur critique au seuil

$$\alpha = 0.05$$

$$D_{n,\alpha} = 1.0614$$

On accepte l'hypothèse d'un modèle exponentielle de paramètre $\lambda=0.0326$, par conséquent le temps moyen de bon fonctionnement est de 30.62 j.

Commentaires:

Machines	Loi ajustée	Paramètres	MTBF(jour)
Facis	Expo.	$\lambda = 0.084$ déf./j	11.90
Machine à anses (P2)	Weibull	$\eta = 11.02$ j $\beta = 0.65$	16.00
Machine à anses (P1)	Weibull	$\eta = 16.78$ j $\beta = 0.83$	21.00
Sertisseuse	Expo.	$\lambda = 0.034$ déf./j	29.65
Soudeuse cabouchon (P1)	Weibull	$\eta = 36.91$ j $\beta = 1.31$	44.65
Soudeuse (SBW)	Expo.	$\lambda = 0.042$ déf./j	23.60
Soudeuse cabouchon (P2)	Expo.	$\lambda = 0.061$ déf./j	16.37
Bordeuse (Mini-Jonc)	Expo.	$\lambda = 0.033$ déf./j	30.62

On constate que sur les huit machines, cinq (Facis, sertisseuse, SBW, soud. cabouchon (P2) et la bordeuse m.j) ont des lois de fiabilité exponentielle; c'ad: avec un taux de panne constant. Ceci peut s'expliquer par le fait que la chaîne a démarré en 1986 et qu'elle a atteint la période de maturité.

Les trois autres suivantes suivent des lois de Weibull, dont deux (les deux machines à anses (P1 et P2)) avec un paramètre de forme $\beta < 1$; ceci est dû aux changements des principaux éléments (tel que: électrovanne, verrin, hydraulique, etc...) dans celle-ci.

Pour la soudeuse cabouchon (P1) le paramètre de forme β est supérieur à 1 (Phase de vieillesse).

Etude de maintenabilité:

Etude de maintenabilité
Facis (groupe refroidisseur)

Nombre d'observations recueillies: $n=47$

Nombre de classes minimum: $k \approx 7$

On prendra 10 classes

Classes (en heure)	Nombre d'obs. (n_i)	Fréquences cumulées $F_{obs}\%$
0- 8	31	65.96
8-16	7	80.85
16-24	2	85.11
24-32	2	89.36
32-40	2	93.62
40-48	0	93.62
48-56	1	95.74
56-64	1	97.87
64-72	0	97.87
72-80	1	100

Ajustement avec UNIFIT

Modèle Log-Normale

$$\mu=1.4383$$

$$\sigma=1.3549$$

$$M_{est}(t)=$$

$$MTTR=10.55 \text{ h}$$

Statistique modifiée de
Kolmogorov:

$$D_n=0.775221$$

Valeur critique au seuil

$$\alpha=0.05$$

$$D_{n,\alpha}=0.8804$$

On accepte l'hypothèse d'une distribution Log-Normale de paramètres $\mu=1.4383$ et $\sigma=1.3549$.

La moyenne des temps d'intervention est de 10.55h

Etude de maintenabilité
Machine à anses (P1)

Nombre d'observations recueillies : $n=85$

Nombre de classes minimum : $k \approx 8$

On prendra 12 classes

Classes (en heures)	Nombre D'obs. (ni)	Fréquences cumulées Fobs%
0- 2	41	48.23
2- 4	23	75.23
4- 6	10	87.05
6- 8	5	92.94
8-10	2	95.29
10-12	2	97.54
12-14	1	98.82
14-16	0	98.82
16-18	0	98.82
18-20	0	98.82
20-22	0	98.28
22-24	1	100

Les données concernant la machine à anses (P1) ne correspondent à aucune distribution de probabilité usuelle pouvant être ajustée avec le logiciel UNIFIT.

Le calcul du MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de repartition.

Etude de maintenabilité
Machine à anses (P2)

Nombre d'observations recueillies : $n=71$

Nombre de classes minimum : $k \geq 8$

On prendra 12 classes

Classes (en heures)	Nombre D'obs. (ni)	Fréquences cumulées Fobs%
0- 2	28	39.43
2- 4	20	67.60
4- 6	8	78.87
6- 8	5	85.91
8-10	3	90.14
10-12	2	92.95
12-14	2	95.77
14-16	0	95.77
16-18	1	97.18
18-20	0	97.18
20-22	1	98.59
22-24	0	98.59
24-26	0	98.59
26-28	1	100

Les données concernant la machine à anses (P2) ne correspondent à aucune distribution de probabilité usuelle pouvant être ajustée avec le logiciel UNIFIT.

Le calcul du MTTR se fera à partir d'une moyenne arithmétique des temps techniques de répartition.

Etude de maintenabilité
Sertisseuse

Nombre d'observations recueillies: $n=46$

Nombre de classes minimum: $k \approx 7$

On prendra 12 classes

Classes (en heure)	Nombre d'obs. (ni)	Fréquences cumulées Fobs%
0- 1	7	15.22
1- 2	13	43.48
2- 3	7	58.70
3- 4	5	69.57
4- 5	4	78.26
5- 6	1	80.43
6- 7	2	84.78
7- 8	1	86.96
8- 9	2	91.30
9-10	1	93.48
10-11	1	95.65
≥11	2	100

Ajustement avec UNIFIT

Modèle Log-Normale

$$\mu=0.7706$$

$$\sigma=1.0109$$

$$Mest(t)=$$

$$MTTR=3.6 \text{ h.}$$

Statistique modifiée de
Kolmogorov:

$$Dn=0.84995$$

Valeur critique au seuil

$$\alpha=0.05$$

$$Dn, \alpha=0.8800$$

On accepte l'hypothèse d'une distribution log-Normale de paramètres $\mu=0.7706$ et $\sigma=1.0109$.

La moyenne des temps d'intervention est de 3.6 h.

Etude de maintenabilité
Soudeuse cabouchon (P1)

Nombre d'observations recueillies: $n=24$

Nombre de classes minimum: $k \approx 6$

On prendra 9 classes

Classes (en heures)	Nombre d'obs. (n_i)	Fréquences cumulées $F_{obs}\%$
0- 2	10	41.67
2- 4	6	66.67
4- 6	3	79.17
6- 8	1	83.33
8-10	0	83.33
10-12	0	83.33
12-14	1	87.50
14-16	2	95.83
≥ 16	1	100

Ajustement avec UNIFIT

Modèle Log-Normale:

$$\mu=0.8564$$

$$\sigma=1.2355$$

$$M_{est}(t) =$$

$$MTTR=5.05 \text{ h.}$$

Statistique modifiée de
Kolmogorov:

$$D_n=0.61165$$

Valeur critique au seuil
 $\alpha=0.05$.

$$D_n, \alpha=0.8661$$

On accepte l'hypothèse d'une distribution Log-Normale de paramètres $\mu=0.8564$ et $\sigma=1.2355$.

La moyenne des temps d'intervention est: 5.05h

Etude de maintenabilité
Soudeuse super-wima (SBW)

Nombre d'observations recueillies: $n=44$

Nombre de classes minimum: $k \approx 7$

On prendra 11 classes

Classes (en heure)	Nombre d'obs. (ni)	Fréquences cumulées Fobs%
0- 1	8	18.18
1- 2	12	45.45
2- 3	7	61.36
3- 4	6	75.00
4- 5	5	86.36
5- 6	2	90.90
6- 7	1	93.18
7- 8	0	93.18
8- 9	1	95.45
9-10	1	97.72
≥ 10	1	100

Ajustement avec UNIFIT

Modèle Log-Normale

$$\mu=0.61822$$

$$\sigma=0.86737$$

$$Meat(t) =$$

$$MTTR=2.7h$$

Statistique modifiée de
Kolmogorov:

$$Dn=0.7730$$

Valeur critique au seuil

$$\alpha=0.05$$

$$Dn, \alpha=0.8793$$

On accepte l'hypothèse d'une distribution Log-Normale de
paramètres $\mu=0.61822$ et $\sigma=0.86737$

La moyenne des temps d'intervention est de 2.7h

Etude de maintenabilité
Soudeuse cabouchon (Pz)

Nombre d'observations recueillies: $n=28$

Nombre de classes minimum: $k \sim 6$

On prendra 9 classes

Classes (en heure)	Nombre d'obs. (n_i)	Fréquences cumulées $F_{obs}\%$
0- 2	15	53.57
2- 4	6	75.00
4- 6	3	85.71
6- 8	0	85.71
8-10	2	92.86
10-12	0	92.86
12-14	1	96.43
14-16	1	100

Ajustement avec UNIFIT

Modèle Log-Normale

$\mu=0.5800$

$\sigma=1.1609$

Mean(t)=

MTTR=3.5

Statistique modifiée de
Kolmogorov:

$D_n=0.739505$

Valeur critique au seuil

$\alpha=0.05$

$D_{n,\alpha}=0.8702$

On accepte l'hypothèse d'une distribution Log-Normale de paramètre $\mu=0.5800$ et $\sigma=1.1609$.

La moyenne des temps d'intervention est de 3.5 h.

Etude de maintenabilité
Bordeuse (Mini-Jonc)

Nombre d'observations recueillies: $n=29$

Nombre de classes minimum: $k \approx 6$

On prendra 13 classes

Classes (en heure)	Nombre d'obs. (ni)	Fréquences cumulées Fobs%
0- 1	5	17.24
1- 2	8	44.83
2- 3	5	62.07
3- 4	2	68.97
4- 5	3	79.31
5- 6	3	89.66
6- 7	0	89.66
7- 8	0	89.66
8- 9	1	93.10
9-10	0	93.10
10-11	0	93.10
11-12	0	93.10
≥ 12	2	100

Ajustement avec UNIFIT

Modèle Log-Normale

$$\mu=0.6914$$

$$\sigma=0.9556$$

$$Med(t)=$$

$$MTTR=3.15 \text{ h}$$

Statistique modifiée de

Kolmogorov:

$$D_n=0.59321$$

Valeur critique au seuil

$$\alpha=0.05$$

$$D_{n,\alpha}=0.8711$$

On accepte l'hypothèse d'une distribution Log-Normale de paramètres $\mu=0.6914$ et $\sigma=0.9556$.

La moyenne des temps d'intervention est de 3.15 h

Commentaires

Machines	loi ajustée	Paramètres	MTTR (h)
FAcis	log normal	$\mu = 1.44$ $\sigma = 1.35$	10.55
Machines à anses (P ₂)	-	-	3.99
Machines à anses (P ₁)	-	-	2.00
sertisseuse	log normal	$\mu = 0.77$ $\sigma = 1.01$	3.60
S. cabouchon (P ₁)	log normal	$\mu = 0.96$ $\sigma = 1.24$	5.05
S B W	log normal	$\mu = 0.62$ $\sigma = 0.86$	2.70
S. cabouchon (P ₂)	log normal	$\mu = 0.58$ $\sigma = 1.16$	3.50
bordeuse (m j)	log normal	$\mu = 0.69$ $\sigma = 0.96$	3.15

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que les MTTR varient entre 2 heures et 10 heures.

Le facis a le MTTR le plus important, et ceci est dû à la difficulté de préhension des pièces défectueuses à remplacer. Pour les autres machines, les responsables éprouvent beaucoup de difficultés en matière de réparation électronique; en effet la chaîne pails comporte 3 armoires de commandes automatiques et il est arrivé que les agents de réparation ont mis jusqu'à 6 heures pour localiser un contacteur défectueux et le changer.

DISPONIBILITE:

Soit $D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$ la disponibilité théorique (asymptotique ou intrinsèque) de la machine i .

Machines	MTBF (h)	MTTR (h)	D_i
Facis	190.44	10.55	0.95
Machine à anses P2	256.96	3.99	0.98
Machine à anses P1	330.72	2.00	0.99
Sertisseuse	474.38	3.60	0.99
Soudeuse cabouchon P1	714.72	5.05	0.99
Soudeuse SBW	377.52	2.70	0.99
Soudeuse cabouchon P2	261.93	3.50	0.98
Bordeuse (Mini-jonc)	489.85	3.15	0.99

D'où la disponibilité théorique globale de la chaîne:

$$D_t = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{D_i} - (n-1)} = 0.87$$

La disponibilité asymptotique ou intrinsèque ne reflète pas la réalité, du fait qu'on a pris en considération que la MTTR (Moyenne des temps techniques de réparation).

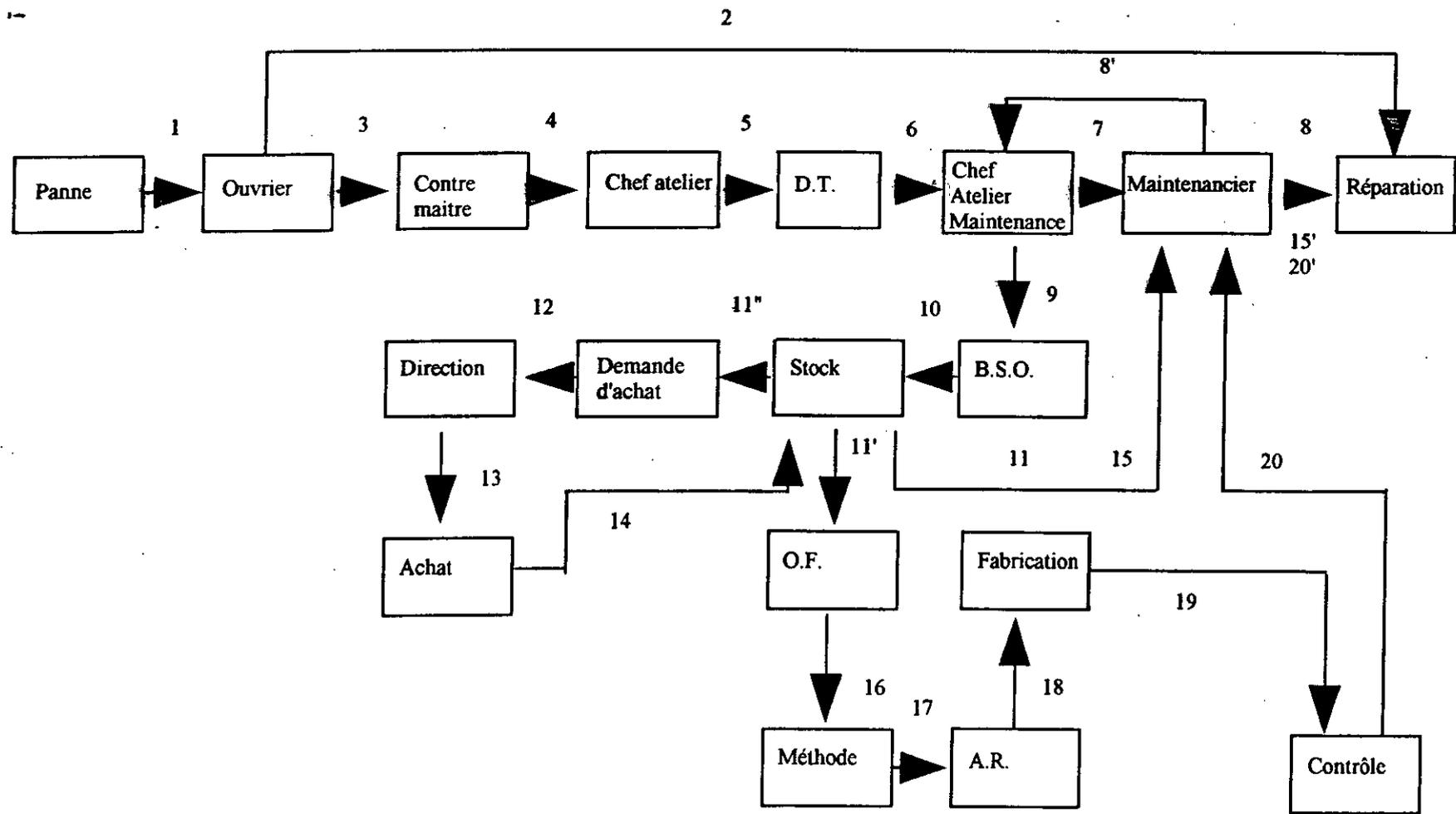
Cependant le TTR (Temps technique de réparation) ne représente pas tout le temps passé entre une panne et une réparation.

Dans le cas de l'unité K/DU le temps réellement passé entre une panne et une réparation est représenté par le circuit de la fig. 1.

Circuit de lancement d'un ordre de fabrication ~~reparation~~

fig. 1

4
4



- 1) Détection de la panne par l'opérateur (l'ouvrier).
- 2) Tentative de réparation.
- 3) Si la réparation est impossible l'ouvrier avise le contre-maitre, qui à son tour:
- 4) Avise le chef d'atelier.
- 5) Ce dernier déclenche une DT (Demande de travail).
- 6) Cette DT est remise au chef d'atelier maintenance.
- 7) Celui-ci donne l'ordre au maintenancier d'intervenir.
- 8) Si le maintenancier n'a pas besoin de pièces de rechange, il effectue sa mission et remet la machine en marche.
- 8') Sinon il demande à son chef d'atelier de lui:
- 9) Faire un bon de sortie (BSO) de pièces de rechange.
- 10) Qu'il remettra au service stock.
- 11) Si la pièce est en stock le maintenancier la prend et effectue la réparation.
- 11') Sinon, soit on déclenche un ordre de fabrication (OF) (si les ateliers annexe de K/DU peuvent réaliser la pièce).
- 11'') Soit on fait une demande d'achat à:
- 12) La direction (Service achat) qui:
- 13) Se charge de l'achat de la pièce.

- 14) La pièce est déposée au niveau des stocks.
- 15) Pour être ensuite remise au maintenancier.
- 15') Qui répare la machine.
- 16) Après avoir déclenché un OF par le service stock, il est remis au bureau méthode.
- 17) Qui fait l'étude technique de la réalisation de la pièce et remet les plans à l'atelier de réalisation (AR).
- 18) L'AR procède à la fabrication de la pièce qui:
- 19) Passera au service contrôle de qualité pour:
- 20) Etre enfin remise au maintenancier.
- 20') Qui effectue la réparation.

Remarque:

Les étapes 2, 8, 15' et 20' correspondent au temps de réparation technique déjà vu dans la partie maintenabilité.

Cependant pour les autres étapes, l'absence de relevés historiques des temps, ne nous permet pas de faire des calculs exactes, c'est pour cela qu'on calculera un temps global approximatif de toutes ces étapes qu'on appellera temps de logistique.

En collaboration avec les agents du service maintenance , nous avons pu obtenir les temps suivants:

* Temps de logistique pessimiste: TLpe = 40h (soit 5 jours).

* Temps de logistique probable: TLpr = 6h

* Temps de logistique optimiste: TLo = 0.2h

D'où:

Le temps moyen de logistique (MTL):

$$MTL = \frac{TLpe + TLo + 4 TLpr}{6} \approx 10.07 \text{ heures.}$$

D'où la nouvelle formule de disponibilité:

$$D_i = \frac{MTBF_i}{MTBF_i + MTL + MTTR_i} \quad (\text{pour l'équipement } i).$$

Le MTL est le même, vu que le circuit de la fig. 1 est le même pour toutes les machines.

Machine	MTBF (h)	MTTR (h)	MTL (h)	D _i x 100 (%)
Facis (Gpe refroidisseur)	190.4	10.55	10.7	89.95
Machine à anses P ₂	309.28	3.99	10.7	95.47
Machine à anses P ₁	330.72	2.00	10.7	96.30
Soudeuse cabouchon P ₁	714.72	5.05	10.7	97.84
Sertisseuse	474.24	3.6	10.7	97.07
Soudeuse (SBW)	377.52	2.7	10.7	96.57
Soudeuse cabouchon P ₂	261.92	3.5	10.7	94.86
Bordeuse (Mini-jonc)	489.76	3.15	10.7	97.25

D'où la disponibilité globale de la chaîne est:

$$D_T = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{D_i} - (n-1)} = 73.11\%$$

En comparaison avec la disponibilité intrinsèque (théorique), on remarque la baisse de disponibilité provoquée par les opérations de logistiques.

Cette nouvelle disponibilité de la chaîne reflète mieux la réalité, cependant il y'a d'autres facteurs (tels que: l'absenteisme, la rupture de stock en matières premières,...) qui n'ont pas été pris en considération. C'est pourquoi nous allons, dans ce qui suit, estimer la disponibilité opérationnelle de la chaîne à l'aide de la cadence réelle de celle-ci. [5]

Au niveau de la production, on distingue habituellement:

- * Q_r : La quantité produite effectivement pendant une période donnée.
- * Q_d : La quantité fixée par le programme d'exploitation.
- * Q_n : La quantité théoriquement disponible en marche continu.

Le coefficient d'utilisation sera donc:

$$K_u = \frac{Q_d}{Q_n} \times 100 \quad (\%)$$

Le coefficient de disponibilité sera:

$$K_d = \frac{Q_r}{Q_d} \times 100 \quad (\%)$$

Le coefficient global de production sera:

$$K = \frac{Q_d}{Q_n} \times \frac{Q_r}{Q_d} \times 100 \quad (\%)$$

Enfin si Q_i représente la quantité perdue par indisponibilité programmée et non programmée le coefficient d'indisponibilité pour la maintenance préventive et curative sera:

$$K_i = \frac{Q_i}{Q_d} \times 100 \quad (\%)$$

Notons que pour estimer Q_i il faut avoir les temps d'arrêt de la production pour la maintenance préventive et curative. De là on peut calculer les Q_i par la formule:

$$Q_i = h \times \text{Cad}$$

où: h : heures d'arrêt de la production pour travaux de maintenance.

Cad: cadence horaire réelle de la chaîne.

D'où on en déduit le tableau suivant:

Année	Q_n (m.u)	Q_d (m.u)	Q_r (m.u)	K_n (%)	K_d (%)	K (%)	h (h)	Q_i (m.u)	K_i (%)
1989	7320	5000	2561.8	68.31	51.23	34.99	550	1100	22
1990	7320	3800	904.15	51.91	23.79	12.35	398	796	21
1991	7320	3490	1387.3	47.68	39.75	18.95	302	604	17.3
1992	7320	5060	3470.3	69.13	68.58	47.58	600	1200	23.7

NB:

La cadence réelle de la chaîne $\text{Cad} = 2000 \text{ unité/h}$

(4)

Evolution des différents coefficients

1) coefficient d'irrigation K_{ir}

2) " " de dissémination K_{dis}

3) " " globale K

4) " " d'indisponibilité K_{ind}

100

75

50

25

1989

1990

1991

1992 (année)

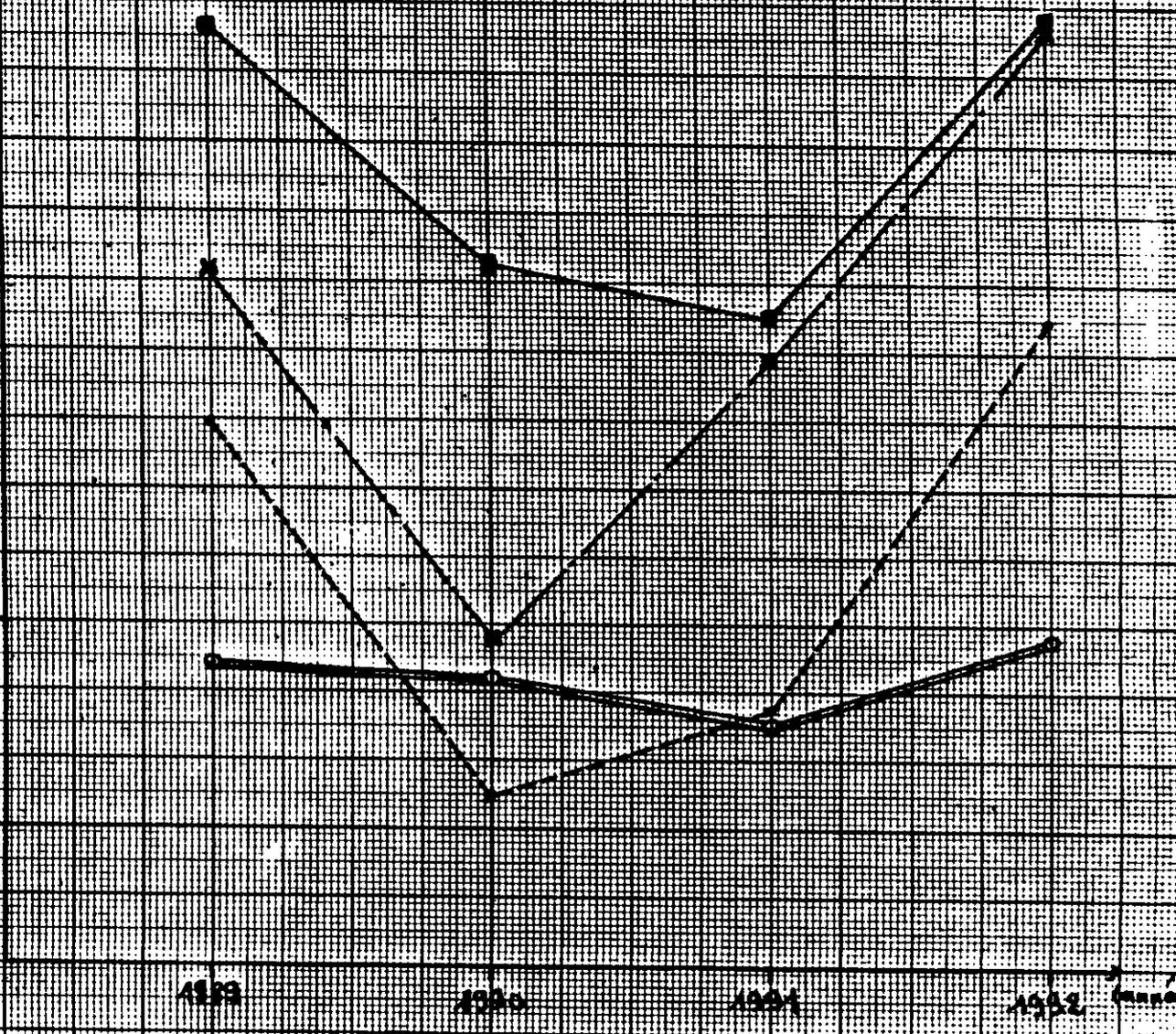


Figure 2

Commentaires

D'après la figure 2, on constate que le coefficient d'indisponibilité due à la maintenance curative et préventive est de 20%, c'est à dire que le 1/5 de la production programmé est irréalisé à cause de l'immobilisation de la chaîne de production pour réparation de pannes et changements de pièces d'usure, ce qui met en cause l'efficacité de la maintenance.

Pour le coefficient d'utilisation les valeurs sont comprises entre 50% et 70%, sauf pour l'année 1991 où il est égal à 47.7%, chose qui peut être expliquée par le fait que la chaîne ait subi une révision générale d'une durée de 3 mois, vient s'ajouter à ceci les contraintes du marché (la demande).

En ce qui concerne le coefficient de disponibilité, on remarque qu'il est assez variable, ceci est dû aux perturbations fréquentes causées par la rupture des stocks en matière premières (fer blanc), par l'absentéisme et par le manque d'effectif. Cependant la meilleure performance enregistrée est celle de 1992 où $K_d = 68.58\%$, néanmoins il lui correspond aussi le coefficient d'indisponibilité le plus élevé $K_i = 23.7\%$.

Enfin, on dira que les résultats obtenus lors de l'étude mathématique de fiabilité, maintenabilité, disponibilité, témoignent d'une insuffisance du service maintenance à maintenir la chaîne dans un état de fonctionnement et ainsi augmenter sa disponibilité. A cet effet il est nécessaire de passer à l'étude de fiabilité des organes des machines pour détecter les pannes les plus fréquentes et leurs causes et ainsi de dégager une politique de maintenance préventive pour diminuer les interventions curatives durant les périodes de fonctionnement.

Cependant et comme les dossiers historiques des machines ne contiennent que des informations concernant les équipements dans leur globalité, il nous est impossible de procéder à une telle étude. Néanmoins dans ce qui suivra on se propose d'aborder l'aspect qualitatif de la fiabilité, maintenabilité et disponibilité afin de pouvoir répondre aux trois questions suivantes:

- Comment définir un plan de maintenance?
- Pour quels matériels?
- Est-il vraiment nécessaire?

2-ASPECT QUALITATIF: [6]

(FIABILITE-MAINTENABILITE-DISPONIBILITE)

Cette méthode s'applique surtout à des systèmes ou dispositifs déjà conçus. En effet lorsque le matériel est déjà en exploitation depuis un certain temps, l'expérience conduit à une appréciation de ses possibilités et de la maintenance qu'il requiert.

Par ailleurs, définir systématiquement un plan de maintenance pour un dispositif donné n'est pas toujours nécessaire, d'autant plus que le plan envisagé peut être excessif, donc trop coûteux, ou au contraire, insuffisant et par conséquent ne peut pas répondre aux objectifs souhaités.

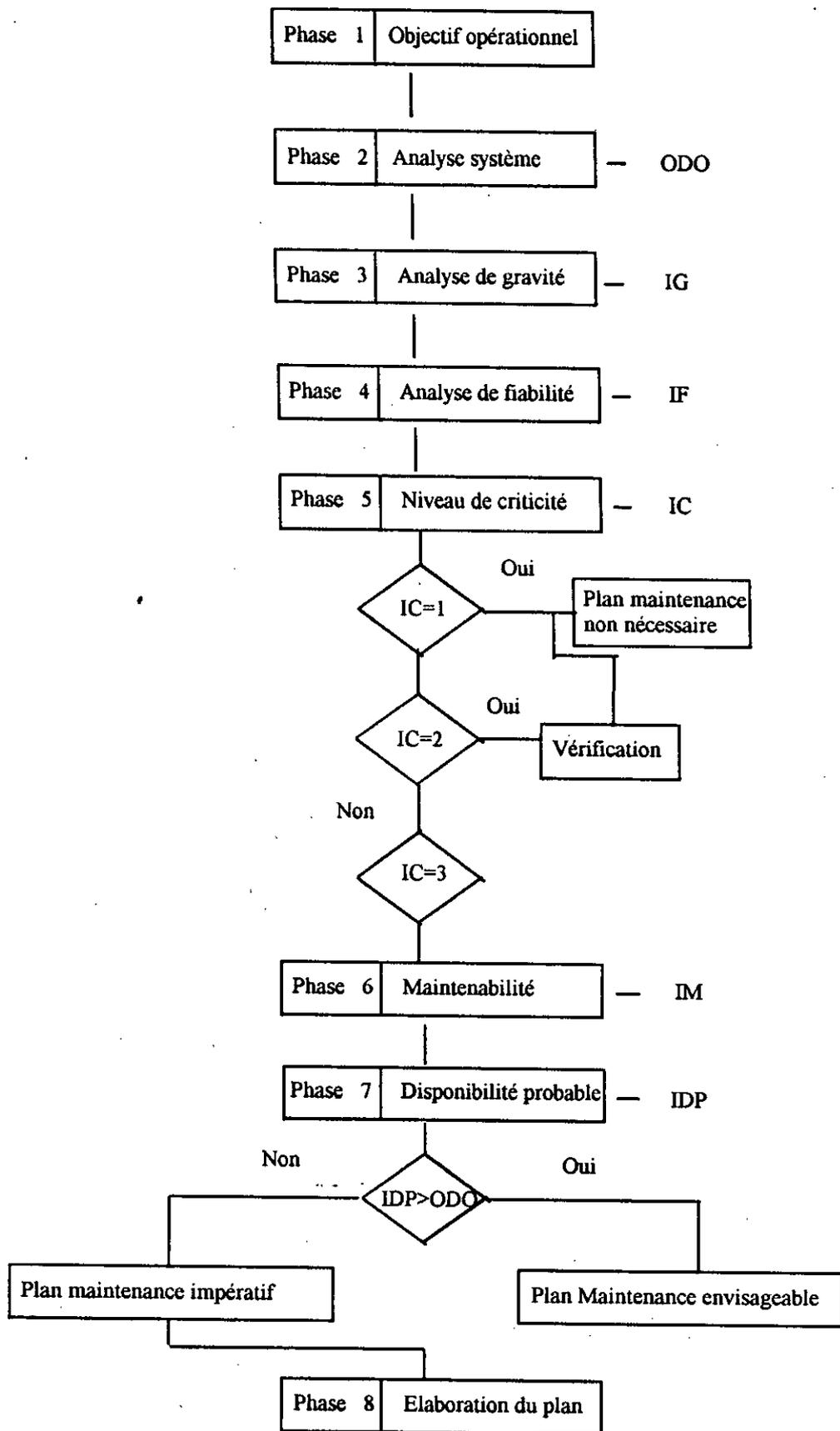
La démarche présentée ci-après, apporte une réponse à ces questions. Il ne s'agit pas d'une approche fiabilité mathématique, mais d'une progression rigoureuse pas à pas qui rassemble plusieurs outils d'aide à la décision permettant de définir une politique future, tout en vérifiant au fur et à mesure la fiabilité des hypothèses retenues et donc de les corriger si nécessaire.

a-Principe de la méthode:

L'élaboration du plan maintenance d'un système suppose la connaissance du système et de la mission pour laquelle il est réalisé.

Il faut donc réaliser une étude exhaustive du système sous ses aspects disponibilité, maintenabilité.

La méthode comporte huit phases présentées dans l'organigramme suivant:



Source : Article Alain Monnier
 - Plan maintenance - [6]

Abréviations utilisées:

ODO: Objectif de disponibilité opérationnelle.

IG : Indice de gravité.

IF : Indice de fiabilité.

IC : Indice de criticité.

IM : Indice de maintenabilité.

IDP: Indice de disponibilité probable.

PHASE 1: Objectif opérationnel:

Il s'agit de faire l'inventaire complet des contraintes imposées au système et des possibilités de l'utilisateur en matière d'entretien.

En quelque sorte, il faut définir la mission du système:

1-Inventaire des contraintes:

* spécifications opérationnelles.

* performances attendues:

- disponibilité globale.
- mode de fonctionnement.
- durée de fonctionnement.
- condition d'environnement.

* possibilités de fonctionnement dégradé:

- fonctions prioritaires.
- fonctions non prioritaires.
- redondances (prévues ou possibles).

2-Inventaire de l'existant:

- * Documentation.
- * Moyen technique.
- * Rechange.
- * Service entretien.
- * Circuit réparation.

PHASE 2: Analyse du système:

Un système est toujours décomposable en sous systèmes eux-même décomposables en chaîne opérationnelles ou fonctionnelles et chacune d'elles en fonctions principales (prioritaires) ou secondaires (non prioritaires).

Chaque élément de cette décomposition remplit une mission qui lui est propre et qui est une composante plus ou moins importante de la mission principale.

Il faut donc établir l'arborescence fonctionnelle donnant la décomposition du système en sous systèmes, chaînes et fonctions puis affecter à chacun des éléments de la décomposition un objectif de disponibilité (ODO).

La grille ci-après donne une méthode simple d'évaluation de l'objectif de la 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°1

avec

1	→	fonction très critique	ODO = 0.98 à 1.
2	→	fonction critique	ODO = 0.9 à 0.98.
3	→	fonction non critique	ODO < 0.9.

PHASE 3: Analyse de la gravité opérationnelle:

Les pannes pouvant survenir dans un système n'ont pas toutes les mêmes incidences par rapport à la réalisation de la mission. Il faut donc qualifier l'influence de la panne de chacune des fonctions sur l'accomplissement de la mission, pour cela la méthode la plus simple consiste à classer les défaillances en fonction de leurs conséquences et de définir ainsi les niveaux de gravité; chaque niveau correspond à un indice de gravité (IG). Pour cela nous appellerons:

* Défaillance critique ou catastrophique: toute défaillance qui empêche l'accomplissement de la mission et fait encourir des risques de blessures graves à des personnes ou des dégâts très importants au matériel.

* Défaillance majeure: défaillance autre que critique qui risque de réduire l'aptitude d'un dispositif à accomplir la fonction requise.

* Défaillance mineure: défaillance autre que critique, qui ne réduit pas l'aptitude d'un dispositif plus complexe à accomplir sa fonction.

Le tableau ci-après regroupe quelques classifications qui peuvent être retenues:

		Classification 1	Classification 2	Classification 3	Classification 4	Classification 5
Niveau IG		Conséquence	Conséquence	Conséquence	Conséquence	Conséquence
a	Panne mineure	Sous influence sur la mission	Influence sur le process	Arrêt de production < 30 mn. Pas de perte journalière 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	30 mn ≤ arrêt < 1 h Perte production sur une journée	Mauvaise qualité mais retouches possibles	Aucune influence direct sur l'accomplissement sur la mission mais gêne pour les opérateurs
c	Panne critique	Mise en jeu de la sécurité	Influence sur la qualité du produit ou sur la sécurité	1 h ≤ arrêt < 4 h Perte production non récupérable sur la journée	Mauvaise qualité produit non rattrapable	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° 2

PHASE 4: Analyse de la fiabilité:

Pour cette phase deux méthodes d'évaluation de la fiabilité du système sont envisageables selon le niveau de connaissance du groupe de travail qui réalise l'étude et selon le temps disponible pour effectuer celle-ci.

1-Analyse fiabiliste:

Cette méthode nécessite l'évaluation de la fiabilité par les outils mathématiques connus. La valeur ainsi déterminée correspondra à un niveau de fiabilité défini par l'allocation de fiabilité.

PANNE	NIVEAU	EXEMPLES		
Probable	A	$p > 10^{-5}$	$p \approx 10^{-4}$	+d'1 panne/an
Peu probable	B	$10^{-5} < p < 10^{-7}$	$p \approx 10^{-6}$	1 panne/an
Très peu probable	C	$10^{-7} < p < 10^{-9}$	$p \approx 6 \cdot 10^{-8}$	1 panne/2 ans
Hautement improbable	D	$p < 10^{-9}$	$p \approx 2 \cdot 10^{-10}$	1 panne/5 ans

TABLEAU n°3

2-Attribution d'un indice de fiabilité (IF):

Cette méthode d'approche ne nécessite aucune connaissance préalable des techniques fiabiliste et a l'avantage d'être rapide. On dira tout simplement que le niveau de fiabilité du système est en fait conditionné par différents facteurs de conception et d'exploitation, par exemple:

- La complexité technologique du matériel.
- La qualité de sa fabrication.
- l'environnement.
- etc...

On attribue à chacun de ces critères un indice de satisfaction (IS) à partir de l'échelle suivante:

Attribution d'un indice de satisfaction (IS)				
Valeur Critères	0,4	0,6	0,8	1
Technicité (T)	Matériel nouveau évolué	Matériel nouveau simple	Matériel connu complexe	Matériel connu simple
Production (P)	Production unitaire évoluée	Production unitaire qualifiée	Production petite série	Production grande série
Redondance (R)	Redondance impossible	Redondance possible mais pas prévue	Redondance passive	Redondance active
Qualification du fournisseur (Constructeur)	Niveau Q Fournisseur inconnu	Niveau Q Fournisseur < niveau requis >	Niveau Q Fournisseur < niveau requis >	Fournisseur Q1 certifié
Environnement (E)	Vibrations importantes Conditions climatiques difficiles	Conditions climatiques difficiles T° > 60 °C	Vibrations importantes Conditions climatiques normales	Conditions climatiques normales
Facteur service (S)	Cycle aléatoire + 50 jours	1 cycle par 20 jours	1 cycle par jour	Fonctionnement continu

TABLEAU n° 4

-On évalue alors l'indice de fiabilité IF par la formule:

$$IF = (I_{sT} \times I_{sP} \times I_{sR} \times I_{sQ} \times I_{sE} \times I_{sS})^{1/6}$$

-Lorsqu'une fonction est réalisée par un ensemble de matériel, il faudra évaluer l'indice de fiabilité (IF_{m1}) de chacun d'eux puis l'indice de fiabilité globale (IFG) de l'ensemble suivant la relation:

$$IFG = (IF_{m1} \times IF_{m2} \times \dots \times IF_{mn})^{1/n}$$

-Pour faciliter la suite de l'étude, la valeur IF est classée en quatre niveaux suivant le tableau ci-après:

Valeur	Niveaux	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°5

PHASE 5: Evaluation de la criticité:

L'indice de gravité et l'indice de fiabilité (IF) permettent de déterminer l'indice de criticité (IC) à partir de la matrice de décision suivante:

	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°6

* On obtient ainsi trois valeurs possibles pour IC:

-IC = 1: Matériel de fiabilité relativement bonne et occasionnant des pannes relativement peu graves; le matériel peut donc être considéré comme satisfaisant: il n'apparaît pas nécessaire d'établir un plan maintenance pour celui-ci.

-IC = 2: Il est nécessaire de vérifier si les valeurs d'indice retenues lors de l'analyse sont correctes afin de voir si l'on tend plutôt vers 1 ou vers 3.

-IC = 3: Matériel non satisfaisant à priori. Avant d'envisager un plan maintenance, on procédera à l'analyse de maintenabilité pour voir si celle-ci ne compense pas ce mauvais résultat.

PHASE 6: Etude de maintenabilité des matériels:

Chaque matériel est caractérisé par son aptitude à la maintenance. Cette aptitude peut être évaluée avec ce qu'on peut appeler "Indice de Maintenabilité".

Il s'agit donc de définir un indice de maintenabilité IM tel que:
 $0 < IM < 1$.

En effet, l'estimation de cet indice global (IMG = indice de maintenabilité global) peut se faire à partir de cinq indices partiels (IMP Q₁, Q₂, Q₃, Q₄, Q₅) caractérisant respectivement:

- La technicité du dispositif considéré 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 étant défini à partir des indices de satisfaction S_{ij} .

On pourra ainsi adopter comme définition

$$IM = A_1Q_1 + A_2Q_2 + A_3Q_3 + A_4Q_4 + A_5Q_5$$

Avec $A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 = 1$

Les A_i étant des pondérations choisies arbitrairement selon le dispositif particulier étudié.

L'objectif des indices partiels est de regrouper les indices de satisfaction de même nature et de leur donner des poids identiques.

1) L'indice de technicité du matériel Q_1 :

Il est évalué à partir des cinq indices de satisfaction suivants, eux même définis dans le tableau 1:

S_{11} : Caractéristique du matériel

S_{12} : Le nombre moyen de pièces à déposer pour les interventions les plus courantes

S_{13} : L'accessibilité au sein du dispositif

S_{14} : L'accessibilité autour du dispositif

S_{15} : La facilité de préhension (action de saisir).

Il en découle :

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

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 coûteux	Spéciale	0 à 0.2

TABLEAU n°8

3) L'indice intervenant (Q₃):

Il résultera des indices:

S₂₁: Qualification du ou des intervenant(s)

S₂₂: Nombre d'intervenants nécessaire

S₂₃: Provenance des intervenants

S₂₄: disponibilité des intervenants

Soit:

$$Q_3 = (S_{21} \times S_{22} \times S_{23} \times S_{24})$$

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 heure	0.7 à 0.9
Technicien superieur	2 à 5	Outre service	< 1 journée	0.4 à 0.7
Limite de l'acceptable				0.37
Spécialiste	> 5	Exterieur co-traitance SAV	< 1 semaine	0.2 à 0.37
Spécialiste haut niveau			> 1 semaine	0 à 0.2

TABLEAU n°9

4) L'indice de pièces de rechange Q4:

Il peut simplement être caractérisé par:

S41: La disponibilité moyenne des pièces (Stock ou non)

S42: Le coût des pièces

D'où

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

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

TABLEAU n°10

5) L'indice de consigne Q_5 :

Il fait apparaître:

S_{51} : Mise en jeu de consignes de sécurité

S_{52} : Contraintes (environnement hostile, contraintes de production ..., etc).

D'où

1/2

$$Q_5 = (S_{51} \times S_{52})$$

La qualité de la maintenabilité est donnée à partir de la classification suivante:

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°11

NB:

La limite de satisfaction acceptable pour les différents tableaux ci-dessus est de 0.37, valeur caractéristique des lois exponentielles.

PHASE 7: Evaluation de la disponibilité:

-Indice de disponibilité probable:

* L'analyse fonctionnelle du système a permis d'allouer à chaque fonction un objectif de disponibilité opérationnelle (ODO).

* L'évaluation de fiabilité et de mainenabilité du ou des matériel(s) nécessaire(s) à la réalisation de chaque fonction permet d'établir un indice de disponibilité probable (IDP) suivant la relation:

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

IF : est l'indice de fiabilité du (ou des) matériel(s) réalisant la fonction.

IM : est l'indice global de maintenabilité du ou des matériel(s) réalisant la fonction.

En principe l'indice IDP doit être égal ou supérieur à l'objectif de disponibilité opérationnelle (ODO).

Enfin la valeur IDP est à rapprocher de l'indice de satisfaction du besoin de disponibilité donnée par le tableau ci-après:

Indice de disponibilité	Satisfaction du besoin
0.98 à 1	Excellent
0.90 à 0.98	Très bon
0.85 à 0.90	Bon
0.75 à 0.85	Assez bon
0.65 à 0.75	Mauvais
< 0.63	Très mauvais

TABLEAU N°12

PHASE 8: Elaboration du plan maintenance:

A ce stade de l'étude, il est possible de comparer pour chaque niveau de l'arborescence fonctionnelle les indices d'objectif de disponibilité opérationnelle et ceux de disponibilité probable.

a) S'il s'avère que le besoin de disponibilité opérationnelle n'est pas satisfait il faudra impérativement améliorer la technique (c'est à dire: améliorer l'indice de fiabilité)

b) Soit agir sur la maintenance (c'est à dire l'indice de maintenabilité).

c) Ou bien agir sur les deux.

b-Application:

Après avoir exposé la méthode et ses différentes phases, on se propose de l'appliquer aux divers équipements déjà sélectionnés avec la classification ABC lors de l'étude mathématique de fiabilité. A cet effet des enquêtes ont été menées auprès d'un groupe de responsables de l'unité KDU; ce groupe est essentiellement composé du:

- * Chef de département technique.
- * Chef de service maintenance.
- * Contre maitre au niveau du service maintenance.
- * Technicien électromécanique.
- * Chef de section gestion de pièces de rechanges.
- * Controleur de maintenance.
- * Chef de section méthodes de production.

Ainsi, avec la collaboration des responsables impliqués dans la fonction maintenance et grace aux reunions de travail que nous avons eu avec eux concernant la chaine Pails, nous avons pu dégager les renseignements nécessaires pour mener à bien notre étude.

Les indices qui suivront dans l'application (tels que l'indice de fiabilité, l'indice de maintenabilité...) ont été estimés après consultation et accord du groupe de travail, cité ci-dessus, chose qui, à notre avis, va minimiser la subjectivité de notre jugement concernant les équipements que l'on ne connait que depuis trois mois.

Enfin, et en accord avec la phase 1 de la méthode, nous avons procédé, en collaboration avec le groupe de travail, à un inventaire des contraintes imposés au système et de possibilités de l'utilisation en matière d'entretien tels que:

- Le mode de fonctionnement des machines.
- Possibilités de redondance.
- Documentation.
- Moyen technique...

Ces caracteristiques apparaitrons plus en détails dans les autres phases lors de l'évaluation des indices de satisfaction.

Soudeuse cabouchon.

Phase 2:

La fonction des soudeuses cabouchon est une fonction prioritaire, celles-ci ne sont pas réparables en cours de mission.

On en déduit (d'après le tableau 1):

$$\underline{OOO = 0.98}$$

Phase 3:

La troisième classification du tableau 2 s'adapte le mieux à notre cas: Une panne d'une soudeuse cabouchon engendre en général un arrêt de 4 heures en moyenne (Voir étude de maintenabilité).

On en déduit un niveau d'indice de gravité d (panne catastrophique).

$$\boxed{IG = d}$$

Phase 4:

Attribution d'un indice de fiabilité:

- Technicité : matériel connu complexe.
- Production : elle est de grande série.
- Redondance : pas de redondance possible.
- Qualification du fournisseur : les responsables ne sont pas satisfait du fournisseur, ils jugent son niveau inférieur au niveau requis.
- Environnement : bruit et température élevée.
- Facteur service : la machine fonctionne sans arrêt.

On déduit, d'après le tableau 3, les résultats suivants:

IsT	IsP	IsR	IsQ	IsE	IsF
0.8	1	0.4	0.6	0.6	1

Evaluation de l'indice de fiabilité:

$$IF = (IsT \times IsP \times IsR \times IsQ \times IsE \times IsF)$$

$$IF = 0.70$$

D'après le tableau 4, on en déduit, un niveau de satisfaction B (plutôt bon) (car $0.6 < IF < 0.8$).

Phase 5:

Evaluation de la criticité:

$$IF = B \quad \rightarrow \quad IC = 3 \quad (\text{d'après le tableau 5}).$$

Phase 6:

Etude de maintenabilité:

1-L'indice de technicité:

* Le matériel est caractérisé par sa complexité, d'où un indice de satisfaction:

$$S_{11} = 0.37.$$

* Le nombre de pièces à déposer pour les pannes les plus courantes est inférieur à 10 pièces en moyenne.

On en déduit, un indice de satisfaction:

$$S_{12} = 1.$$

* L'accessibilité au sein du dispositif est très bonne, on en déduit:

$$S_{13} = 0.8$$

* L'accessibilité autour du dispositif est très bonne, car pour changer les pièces d'usure il faut moins de 30mn.

d'où:

$$S_{14} = 0.8$$

* L'action de saisir la pièce de l'intérieur est assez bonne

$$S_{15} = 0.5$$

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

$$Q_1 = 0.65$$

2- Niveau d'intervention:

* Documentation:

La documentation concernant la soudeuse cabouchon est très partielle et même inexploitable,

On en déduit un indice de satisfaction:

$$S_{21} = 0.37$$

* Gamme d'intervention:

Le calendrier de la maintenance préventive existe mais n'est pas prit en compte par le service production à cause des retards de production fréquemment enregistrés, l'indice de satisfaction est donc:

$$S_{22} = 0.37$$

* Outillage:

Il existe sur le marché et peut s'acquérir facilement:

$$S23 = 0.9$$

* Manutention:
Elle est manuelle.

$$S24 = 0.9$$

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

$$Q2 = 0.58$$

3- L'indice de l'intervenant:

* Une panne survenue sur la soudeuse cabouchon peut être facilement réparée par un agent technique:

$$S31 = 0.8$$

* En général l'intervention sur la soudeuse cabouchon nécessite un à deux agents technique:

$$S32 = 0.9$$

* L'agent intervenant provient du service maintenance:

$$S33 = 0.7$$

* Et il lui faut moins d'une heure pour être sur place:

$$S34 = 0.95$$

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

$$Q3 = 0.89$$

4- Indice de pièces de rechange:

* D'après les fiches des mouvements de pièces de rechange, le

4- Indice de pièces de rechange:

* D'après les fiches des mouvements de pièces de rechange, le coût des pièces de rechange varie entre 10000DA et 70000DA.

On en déduit un indice de satisfaction:

$$S_{41} = 0.8$$

* En ce qui concerne la disponibilité de ces pièces, les agents du magasin PDR (Pièces De Rechange) évaluent le délais d'approvisionnement entre 3 et 4 jours, d'où un indice de satisfaction:

$$S_{42} = 0.4$$

D'où:

$$Q_4 = (S_{41} \times S_{42})^{1/2}$$

$$Q_4 = 0.57$$

5- Indice de consigne:

* Pas de consigne spéciale concernant la sécurité, mais existence de contraintes de production.

$$S_{51} = 0.9$$

$$S_{52} = 0.6$$

$$Q_5 = (S_{51} \times S_{52})^{1/2}$$

$$Q_5 = 0.73$$

Choix des pondérations des A_i :

Le matériel est relativement complexe et le coût de la pièce de rechange est assez élevé par rapport au coût de l'assistance production, et en ce qui concerne la sécurité, il n'y a pas de risques à considérer, il s'en suit que :

$$A_1 = 0.30$$

$$A_2 = 0.15$$

$$A_3 = 0.15$$

$$A_4 = 0.30$$

$$A_5 = 0.10$$

$$IM = CA_1Q_1 + A_2Q_2 + A_3Q_3 + A_4Q_4 + A_5Q_5$$

$$IM = 0.66$$

La difficulté du choix des pondérations A_i nous pousse à faire une analyse de sensibilité en faisant varier ces pondérations entre une valeur maximale et une valeur minimale, pour voir si la variation de IM est importante ou non.

A_1	0.35	0.60	0.20
A_2	0.10	0.05	0.20
A_3	0.10	0.05	0.20
A_4	0.35	0.25	0.20
A_5	0.10	0.05	0.20
IM	0.65	0.64	0.68

On remarque que, même si on fait varier les pondérations A_i , la valeur de IM reste dans l'intervalle (0.5, 0.7).

Phase 7:

Indice de disponibilité probable (IDP):

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

$$\begin{array}{l} IF = 0.70 \\ IM = 0.66 \end{array} \left| \begin{array}{l} \rightarrow IDP = 0.898 \end{array} \right.$$

L'objectif de disponibilité ayant été fixé à: $ODO = 0.98$, par conséquent et d'après l'organigramme 1, un plan de maintenance est impératif.

Notons que l'indice de maintenabilité (IM) est inférieur à l'indice de fiabilité (IF), il faut donc agir sur IM en priorité.

On agit sur les Q_i les plus faibles (dans notre cas Q_2 (correspondant au niveau des interventions) et Q_4 (correspondant au coût de la pièce de rechange).

Facis

Phase 2:

La fonction du groupe refroidisseur est une fonction principale, et ne peut être réparables en cours de mission. On en déduit (d'après le tableau 1):

$$\underline{ODO = 0.98}$$

Phase 3:

La troisième classification du tableau 2 s'adapte le mieux à notre cas: Une panne du groupe refroidisseur engendre en moyenne un arrêt de 10h.

On en déduit un niveau d'indice de gravité c (panne critique).

$$\boxed{IG = d}$$

Phase 4:

Attribution d'un indice de fiabilité:

- Technicité : matériel connu complexe.
- Redondance : pas de redondance possible.
- Qualification du fournisseur : les responsables ne sont pas satisfait du fournisseur (Sabatier), ils jugent son niveau inférieur au niveau requis.
- Environnement : Conditions normales
- Facteur service : la machine fonctionne en continu.

On déduit, d'après le tableau 3, les résultats suivants:

IsT	IsR	IsQ	IsE	IsF
1	0.4	0.6	1	1

Evaluation de l'indice de fiabilité:

$$IF = (IsT \times IsP \times IsR \times IsQ \times IsE \times IsF) \quad 1/6$$

$$IF = 0.75$$

D'après le tableau 4, on en déduit, un niveau de satisfaction B (plutôt bon) (car $0.6 < IF < 0.8$).

Phase 5:

Evaluation de la criticité:

L'indice de gravité (IG) et l'indice de fiabilité (IF) nous permettent de déterminer l'indice de criticité:

$$\begin{array}{l} IF = B \\ IG = d \end{array} \quad \rightarrow \quad IC = 3 \quad (\text{d'après le tableau 5}).$$

On passe à l'étude de maintenabilité.

Etude de maintenabilité:

1-L'indice de technicité:

* Le matériel est relativement assez simple, d'où un indice de satisfaction

$$S_{11} = 0.5$$

* Le nombre de pièces à déposer pour les pannes les plus courantes est inférieur à 10 pièces en moyenne.

On en déduit un indice de satisfaction:

$$S_{12} = 1.$$

* L'accessibilité au sein du dispositif est assez bonne, on en déduit:

$$S_{13} = 0.5$$

* L'accessibilité autour du dispositif est très bonne, d'où:

$$S_{14} = 0.8$$

* L'action de saisir la pièce de l'intérieur est bonne

$$S_{15} = 0.6$$

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

$Q_1 = 0.70$

2- Niveau d'intervention:

* Documentation:

La documentation concernant le groupe refroidisseur existe, mais elle est partielle.

On en déduit un indice de satisfaction:

$$S_{21} = 0.60$$

* Gamme d'intervention:

Il n'y a pas de calendrier de maintenance préventive pour le groupe refroidisseur.

$$S_{22} = 0.20$$

* Outillage: Il existe sur le marché et peut s'acquérir facilement:

$$S_{23} = 0.9$$

* Manutention: Elle est manuelle.??? car il s'agit de changer en général des blocks de pièces tout entier:

$$S_{24} = 0.4$$

$$Q_2 = (S_{21} \times S_{22} \times S_{23} \times S_{24})^{1/4}$$

$Q_2 = 0.46$

3- L'indice de l'intervenant:

* Une panne survenue sur le facis peut être facilement réparé par un agent technique:

$$S_{31} = 0.9$$

* En général l'intervention sur le facis nécessite deux agents techniques

$$S_{32} = 0.8$$

* L'agent intervenant provient du service maintenance:

$$S_{22} = 0.7$$

* Et il lui faut moins d'une heure pour être sur place:

$$S_{24} = 0.95$$

$$Q_3 = (S_{21} \times S_{22} \times S_{23} \times S_{24})^{1/4}$$

$$Q_3 = 0.83$$

4- Indice de pièces de rechange:

* D'après les fiches de mouvement de pièces de rechange, le coût des pièces de rechange varie entre 15000DA et 180000DA. On en déduit un indice de satisfaction:

$$S_{41} = 0.8$$

* En ce qui concerne la disponibilité de ces pièces, les agents du magasin PDR (Pièces De Rechange) estiment le délais d'approvisionnement entre 1 et 4 jours:

$$S_{42} = 0.4$$

D'où:

$$Q_4 = (S_{41} \times S_{42})^{1/2}$$

$$Q_4 = 0.57$$

5- Indice de consigne:

- * Pas de consignes spéciales concernant la sécurité.
- * Mais existence de contraintes de productions.

5- Indice de consigne:

- * Pas de consignes spéciales concernant la sécurité.
- * Mais existence de contraintes de productions.

$$S_{51} = 0.9$$

$$S_{52} = 0.6$$

$$Q_5 = (S_{51} \times S_{52})^{1/2}$$

$$Q_5 = 0.73$$

Choix de pondération des A_i : (même chose que la soudeuse cabouchon)

$$A_1 = 0.30$$

$$A_2 = 0.15$$

$$A_3 = 0.15$$

$$A_4 = 0.30$$

$$A_5 = 0.10$$

$$IM = A_1Q_1 + A_2Q_2 + A_3Q_3 + A_4Q_4 + A_5Q_5$$

$$IM = 0.67$$

Si on fait varier les pondérations A_i , on aura:

A_1	0.35	0.50	0.25
A_2	0.10	0.10	0.05
A_3	0.10	0.10	0.05
A_4	0.35	0.20	0.60
A_5	0.10	0.10	0.05
IM	0.67	0.63	0.70

On est toujours dans l'intervalle [0.5 ; 0.7], c'est à dire une bonne maintenabilité.

Phase 7:

Indice de disponibilité probable (IDP):

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

$$\begin{array}{l|l} IF = 0.70 & \\ IM = 0.67 & \Rightarrow IDP = 0.901 \end{array}$$

L'objectif de disponibilité ayant été fixé à: ODO = 0.98; par conséquent et d'après l'organigramme 1, un plan de maintenance est impératif.

Notons que l'indice de maintenabilité (IM) est inférieur à l'indice de fiabilité (IF), il faut donc agir sur IM en priorité.

Pour cela il faut agir sur les Q_i les plus faibles (dans notre cas Q_1 et Q_2 correspondant relativement à la technicité du dispositif et au coût de la pièce de rechange).

Bordeuse (mini-jonc)

Phase 2:

La fonction de la bordeuse (mini-jonc) est une fonction principale donc prioritaire, elle n'est pas réparable en cours de mission.

On en déduit (d'après le tableau 1):

$$\underline{ODO = 0.98}$$

Phase 3:

La troisième classification du tableau 2 s'adapte le mieux à notre cas: Une panne de la bordeuse (mini-jonc) engendre en général un arrêt de 3 heures (Voir étude de maintenabilité).

On en déduit un niveau d'indice de gravité c (panne critique).

$$\boxed{IG = c}$$

Phase 4:

Attribution d'un indice de fiabilité:

- Technicité : la bordeuse (mini-jonc) est un matériel connu complexe.
- Production : elle est de grande série.
- Redondance : impossible.
- Qualification du fournisseur : les responsables ne sont pas satisfaits du fournisseur (Sabatier); ils jugent son niveau inférieur au niveau requis.
- Environnement : bruit et température élevée.
- Facteur service : la machine fonctionne sans arrêt.

On déduit, d'après le tableau 3, les résultats suivants:

IsT	IsP	IsR	IsQ	IsE	IsF
0.8	1	0.4	0.6	0.6	1

Evaluation de l'indice de fiabilité:

$$IF = (IsT \times IsP \times IsR \times IsQ \times IsE \times IsF) \quad 1/6$$

$$IF = 0.70$$

D'après le tableau 4, on en déduit, un niveau de satisfaction B (plutôt bon) (car $0.6 < IF < 0.8$).

Phase 5:

Evaluation de la criticité:

$$IF = B$$

$$IG = c$$

$$\rightarrow IC = 2 \text{ (d'après le tableau 5).}$$

L'étude de fiabilité nous laisse penser que l'indice de criticité tend plutôt vers $IC = 1$ que vers $IC = 3$, étant donné que le MTBF est de 31 jours.

Soudeuse (SBW)

Phase 2:

La fonction de la soudeuse SBW est une fonction prioritaire, elle n'est pas réparable en cours de mission.

On en déduit (d'après le tableau 1):

$$\underline{ODO = 0.98}$$

Phase 3:

La troisième classification du tableau 2 s'adapte le mieux à notre cas: Une panne de la soudeuse SBW engendre un arrêt de 3 heures en moyenne (Voir étude de maintenabilité).

On en déduit un niveau d'indice de gravité c (panne critique):

$$\boxed{IG = c}$$

Phase 4:

Attribution d'un indice de fiabilité:

- Technicité : matériel connu complexe.
- Production : elle est de grande série.
- Redondance : pas de redondance possible.
- Qualification du fournisseur : fournisseur connu (Soudronic); son niveau de technologie est performant, donc la qualification du fournisseur est certifiée.
- Environnement : bruit et température élevée.
- Facteur service : la machine fonctionne sans arrêt.

On déduit, d'après le tableau 3, les résultats suivants:

IsT	IsP	IsR	IsQ	IsE	IsF
0.8	1	0.4	1	0.6	1

Evaluation de l'indice de fiabilité:

$$IF = (IsT \times IsP \times IsR \times IsQ \times IsE \times IsF) \quad 1/6$$

$$IF = 0.76$$

D'après le tableau 4, on en déduit, un niveau de satisfaction B (plutôt bon) (car $0.6 < IF < 0.8$).

Phase 5:

Evaluation de la criticité:

IF = B

IG = c

$$\Rightarrow IC = 2 \text{ (d'après le tableau 5).}$$

Il est difficile de dire si IC tend vers $IC = 1$ ou $IC = 3$, c'est à cet effet qu'il faut faire une étude de maintenabilité.

Phase 6:

Etude de maintenabilité:

1-L'indice de technicité:

* Le matériel est caractérisé par sa complexité, d'où un indice de satisfaction:

$$S_{11} = 0.37.$$

* Le nombre de pièces à déposer pour les pannes les plus courantes est inférieur à 10 pièces en moyenne.
On en déduit un indice de satisfaction:

$$S_{12} = 1.$$

* L'accessibilité au sein du dispositif est bonne, on en déduit:

$$S_{13} = 0.7.$$

* L'accessibilité autour du dispositif est sans problème, car pour changer les pièces d'usure il faut 30mn
d'où:

$$S_{14} = 1$$

* L'action de saisir la pièce de l'intérieur est sans problème, l'agent de maintenance n'éprouve aucune difficulté:

$$S_{15} = 1$$

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

$Q_1 = 0.80$

2- Niveau d'intervention:

*. Documentation:

La documentation est plus ou moins complète:

$$S_{21} = 0.8$$

* Gamme d'intervention:

Le calendrier de la maintenance préventive existe mais n'est pas pris en compte par le service production.

$$S_{22} = 0.37$$

* Outillage: Il existe sur le marché.

$$S_{23} = 0.9$$

* Manutention: Elle est manuelle.

$$S_{24} = 0.9$$

$$Q_2 = (S_{21} \times S_{22} \times S_{23} \times S_{24})^{1/4}$$

$$Q_2 = 0.70$$

3- L'indice de l'intervenant:

* Une panne survenue sur la soudeuse SBW peut être facilement réparée par un agent technique:

$$S_{31} = 0.8$$

* En général l'intervention sur la soudeuse SBW nécessite deux agents technique:

$$S_{32} = 0.8$$

* L'agent intervenant provient du service maintenance:

$$S_{33} = 0.7$$

* Et il lui faut moins d'une heure pour être sur place:

$$S_{34} = 0.95$$

$$Q_3 = (S_{31} \times S_{32} \times S_{33} \times S_{34})^{1/4}$$

$$Q_3 = 0.81$$

4- Indice de pièces de rechange:

* D'après les fiches de mouvements de pièces de rechange, le coût des pièces de rechange varie entre 20000DA et 30000DA.

On en déduit un indice de satisfaction:

$$S_{41} = 0.7$$

* En ce qui concerne la disponibilité de ces pièces, les agents du magasin PDR (Pièces De Rechange) évaluent leurs disponibilité à moins d'une semaine:

$$S_{42} = 0.2$$

D'où:

$$Q_4 = (S_{41} \times S_{42})^{1/2}$$

$$Q_4 = 0.37$$

5- Indice de consigne:

* Pas de consigne spéciale concernant la sécurité.

* Mais existence de contraintes de production.

$$S_{51} = 0.9$$

$$S_{52} = 0.6$$

$$Q_5 = (S_{51} \times S_{52})^{1/2}$$

$$Q_5 = 0.73$$

Choix de pondération des A_i : (même chose que la soudeuse cabouchon)

$$A_1 = 0.30$$

$$A_2 = 0.15$$

$$A_3 = 0.15$$

$$A_4 = 0.30$$

$$A_5 = 0.10$$

$$IM = A_1Q_1 + A_2Q_2 + A_3Q_3 + A_4Q_4 + A_5Q_5$$

$$IM = 0.65$$

Si on fait varier les pondérations A_i on aura :

A_1	0.35	0.40	0.20
A_2	0.10	0.20	0.15
A_3	0.10	0.10	0.20
A_4	0.35	0.25	0.40
A_5	0.10	0.05	0.05
IM	0.63	0.67	0.61

On est toujours dans l'intervalle [0.5; 0.7] c-à-d: une bonne maintenabilité

Phase 7:

Indice de disponibilité probable (IDP):

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

$$\begin{array}{l} IF = 0.76 \\ IM = 0.65 \end{array} \left| \begin{array}{l} \\ \end{array} \right. \Rightarrow IDP = 0.92$$

L'objectif de disponibilité ayant été fixé à: $ODO = 0.98$; par conséquent et d'après l'organigramme 1, un plan de maintenance est impératif.

Notons que l'indice de maintenabilité (IM) est inférieur à l'indice de fiabilité (IF), il faut donc agir sur IM en priorité.

Pour cela il faut agir sur les Q_i les plus faibles (dans notre cas Q_2 et Q_4 correspondants respectivement au niveau des interventions et au coût de la pièce de rechange).

Sertisseuse

Phase 2:

La fonction de la sertisseuse est une fonction principale, elle n'est pas réparable en cours de mission.

On en déduit, (d'après le tableau 1):

$$\underline{ODO = 0.98.}$$

Phase 3:

Une panne survenue sur la sertisseuse engendre en général un arrêt de 3h 30' (Voir étude de maintenabilité).

On en déduit d'après le tableau 2, classification 3 un niveau d'indice de gravité c (panne critique).

$$\boxed{IG = c}$$

Phase 4:

Attribution d'un indice de fiabilité:

- Technicité : le matériel est connu, et est caractérisé par sa complexité.
- Production : elle est de grande série.
- Redondance : pas de redondance possible.
- Qualification du fournisseur : les responsables ne sont pas satisfaits du fournisseur (Sabatier), ils jugent son niveau inférieur au niveau requis.
- Environnement : bruit et température élevée.
- Facteur service : la machine fonctionne sans arrêt.

On déduit, d'après le tableau 3, les résultats suivants:

IsT	IsP	IsR	IsQ	IsE	IsF
0.8	1	0.4	0.6	0.6	1

Evaluation de l'indice de fiabilité:

$$IF = (IsT \times IsP \times IsR \times IsQ \times IsE \times IsF)$$

$$IF = 0.70$$

D'après le tableau 4, on en déduit, un niveau de satisfaction B (plutôt bon) (car $0.6 < IF < 0.8$).

Phase 5:

Evaluation de la criticité:

$$IF = B \quad \left| \quad \rightarrow \quad IC = 2 \quad (\text{d'après le tableau 5}). \right.$$

IG = c

L'étude de fiabilité nous laisse penser que l'indice de criticité tend plutôt vers $IC = 1$ que vers $IC = 3$, étant donné que le MTBF est de 30 jours.

Machines à anses

Phase 2:

La fonction des machines à anses est une fonction prioritaire, celles-ci ne sont pas réparables en cours de mission. On en déduit (d'après le tableau 1):

$$\underline{ODO = 0.98}$$

Phase 3:

La troisième classification du tableau 2 s'adapte le mieux à notre cas: Une panne d'une machine à anses engendre un arrêt de 3h30' en moyenne (Voir étude de maintenabilité). On en déduit un niveau d'indice de gravité c (panne critique).

$$\boxed{IG = c}$$

Phase 4:

Attribution d'un indice de fiabilité:

- Technicité : matériel connu complexe.
- Production : elle est de grande série.
- Redondance : pas de redondance possible.
- Qualification du fournisseur : les responsables ne sont pas satisfait du fournisseur (Sabatier), ils jugent son niveau inférieur au niveau requis.
- Environnement : bruit et température élevée.
- Facteur service : la machine fonctionne en continu pendant la période de travail.

On déduit, d'après le tableau 3, les résultats suivants:

IsT	IsP	IsR	IsQ	IsE	IsF
0.8	1	0.4	0.6	0.6	1

Evaluation de l'indice de fiabilité:

$$IF = (IsT \times IsP \times IsR \times IsQ \times IsE \times IsF) \quad 1/0$$

$$IF = 0.70$$

D'après le tableau 4, on en déduit, un niveau de satisfaction B (plutôt bon) (car $0.6 < IF < 0.8$).

Phase 5:

Evaluation de la criticité:

L'indice de gravité (IG) et l'indice de fiabilité (IF) nous permettent de déterminer l'indice de criticité:

$$\begin{array}{l} IF = B \\ IG = c \end{array} \Rightarrow IC = 2 \text{ (d'après le tableau 5).}$$

L'étude mathématique de fiabilité nous laisse penser que l'indice de criticité tend plutôt vers $IC = 3$ que vers $IC = 1$, étant donné que les MTBF des machines à anses sont de 16 et 20 jours.

Phase 6:

Etude de maintenabilité:

1-L'indice de technicité:

* Les machines à anses sont d'une complexité moyenne voire assez simple:

$$S_{11} = 0.45$$

* Le nombre de pièces à déposer pour les pannes les plus courantes est inférieur à 10 pièces en moyenne.

On en déduit un indice de satisfaction:

$$S_{12} = 1.$$

* L'accessibilité au sein du dispositif est mauvaise, on en déduit:

$$S_{13} = 0.3$$

* L'accessibilité autour du dispositif est bonne, car pour changer les couteaux de coupe et les couteaux de pliage, il faut moins de 45mn pour les remplacer:

d'où:

$$S_{14} = 0.7$$

* L'action de saisir la pièce de l'intérieur est mauvaise:

$$S_{15} = 0.37$$

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

$$Q_1 = 0.51$$

2- Niveau d'intervention:

* Documentation:

La documentation concernant les machines à anses est très partielle, et même inexploitable.

On en déduit un indice de satisfaction:

$$S_{21} = 0.37$$

* Gamme d'intervention:

Le calendrier de la maintenance préventive existe mais n'est pas pris en compte par le service production.

$$S_{22} = 0.37$$

* Outillage: Standard, courant.

$$S_{23} = 0.9$$

* Manutention: Elle est manuelle.

$$S_{24} = 0.9$$

$$Q_2 = (S_{21} \times S_{22} \times S_{23} \times S_{24})^{1/4}$$

$$Q_2 = 0.58$$

3- L'indice de l'intervenant:

* L'agent d'exécution est lui même responsable de la réparation des pannes des machines à anses:

$$S_{31} = 0.8$$

* En général l'intervention sur une machine à anses nécessite deux agents d'exécution:

$$S_{32} = 0.8$$

* L'agent intervenant provient du service maintenance:

$$S_{33} = 0.7$$

* Et il lui faut moins d'une heure pour être sur place:

$$S_{34} = 0.95$$

$$Q_3 = (S_{31} \times S_{32} \times S_{33} \times S_{34})^{1/4}$$

$$Q_3 = 0.81$$

4- Indice de pièces de rechange:

* D'après les fiches de mouvement de pièces de rechange, le coût des pièces de rechange varie entre 400DA et 4000DA. On en déduit un indice de satisfaction:

$$S_{41} = 0.9$$

* En ce qui concerne la disponibilité de ces pièces, les agents du magasin PDR (Pièces De Rechange) estiment le délais d'approvisionnement à un maximum de deux jours:

$$S_{42} = 0.7$$

D'où:

$$Q_4 = (S_{41} \times S_{42})^{1/2}$$

$$Q_4 = 0.79$$

5-Indice de consigne

* Pas de consigne spéciales concernant la sécurité.

* Mais existence de contraintes de production.

$$S_{51} = 0.9$$

$$S_{52} = 0.6$$

$$Q_5 = (S_{51} \times S_{52})^{1/2}$$

$$Q_5 = 0.73$$

Choix de pondération des A_i : (même chose que la soudeuse cabouchon)

Le matériel est relativement assez simple et le coût de la pièce de rechange est assez élevé. En ce qui concerne la sécurité, il n'y a pas de risques à considérer, il s'en suit:

$$A_1 = 0.30$$

$$A_2 = 0.15$$

$$A_3 = 0.15$$

$$A_4 = 0.30$$

$$A_5 = 0.10$$

$$IM = A_1Q_1 + A_2Q_2 + A_3Q_3 + A_4Q_4 + A_5Q_5$$

$$IM = 0.65$$

Analyse de sensibilité: (même chose que la soudeuse cabouchon)

Cependant si on fait varier les pondérations A_i on aura:

A1	0.40	0.20	0.20
A2	0.20	0.10	0.10
A3	0.10	0.20	0.05
A4	0.20	0.45	0.60
A5	0.10	0.05	0.05
IM	0.64	0.65	0.61

On est donc toujours dans l'intervalle [0.5; 0.7], c'est à dire une bonne maintenabilité.

Phase 7:

Indice de disponibilité probable (IDP):

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

$$\begin{array}{l} IF = 0.70 \\ IM = 0.65 \end{array} \left| \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right. \Rightarrow IDP = 0.91$$

L'objectif de disponibilité ayant été fixé à: $ODO = 0.98$; par conséquent et d'après l'organigramme 1, un plan de maintenance est impératif.

Notons que l'indice de maintenabilité (IM) est inférieur à l'indice de fiabilité (IF), il faut donc agir sur IM en priorité.

Pour cela il faut agir sur les Q_i les plus faibles (dans notre cas Q_2 et Q_4 correspondant respectivement au niveau des interventions et aux pièces de rechanges).

Tableaux récapitulatif des résultats de l'étude qualitative:

Machines	IsT	IsP	IsR	IsQ	IsE	IsF	IF
Facis	1	-	0.4	0.6	1	1	0.75
Soudeuse cabouchon	0.8	1	0.4	0.6	0.6	1	0.70
Soudeuse SBW	0.8	1	0.4	1	0.6	1	0.76
Machine à anses	0.8	1	0.4	0.6	0.6	1	0.70
Sertisseuse	0.8	1	0.4	0.6	0.6	1	0.70
Bordeuse Mini-jonc	0.8	1	0.4	0.6	0.6	1	0.70

Machines	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	IM	IDP	ODO	Décision
Facis	0.7	0.46	0.83	0.57	0.73	0.65	0.91	0.98	Plan maintenance impératif
Soudeuse cabouchon	0.65	0.58	0.89	0.57	0.73	0.66	0.9	0.98	"
Soudeuse SBW	0.8	0.7	0.81	0.37	0.73	0.65	0.92	0.98	"
Machine à anses	0.51	0.58	0.81	0.79	0.73	0.67	0.9	0.98	"
Sertisseuse	-	-	-	-	-	-	-	0.98	Plan maintenance non nécessaire
Bordeuse Mini-jonc	-	-	-	-	-	-	-	0.98	"

Commentaires et suggestions

D'après le tableau 5, on peut dire que l'indice de fiabilité des équipements est plutôt bon, étant donné que celui-ci est compris entre 0.6 et 0.8. Pour l'améliorer seul le constructeur en est capable. Néanmoins la composante IsR (Indice de Satisfaction concernant la Redondance) pourrait être reconsidérée en envisageant l'étude d'une implantation de l'atelier 2 (comme l'a déjà suggéré un ingénieur de l'unité KDU).

Pour l'indice de maintenabilité, il est moins élevé que l'indice de fiabilité car il ne dépasse pas 0.67.

Cette baisse est essentiellement due aux indices de satisfaction Q2 et Q4 (qui correspondent respectivement au niveau des interventions et aux pièces de rechanges) pour le groupe refroidisseur (Facis), la soudeuse cabouchon et la soudeuse SBW, et aux indices de satisfaction Q1 et Q3 (qui correspondent respectivement à la technicité du dispositif et aux pièces de rechanges) pour les machines à anses.

Il faut donc agir en priorité sur l'indice du niveau d'intervention (Q2), en recomplétant la documentation existante concernant chaque équipement afin de mieux le connaître, et d'établir un calendrier d'interventions préventives.

Ce dernier exige deux conditions:

La coordination avec le service production pour d'éventuelle arrêt en court de production.

La tenue de dossiers machines complets où figurera:

La date et l'heure de la panne.

Le temps technique de réparation (il comprendra le temps de diagnostic, le temps de réparation et le temps des essais).

Le temps de logistique.

La nature de la panne.

La référence de l'organe défectueux.

La date et l'heure de remise en marche.

Pour l'indice de pièce de rechange (Q4) il faut agir sur les délais d'approvisionnement en adoptant de nouvelles politiques de gestion des stocks (pour les pièces de rechange achetées) et en constituant un stock à l'avance de pièces qui peuvent être fabriquées au sein de l'unité. On pourra à cet effet utiliser des méthodes de prévision.

En ce qui concerne l'indice de technicité seules des modifications partielles des machines pourraient engendrer une augmentation de ce premier, néanmoins à l'aide d'une étude AMDEC on pourrait agir sur les composantes S₁₂ (nombre de pièces à déposer) et S₁₅ (préhension).

3-IMPACT ECONOMIQUE DES COUTS DE MAINTENANCE:

- Dans cette partie nous n'avons pas l'intention de faire une étude détaillée sur les coûts de maintenance car cela fait l'objet d'une étude approfondie, mais nous voulons seulement mettre en évidence l'importance de l'aspect économique des travaux d'entretien ainsi que de déterminer les composantes du coût de maintenance les plus importantes.

1- Coût direct de maintenance:

En notant C_d le coût direct relatif à une année, nous pouvons écrire:

$$C_d = C_{mo} + C_{ps} + C_{pr} + C_{st}$$

où:

C_{mo} : est le coût de main d'oeuvre, il est composé du coût "assistance production" C_{AP} et du coût "atelier réalisation" C_{AR} .

C_{ps} : est le coût de possession de stocks.

C_{st} : est le coût de soutraitance.

C_{pr} : est le coût des pièces de rechange.

Remarque:

Nous ne pouvons évaluer le coût de possession des stocks C_{ps} à cause de l'inexistence de relevés qui nous permettent cela.

Pour la soutraitance, depuis que la chaîne a été mise en marche les responsables du service maintenance n'ont fait appel à des agents spécialisés qu'à deux reprises.

A cet effet, on ne calculera ci-après que les coûts C_{mo} et C_{pr} .

Année		1989	1990	1991	1992
Cmo	Coûts(CDA)				
	Coût de l'assistance production Cap	94400	70080	125980	51260
	Coût de l'atelier réalisation Car	98617.88	127003.29	85408.89	81790.5
	Coût de la pièce de rechange Cpr	199437.84	200801	220691.43	3616389
	Total (Coûts directs Cd)	392455.72	397884.29	4.2080.32	494689

TABLEAU A

NB:

Pour le calcul de ces coûts:

- Le coût CAP a été calculé à partir de la formule:

$CAP = \text{"Salaire horaire} \times \text{Temps passé} \times \text{Nombre d'intervenants"}$.

- Le coût CAR a été pris des relevés historiques mensuelles. (Annexe 1).

- Le coût Cpr a été calculé à partir des fiches de mouvement de stocks. (Annexe 1).

Evolution des coûts de :

(en m)

- 1) l'assistance production
- 2) l'atelier de redaction
- 3) pieces de rechange
- 4) coût direct de maintenance
(somme de 1), 2) et 3))

600

450

300

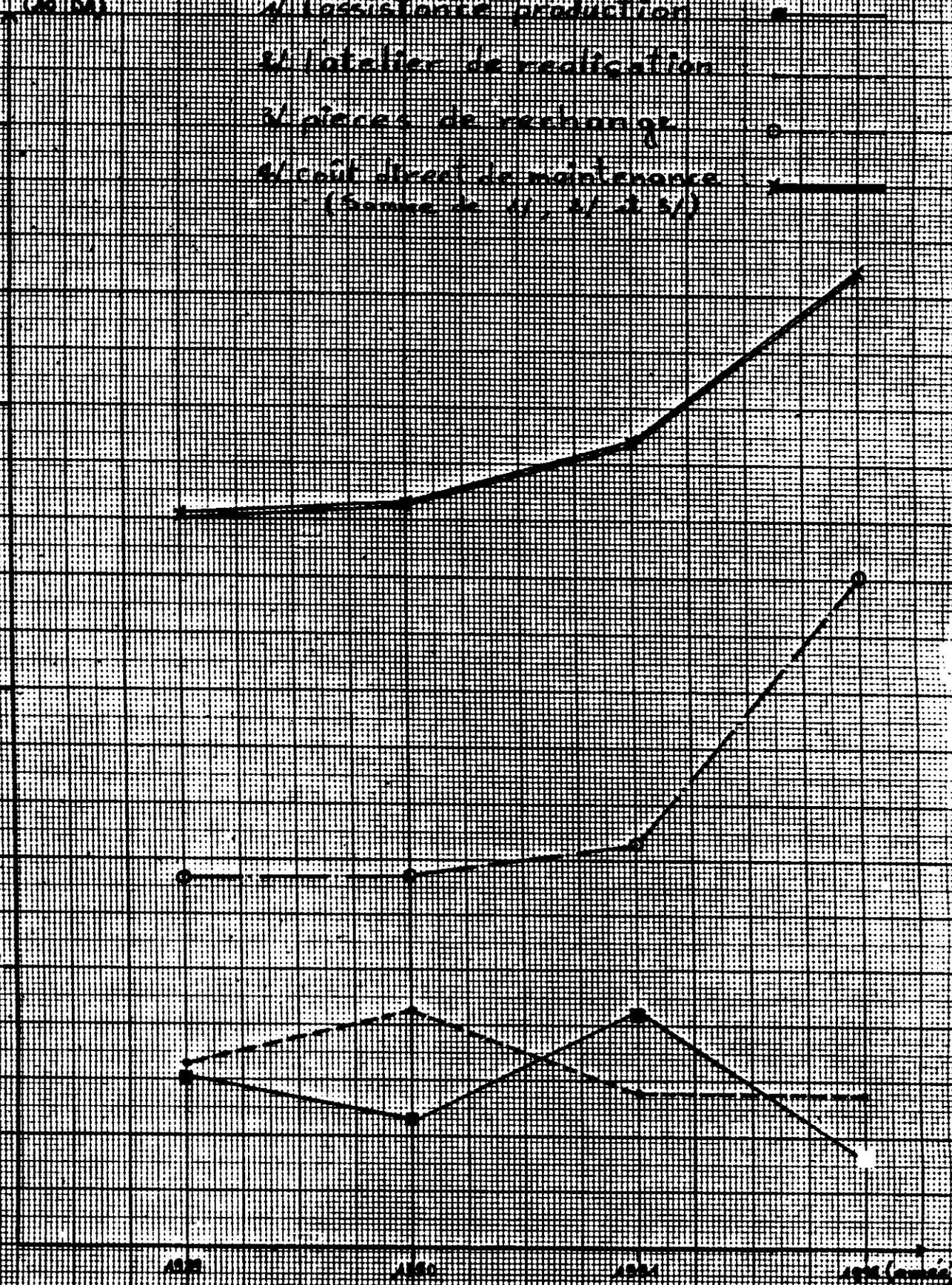
150

1978

1980

1981

1982 (cumul)



ANALYSE:

Soient les rapports dans le tableau suivant:

	1989	1990	1991	1992
Cap/Cd (%)	24.05	17.61	29.16	10.36
Car/Cd (%)	25.13	31.92	19.77	16.53
Cpr/Cd (%)	50.82	50.47	51.07	73.11

D'après le tableau A, on constate que le prix de la pièce de rechange augmente de plus en plus, de plus il constitue la plus importante composante du coût direct, en effet; pendant les années 1989, 1990 et 1991 il représente, environ, 50% du coût direct, cela est dû à deux raisons principales:

- La hausse des prix qu'a connu le marché Algérien ces dernières années.

- Le vieillissement des machines qui consomment de plus en plus de pièces de rechange.

Il est à noter aussi que le coût direct de maintenance augmente avec le temps, ce qui est parfaitement logique, car plus la machine vieillie plus elle demande de l'entretien.

2- Coûts indirects:

Nous n'évaluerons dans cette partie que les coûts dus à l'indisponibilité de la chaîne, c'est à dire les coûts de perte de production, car l'entreprise ne dispose pas d'une comptabilité analytique qui nous permet d'imputer toutes les charges indirectes concernant la chaîne Pails.

Pour le calcul du coût de l'indisponibilité de la chaîne engendré par la maintenance préventive et curative, on utilise la formule:

$$C_{ids} = Q_i \times C_{un}$$

où:

Q_i : est la quantité du produit non réalisée à cause de la maintenance (déjà vu dans l'étude de la disponibilité).

C_{un} : est le coût de vente unitaire en l'année n.

d'où:

Année	Q_i (mille unité)	C_{un} (DA)	C_{ids} (DA)	C_d (DA)	Total(C_T) (DA)
1989	1100	5.05	5555000	392455.72	5947455.72
1990	796	7.03	5810800	397884.29	6208684.29
1991	604	12.73	7688920	432080.32	8242880.32
1992	1200	18.93	22716000	494689.39	23210689.39

Pour le coût total (C_T) de la maintenance, il ne peut être évolué avec exactitude car nous avons omis plusieurs composantes de celui-ci (les causes sont citées ci-dessus), mais avec les coûts C_d (coûts directs) et C_{ids} (coûts d'indisponibilité), qui sont les composantes principales, on peut avoir une idée sur l'évolution de ce premier.

3- Comparaison des coûts de maintenance et du chiffre d'affaire:

Pour le chiffre d'affaire des quatre années (1989, 1990, 1991 et 1992) il est calculé comme suit:

$$Ch. aff = Q_d \times C_{un}$$

Où:

Q_d : est la quantité de produit vendue

(10° 01)

coût direct de la maintenance
 coût d'indisponibilité
 coût de défaillance
 (coût direct, coût d'indisponibilité)
 chiffre d'affaire (Recette)

50

60

70

80

90

1989

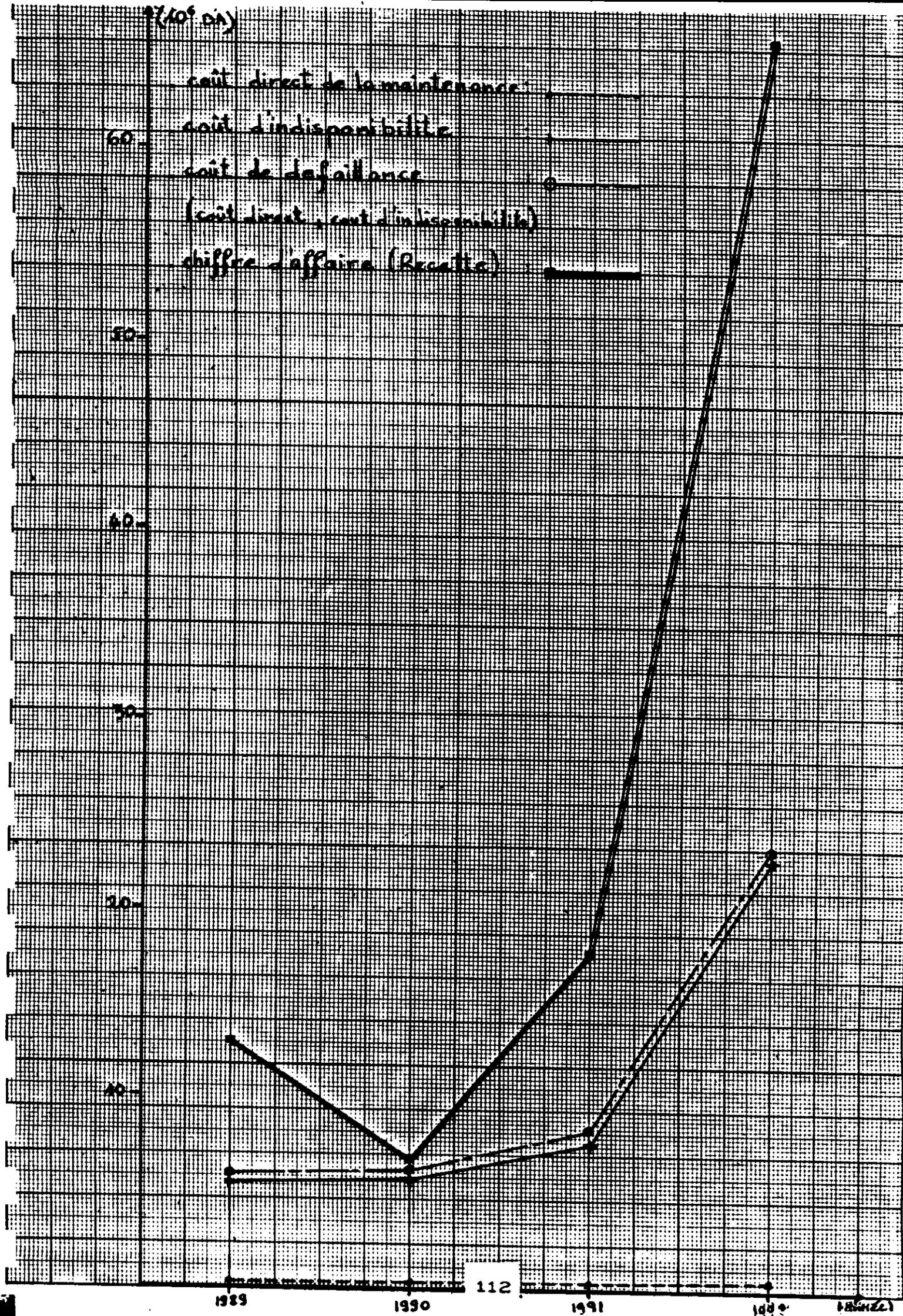
1990

1991

1992

1993

112



D'où:

Année	Qd (mu) (mille unité)	Cun (DA)	Ch. aff (DA)	Cd/Ch. aff (%)	Cids/Ch. aff (%)
1989	2561.849	5.05	12937337.45	3.03	42.94
1990	904.153	7.30	6600316.90	6.02	88.04
1991	1387.396	12.73	17661551.08	2.45	43.53
1992	3470.331	18.93	65693365.83	0.75	34.58

D'après le tableau et le graphe précédents, on remarque nettement la différence énorme entre le coût direct et le coût d'indisponibilité.

Il est à noter que ce dernier a atteint 88% de la valeur du chiffre d'affaire et est au environ de 30% à 40% pour les autres années, ce qui cause une perte considérable à l'entreprise.

Pour le rapport Cd/Ch.aff, la norme varie entre 4% à 7% (AFNOR), ce qui n'est le cas que pour l'année 1990, pour les autres années le rapport est inférieur à 4%, donc un sous entretien.

CONCLUSION

CONCLUSION:

A travers l'étude que nous venons de présenter, nous avons essentiellement essayé de faire une analyse des défaillances des équipements de la chaîne de production Pails.

Pour ce faire, nous avons essayé de déterminer les caractéristiques de fiabilité, maintenabilité et de disponibilité de chaque équipement, ainsi que de faire un diagnostic du niveau d'intervention et de réparation de ces machines afin d'identifier celles qui causent le plus de problèmes.

Nous avons, donc, en premier lieu estimé la moyenne: des temps techniques de bon fonctionnement, des temps techniques de réparation, ainsi que la disponibilité théorique de chaque équipement.

Ensuite nous avons tenté de quantifier l'indisponibilité de la chaîne Pails, due aux opérations d'entretien et de réparation.

Puis, par une étude qualitative de fiabilité, maintenabilité et de disponibilité, nous avons pu identifier certains points où la maintenance éprouve des difficultés.

Cependant le manque de données dans les relevés historiques des équipements ne nous a pas permis de faire une étude de fiabilité à l'organe afin de dégager une politique de maintenance.

C'est à cet effet que nous tenons à exprimer quelques suggestions qui nous paraissent indispensables avant d'aborder une nouvelle politique de maintenance:

- Une bonne tenue des relevés historiques
- L'évaluation et l'enregistrement des temps techniques de réparation pour toutes les opérations d'entretien
- L'évaluation et l'enregistrement des temps de logistique
- Une évaluation des coûts d'entretien à l'aide des méthodes d'imputation de charges
- Enfin, une généralisation de ces concepts à tous les équipements de production de l'unité KDU.

ANNEXES

Annexe 1 :

N° MACH EQU		DESIGNATION		URGENCE	
Inst 109 Chaudière		Inst 109 Chaudière		1 : 1	
DEMANDEUR	VISA	DATE D'EMISSION		D.T. N° 11738	
Kamran	Inst	10/05/83			

Description de l'anomalie ou travail demandé

Parvenir électrique au tube joint

Paris

Reçu par	Visa	Date de réception	A REALISER AVANT LE
			REPONDU LE
			J M A

Observations sur les travaux acceptés refusés ou reportés

Reçu le 9-5-83.

PROGRAMMATION		
Prévu le		
J	M	An
Pour		heures
sur O.T. n°		

E.M.B. COMPLEXE D'EMBALLAGES METALLIQUES

Imprimé n°

Imp. Derroch - Ain-Madjz

Demande de travail.

ORDRE de travail.

EDG	COB	INST	N° EQU	Désignation	ORIGINE	INTERVENTION
	3	09		A la Aux P1 CH tube	M EL 814 P DT N°	J M H PREVUE 01 03
Préparation:					VALORISATION MATERIEL	DUREE ESTIMEE
					654,00 DA	DEBUT 01 03 FIN 01 03
Observations <u>Compte rendu</u>					VALORISATION MAIN D'OEUVRE	DUREE REELLE 14 H
<i>Changement d'une tôle de Nicu</i>					TAUX HORAIRE	ARRET PRODUCTION 0,50 H
<i>TC2 DE 62</i>					HEURES	CATEGORIE D'INTERVENTION
<div style="border: 2px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> E.M.B. C. VISA-MANOU B/D-MAINTENANCE Assistance Production </div>						09 PANNE
						VISA UTILISATEUR
E.M.B. Complexe d'emballages métalliques						

Total

No	mach.	Travail			Origine	Arrêt Machine	Arrêt	Temps de Travail	Coût main d'œuvre	Coût matériel (DA)	Travail principal effectuée	No OT
		1	2	3								
01.03					U812	01h	80				Loge d'un détendeur MINI-SOUC	
01.03					U814	01h	160	651,00			Loge d'un détendeur MACHINE A ANSE P1	
02.03					U860	01h	80				Loge d'un détendeur SOUD CARBONS P2	
02.03					U859	01h	80				Loge d'un détendeur SOUD CARBONS P2	
03.03					U819	01h	80				Loge d'un détendeur SOUD CARBONS P2	
03.03					U819	01h	80				Loge d'un détendeur SOUD CARBONS P2	
03.03					U819	01h	80				Loge d'un détendeur SOUD CARBONS P2	
07.03					U855	01h	160				Loge d'un détendeur MACHINE A ANSE P1	
09.03					U856	01h	160				Loge d'un détendeur MACHINE A ANSE P1	
10.03					U873	01h	80				Loge d'un détendeur SOUD CARBONS P1	
10.03					U857	01h	80	619,00			Loge d'un détendeur SOUD CARBONS P1	
10.03					U855	01h	160				Loge d'un détendeur SOUD CARBONS P1	
15.03					U852	01h	80				Loge d'un détendeur SOUD CARBONS P1	
15.03					U852	01h	80				Loge d'un détendeur SOUD CARBONS P1	
28.03					U865	01h	80	80,70			Loge d'un détendeur MACHINE A ANSE	
28.03					U865	01h	80				Loge d'un détendeur MACHINE A ANSE	
28.03					U868	01h	80				Loge d'un détendeur MACHINE A ANSE	
30.03					U884	01h	80				Loge d'un détendeur MACHINE A ANSE	
31.03					U859	01h	240	2817,00			Loge d'un détendeur MACHINE A ANSE	

Enregistrement des ordres de travail

Unité: 0060 C 03 0130 (CHAINE PAIS)

EDG COB

Installation

Designation

Code

AP 93 1/4

Al E

EN-EMB UNITE KDU	FICHE DE STOCK	L.P.C. P/S	CODE ARTICLE P/S
		1 1 1 1	2,0,2,0,5,1,0,3,3
		GISEMENT	CLASSE

DATE CREATION Octobre 1985	SERVICE UTILISATEUR ATELIER II	64 M 402403
-------------------------------	-----------------------------------	-------------

DESIGNATION : TETES A GALET "φ 90"
M404049

UTILISATION : Soudeuse SBW 150 (N° Serie 92281)
SOUARONIC

STATISTIQUES DE CONSOMMATION

Année	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	TOTAL	Moy.

UNITE DE GESTION	SECURITE	MINI.	PRIX ADM/MOY.
	2	4	27795,00 ^{14/93}

Date	N° Pièce de base	Nature	Origine Destination	Q. Entrée	Q. Sortie	Stock	OBSERVATIONS
08/10/85	2296	BES	SOUARONIC	02	-	02	Contrat EMB.
02/86	-	-	=	-	-	02	
17	-	-	=	-	-	02	
02/06/87	02266	BES	"	1	01	01	
26/07/87	03841	"	"	"	01	-00-	
31/07/87	10924	"	SOUARONIC	06	-	06	
15/02/87	03849	B.S.O	"	1	07	05	
88	-	-	-	-	-	05	
20/04/88	013677	B.S.O	"	1	01	04	
89	-	-	-	-	-	04	
16/05/89	19752	B.S.O	"	1	01	03	
90	-	-	-	-	-	03	
91	-	-	-	-	-	03	
92	-	-	-	-	-	03	
27/01/93	2268	"	"	1	01	02	

Annexe 2

Méthode ABC:

Définition:

Il s'agit d'une méthode de choix qui permet de déceler, entre plusieurs problèmes, ceux qui doivent être abordés en priorité.

Une mise sous forme graphique permet de distinguer de façon claire les éléments importants de ceux qui le sont moins.

Intérêt de la méthode:

Elle permet de ne pas se laisser accaparer par des travaux certes utiles, mais de très faible importance par rapport au volume des autres travaux (notion de rentabilité de l'action).

Pratique de la courbe ABC:

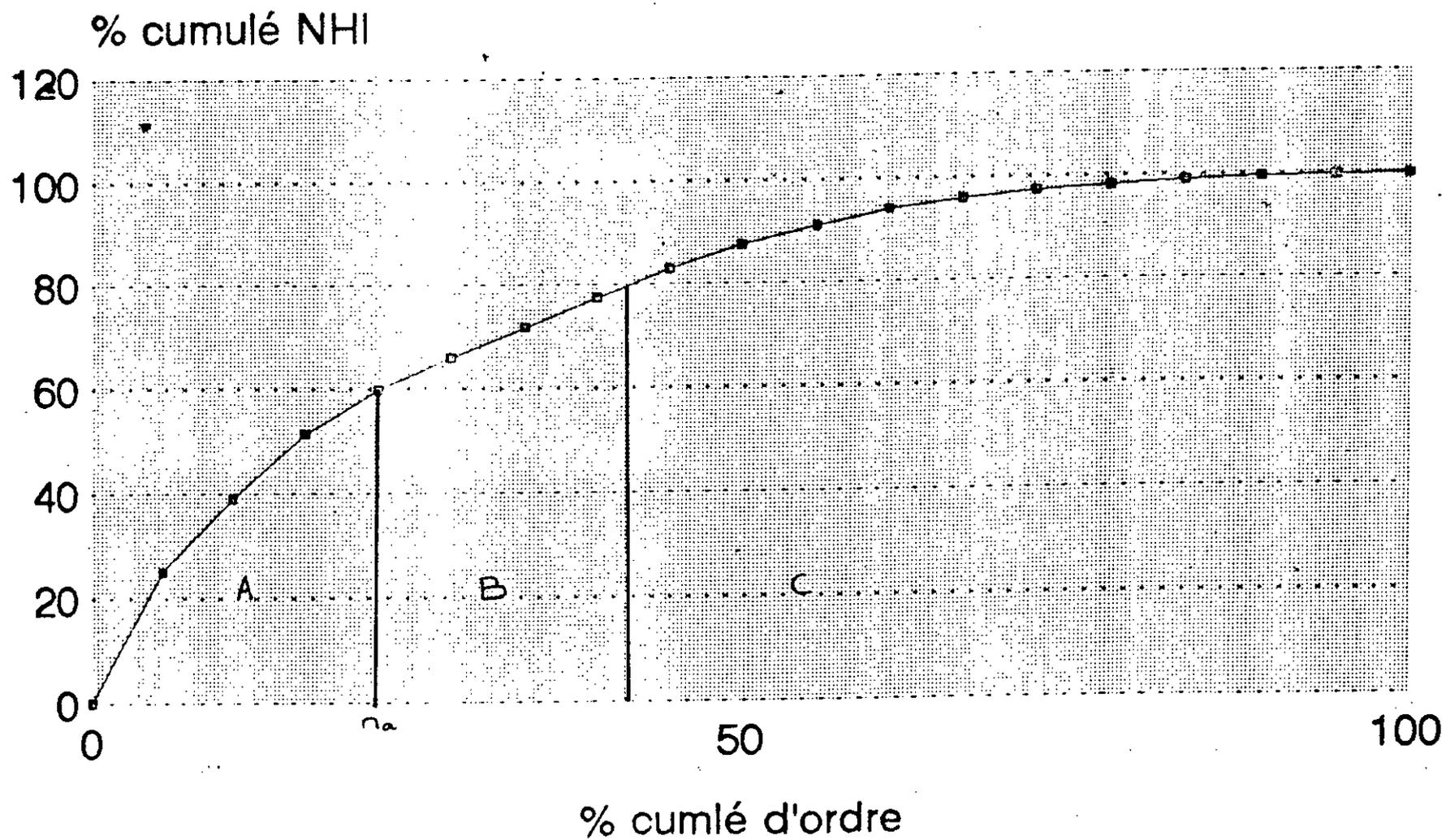
Elle permet de classer des éléments qui représentent la fraction la plus importante d'un caractère à étudier en indiquant les pourcentages pour un critère (nombre, durée ou coût d'interventions, nombre de pannes,...) déterminé.

Interprétation de la courbe:

Les n_A éléments de la classe A (soit 15% des éléments étudiés) représentent 60% du critère cumulé; ils sont à considérer en priorité. Par contre, les éléments de la classe C (soit 60% du total) ne représentent que 10% du critère cumulé: ils sont à négliger.

ANALYSE PARETO

249



UNIFIT:

Unifit est un logiciel qui permet d'ajuster un échantillon de données, qu'on a collecté, à une distribution de probabilité théorique.

Mode d'utilisation:

Après avoir introduit les données recueillies, on visualise l'allure de l'histogramme. Cette visualisation nous permet de sélectionner les différentes distributions candidates.

Estimation des paramètres:

Les paramètres d'une distribution sont; soit calculés à partir des données (E), soit pris par défaut (càd: égale à zéro) (D), soit fournis par l'opérateur (K).

Il est préférable que l'opérateur choisisse l'option 'E', pour l'estimation des paramètres à partir des données.

Test d'hypothèse:

Test de KOLMOGOROV-SMIRNOV:

Il s'agit de comparer la valeur du test statistique modifié avec les statistiques des données du tableau à un seuil α donné.

Si la valeur statistique des données est inférieure à la valeur du test statistique, on accepte l'hypothèse au seuil α .

On prélève un échantillon X_1, X_2, \dots, X_n d'une population distribuée suivant une loi admettant une fonction de répartition $F(x)$, on cherche à tester l'hypothèse:

$$H_0: F(x) = F_0(x) \quad \text{contre} \quad H_1: F(x) \neq F_0(x)$$

où

$F_0(x)$ est la fonction de répartition d'une distribution théorique

Deux cas peuvent se présenter:

- $F_0(x)$ complètement spécifiée (pas de paramètres inconnus), on introduit alors la statistique:

$$D_n = \sup_x | F_0(x) - \hat{F}_n(x) | \quad \text{où } \hat{F}_n(x): \text{ distribution empirique.}$$

$$\hat{F}_n(x) = \frac{\text{Nombre des } x_i \leq x}{n}$$

Règle de décision:

Au niveau de signification α , rejeter H_0 si $D_n > W_{1-\alpha}$, où les valeurs critiques W_p sont tabulées.

- $F_0(x)$ dépend de paramètres inconnus. Dans ce cas le test n'est plus un test paramétrique, et on estime les paramètres inconnus de $F_0(x)$ à partir de l'échantillon. Pour différentes distributions on dispose aussi de tables statistiques.

Exemple:

$F_0(x)$ distribution exponentielle de paramètre inconnu, on introduit les variable

$$r_i = \frac{x_i}{x} \quad i=1, \dots, n \quad \text{où } \bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

La statistique de Kolmogorov modifiée est défini par:

$$D_n = \sup_x | F_0^*(z) - \hat{F}_n^*(z) |$$

$$\text{ou } F_0^*(z) = 1 - e^{-z} \quad \text{et } \hat{F}_n^*(z) = \frac{\text{Nombre } z_i \leq z}{n}$$

Règle de décision:

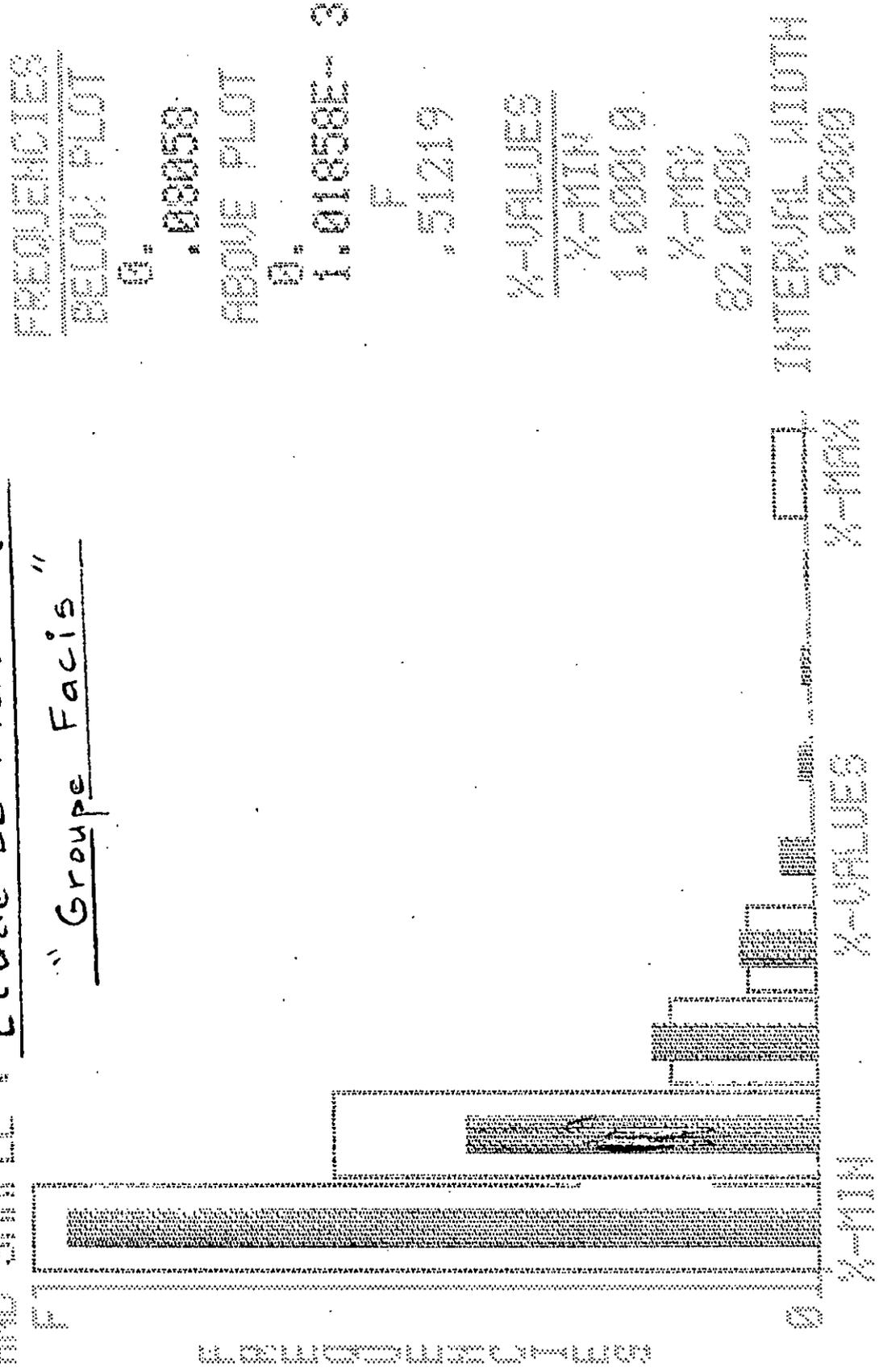
A un niveau de signification α , rejeter H_0 si $D_n > W_{1-\alpha}$

Annexe 4

Comparaison des fréquences des distributions ajustées avec le logiciel UNIFIT et les données recueillies pour l'étude de fiabilité et maintenabilité de la chaîne Pails.

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: Exponentielle
AND SAMPLE: Etude de Fiabilité

"Groupe Facis"



0.00000
 1.01800E-3
 .51219

1.00000
 82.0000%

9.00000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: Lognormale
 NO SAMPLE = Etude de Maintainabilité

" Groupe Facis "

FREQUENCIES
 BELOW PLOT

G.

GROUP PLOT

.02127

.01490

F

.68197

1/4-PLIES

1/4-1114

0.

1/4-1114

80.00000

INTERNAL WIDTH

8.000000

1/4-1114

1/4-PLIES

1/4-1114

132.

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: Weibull

AD SAMPLE : Etude de Fiabilité

"Machine à Anse P2"

FREQUENCIES
BE ON PLOT

C
7.52133E- 3

RELATIVE PLOT

D
2.69061E- 3

F
.75056

1/2-VALUES

1/2-MIN

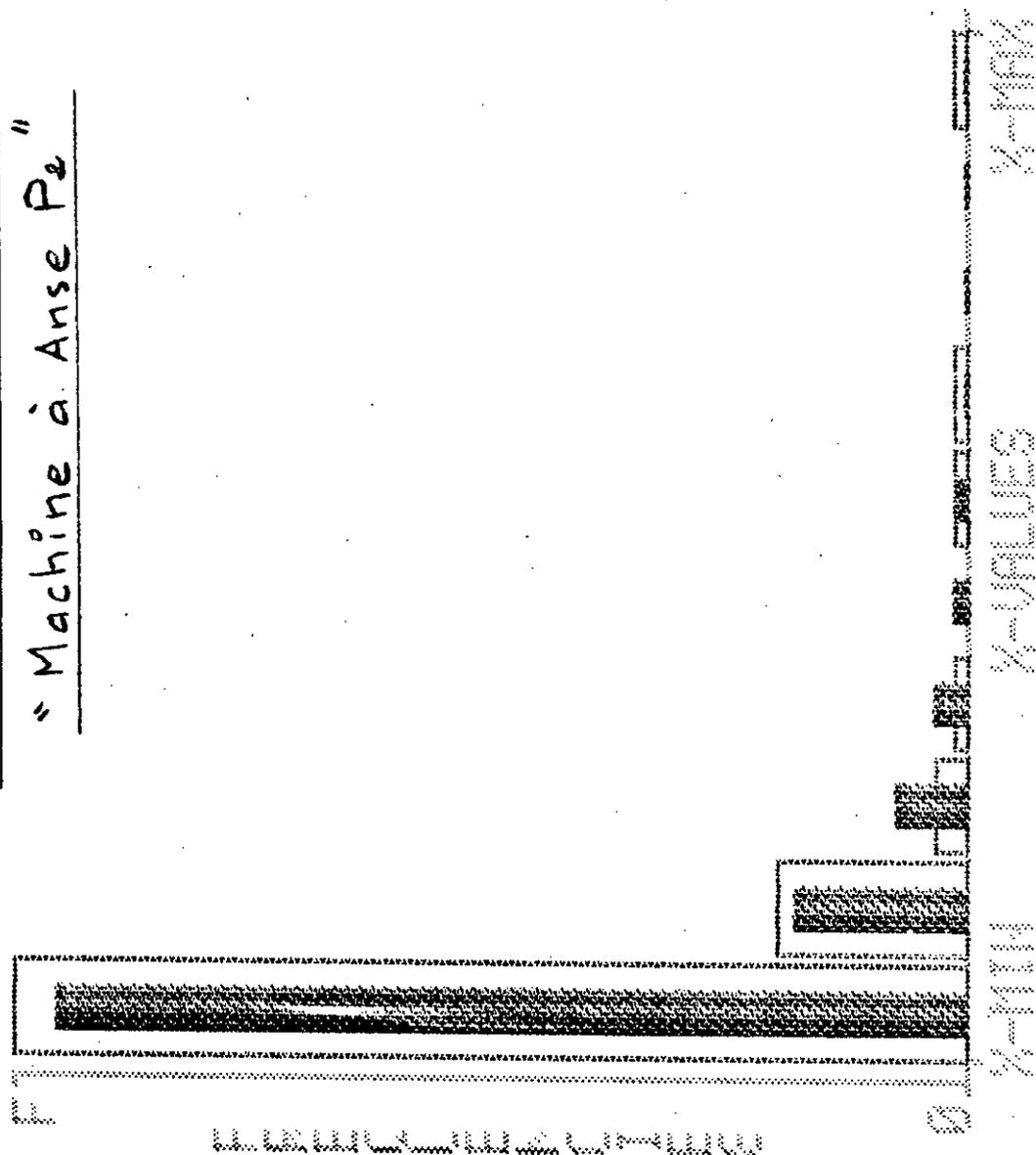
1.00000

1/2-MAX

171.000

INTERVAL WIDTH

17.0000



FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE: Etude de Fiabilité

"Soudese cabouchon P1"

FREQUENCIES
 BELOW PLOT

D: 1.11783E-3

ABOVE PLOT

D: .03956

F
 .19585

%-VALUES

%-MIN

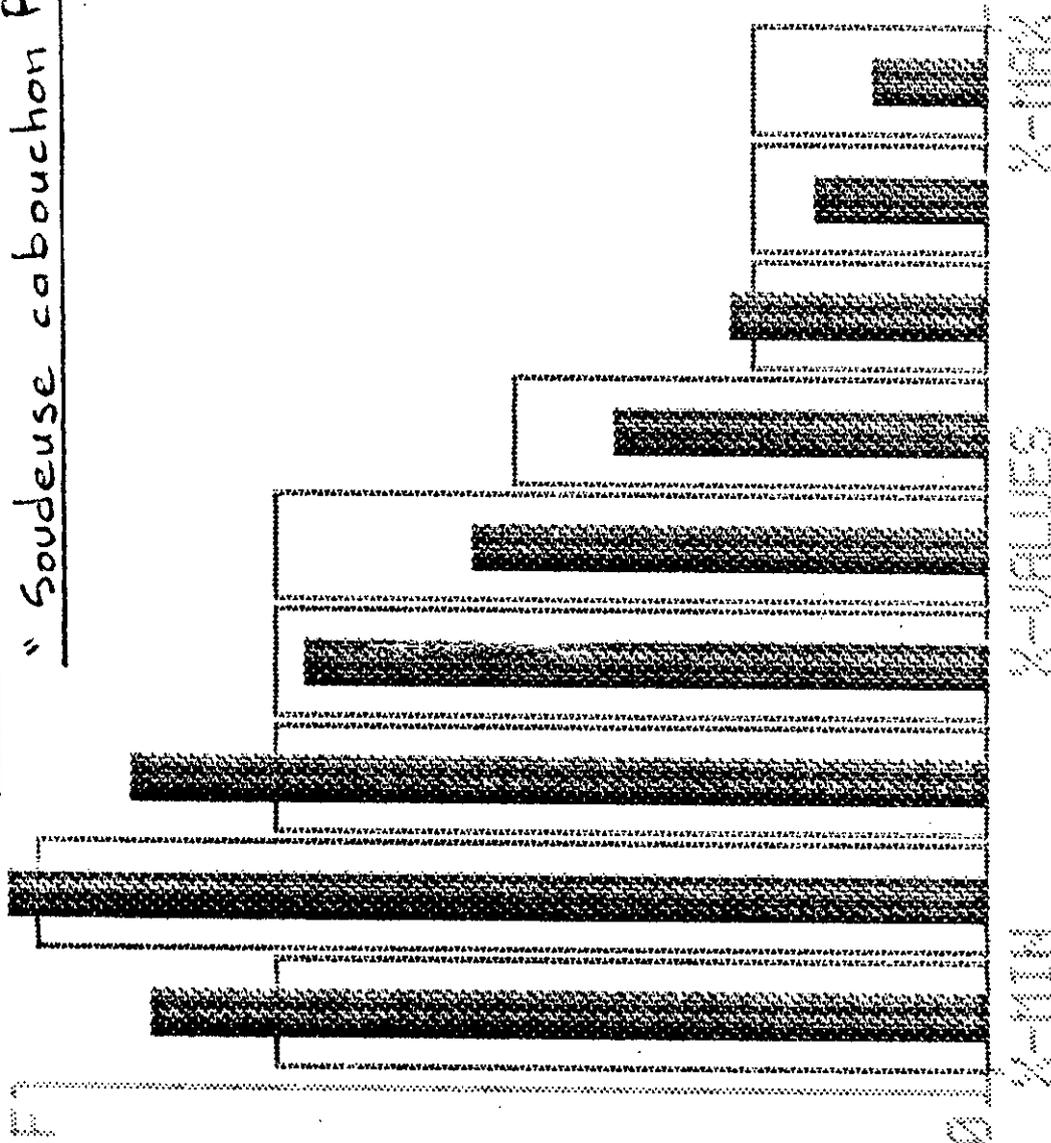
10.0000

%-MAX

100.000

INTERVAL WIDTH

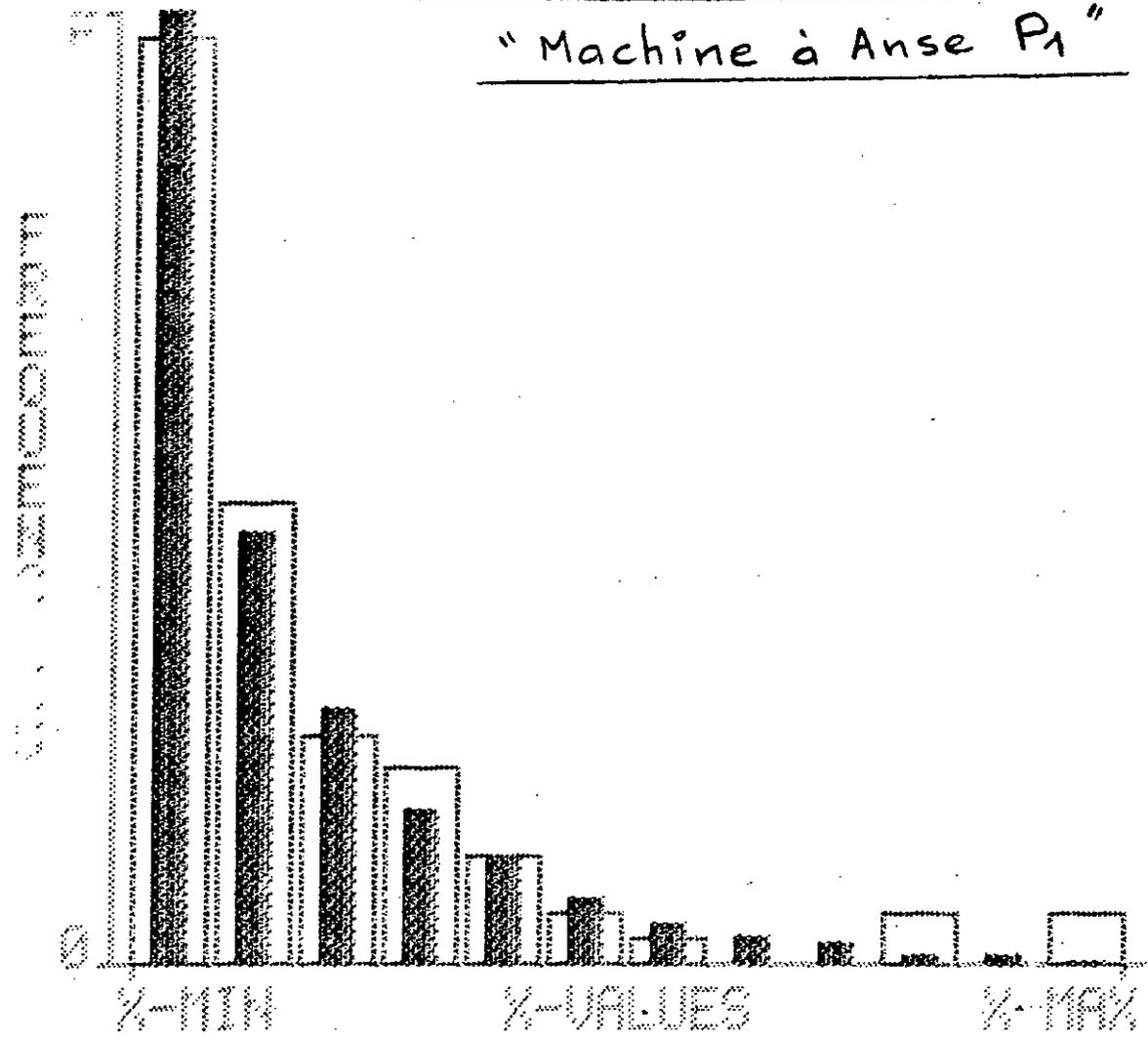
10.0000



IL DEVOY...-LES

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: Weibull
 AND SAMPLE : Etude de Fiabilite

"Machine à Anse P1"



FREQUENCIES
BELOW PLOT

G.
 6.84166E- 3

ABOVE PLOT

G.
 9.48375E- 3

F
 .44427

%-VALUES

%-MIN
 2.00000

%-MAX
 110.000

INTERNAL WIDTH
 9.00000

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: Exponentielle
AND SAMPLE: Etude de Fiabilite

" Sertiseuse "

FREQUENCIES
BELOW FLOT

G. .09623

ABOVE FLOT

G. .04342

F .35135

%-VALUES

%-MIN

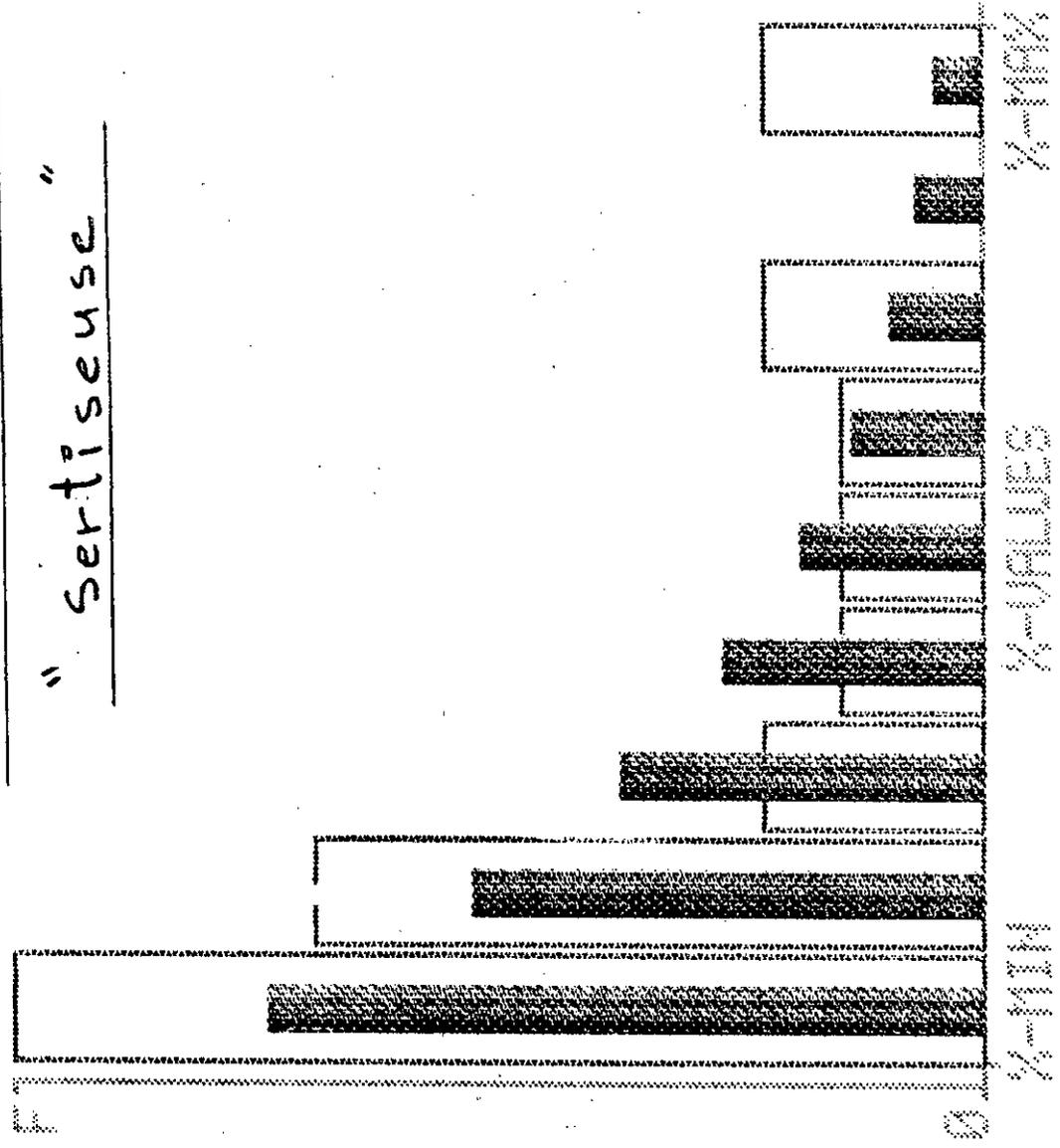
3.00000

%-MAX

93.00000

INTERVAL WIDTH

10.00000



EXAMINATION

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: Exponentielle
 AND SAMPLE: Etude de Fiabilite

"Bordeuse Mini-Jonc"

FREQUENCIES
 BELOW PLOT

G. .093334

REGUE PLOT

G. .04794

F .25764

%-VALUES

%-MIN

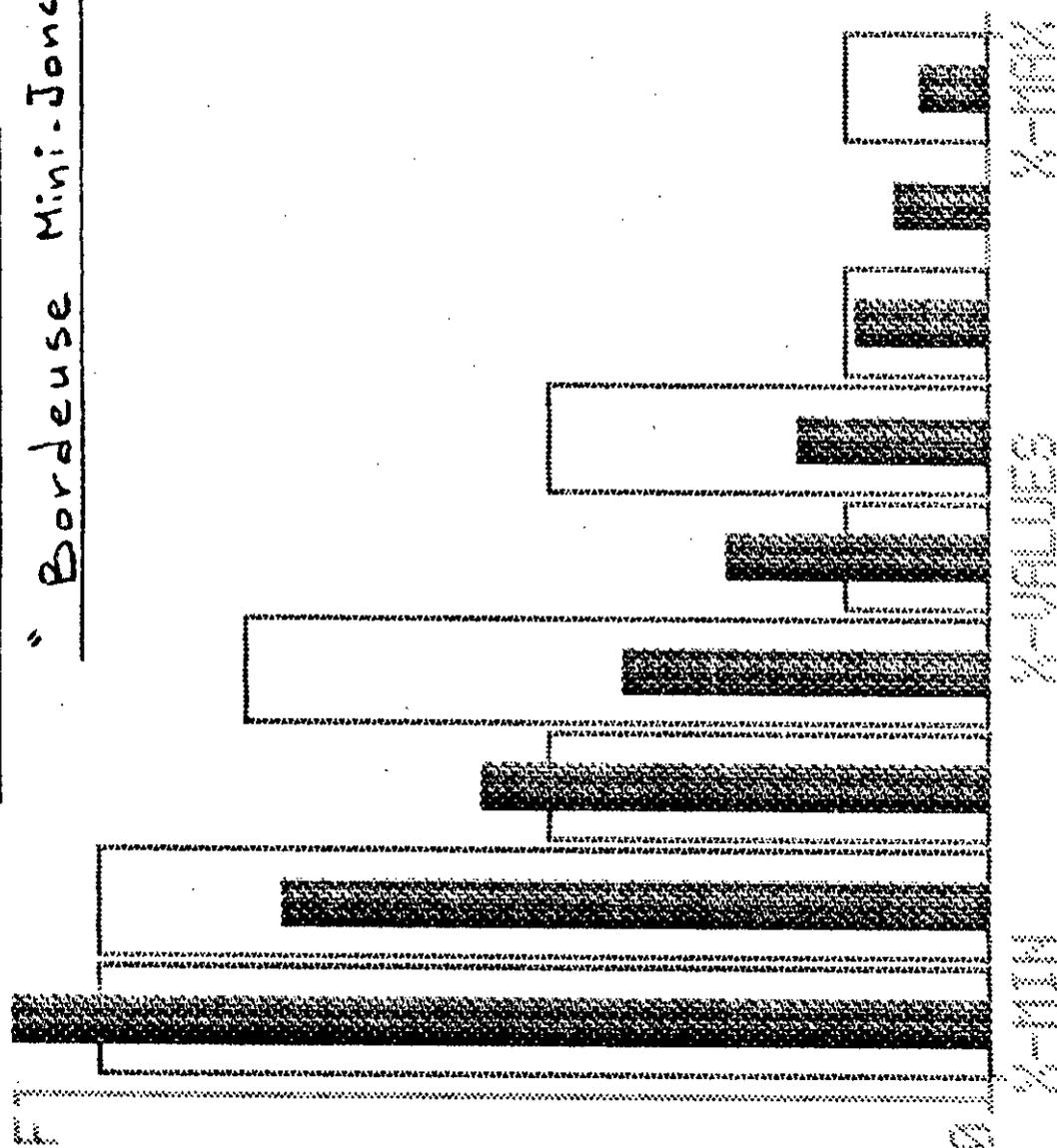
3.00000

%-MAX

93.00000

INTERVAL WIDTH

10.00000



EXPONENTIAL

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: Exponentielle

NO SAMPLE : Etude de Fiabilite

" Soudense SBW "

FREQUENCIES
BELOW PLOT

G.
.08126

ABOVE PLOT

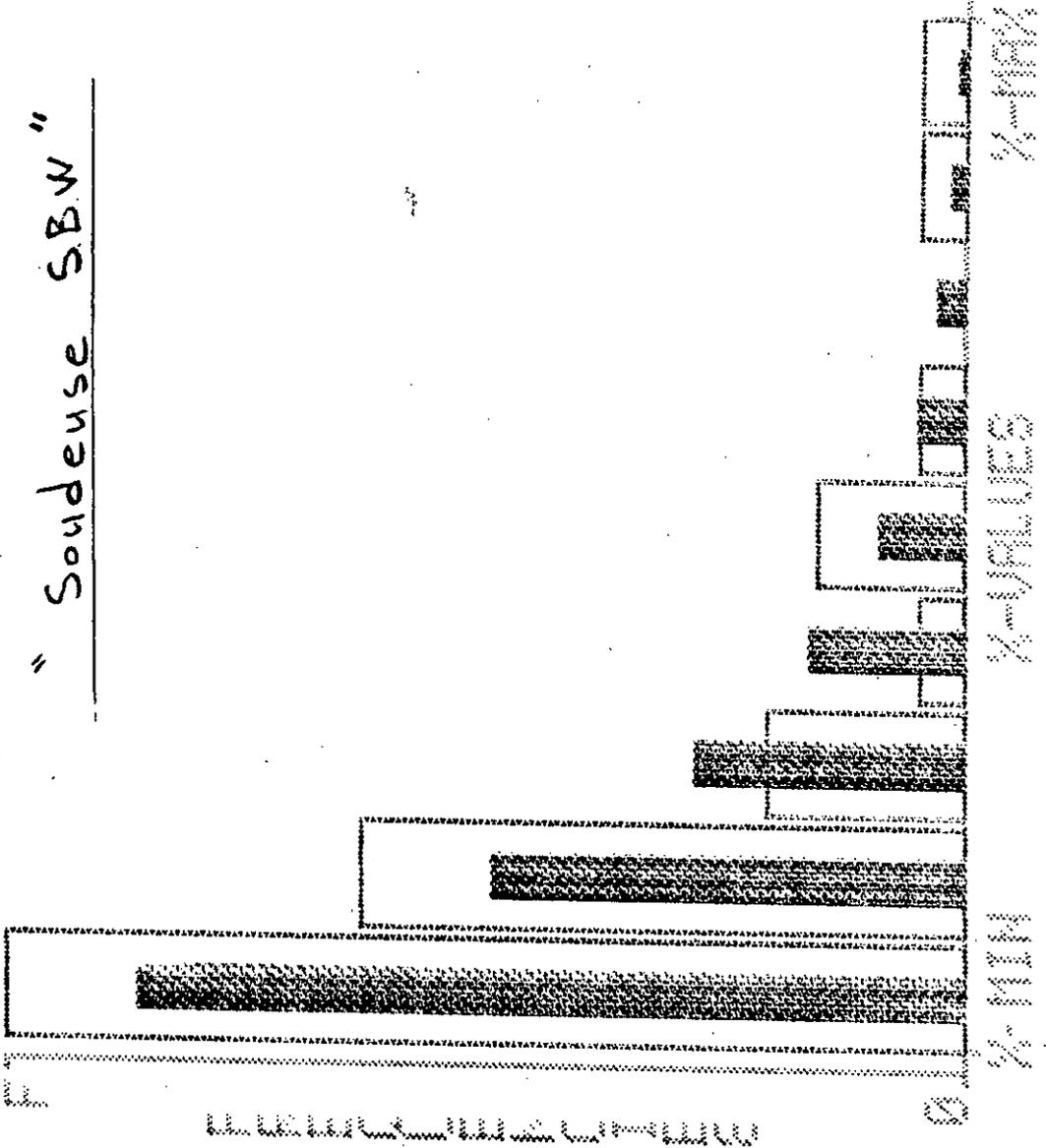
D.
6.45184E-3

F
.45228

%-VALUES
%-MIN
2.00000

%-MAX
119.000

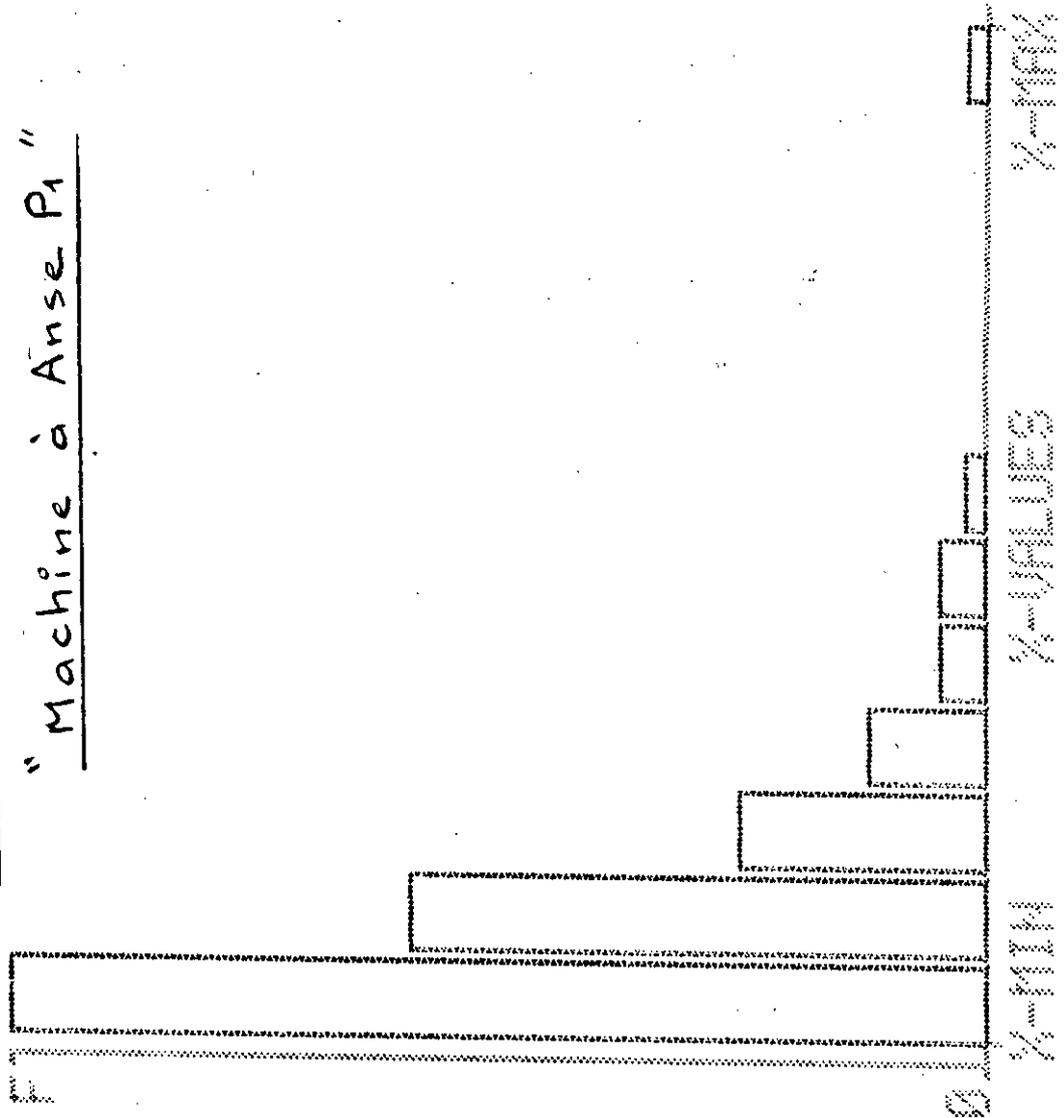
INTERNAL WIDTH
13.0000



HISTOGRAM OF

SAMPLE : Etude de Maintenablete

" Machine à Anse P1 "



FREQUENCIES
BELOW PLOT

0.

ABOVE PLOT

0.

F

.48922

%-VALUES

%-MIN

0.

%-MAX

24.00000

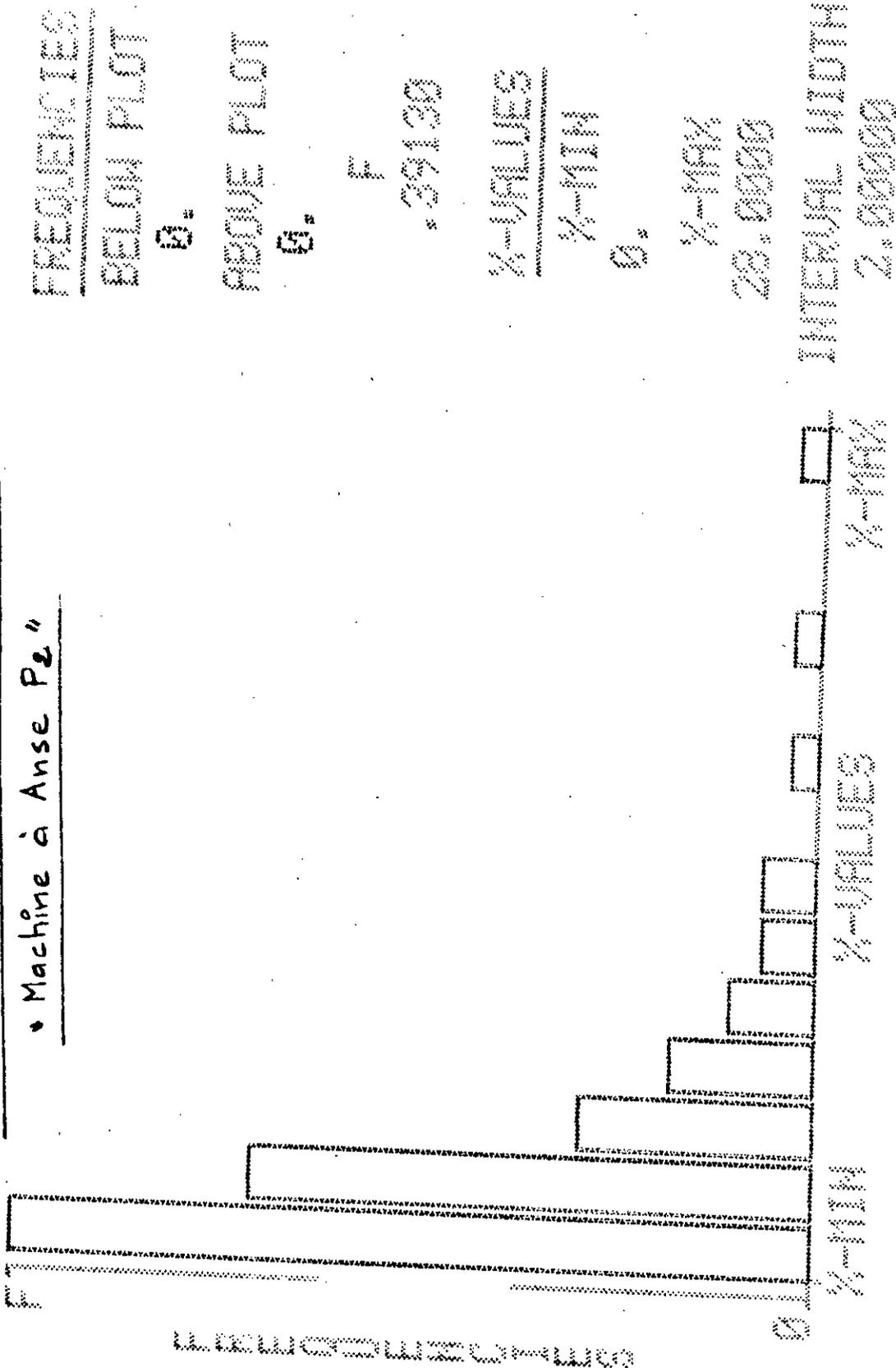
INTERNAL WIDTH

2.00000

HISTOGRAM OF

SAMPLE = Etude de maintenabilite

Machine à Anse P2



FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1; Lognormal
 AND SAMPLE = Etude de Maintainabilite

" Sertiseuse "

FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

Above PLOT

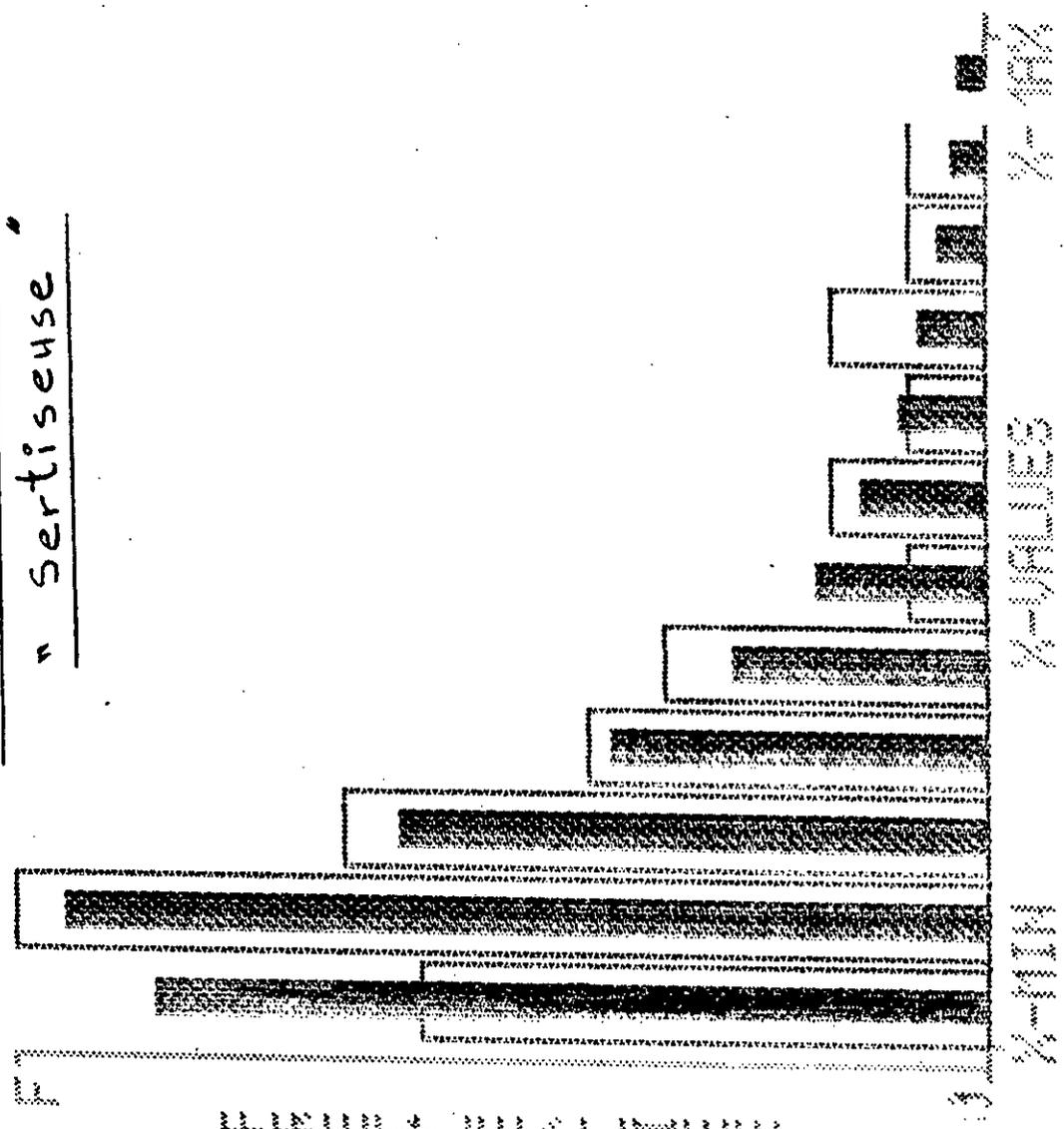
.04347
 .04495

F
 .25007

%-VALUES
 %-MIN

0.
 12.0000

INTERVAL WIDTH
 1.00000



FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: Lognormal
 AND SAMPLE: Etude de maintenabilite

"Soudese cabouchon P1"

FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

ABOVE PLOT

.04166
 .04985

F

.44745

%-VALUES

%-MIN

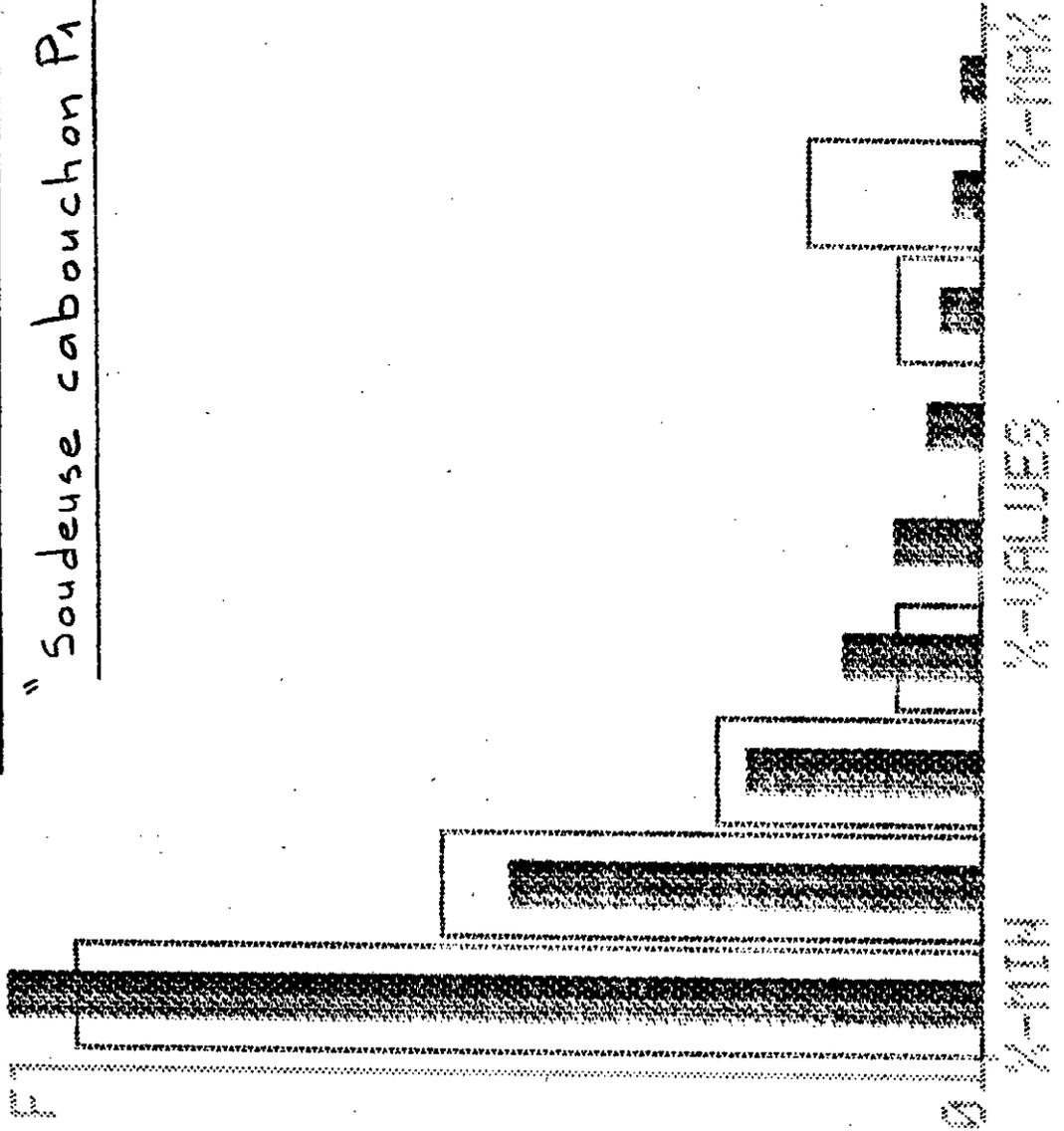
0.

%-MAX

13.00000

INTERNAL WIDTH

2.000000



COMPUTED VALUES

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: Lognormale
 AND SAMPLE = Etude de Maintainabilite

"Soudeuse cabouchon P2"

FREQUENCIES
 BELOW PLOT

0.
 0.

FREQUE PLOT

.03571
 .02946

F

.57142

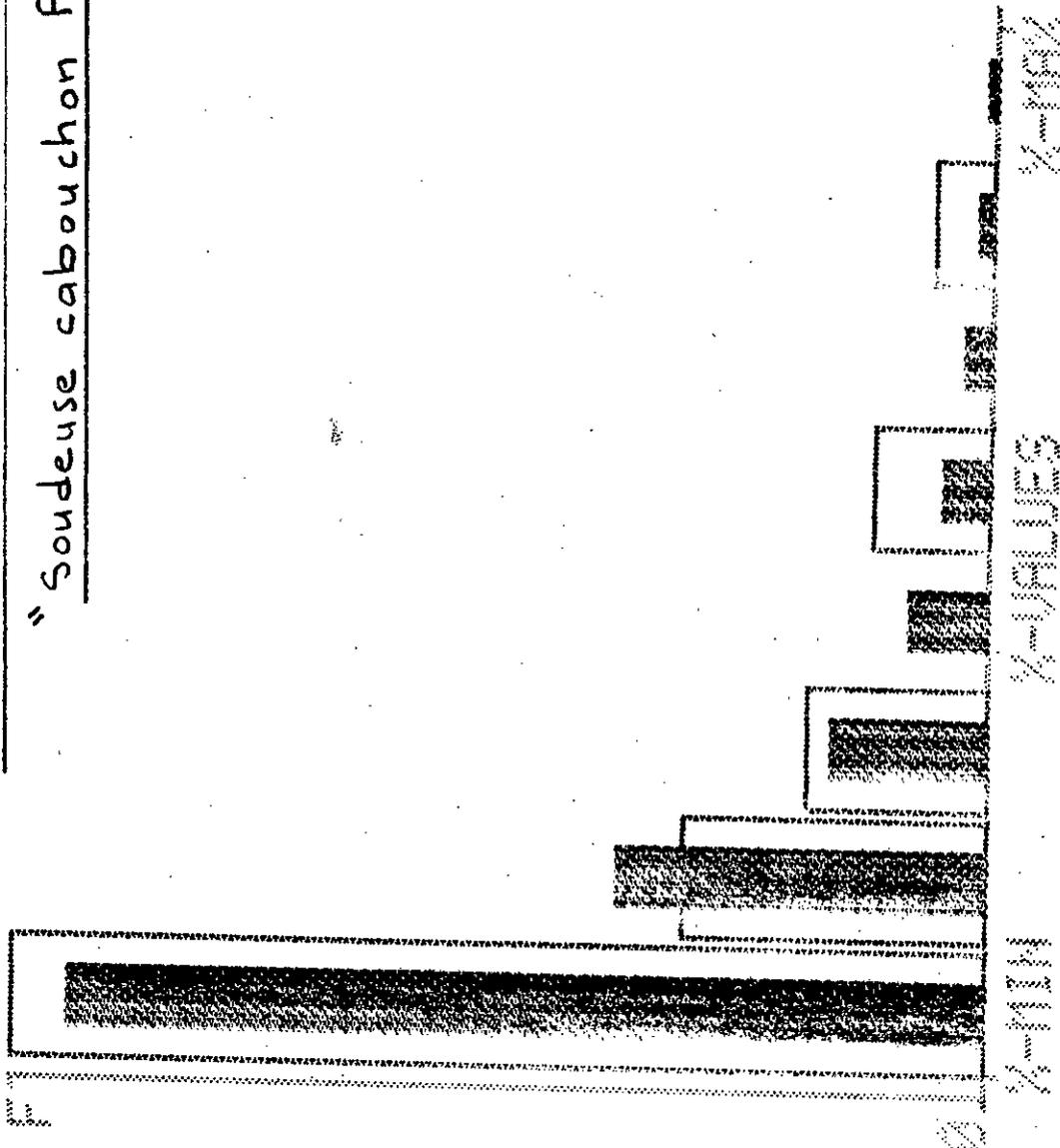
1/4-VALUES
 1/4-MIN

0.

1/4-MAX
 18.00000

INTERVAL WIDTH

2.00000



CONFIDENCE INTERVAL

FREQUENCY COMPARISON OF MODEL 1: Lognormale

AND SAMPLE : Etude de maintenabilite

" Bordeuse Mini-Jonc "

FREQUENCIES
BELOW PLOT

0.
0.
FREQUE PLOT
.03449
.02495
F
.27585

%-VALUES
%-MIN

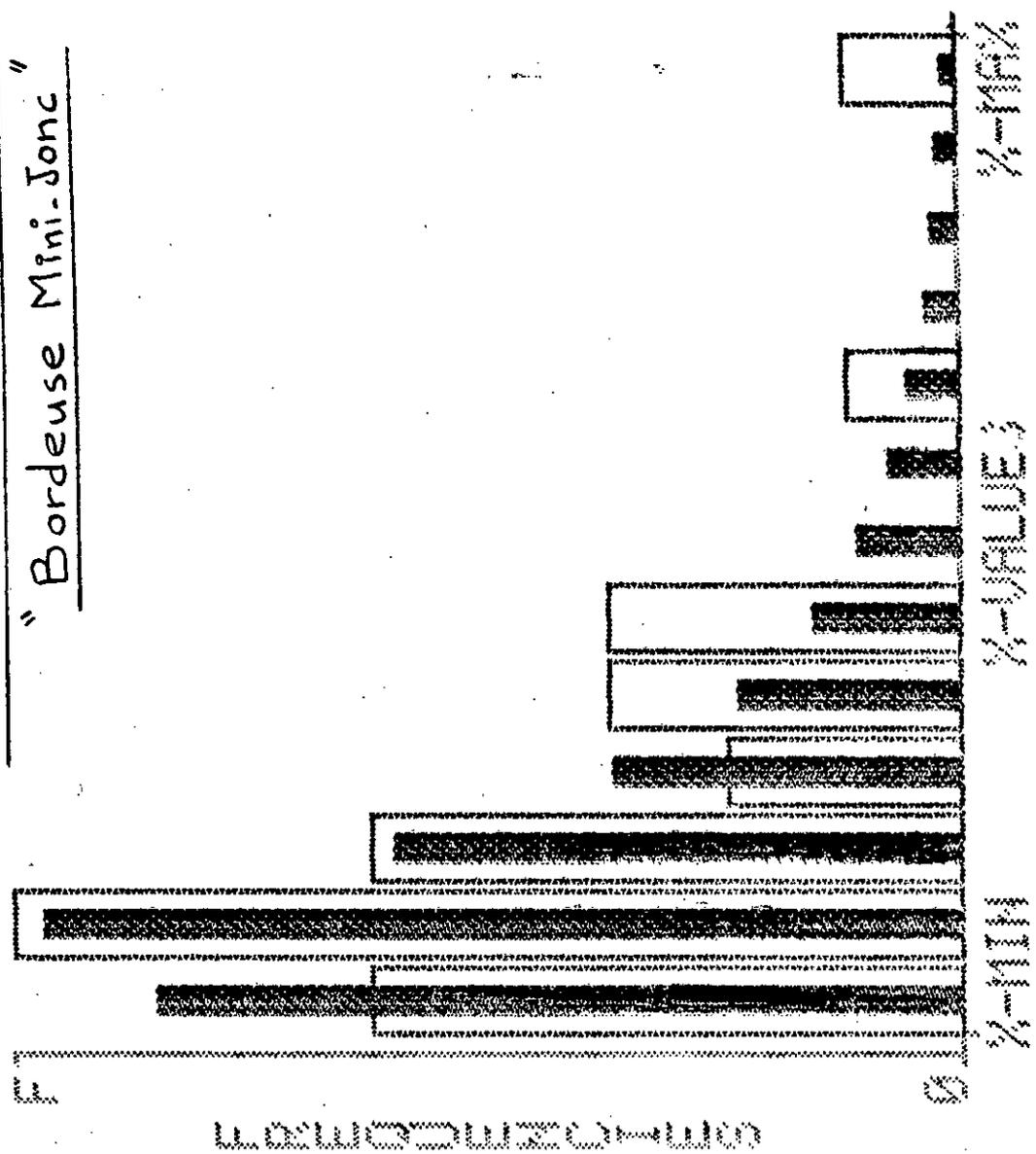
0.

%-MAX

13.00000

INTERVAL WIDTH

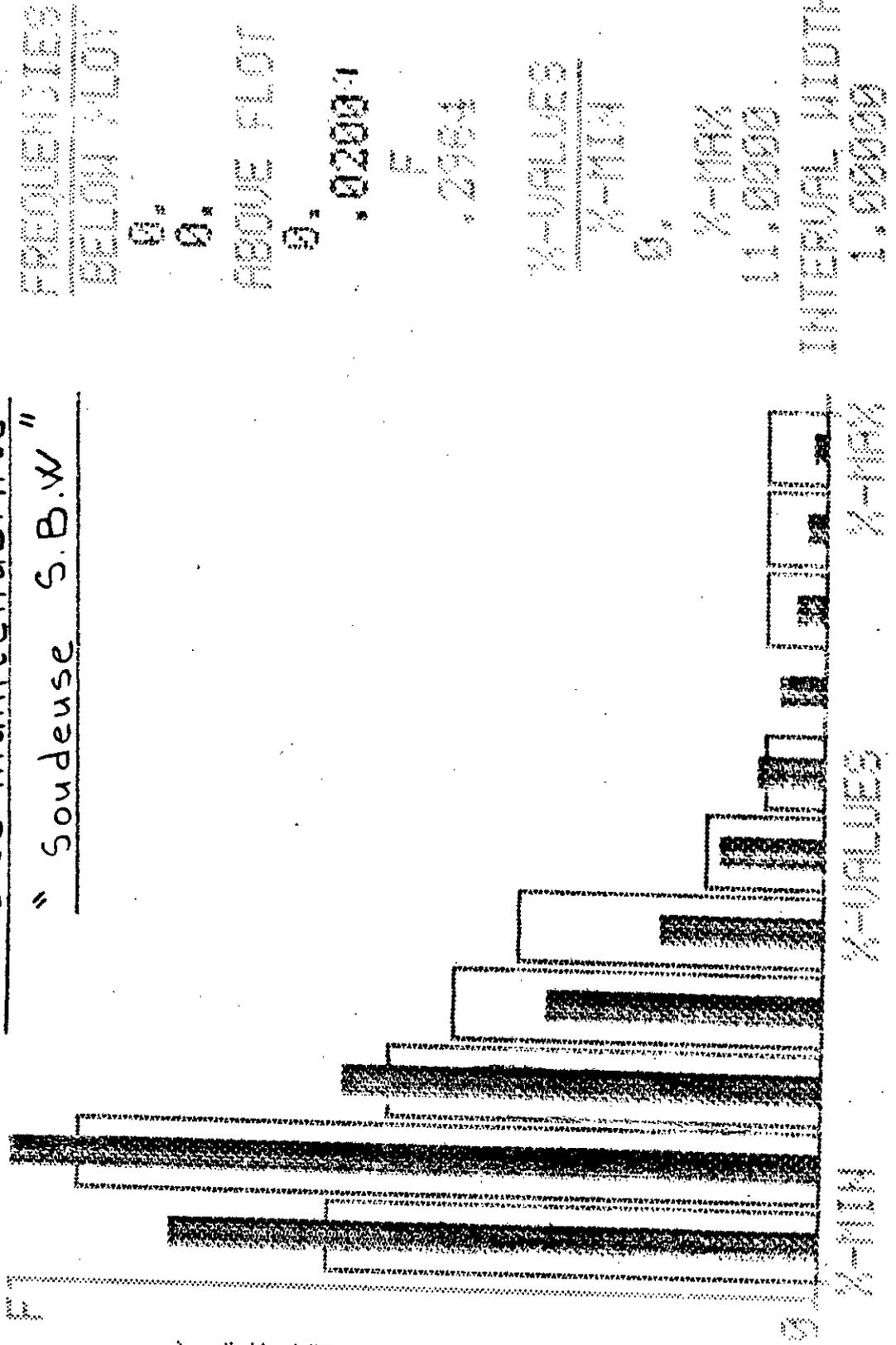
1.00000



FREQUENCY COMPARISON OF MODEL. 1; Lognormale

AND COMP. E: Etude de maintenabilite

" Soudese S.B.W "



COMPARISON

Bureau des methodes

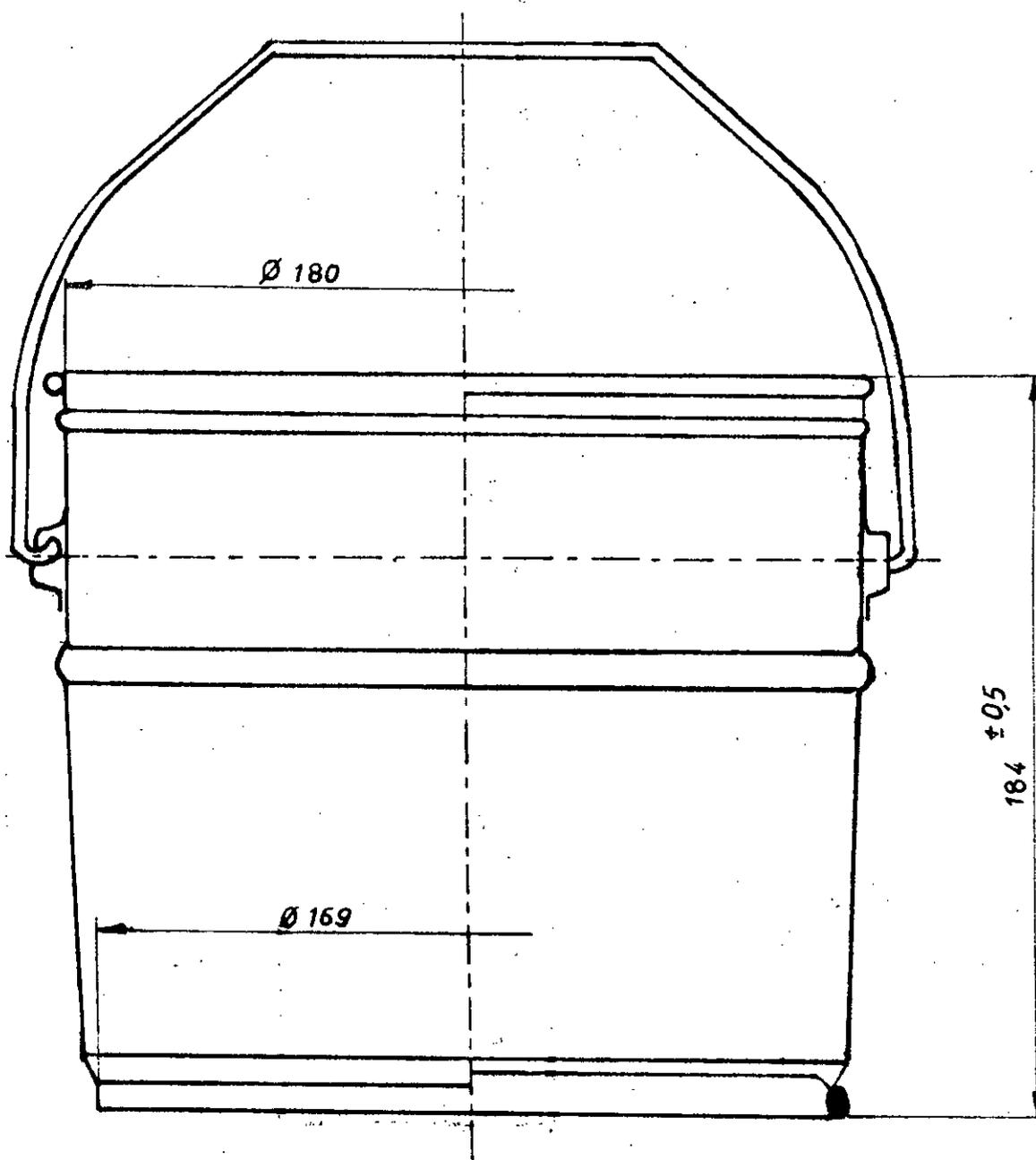
Date : 12 - 05 - 1982

Remplace : _____

PAILS 35L

Ø 180 x 184

FICHE DESCRIPTIVE DU PRODUIT



BIBLIOGRAPHIE:

- [1]: P.Chapouille, Fiabilité des systèmes
Masson et C^{ie} Editeurs (1969)
- [2]: P.lyonnet, Maintenance, mathématiques et méthodes
Edition TEC (1986)
- [3]: G.Guyot, Initiation à la maintenabilité
Edition Dunod (1969)
- [4]: F.Monchy, La fonction maintenance
Edition Masson (1987)
- [5]: M.Bottechia, Organisation et gestion de la production
Edition technique et documentation(1981)
- [6]: Alain Monnier, Le plan maintenance
ES SIYANA n°10
- [7]: Gilles Vistini, Comment augmenter sa productivité par la
maintenance.
Edition l'usine nouvelle (1985)
- [8]: Documents de l'entreprise
- [9]: Documents techniques de la chaine Pails
- [10]: AFNOR, Maintenance industrielle
Document AFNOR (1986)