

وزارة التربية الوطنية
MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة - BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT de Génie Industriel

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

CONTRIBUTION A LA MISE
EN PLACE D'UN NOUVEAU PROCEDE
DE CONTRÔLE AU SEIN DE L'ERMOD
3040 DE LA SNVI. CVI

Proposé par :
M. Kouadria

Etudié par :
D. Djabella
M. Zemali

Dirigé par
M. Ouabdesselam
M. Lamraoui

PROMOTION
1994

REMERCIEMENTS

Que tous ceux qui nous ont aidés, de près ou de loin, par leur soutien moral et matériel trouvent dans ces quelques lignes l'expression de notre profonde gratitude et de nos sincères remerciements.

Nous sommes reconnaissants à M^{lle} N. ABOUN, Directrice du département Genie Industriel, envers tous les professeurs qui ont contribué à notre formation et à toutes les personnes qui nous ont permis de mener à bien notre projet.

*Nous le sommes particulièrement, envers nos promoteurs, M. OUABDESSELAM et M. LAMRAOUI, envers les membres du jury M. BOUZIANE et Mme BELMOKHTAR, ainsi que M. KOUADRIA chef de département contrôle notre encadreur à la *SMN / CN*.*

Dédicace

A mon mari dont le soutien moral et matériel était sans défauts

A mon adorable mère

A mon père

A ma soeur Nabila et à ma soeur Linda

A mon frère Djamel et à ma belle soeur Nora

A ma très chère grand-mère

A la mémoire de mon oncle Ouabdeslem

A mon oncle Ali

A mon amie de toujours Souaad

et à mes deux beaux frères Ahmed et Brahim

Ainsi qu'à tous ceux qui me sont chers...

D. Djazira.

*Je dédie humblement ce travail à ma mère, à mon père
à toute ma famille et tous mes amis que j'aime..*

Z. Mustapha.

ملخص:

يشتمل هذا العمل على معاينة لوضع لبريقة جديدة
لفحص المنتج الميكانيكي رقم 138692 لعلبة السرعات
BXSL106 المصنوعة في مركب الشاحنات الصناعية بالروبيات.

Résumé :

Le but du présent travail, est la mise en place d'un nouveau procédé de contrôle pour la fourchette 138692 de la boîte de vitesse BXSL106, usinée dans l'ERMOD 3040 du complexe des véhicules industriels de Rouiba.

Il se base sur un audit de qualité de cet élément et un diagnostic complet de sa fabrication. Le nouveau procédé comporte un autocontrôle, un contrôle volant et un contrôle final par prélèvement.

Abstract :

This work is devoted to the study and design of a new checking method of the component number 138692 of the gear boxe BXSL 106 , which is manufactured in the industrial vehiculs complex of Rouiba.

It is based on a quality audit of the component and a complet diagnostic of the manufacturing.

The new checking method consists of a self checking, a movable checking and a final checking by sampling the component.

PREFACE

Les mots peuvent s'accorder pour former une enveloppe doctrinalisante autour des systèmes de contrôle.

Enveloppe utile aux développements.

Quels seront les prochaines néologismes dans les mouvements passionnés en maints endroits, inspirés par les marchands qui doivent tester leur clientèle sur la série du déclin et de la nouveauté.

Sommaire

| | |
|---|----|
| * Introduction | 06 |
| * Chapitre I : Généralités | 09 |
| I.1 Présentation de l'entreprise | 10 |
| I.1.1 Présentation du C.V.I | 10 |
| I.1.2 Gamme de production | 10 |
| I.1.3 Présentation de la mécanique | 12 |
| I.2 Méthodologie de l'audit de qualité | 14 |
| I.3 Sources d'information | 14 |
| I.4 Identification des problèmes de qualité | 15 |
| I.5 Choix et étude d'un problème de qualité | 15 |
| I.6 Limites de l'étude | 16 |
| * Chapitre II : Approche autour d'une définition | 17 |
| II.1 Définition de la qualité | 18 |
| II.2 Contrôle, assurance et gestion de la qualité | 18 |
| II.3 Qualité d'un produit | 19 |
| II.4 Sensibilisation à la notion de qualité | 19 |
| * Chapitre III : Choix d'un élément à l'étude | 21 |
| III.1 Organisation du centre d'usinage | 22 |
| III.1.1 Définition d' un ERMOD | 22 |
| III.1.2 Répartition des ERMOD | 22 |
| III.1.3 Définition d'un rebut | 22 |
| III.2 Etude des rebuts | 23 |
| III.2.1 Evolution des taux de rebuts | 23 |
| III.2.2 Calcul du taux moyen pluriannuel de rebuts | 24 |
| III.2.3 Visualisation des moyennes de rebuts | 24 |
| III.2.4 Choix de l'ermod à étudier | 25 |
| III.2.5 Analyse des variations des taux de rebuts | 25 |
| III.3 Présentation de l'ERMOD 3040 | 25 |
| III.3.1 Composition de l'effectif | 26 |
| III.3.2 Stimulant financier du travail | 26 |
| III.3.3 Parc- machines | 27 |
| III.4 Evolution des incidents dans l'ERMOD 3040 | 28 |
| III.4.1 Boites des vitesses | 28 |
| III.4.2 Directions | 28 |
| III.4.3 Visualisation de l'évolution des incidents BV et directions | 29 |
| III.4.4 Interprétation | 30 |
| III.5 Principales causes des incidents de boites de vitesses BXSL 106 | 31 |

| | | |
|----------------------|---|-----------|
| III.6 | Présentation des éléments causant les incidents | |
| III.6.1 | Désignation et référence | |
| III.6.2 | Taux de rebuts | 33 |
| III.6.3 | Choix de l'élément à l'étude | 33 |
| III.7 | Pièces non issues de l'ERMOD 3040 | 34 |
| * Chapitre IV | Rôle, caractéristiques et présentation de la gamme d'usinage des fourchettes | 36 |
| IV.1 | Principe de fonctionnement de la BV BXSL 106 | 37 |
| IV.2 | Rôle des fourchettes 138692 et 138689 | 38 |
| IV.3 | Emplacement des fourchettes dans la BV | 42 |
| IV.4 | Nomenclature des éléments | 44 |
| IV.5 | Fonction et rapport de démultiplication | 45 |
| IV.6 | Caractéristiques mécaniques des fourchettes | 45 |
| IV.6.1 | Rappels sur les aciers | 45 |
| IV.6.2 | L'acier XC 48 F des fourchettes | 47 |
| IV.7 | Gamme d'usinage des fourchettes | 48 |
| IV.7.1 | Définition d'une gamme d'usinage | 48 |
| IV.7.2 | Présentation de la gamme d'usinage des fourchettes 138692 et 138689 | 48 |
| * Chapitre V | Techniques d'investigations | 54 |
| V.1 | Différents types de données | 55 |
| V.1.1 | But | 55 |
| V.1.2 | Données liées à la compréhension de la situation | 55 |
| V.1.3 | Données pour analyse | 55 |
| V.1.4 | Données pour le contrôle du processus | 55 |
| V.1.5 | Données liées à l'acceptation ou au rejet | 56 |
| V.2 | Histogrammes | 56 |
| V.2.1 | La dispersion des données | 56 |
| V.2.2 | Comment exploiter un histogramme | 56 |
| V.3 | Diagramme de Pareto | 57 |
| V.3.1 | Le principe | 57 |
| V.3.2 | Utilité du diagramme de Pareto | 57 |
| V.3.3 | Etablissement d'un diagramme de Pareto | 57 |
| V.4 | Diagramme cause-et-effet ou diagramme d'Ishikawa | 58 |
| V.4.1 | Pourquoi une dispersion de la qualité apparaît-elle ? | 58 |
| V.4.2 | Différentes méthodes pour créer des diagrammes cause-et-effet | 59 |

| | |
|--|-----------|
| * Chapitre VI : Tracé des diagrammes de Pareto et d'Ishikawa relatifs à la fourchette 138692 | 62 |
| VI.1 Diagramme de Pareto de la série de fourchettes du mois de mars 94 | 63 |
| VI.2 Diagramme cause-et-effet | 64 |
| VI.3 Conclusion | 73 |
| VI.4 Evaluation des coûts de la série de mois de mars | 75 |
| | |
| Chapitre VII : Contrôle, définitions et concepts | 77 |
| VII.1 Origine du contrôle | 78 |
| VII.2 Définition du contrôle | 78 |
| VII.3 Contrôle de fabrication | 78 |
| VII.4 Classification des contrôles | 79 |
| VII.5 Auto-contrôle | 80 |
| VII.5.1 Origine de l'auto-contrôle | 80 |
| VII.5.2 Définition de l'auto-contrôle | 80 |
| VII.5.3 Conditions de l'installation de l' auto-contrôle | 80 |
| VII.5.4 Avantages et inconvénients | 81 |
| VII.6 Contrôle volant | 81 |
| VII.7 Contrôle en cours de fabrication | 82 |
| VII.7.1 Qu'est ce que le S.P.C? | 82 |
| VII.7.2 La variabilité | 82 |
| VII.7.3 La loi normale | 84 |
| VII.7.3.1 Définition | 84 |
| VII.7.3.2 Caractéristiques de la loi normale | 85 |
| VII.7.3.3 Examen de la dispersion par rapport au tolérances | 85 |
| VII.7.4 Causes spéciales et causes communes | 86 |
| VII.7.5 Les cartes de contrôle | 88 |
| VII.7.5.1 Définition | 88 |
| VII.7.5.2 Carte de contrôle de \bar{X} - R | 89 |
| VII.7.5.3 L'interprétation des cartes de contrôle | 90 |
| VII.8 Le contrôle final | 95 |
| | |
| * Chapitre VIII : Préconisation d'un nouveau procédé de contrôle pour la fourchette 138692: étude, application et analyse des résultats | 98 |
| VIII.1 Introduction | 99 |
| VIII.2 Présentation des modes de contrôles sous-jacents aux différentes opérations de la gamme d'usinage | 100 |

| | | |
|------------|---|-----|
| VIII 2.1 | Caractéristiques des cotes de la fourchette | 101 |
| VIII.3 | Facteurs influents sur l'application du procédé de contrôle | 102 |
| VIII.3.2 | Moyens de contrôle | 102 |
| VIII.3.3 | Rôle du régleur | 105 |
| VIII.3.4 | Rôle de l'opérateur | 105 |
| VIII.3.5 | Rôle du contrôleur volant | 109 |
| VII.4 | Application du procédé de contrôle | 112 |
| VIII.4.1 | Intoduction | 112 |
| VIII.4.2 | Opération 05: Perçage- Lamage- Alésage du trou de réglette O 20 H8 | 113 |
| VIII.4.2.1 | Les cotes principales et types de contrôle | 113 |
| VIII.4.2.2 | Recueil des données O 20H8 | 113 |
| VIII.4.2.3 | Examen de la distribution | 114 |
| VIII.4.2.4 | Application du principe de la carte de contrôle | 115 |
| VIII.4.2.5 | Résultat de l'auto-contrôle | 116 |
| VIII.4.2.6 | Résultat du contrôle volant | 117 |
| VIII.4.3 | Opération 10: Fraisage de la rainure passage coulisseau | |
| VIII.4.3.1 | Les cotes principales et types de contrôle | 119 |
| VIII.4.3.2 | Données recueillies (cote 170.8 H12) | 119 |
| VIII.4.3.3 | Examen de la distribution (cote 170.8 H12) | 120 |
| VIII.4.3.4 | Application du principe de la carte de contrôle (cote 170.8H12) | 121 |
| VIII.4.3.5 | Données recueillies (cote $7_{0.01}^{0.29}$) | 122 |
| VIII.4.3.6 | Examen de la distribution (cote $7_{0.01}^{0.29}$) | 123 |
| VIII.4.3.7 | Application du principe de la carte de contrôle (cote $7_{0.01}^{0.29}$) | 124 |
| VIII.4.3.8 | Résultat de l'auto-contrôle | 125 |
| VIII.4.3.9 | Résultat du contrôle volant | 126 |
| VIII.4.4 | Opération 15: Perçage du O 24 débouchant | 128 |
| VIII.4.4.1 | Les cotes principales et types de contrôle | 128 |
| VIII.4.4.2 | Examen de la distribution | 129 |
| VIII.4.4.3 | Application du principe de la carte de contrôle | 130 |
| VIII.4.4.4 | Résultat de l'auto-contrôle | 131 |
| VIII.4.4.5 | Résultat du contrôle volant | 131 |
| VIII.4.5 | Opération 30: Fraisage du bossage | 134 |
| VIII.4.5.1 | Les cotes principales et types de contrôle | 134 |
| VIII.4.5.2 | Résultat du contrôle volant | 135 |
| VIII.4.6 | Opération 35: Perçage des deux trous M10x150 | 136 |
| VIII.4.6.1 | Les cotes principales et types de contrôle | 136 |
| VIII.4.6.2 | Résultat de l'auto-contrôle | 137 |
| VIII.4.6.3 | Résultat du contrôle volant | 137 |

| | |
|---|-----|
| VIII.4.7 Opération 40: Ebavurage- Fraisage des cônes d'entrée d'huiles | 140 |
| VIII.4.7.1 Cotes principales et types de contrôle | 140 |
| VIII.4.8 Résultats de l'application de l'autocontrôle et le contrôle volant pour les six premières opérations d'usinage | 140 |
| VIII.4.8.1 Le temps total d'application (T) d'autocontrôle et de contrôle volant | 140 |
| VIII.4.8.2 Le nombre de rebuts total décelé au cours de l'application du nouveau procédé de contrôle (n) | 141 |
| VIII.4.8.3 Le temps total dissipé pour usiner les pièces décelées mauvaises (td) | 141 |
| VIII.4.8.4 Coût d'application du nouveau procédé de contrôle pour toutes les opération d'usinage | 141 |
| VIII.4.9. Opération 50: Contrôle final avant métallisation | 143 |
| VIII.4.9.1 Procédé de contrôle anterieure | 143 |
| VIII.4.9.2 Procédé de contrôle mis en place | 143 |
| VIII.4.9.3 Méthode de contrôle des cotes | 146 |
| VIII.4.9.4 Résultat de l'application du nouveau procédé de contrôle à l'opération 50 | 153 |
| VIII.4.9.5 Résultats du contrôle(coûts) | 154 |
| VIII.4.9.6 Coût total de l'opération 50 (Ct2) | 155 |
| VIII.5 Résultats de l'application du nouveau procédé de contrôle | 155 |
| VIII.5.1 Comparaison des deux taux de rebut (celui de mars et celui d'avril) | 155 |
| VIII.5.2 Coût total de toute l'application | 156 |
| * Conclusion générale et suggestions | 157 |
| * Bibliographie | 161 |

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

INTRODUCTION

Dans un système productif, la réalisation de la qualité exige un appareil de contrôle de la qualité efficient à tous les niveaux : de la réception de la matière première et de la transformation de celle-ci jusqu'à l'obtention du produit final.

Dans le Complexe des Véhicules Industriels de Rouiba C.V.I, la direction a défini une stratégie globale d'amélioration de la qualité et l'une de ses principales directives est la réduction de pièces usinées et rebutées à la suite d'un défaut.

La solution qui a été retenue consistait en la mise en place d'un système de contrôle dans les différentes phases de fabrication .

Le but de notre projet de fin d'études est d'introduire la notion de qualité à travers l'un de ses vecteurs : le contrôle. Il situera cette action parmi les différents facteurs et prouvera sa nécessité en liant le nombre de rebuts au manque de contrôle pour finalement mettre ce dernier effectivement en place. Nous répartirons ce travail comme suit :

- Au chapitre I : nous présenterons l'entreprise et nous tracerons les contours des problèmes que rencontre le CVI, et de là, ressortirons ceux du centre mécanique.

Nous expliquerons à la fin de ce chapitre , les limites de notre travail ainsi que les principales difficultés rencontrées.

- Au chapitre II : nous définirons la qualité , ainsi que les concepts sur lesquels se fonde l'approche qualité.

- Au chapitre III : à partir de toutes les statistiques existantes, nous choisirons un élément mécanique pour l'étude .
Cet élément est usiné dans un des ateliers de fabrication et présente le plus de défauts.
c'est sur celui-ci que seront appliqués nos efforts d'amélioration.

- Au chapitre IV : nous définirons l'environnement, du point de vue technique de l'élément choisi : son rôle, son emplacement, sa composition chimique et ces caractéristiques mécaniques.
Nous présenterons aussi la gamme d'usinage qui permet sa réalisation à l'atelier.

- Au chapitre V : nous présenterons des rappels théoriques sur les outils techniques et des méthodes de traitement des informations à travers quelques exemples .

- Au chapitre VI : nous déterminerons le diagramme de Pareto et le diagramme d'Ishikawa relatifs à l'élément choisi et de là, nous proposerons une solution qui consiste en l'installation d'un nouveau procédé de contrôle : l'auto-contrôle, contrôle volant et contrôle final, ainsi qu'une évaluation de coût de la série du mois de mars 1994.

- Au chapitre VII : nous présenterons aussi une partie théorique sur le contrôle ainsi que les concepts : contrôle au niveau du processus de fabrication et contrôle final.

- Au chapitre VIII : nous terminerons notre projet de fin d'étude en présentant les résultats après la mise en place du nouveau procédé de contrôle dans l'atelier d'usinage ainsi que les résultats de chaque opération .

CHAPITRE I

Généralités

*« Il vaut mieux viser la perfection et ne pas l'atteindre
que de viser l'imperfection et l'obtenir... »*

T. WATSON : Fondateur I.B.M

I.1 Présentation de l'entreprise

En juin de 1957, Berliet entreprend la construction d'une usine de fabrication de poids lourds dans la zone industrielle de Rouiba.

Aujourd'hui, ce complexe de 255 hectares, compte parmi les plus importantes unités de production au niveau du territoire national dans le domaine de l'industrie lourde.

En date du 12 décembre 1981, une restructuration de l'entreprise SONACOME est décidée et une nouvelle appellation est donnée à cette entreprise: "Entreprise Nationale de Véhicules Industriels S.N.V.I " à laquelle le Complexe Véhicules Industriels(C.V.I) est rattaché.

I.1.1 Présentation du C.V.I

Le C.V.I s'étale sur une superficie de 746980 m² dont 157280 m² sont couvertes et emploie un effectif de 6207 personnes.

Chaque direction est structurée en département comportant plusieurs services mise à part la direction des fabrications qui se compose de cinq(05) centres de production(structures opérationnelles) et trois (03) structures fonctionnelles.

Après le découpage en 1987, le C.V.I est restructuré en six (06) unités réparties comme suit :

- C.V.I: Complexe Véhicules Industriels
- U.F.R: Unité Fonderie de Rouiba
- U.C.R: Unité Carrosserie de Rouiba
- U.G.R: Unité Gestion de Produit
- U.E.R: Unité étude et recherche
- C.I.F.O.P: Centre interprofessionnel de Formation et de Perfectionnement

I.1.2 Gamme de production

La gamme des véhicules industriels est composée de dix sept (17) types de véhicules. Les caractéristiques principales de la gamme sont données dans le tableau ci-dessous:

| GAMME | DENOMINATION DU VEHICULE | TYPE | P. T. C (1) | P.T.R (2) |
|----------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|------------|
| Basse | K 66 | Porteur 4x2 | 6,6 tonnes | 7850 kg |
| | K 120 | Porteur 4x2 | 12 tonnes | 13250 kg |
| Militaire | M 120 | Porteur 4x2 | 10 tonnes | 14200 kg |
| | M 230 | Porteur Tracteur 6x6 | 19 tonnes | 27 tonnes |
| Haute | B 260 | Porteur Tracteur 4x2 | 19 tonnes | 35 tonnes |
| | TB 260 | Tracteur 4x2 | 19 tonnes | 35 tonnes |
| | TB 305 | Tracteur 4x2 | 19 tonnes | 38 tonnes |
| | TB 305 | Tracteur 6x4 | 26 tonnes | 38 tonnes |
| | C 260 | Porteur Tracteur 4x2 | 19 tonnes | 35 tonnes |
| | C 260 | Porteur Tracteur 6x4 | 26 tonnes | 35 tonnes |
| | C 290 | Porteur Tracteur 4x2 | 19 tonnes | 35 tonnes |
| | C 290 | Porteur Tracteur 6x4 | 26 tonnes | 35 tonnes |
| Autocar et Autobus | 49 V8 | Autocar | 14 tonnes | 49 places |
| | 100 V8 | Autobus | 16 tonnes | 100 places |
| Mini-car et Mini-bus | 25 L4 | Mini-car | 6,6 tonnes | 25 places |
| | 38 L6 | Mini-car | 12 tonnes | 38 places |
| | 70 L6 | Mini-bus | 12 tonnes | 70 places |

- (1) Poids Total Charge
(2) Poids Total Remorque

Tableau 1.1 Gamme de production

I.1.3 Présentation de la mécanique

D'une superficie de 43000 m² et d'un effectif de 1136 personnes, le centre mécanique fabrique à partir de la matière première, des bruts de forge et des bruts de la fonderie, les principaux organes des véhicules dont:

- 08 types d'essieux
- 09 types de foyers
- 05 types de boîtes à vitesses
- 04 types de directions
- et ferrures diverses

Pour sa production, le centre mécanique abrite 551 machines telles que: perceuses, tours parallèles et commandes numériques, rectifieuses, fraiseuses, machines à tailler les engrenages.

Mettant en oeuvre différentes technologies entre autre: l'usinage, le traitement thermique, la rectification, le montage et les essais d'organes.

Le bâtiment mécanique est placé sous la responsabilité d'un chef d'atelier auquel sont rattachés quatre (04) services de prestations qui contribuent à l'atteinte des objectifs de production.

Les structures fonctionnelles travaillent en collaboration et se consultent dans le but de pouvoir coordonner leurs actions .Il s'agit:

- de la fonction fabrication
- de la fonction ordonnancement
- de la fonction méthodes
- de la fonction maintenance

Le centre mécanique est le lieu où un grand nombre de pièces sont usinées. Son bon fonctionnement est vital pour les autres centres en particulier: les centres montage camion et montage autobus.

Nous présentons sur la page suivante l'organigramme du centre mécanique, ainsi que son effectif.

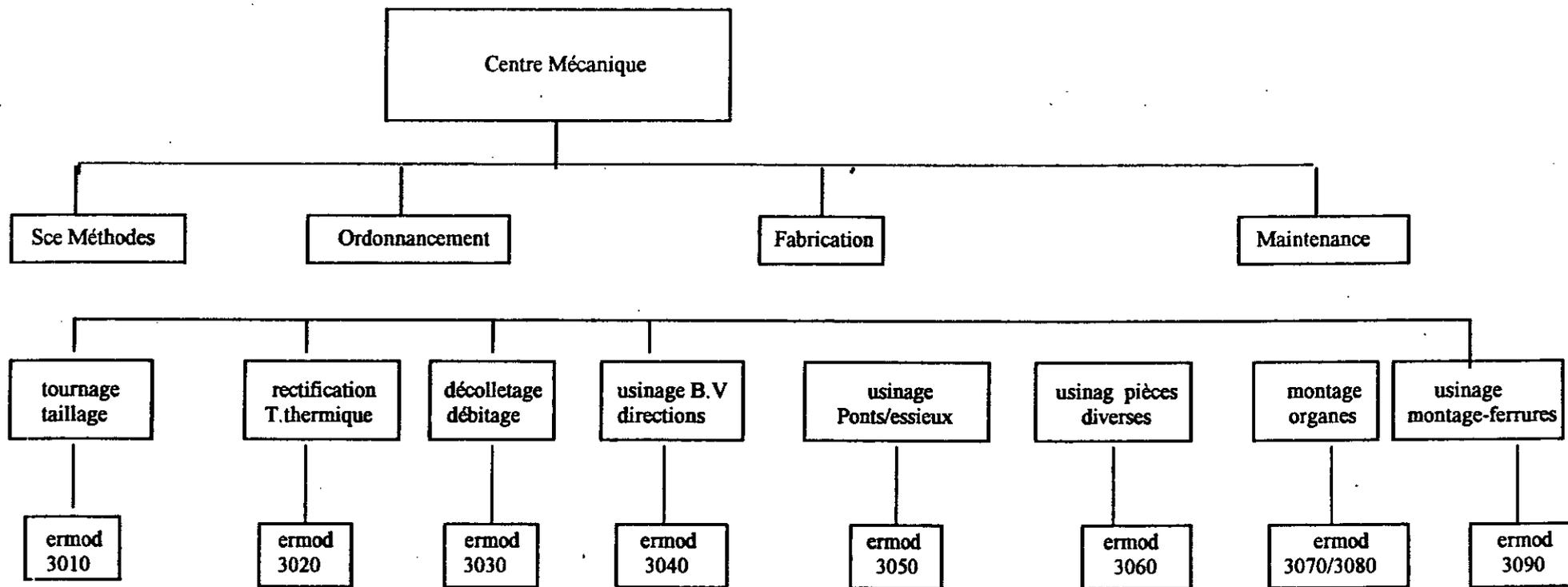


Figure 1.1 Organigramme du centre mécanique.

I.2 Méthodologie de l'audit de qualité

L'audit de qualité est par définition un examen périodique d'une situation relative à un produit, processus, organisation en matière de qualité, réalisé en coopération avec les intéressés en vue de vérifier la conformité de cette situation aux dispositions préétablies et l'adéquation de ces dernières à l'objectif recherché.
(selon l' AFNOR).

Les grandes lignes pour approcher la réalité en ce qui concerne la qualité des produits, du point de vue du processus de fabrication peuvent s'écrire comme suit :

- Identification des problèmes de qualité.
- Choix d'un problème de qualité pour l'étude.
- Choix d'une zone pilote pour l'étude.
- Préparation d'un plan de collecte d'informations
- Association de toutes les personnes ou structures directement concernées pour recueillir les informations sur la situation actuelle
- Mise en forme des informations et vérification de leur pertinence
- Analyses et conclusions

I.3 Sources d'information

Les méthodes retenues pour acquérir les informations nécessaires à la poursuite de notre travail relèvent de :

- l'interview
- l'observation
- l'analyse du processus

Il a été fait appel aux différents services du CVI, qui sont susceptibles de détenir l'information, à savoir :

- la direction technique comprenant :
 - * le département qualité
 - * le département contrôle (tableau de bord, bilan d'activité..)
- la direction de la fabrication comprenant :
 - * le service méthode
 - * le centre mécanique
- le service comptabilité

I.4 Identification des problèmes de qualité au CVI

Le stage d'information que nous avons entrepris, ainsi que les données que nous avons recueillies, nous permettent déjà de donner une esquisse des problèmes de qualité que nous énumérons ci-dessous :

- Perte de la vocation du département de la qualité vu que les problèmes pris en charge par ce service, ne se règlent pas au niveau du complexe
- Les demandes de dérogation, pour les pièces usinées et présentant des défauts, sont devenues des formalités et augmentent en nombre de plus en plus.
- Disparité des analyses et des orientations à entreprendre suite aux données recueillies.
- La notion de travail programmé dans le domaine de la qualité n'existe plus.
- Le règlement des problèmes ne se fait pas de façon réglementaire.
- Le cloisonnement des services s'est instauré de façon importante.
- Mauvaises conditions de stockage des produits finis.
- Non conformité des pièces usinées et montage de celle-ci sur organes.
- Utilisation de matière non conforme pour la fabrication.

Le traitement de ces problèmes dans leurs totalité, relèvera sûrement de la refonte globale de l'organisation du C.V.I, néanmoins, notre travail pourra mettre à jour certains aspects à traiter pour améliorer la qualité.

I.5 Choix et étude d'un problème de qualité

Il est sans doute évident que le travail que nous aurons à fournir, sera axé essentiellement sur les méthodes de fabrication, ainsi que celles du contrôle.

En effet, on peut définir le produit final comme le résultat du processus suivant :

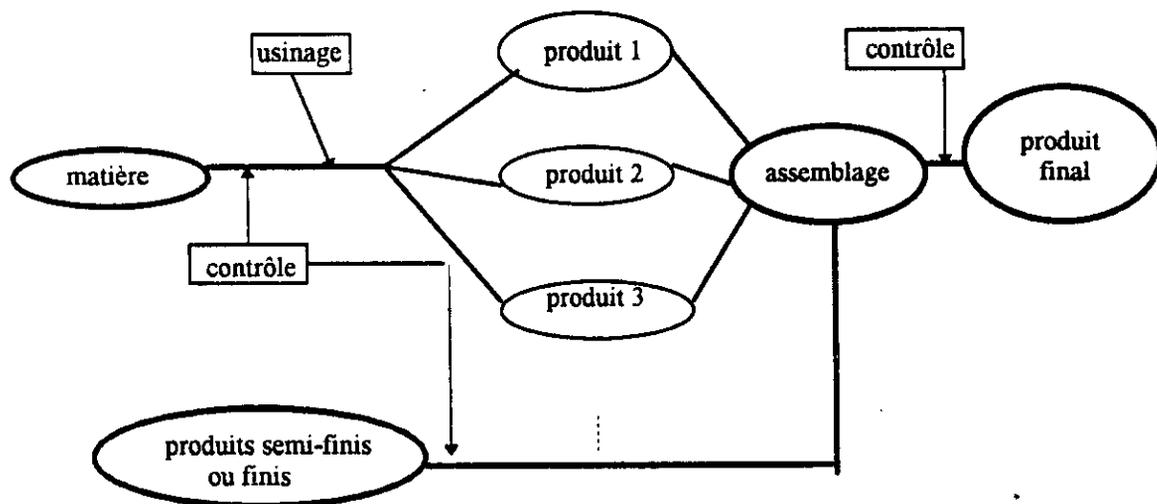


Figure 1.1 Processus de fabrication

Les travaux précédemment énoncés, nous permettront de savoir comment évolue le processus par rapport aux normes et aux spécifications de la, et selon les conclusions, il y aura lieu d'étudier et de proposer une nouvelle approche auto-contrôle, contrôle volant et contrôle final.

I.6 Limites de l'étude

- Le centre mécanique compte 7 ateliers d'usinage. Notre travail se limitera à celui produisant le plus de rebuts.
- Les éléments usinés dans cet atelier sont variés et se succèdent par lots. Notre étude portera sur un type de pièces.
- Différents aspects de la qualité sont liés à un produit. Leur traitement global nécessite une présence continue sur le terrain et un volume horaire très important. Nous nous limiterons aux aspects de la qualité liés au processus de contrôle.
- Nous relevons aussi la difficulté d'obtenir des informations fiables. En effet, leur exactitude est souvent très limitée. Faute d'éléments fiables, nous nous baserons sur les statistiques existantes.
- Les documents fournis sont mal rédigés et leur présentation est dépassée. Leur définition n'a pas changé depuis l'installation de BERLIET, jusqu'à nos jours.
- Des documents sont perdus, éparpillés, mal classés: un outil informatique est indispensable.
- La communication est souvent difficile avec le personnel de l'atelier. Souvent, les personnes sont âgées et peu disponibles pour des discussions constructives.

CHAPITRE II

Approche autour d'une définition

« Les mots sont plus mystérieux que les faits. »

Pierre Mac Orlan.

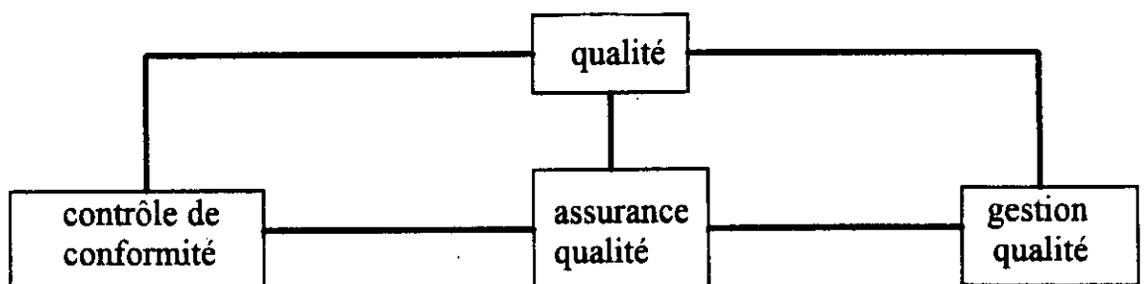
II.1 Définition de la qualité [DOC, 86]

Selon l'AFNOR, la qualité d'un produit est son aptitude à satisfaire les besoins de son utilisateur.

L'aptitude à satisfaire les besoins est de prouver que le produit est apte à rendre le service attendu.

C'est en fait, le résultat d'un ensemble de caractéristiques mesurées et comparées à un ensemble de caractéristiques prévues à la définition.

II.2 Contrôle, assurance et gestion de la qualité[DOC, 86]



Applique les activités de contrôle pour obtenir le constat de la qualité du produit.



Apporte la connaissance des écarts entre la définition attendue et celle obtenue par la production.

s'ajoute au contrôle de conformité par l'analyse des défauts, la recherche de leurs causes et l'obtention des modifications les annulant.



apporte l'assurance que les défauts ne sont pas renouvelés. Les modifications peuvent Concerner des outillages des procédures, des réglages ou des définitions.

complète les deux premières activités par l'intégration de la qualité dans la gestion du programme.



apporte à la gestion la connaissance des Coûts de la non qualité par les bilans correspondants aux niveaux obtenus. Participe à l'optimisation de la gestion du programme

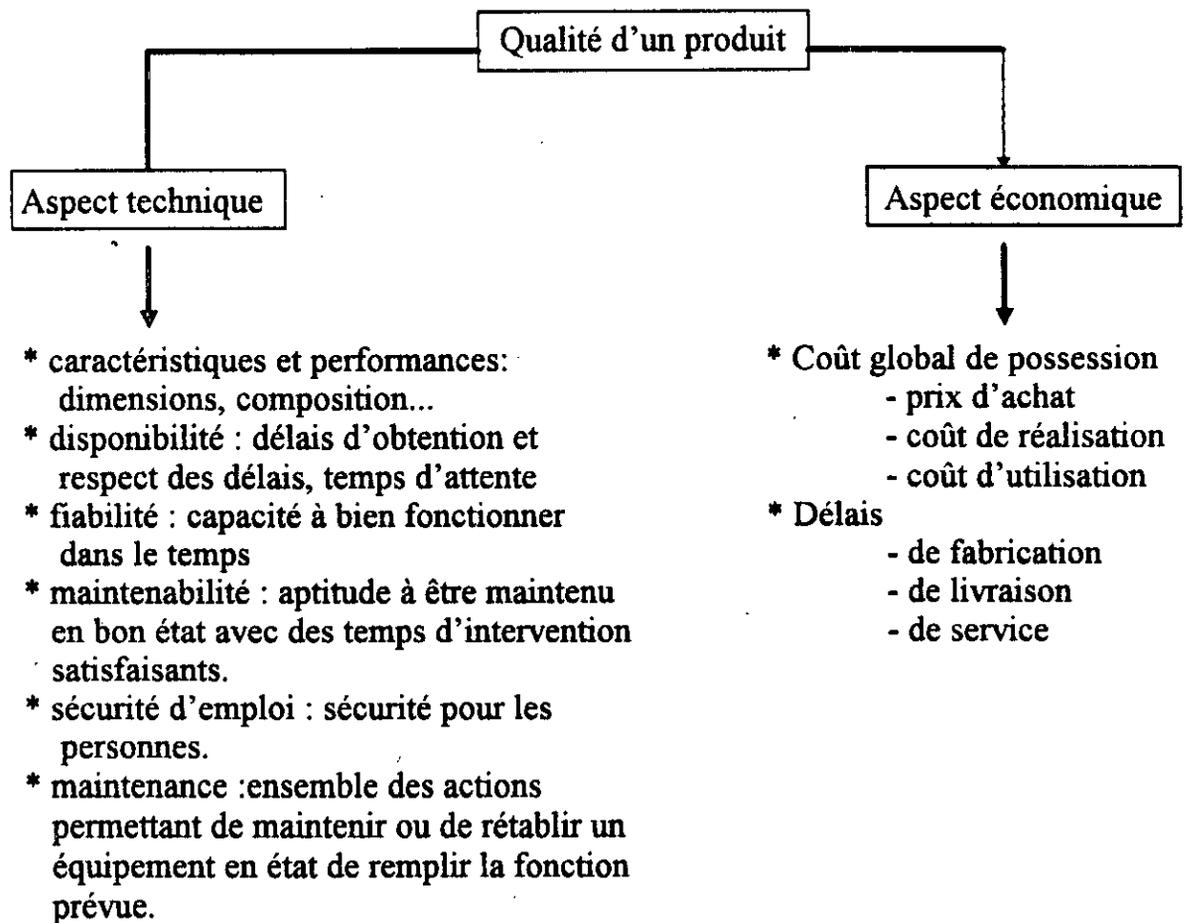
Pour couvrir la qualité, trois activités sont nécessaires :

- l'intégration de la notion de qualité dans un programme de gestion global.
- le contrôle et la surveillance de cette qualité.
- l'analyse des résultats de cette surveillance et leur amélioration pour le respect de la qualité.

Il s'agit en effet, d'un ensemble d'activités continues qui demandent la présence d'hommes éclairés dans le domaine de la qualité.

II.3 Qualité d'un produit[NOY, 93]

Nous énumérons ci-après, les éléments fondamentaux composant les deux aspects de la qualité : l'aspect technique et l'aspect économique.



II.4 Sensibilisation à la notion de qualité [NOY, 93]

Avant toute chose, il faut que dans l'esprit du personnel soit présente la notion de maîtrise de la qualité de l'ensemble du travail effectué et cela dans un environnement souvent complexe et difficile.

Autrement dit : créer un esprit de qualité, c'est à dire une motivation, voir un enthousiasme pour la qualité de produits et pour le service clients. Cela implique notamment les aspects suivants :

- avoir une politique interne du personnel axée sur la compétence, sur la formation, sur la promotion des meilleurs...
- responsabiliser le personnel.
- entretenir une ambiance de dialogue, en encourageant et en écoutant les suggestions à tous les niveaux.
- ne pas toujours privilégier le court terme, mais construire à long terme en même temps qu'en luttant contre les difficultés de chaque jour.

Pour ce faire, nous présentons en annexe 1, quelques affiches, qui permettent de résumer la notion de qualité de façon simple mais incitatrice.

CHAPITRE III

Choix d'un élément à l'étude

*« le lendemain s'instruit aux leçons de la veille »
Publius Syrus.*

III.1 Organisation du centre d'usinage

III.1.1 Définition d'un ERMOD

C'est l' Ecart de Rendement de la Main d'Oeuvre Directe, cela signifie :

- * d'une part une organisation qui prévoit une distinction à l'intérieur même d'un atelier. Cette distinction réside dans la démarcation entre les différentes activités nécessaires à la production d'un produit et chaque élément possède évidemment un process particulier
- * d'autre part, l'écart entendu dans l'ERMOD, est la différence négative ou positive entre ce qui a été réalisé et le budget prévu.

III.1.2 Répartition des ERMOD

Le bâtiment mécanique est subdivisé en 09 ERMOD différents et chacun de ceux-ci, s'occupe d'une fonction de fabrication ou de montage.

On distingue :

- ERMOD 3010 : tournage / taillage .
- ERMOD 3020 : rectification / traitement thermique
- ERMOD 3030 : décolletage / débitage.
- ERMOD 3040 : usinage éléments boites de vitesses et directions.
- ERMOD 3050 : usinage ponts et essieux.
- ERMOD 3060 : usinage pièces diverses.
- ERMOD 3070 : montage organes.
- ERMOD 3080 : montage organes.
- ERMOD 3090 : usinage / montage ferrures.

Il est important de mentionner que chaque ERMOD, possède un poste de contrôle et un personnel propre à lui pour accomplir cette tâche. Il possède en outre une autonomie en matière de moyens matériels et humains.

III.1.3 Définition d'un rebut

Une pièce issue d'un poste d'usinage est dite rebutée si elle ne répond pas aux spécifications préétablies.

III.2 Etude des rebuts

III.2.1 Evolution des taux de rebuts

Les tableaux suivants présentent les taux de rebuts relevés par mois, le long d'une année. Ils spécifient en outre les taux de rebuts par zone d'usinage ou ERMOD dans le centre d'usinage mécanique.

Nous avons recueilli des données pour 3 années consécutives.

| ERMOD | JAN | FEV | MAR | AVR | MAI | JUIN | JU/AO | SEP | OCT | NOV | DEC |
|-------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| 3010 | 3,36 | 2,52 | 2,94 | 1,79 | 1,60 | 3,80 | 1,72 | 1,77 | 4,46 | 3,04 | 2,87 |
| 3020 | 2,02 | 0 | 0 | 1,11 | 1,02 | 1,11 | 1,48 | 1,93 | 1,20 | 1,16 | 1,44 |
| 3030 | 0,35 | 0,55 | 0,87 | 1,93 | 2,79 | 0,95 | 4,03 | 0,65 | 2,55 | 1,20 | 4,52 |
| 3040 | 3,27 | 2,43 | 4,19 | 3,97 | 3,07 | 5,05 | 15,30 | 3,50 | 8,72 | 6,2 | 7,93 |
| 3050 | 0,96 | 0,92 | 1,32 | 2,34 | 0,55 | 0,44 | 1,65 | 2,43 | 1,60 | 2,29 | 3,16 |
| 3060 | 3,79 | 3,52 | 2,90 | 3,15 | 3,22 | 3,38 | 5,51 | 3,27 | 5,35 | 3,95 | 3,72 |
| 3070 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3080 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3090 | 1,65 | 1,68 | 2,34 | 1,72 | 1,50 | 1,56 | 2,72 | 1,46 | 8,24 | 8,45 | 2,5 |

Tableau 3.1 Evolution des taux de rebuts en 1991

| ERMOD | JAN | FEV | MAR | AVR | MAI | JUIN | JU/AO | SEP | OCT | NOV | DEC |
|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| 3010 | 5,20 | 2,46 | 3,07 | 4,99 | 1,95 | 2,46 | 8,81 | 0,005 | 2,63 | 3,4 | 3,72 |
| 3020 | 3,50 | 2,03 | 1,68 | 1,12 | 2,63 | 2,01 | 3,26 | 1,97 | 12,8 | 2,53 | 8,07 |
| 3030 | 0,39 | 1,39 | 2,02 | 2,51 | 4,88 | 1,09 | 3,52 | 1,76 | 1,93 | 1,81 | 8,33 |
| 3040 | 2,06 | 2,62 | 2,7 | 5,96 | 5,7 | 2,33 | 8,90 | 5,43 | 1,58 | 4,25 | 4,22 |
| 3050 | 2,48 | 1,58 | 2,5 | 2,12 | 0,93 | 1,05 | 3,28 | 0,92 | 0,98 | 1,42 | 2,88 |
| 3060 | 2,56 | 2,42 | 4,87 | 3,07 | 2,78 | 10,42 | 2,61 | 5,49 | 0,5 | 3,52 | 19,19 |
| 3070 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3080 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3090 | 2 | 2,26 | 2,26 | 2,89 | 2,64 | 2,64 | 2,06 | 1,66 | 3,76 | 2,57 | 9,14 |

Tableau 3.2 Evolution des taux de rebuts en 1992

| ERMOD | JAN | FEV | MAR | AVR | MAI | JUIN | JU/AO | SEP | OCT | NOV | DEC |
|-------|------|-------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|
| 3010 | 8,95 | 5,59 | 1,92 | 6,38 | 1,72 | 3,32 | 2,98 | 1,5 | 5,63 | 1,26 | 17,41 |
| 3020 | 1,85 | 2,05 | 1,97 | 1,01 | 2,24 | 1,24 | 0,77 | 4,66 | 1,09 | 1,55 | 12,19 |
| 3030 | 1,11 | 0,6 | 0,55 | 0,41 | 2,18 | 1,03 | 3,40 | 0,54 | 0,55 | 1,40 | 1,31 |
| 3040 | 4,89 | 10,73 | 2,67 | 2,45 | 1,79 | 1,29 | 2,14 | 5,04 | 1,53 | 2,02 | 7,97 |
| 3050 | 1,20 | 1,65 | 15,49 | 0,55 | 1,97 | 1,16 | 1,22 | 1,68 | 0,25 | 1,14 | 1,72 |
| 3060 | 2,91 | 15,25 | 4,14 | 5,46 | 1,84 | 5,72 | 2,58 | 3,41 | 1,58 | 2,17 | 3,28 |
| 3070 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3080 | 0 | 0 | 0,1 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,03 | 0 | 0,05 | 0,02 | 0,02 |

Tableau 3.3 Evolution des taux de rebuts en 1993

III.2.2 Calcul du taux moyen pluriannuel de rebuts

Nous présentons les moyennes sur chaque années et pendant les trois années consécutives des rebuts produits par ERMOD dans le tableau suivant :

| ERMOD | 1991 | 1992 | 1993 | moyenne |
|-------|------|------|------|---------|
| 3010 | 2,72 | 3,52 | 5,15 | 3,79 |
| 3020 | 1,12 | 3,78 | 2,78 | 2,56 |
| 3030 | 1,85 | 2,69 | 1,19 | 1,91 |
| 3040 | 5,78 | 4,16 | 3,95 | 4,63 |
| 3050 | 1,60 | 1,83 | 2,55 | 1,99 |
| 3060 | 3,80 | 5,22 | 4,39 | 4,47 |
| 3070 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3080 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 3090 | 3,07 | 3,08 | 2,91 | 3,02 |

Tableau 3.4 Moyenne des rebuts par ERMOD

III.2.3 Visualisation des moyennes de rebuts

Sur la base des données du tableau 3.4, nous traçons le graphique à colonnes suivant:

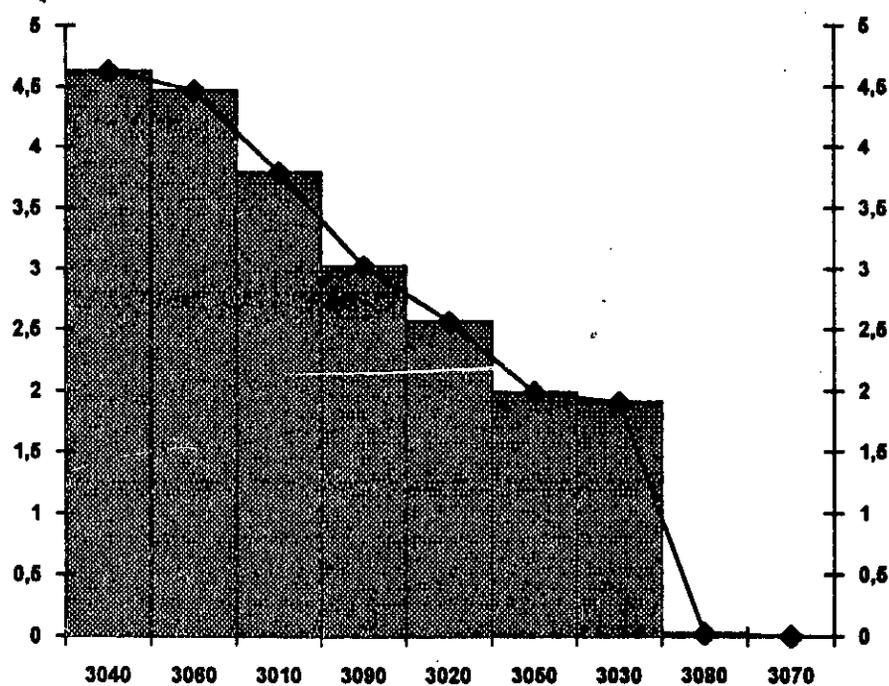


Figure 3.1 Graphique à colonnes des moyennes de rebuts

III.2.4 Choix de l'ERMOD à étudier

Le graphe précédemment tracé, nous révèle un fort taux de rebuts dans les ERMOD 3040 ET 3060.

Nous porterons en premier lieu notre attention sur ces ERMOD pour fixer la zone d'usinage à étudier.

III.2.5 Analyse des variations des taux de rebuts

Le graphe à lignes brisées qui suit, nous décrit comment a évolué le taux de rebuts dans les ERMOD 3040 et 3060 sur les trois années consécutives 1991, 1992 et 1993.

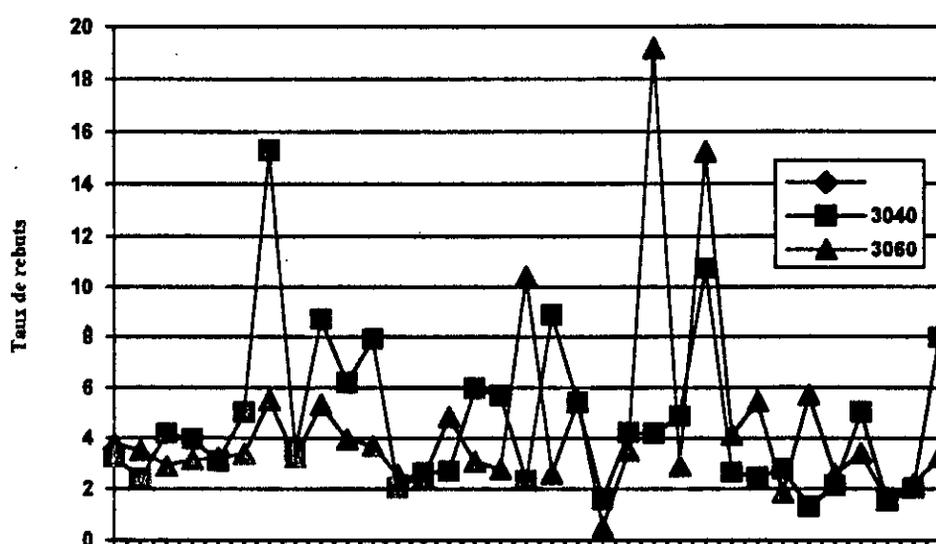


Figure 3.2 Evolution des taux de rebuts sur 3 ans: 91,92,93.

En 1991, l'ERMOD 3040 a eu de façon distincte, le taux le plus élevé de rebuts, En 1992, les taux des ERMOD 3040 et 3060 ont eu tendance à se rapprocher, Par contre, en 1993, les rebuts de 3060 ont eu tendance à diminuer et ceux de l'ERMOD 3040 à augmenter.

III.3 Présentation de l'ERMOD 3040

C'est une zone d'usinage, qui produit des éléments rentrant dans la composition des boîtes de vitesses et des directions.

Plusieurs types d'usinage sont réalisés : le fraisage, le tournage, le perçage
Ce secteur se compose de deux sections :

- la section 110 se compose de deux lignes :
 - * une ligne d'usinage carters
 - * une ligne d'usinage pièces diverses
- la section 131 se compose d'une seule ligne d'usinage de pièces diverses.

III.3.1 Composition de l'effectif

Le mode de travail est de deux tranches, de huit heures chacune, dans 24 heures (huit de jour et huit de nuit).

Le secteur d'usinage boites et directions occupe une superficie de 1368 m² et emploi un effectif total de 70 personnes dont :

- 04 contrôleurs
- 01 chef d'atelier
- 02 contremaîtres
- 06 chefs d'équipes
- 39 ouvriers spécialisés
- 01 technicien supérieur
- 20 régleurs
- 01 manoeuvre

| Désignation | Budget 94 | inscrits | observation |
|----------------|-----------|----------|-------------|
| Chef d'atelier | 01 | 1 | 0 |
| Contremaître | 02 | 2 | 0 |
| Chef d'équipe | 06 | 6 | 0 |
| Régleur | 18 | 20 | -2 |
| O.S. | 55 | 39 | -16 |
| T.S | 0 | 1 | +1 |
| Manoeuvre | 5 | 1 | -4 |

Tableau 3.5 Répartition de l'effectif

Comme il apparaît dans le tableau 3.5 la fonction de régleur a un déficit de 2 personnes. Or le régleur est le pilier de l'atelier, C'est lui qui s'occupe des réglages des machines d'après les spécifications, de former les opérateurs et de veiller à la stabilité des réglages et à la qualité d'usinage. Ce déficit augmente la charge du travail du régleur qui se consacre plus à la tâche du réglage et laisse le suivi de la qualité d'usinage.

Il y a aussi un déficit de 16 personnes pour les ouvriers spécialisés ce qui est aussi important, car il se ressent lors d'une activité intense .

III.3.2 Stimulant financier du travail

La politique du personnel d'exécution est polarisée par la quantité à produire dans un temps donné et oublie les composants d'une production de qualité car au centre mécanique, c'est le stimulant financier qui intéresse les ouvriers.

Cette prime financière est une prime obtenue pour avoir dépassé les performances normales fixées dans le travail.

L'introduction de ce stimulant doit être étudiée au niveau des conséquences qu'elle peut entraîner dans l'organisation

Les erreurs que nous avons constatées sont fort coûteuses car il y a une augmentation des taux de rebuts et de retouches suite à une non déclaration de celles-ci, par peur de ne pas toucher les primes de rendement collectif PRC, ainsi que celle de rendement individuelle PRI.

Chaque fin de mois le personnel de production cherche le volume d'unités usinées au détriment de la qualité pour percevoir la prime.

III.3.3 Parc machines

L'ERMOD 3040 dispose d'un parc machine se composant de :

- 01 tour parallèle
- 04 tours semi-automatiques
- 02 tour verticaux
- 14 perceuses radiales
- 01 perceuse multiple
- 01 perceuse 4 broches
- 01 perceuse aléseuse
- 06 fraiseuses horizontales
- 01 fraiseuse universelle
- 01 aléseuse spéciale

Il est à noter qu'il n'y a pas eu de renouvellement des machines depuis plus d'une dizaine d'années (depuis 1980).

Le tableau suivant donne un exemple de la situation de certaines machines en fonction de leur date de mise en service et de leur nombre de pannes, jusqu'à l'année 1993.

| Machine | Numéro | Date de mise en service | Nombre de pannes jusqu'à 93 |
|-----------------------|---------|-------------------------|-----------------------------|
| Perceuse GSP | 10011 | 24 / 04 / 74 | 49 |
| // | C006741 | 13 / 09 / 74 | 32 |
| // | C001004 | 21 / 05 / 74 | 36 |
| Fraiseuse | C008561 | 21 / 05 / 74 | 34 |
| // | C006781 | 17 / 07 / 73 | 42 |
| // | C030084 | 01 / 09 / 81 | 08 |
| Tour parallèle | c007591 | 12 / 01 / 74 | 06 |
| Tour semi automatique | C008741 | 08 / 02 / 73 | 07 |

Tableau 3.6 Récapitulatif sur le parc machine

Sans compter le reste des machines dans l'atelier, nous remarquons que tout le parc a 13 ans et plus d'âge . Ce qui nous laisse supposer que les moyens matériels existant aujourd'hui dans l'ERMOD 3040 sont d'une technologie vétuste et sont souvent dépassés car ne pouvant plus répondre aux exigences d'un programme d'amélioration de la qualité.

III.4 Evolution des incidents dans l'ERMOD 3040

III.4.1 Boîtes de vitesses (BV)

Le tableau suivant, tiré du bilan d'activité pour l'année 1993 [ACT,93], présente les nombre de BV retouchées. Celles-ci étaient retournées à la suite d'incidents relevés par le service après vente . Il spécifie aussi le type de BV concerné sur l'année 1993.

| Type BV | JAN | FEV | MAR | AVR | MAI | JUIN | JU/AO | SEP | OCT | NOV | DEC |
|---------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| BBS450 | 7 | 7 | 0 | 0 | 16 | 0 | 22 | 3 | 5 | 0 | 2 |
| BXSL106 | 25 | 20 | 0 | 0 | 47 | 0 | 32 | 14 | 20 | 0 | 18 |
| BT20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| BDSL611 3T | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| TOTAL | 33 | 27 | 0 | 0 | 67 | 0 | 60 | 17 | 27 | 0 | 31 |

Tableau 3.7 Evolution des incidents BV

III.4.2 DIRECTIONS

Le tableau suivant présente les nombre d'organes de directions retouchées à la suite du retour du service après vente. Il spécifie aussi le type concerné sur l'année 1993.

| Type direction | JAN | FEV | MAR | AVR | MAI | JUIN | JU/AO | SEP | OCT | NOV | DEC |
|----------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| D80 1100 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D80S 1120 | 6 | 5 | 0 | 0 | 11 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| D80S 1110 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D80S 2110 | 3 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 3 | 1 | 2 | 0 | 2 |
| D80S 2120 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Total | 11 | 7 | 1 | 0 | 19 | 0 | 18 | 1 | 2 | 0 | 6 |

Tableau 3.8 Evolution des incidents direction

III.4.3 Visualisation de l'évolution des incidents BV et directions

les graphes suivants nous décrivent l'évolution du nombre d'incidents sur les BV et directions en 1993, ainsi qu'une comparaison sur l'importance du nombre.

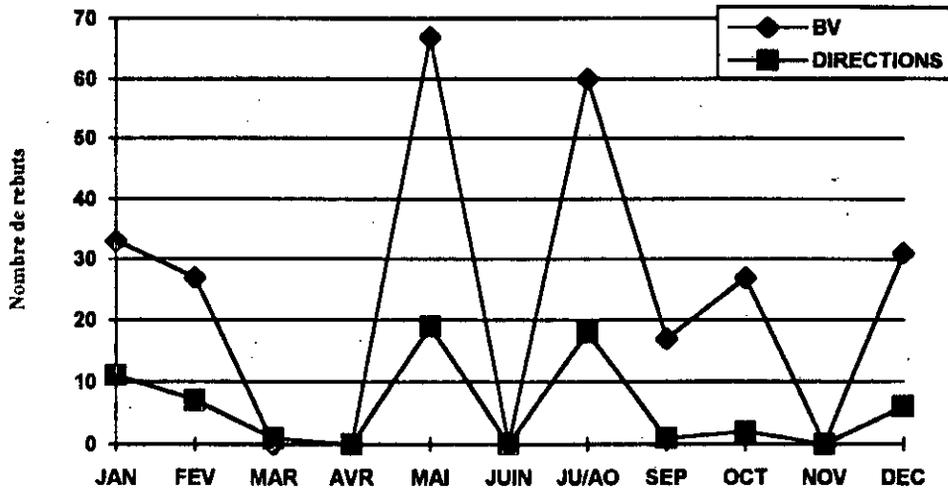


Figure 3.3 Evolution des incidents BV et direction en 1993

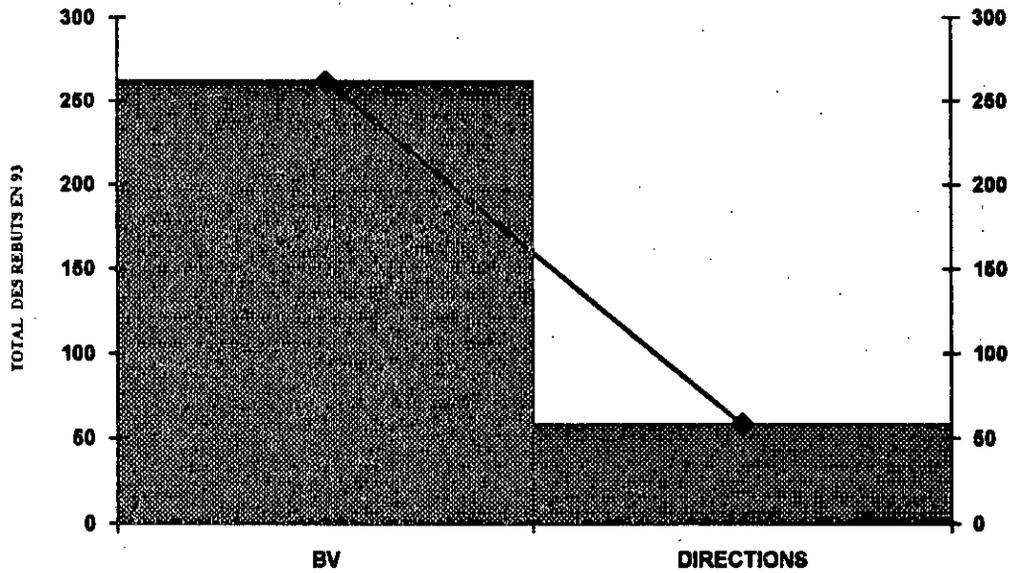


Figure 3.4 Comparaison du nombre total de rebuts BV et directions en 1993

III.4.4 Interprétation

D'après ce qui précède, le choix de l'organe sur lequel il faudra faire des améliorations du point de vue de la qualité est évident.

En effet, le total des incidents en ce qui concerne les boîtes de vitesses est considérable.

D'après le tableau décrivant les incidents de boîte de vitesse, nous pouvons mettre à jour, puisqu'il y a plusieurs types de boîtes, celle qui présente le plus de problèmes.

Il faudra seulement remarquer que ces données fournies par le bilan d'activité pour l'année 1993, établi par le département qualité est insuffisant.

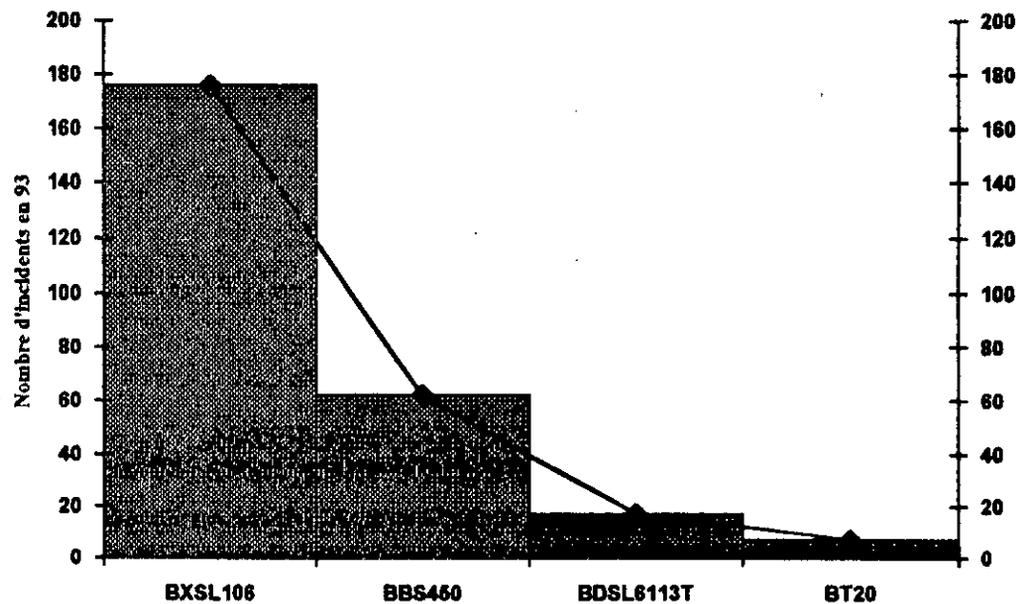


Figure 3.5 Comparaison du nombre d'incidents par type de BV

Pendant l'année 94, aux mois de janvier et de février, les statistiques concernant les incidents de la boîte BXSL 106, ont connu une évolution très importante.

Beaucoup de ces boîtes de vitesses ont été retournées par le biais du service après vente.

Le total des BV retouchées l'année précédente s'élevait à plus de 146. Les nouvelles données indiquent que ce chiffre est poussé jusqu'à 315. Sachant que le nombre de boîtes livrées en 93 était de 706, ce qui donne 44,62 % de BV retouchées.

Ce taux est tout à fait alarmant, et pose le problème de qualité de façon aiguë.

III.5 Principales causes des incidents de boîte de vitesses BXSL

A partir du bilan d'activité de 1993, les causes principales de retour des boîtes de vitesses se résument en :

- le saut de la 2^{ème} et 3^{ème} vitesse suite à une usure du synchroniseur et un mauvais positionnement de la fourchette.
- le saut de 4^{ème} et 5^{ème} vitesse suite à un mauvais réglage et un jeu excessif du synchroniseur et également à une usure prématurée de l'ensemble synchroniseur et pignon.
- la fuite d'huile à différent niveau de la boîte de vitesses.
- la non conformité des pièces usinées : usure prématurée des surfaces frottantes des fourchettes, mauvaise portée sur les synchroniseurs

III.6 Présentation des éléments causant les incidents

A notre demande, le service contrôle nous a fourni le taux de rebuts pour l'année 93 des pièces de cette BV usinées au niveau de l'ERMOD et nous les présentons ci-après .

III.6.1 Désignation et référence

Les différents services du CVI reconnaissent la référence des pièces et il est donc utile de mentionner celles-ci.

| Désignation | Référence |
|----------------------|-----------|
| fourchette 2ème/3ème | 138692 |
| fourchette 4ème/5ème | 138689 |
| levier coulissant | 165264 |
| boîtier AR | 166251 |
| bride boîtier | 134830 |
| boîtier | 167090 |
| trompette | 163555 |
| cloche | 163543 |
| levier à rotule | 161070 |
| bride | 1441160 |
| levier | 166157 |
| carter | 160741 |
| couvre roulement | 1141617 |
| bride | 1141609 |
| cloche | 163542 |
| levier | 163569 |
| carter PMT | 1441611 |
| couvercle PMT | 138359 |
| corps cylindre | 138367 |

Tableau 3.9 Désignation et référence

III.6.2 Taux de rebuts

Le tableau suivant décrit les quantités lancées au cours de l'année 93 ainsi que le nombre de pièces rebutées pour chaque type d'élément. Il donne aussi le pourcentage et les coûts des rebuts par type.

| Désignation | Référence | Qté lancée | Qté rebutée | % de rebuts | Prix unité en DA | Coût en 93 des rebuts |
|----------------------|-----------|------------|-------------|-------------|------------------|-----------------------|
| fourchette 2ème/3ème | 138692 | 2600 | 296 | 33 | 291,33 | 86233,68 |
| fourchette 4ème/5ème | 138689 | 1091 | 162 | 18 | 306,70 | 49685,4 |
| levier coulissant | 165264 | 550 | 30 | 3 | 226,22 | 6786,6 |
| boîtier AR | 166251 | 1310 | 129 | 14 | 274,58 | 35420,82 |
| bride boîtier | 134830 | 590 | 40 | 4 | 99,77 | 3990,8 |
| boîtier | 167090 | 590 | 5 | 1 | 601,10 | 3005,5 |
| trompette | 163555 | 370 | 25 | 3 | 400,01 | 10000,25 |
| cloche | 163543 | 227 | 3 | 0 | 3671,08 | 11013,24 |
| levier à rotule | 161070 | 350 | 21 | 2 | 144,18 | 3027,78 |
| bride | 1441160 | 180 | 7 | 1 | 157,80 | 1104,6 |
| levier | 166157 | 620 | 70 | 8 | 245,27 | 17168,9 |
| carter | 160741 | 696 | 3 | 0 | 5533,54 | 16600,62 |
| couvre roulement | 1141617 | 300 | 17 | 2 | 45,78 | 778,26 |
| bride | 1141609 | 100 | 5 | 1 | 114,87 | 574,35 |
| cloche | 163542 | 680 | 3 | 0 | 3535,86 | 10607,58 |
| levier | 163569 | 660 | 38 | 4 | 137,96 | 5242,48 |
| carter PMT | 1441611 | 596 | 10 | 1 | 853,78 | 8537,8 |
| couvercle PMT | 138359 | 150 | 8 | 1 | 227,22 | 1817,76 |
| corps cylindre | 138367 | 200 | 18 | 2 | 368,68 | 6636,24 |
| Total | | 11860 | 890 | 100 | | 278232,66 |

Tableau 3.10 Taux et coûts des rebuts

III.6.3 Choix de l'élément à l'étude

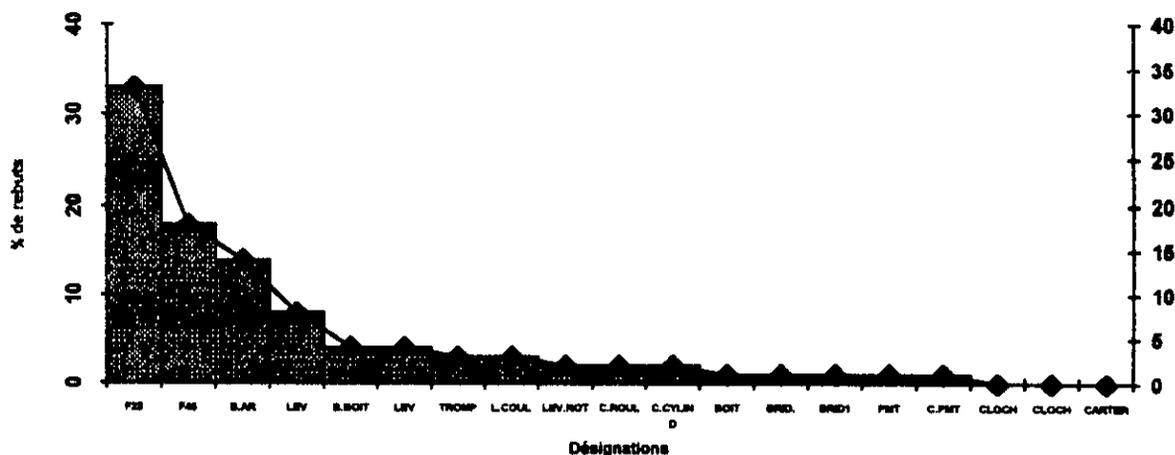


Figure 3.6 Graphique à colonnes des taux de rebuts en %

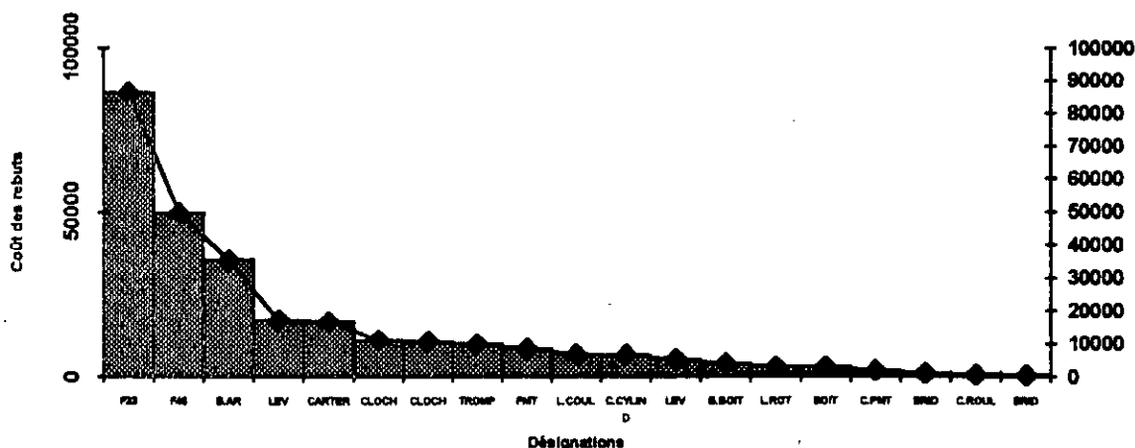


Figure 3.7 Graphique à colonnes des coûts des rebuts

Les graphiques tracés précédemment, nous indiquent que sur la boîte de vitesses BXSL106, l'élément mécanique présentant le plus de défauts (figure 3.6) et coûtant le plus cher (figure 3.7) est la fourchette 138692.

III.7 Pièces non issues de l'ERMOD 3040

La boîte de vitesses BXSL 106 est composée de plusieurs pièces dont certaines sont usinées hors de l'ERMOD 3040 ou bien sont importées de l'étranger.

La proportion de ces pièces atteint 53.03 % des pièces constituant la boîte de vitesses. Reste alors 37 % qui proviennent des autres ERMOD dont 9.60 % de l'ERMOD 3040. Ce pourcentage est certes faible mais il représente la proportion de pièces qui sont très importantes pour la boîte de vitesses.

Parmi les pièces importées nous pouvons citer, les roulements et les joints et parmi les pièces venant des autres ERMOD, nous pouvons citer les arbres et les pignons.

Pour ces pièces là, le contrôle se fait à 100 % avant que celles-ci ne soient montées sur la boîte de vitesses.

Pour les pièces venant de l'étranger, un contrôle à la réception est effectué comme suit :

- Reconnaissance des lots de pièces par les bordereaux de réception (voir annexe2)
- Un échantillon de pièces est prélevé du lot et un contrôle dimensionnel est effectué.
- Dans le cas où le produit nécessite une analyse de la matière première un article du lot est envoyé au laboratoire.

Remarques importantes

La taille de l'échantillon est fixée intuitivement. Elle ne dépasse jamais cinq pièces et parfois l'échantillon n'en contient qu'une seule.

Si dans l'échantillon prélevé, la majorité des pièces sont bonnes, par exemple si 3 sur 5 sont bonnes alors le lot est accepté sinon il est refusé.

Les documents dressés par le service méthodes, prévoit que le contrôle doit être fait par prélèvement, Ces documents ne précisent ni la méthode de prélèvement, ni les critères d'acceptation ou de rejet

Pour les lots reconnus non conformes, un tri à 100% est effectué.

CHAPITRE IV

*Rôle, caractéristiques et présentation de la
la gamme d'usinage des fourchettes*

« Du commencement on peut augurer la fin »

Quintilien.

IV.1 Principe de fonctionnement de la boîte BXSL 106

Cette boîte de vitesses est à cinq rapports avant synchronisés, la cinquième vitesse est en prise directe, plus un rapport en marche arrière.

Le carter est en alliage léger. Les arbres sont montés sur des roulements à rouleaux coniques. Les pignons à denture hélicoïdale fonctionnent sur des roulements à aiguilles.

Dans la boîte BXSL 106, on distingue l'arbre de commande ou primaire P, l'arbre intermédiaire I et l'arbre principal ou secondaire S.

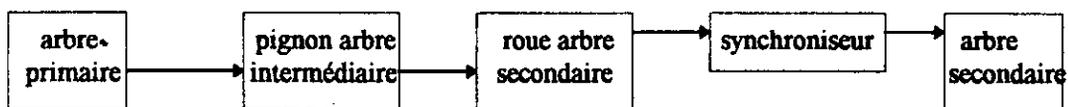
Les pignons menants, A, B, I1, I2, I3..., sont tous liés en rotation et en translation avec leurs arbres.

Par contre, les roues menées sont libres en rotation par rapport à leurs arbres, on les appelle des roues "folles".

De là, la question à poser est de savoir comment le mouvement est transmis à l'arbre secondaire (sortie) ?

C'est une des fonctions du synchroniseur, qui lui est lié en rotation avec l'arbre secondaire et qui peut aussi se lier, par "crabotage" aux roues folles!

Ainsi, la chaîne cinématique est la suivante



Il faut savoir, aussi, qu'il n'y a tout moment, qu'un seul synchroniseur qui peut être en liaison avec une roue folle.

Ceci permet d'avoir les différentes vitesses de sortie: 1ère, 2ème, 3ème, 4ème, 5ème, MAR.

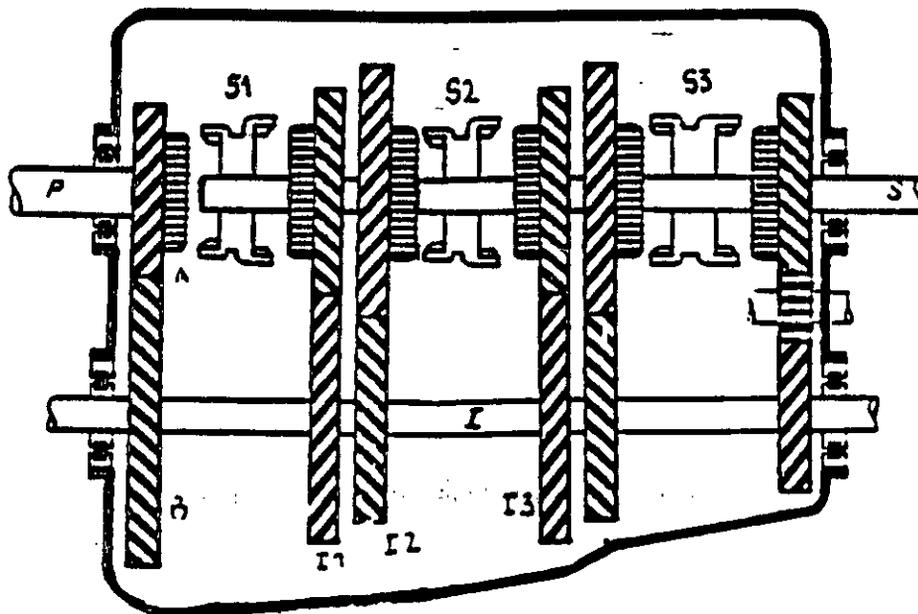


Figure 4.1 Principe de fonctionnement de la boîte à vitesses [TEC, 76]

IV.2 Rôle des fourchettes 138692 et 138689

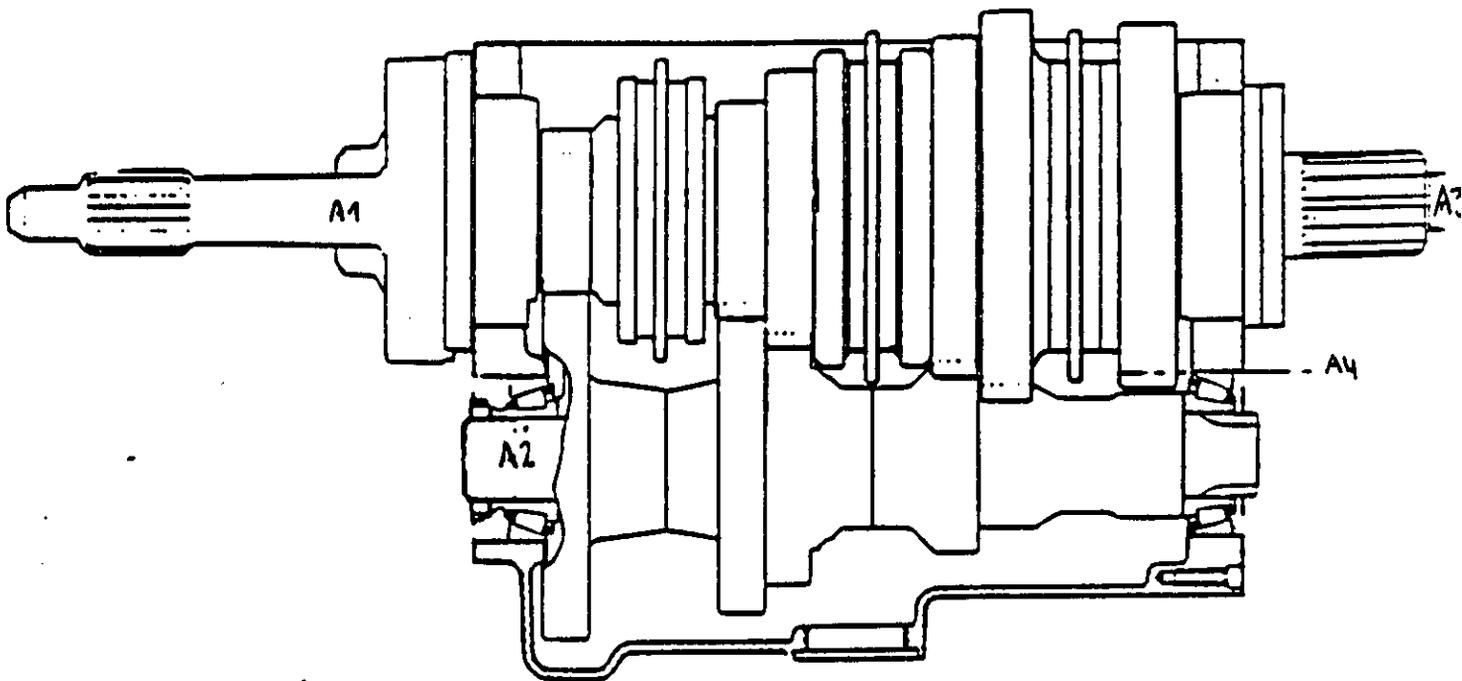


Figure 4.2 Rôle des fourchettes [TEC, 76]

- A1 : Arbre de commande ou primaire, il reçoit toujours le mouvement du moteur
- A2 : Arbre intermédiaire, il est toujours en liaison constante avec A1
- A3 : Arbre principal ou de sortie, donne le mouvement au pont.
- A4 : Arbre d'inversement du mouvement, inverse le mouvement pour avoir la MAR.

D'après le principe de fonctionnement, il apparaît que les synchroniseurs doivent pouvoir se lier ou se "craboter" sur les roues folles et ceci grâce à un mouvement de translation vers la gauche ou vers la droite .

C'est le rôle de la fourchette, qui entoure le synchroniseur et lui transmet un mouvement de translation nécessaire au passage des vitesses.

La fourchette elle même, par un mécanisme de leviers est commandée par l'utilisateur du véhicule.

A- Enclenchement de la première vitesse

- Pignon 1ère crabote grâce à l'ensemble synchro poussé au côté gauche par la fourchette 1ère / MAR (138692).
- Les pignons 2ème, MAR, 4ème, 3ème tournent fous sur A3.
- A4 tourne fou.
- Les autres fourchettes et ensemble synchro retiennent leurs places initiales.(point mort)

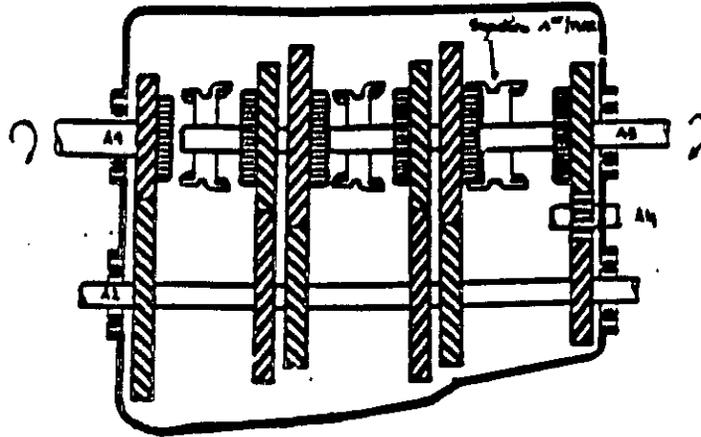


Figure 4.3 Enclenchement de la première vitesse [TEC, 76].

B- Passage en deuxième

- Pignon 2ème craboté grâce à l'ensemble synchro poussé au côté droit par la fourchette 138692.
- Pignon de 1ère se décrabote automatiquement.
- Les autres pignons tournent fous sur l'arbre A3; le pignon de 1ère également.
- A4 tourne fou.
- La fourchette de 1ère (la MAR revient à sa place automatiquement, une fois que celle de 2ème / 3ème bouge.
- L'autre fourchette 138689 et les autres ensembles synchro retiennent leurs places initiales (point mort).

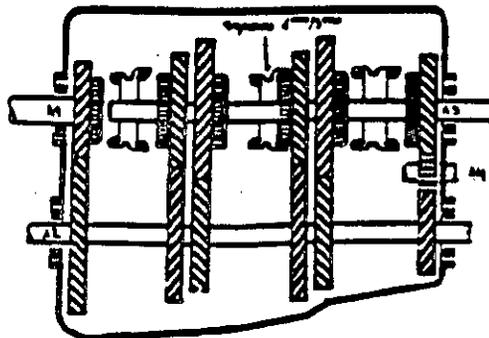


Figure 4.4 Passage en deuxième [TEC, 76]

C- Passage en troisième

- Pignon de 3ème craboté grâce à l'ensemble synchro poussé au côté gauche par la fourchette 138692 de 2ème / 3ème.
- Pignon de 2ème se décrabote automatiquement et tourne fou sur A3.
- Les autres pignons tournent fous également sur A3.
- Les fourchettes de 4ème / 5ème et de 1ère / MAR et les autres ensembles synchro retiennent leurs places initiales (point mort).
- A4 tourne fou.

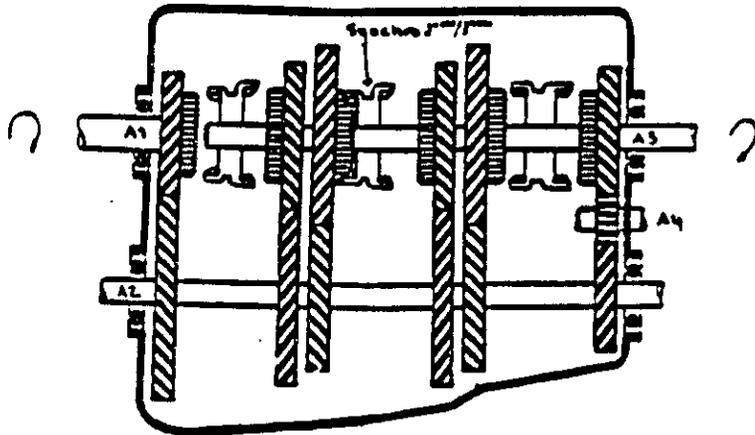


Figure 4.5 Passage en troisième [TEC, 76]

D- Passage en quatrième

- Le pignon de 4ème craboté grâce à l'ensemble synchro avec l'arbre A3 poussé au côté droit par la fourchette 138682 de 4ème / 5ème.
- Le pignon de 3ème se décrabote de l'arbre A3 automatiquement.
- La fourchette de 2ème / 3ème revient à sa place initiale.
- Les autres pignons maintiennent leurs places initiales, également l'autre fourchette 1ère/MAR et les autres ensembles synchro.
- A4 tourne fou.

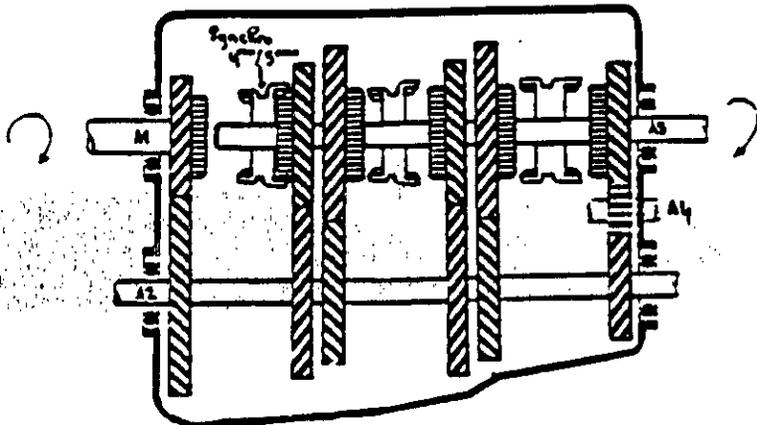


Figure 4.6 Passage en quatrième [TEC, 76]

E- Passage en cinquième ou prise directe

- L'arbre A1 et A3 se lient directement grâce à l'ensemble synchro poussé au côté gauche par la fourchette 4ème / 5ème 138692.
- Les autres fourchettes et ensembles synchro maintiennent leurs points morts.
- Les autres pignons tournent fous (liés à A3).
- L'arbre A2 et A4 tournent fous.

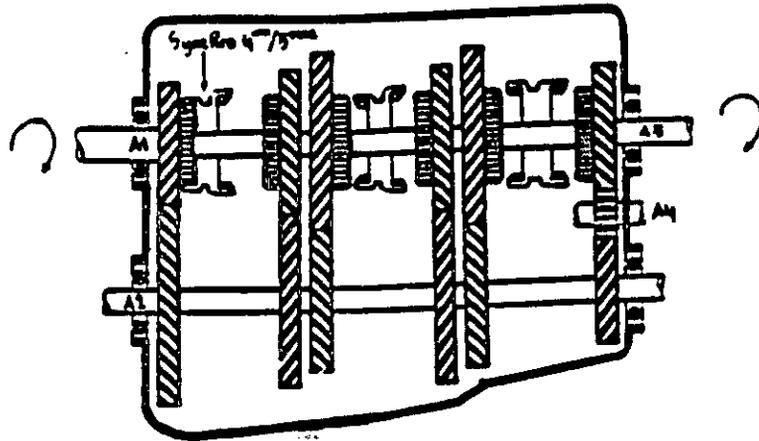


Figure 4.7 Passage en cinquième ou prise directe [TEC, 76]

F- Enclenchement de la MAR

- Le pignon de MAR craboté, grâce à l'ensemble synchro poussé à droite par la fourchette 1ère / MAR.
- Si le pignon de 1ère était engagé, il tourne fou après.
- Tous les autres pignons liés à A3 tournent fous .
- Les autres fourchettes et ensembles synchro, maintiennent leurs points mort.
- L'arbre A3, est maintenant lié au pignon de MAR, il sert à inverser le mouvement pour avoir un mouvement contraire à celui de l'entrée.

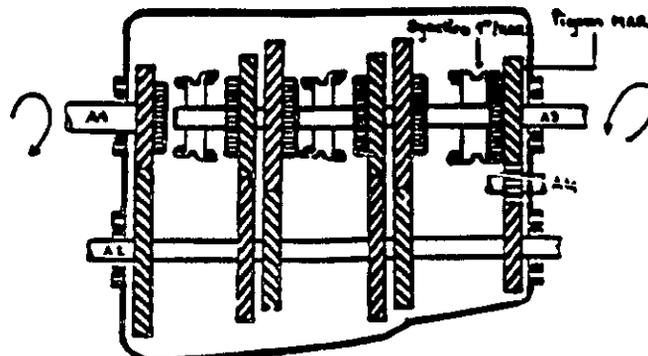


Figure 4.8 Enclenchement de la marche arrière [TEC, 76]

IV.3 Emplacement des fourchettes dans la BV

Les fourchettes sont placées entre chaque paire de pignons :

- fourchette 1ère/MAR : entre le pignon de 1ère et de la MAR
- fourchette 2ème/3ème : entre le pignon de 2ème et de la 3ème
- fourchette 4ème/5ème : entre le pignon de 4ème et de la transmission de mouvement.

Les trois fourchettes commandent les ensembles synchro en les faisant bouger soit vers la droite soit vers la gauche et cela suivant la vitesse voulue.

Les fourchettes sont placées sur des réglettes de perpendiculaire pour former un système vissé, ce dernier reçoit son mouvement du levier du coulisseau lié directement avec le système d'embrayage et le levier de vitesse.

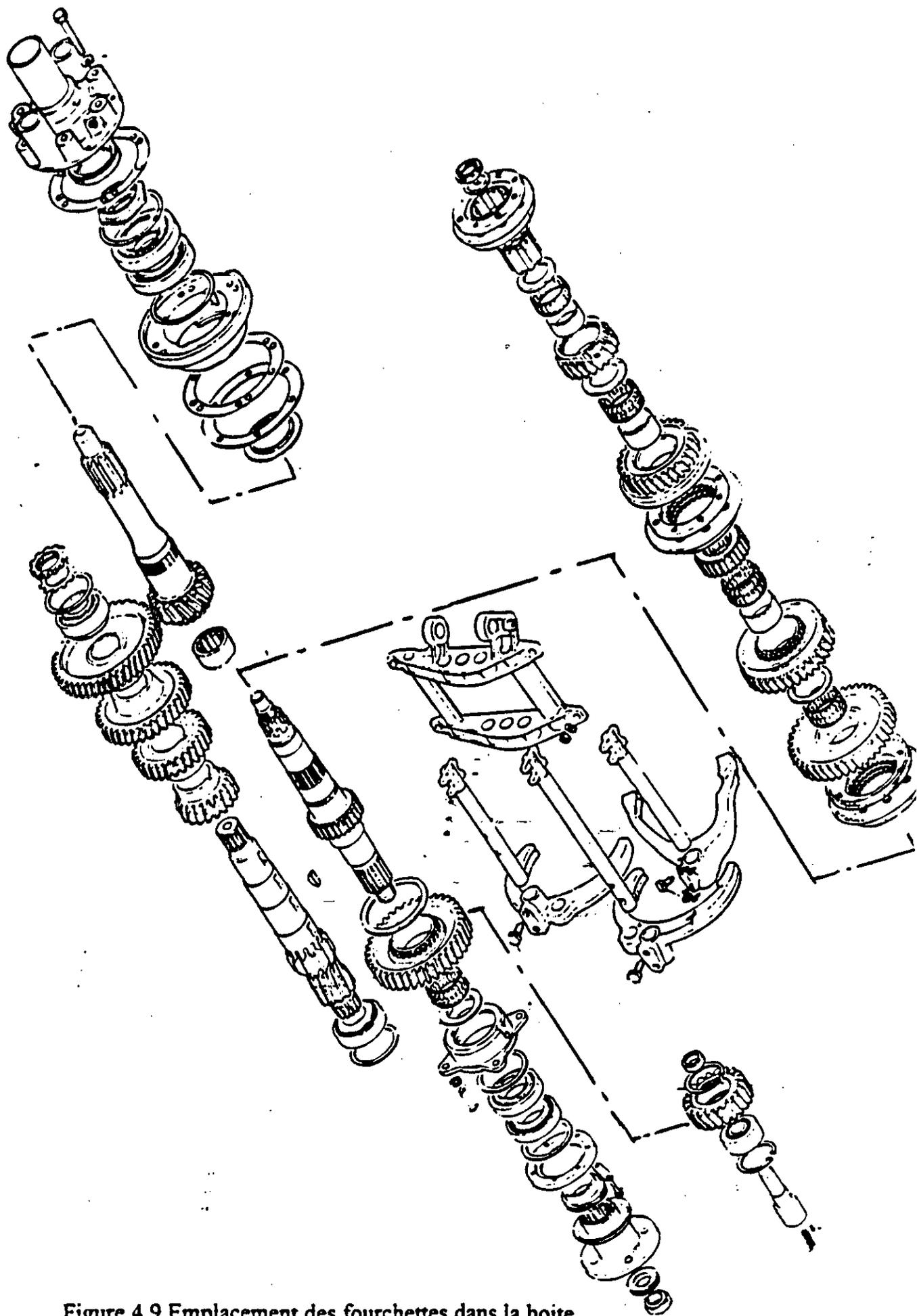
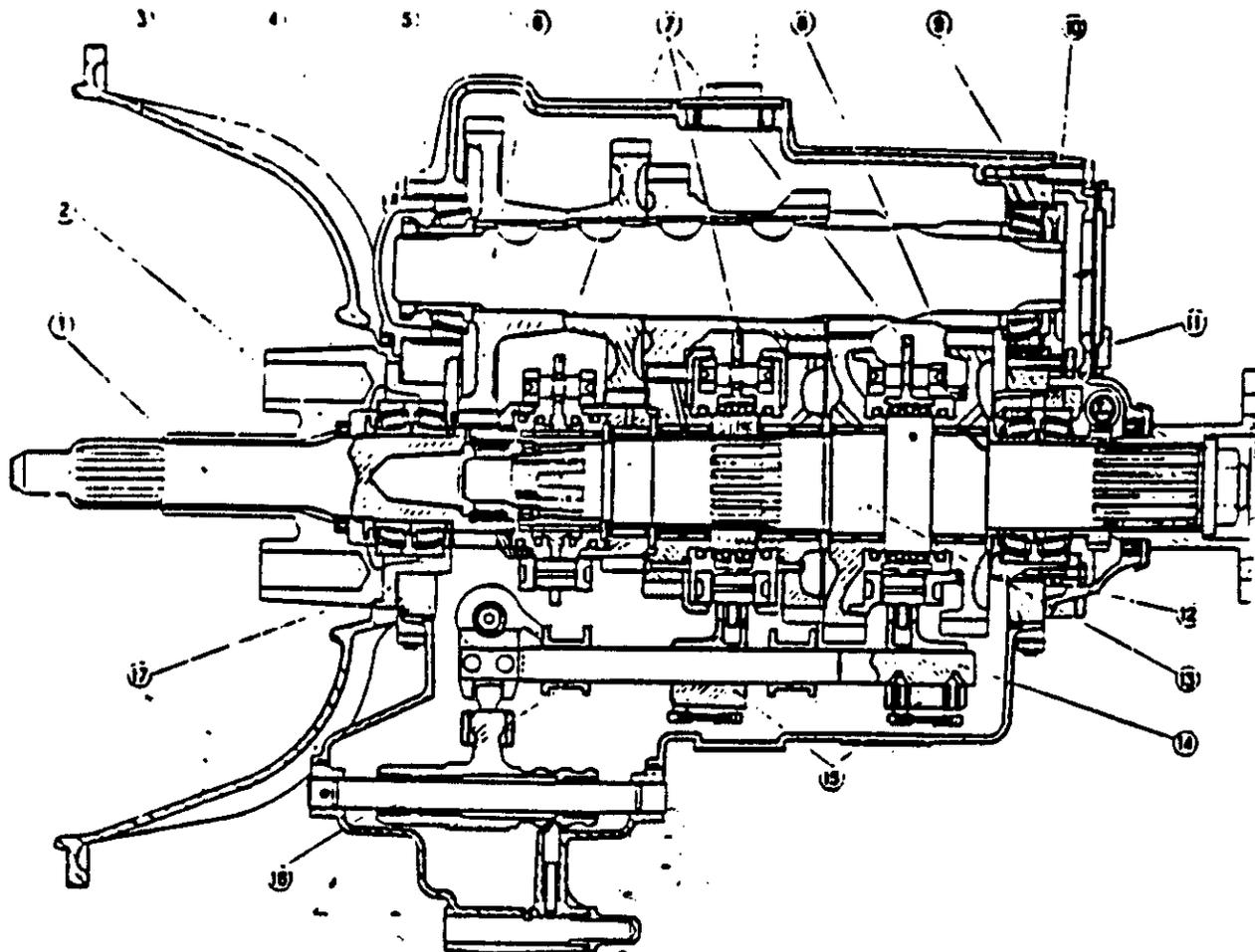


Figure 4.9 Emplacement des fourchettes dans la boîte à vitesses BXSL106 [TEC, 76]

IV.4 NOMENCLATURE DES ELEMENTS

Sur le dessin d'ensemble suivant , nous distinguons les éléments suivants :



- 1 - Arbre de commande
- 2 - Trompette
- 3 - Cloche d'embrayage
- 4 - Couvercle roulements
- 5 - Roulement à aiguilles
- 6 - Arbre intermédiaire
- 7 - Synchroniseurs
- 8 - Carter
- 9 - Roulement à aiguille
- 10 - Bride
- 11- Plaque arrière
- 12- Boîtier roulement
- 13- Arbre principal
- 14- Régllette
- 15- Fourchettes
- 16- Cadre porte régllette
- 17- Boîtier de roulements avant

Figure 4.10 Nomenclature des éléments de la
boite de vitesses [TEC, 76]

IV.5 FONCTION DES PIGNONS ET RAPPORTS DE DEMULTIPLICATION

Les rapports de démultiplication sont obtenus en divisant la vitesse du moteur par celle à la sortie au niveau des roues .

| Vitesse | Rapports |
|---------|----------|
| 1ère | 7.71 |
| 2ème | 4.63 |
| 3ème | 2.71 |
| 4ème | 1.61 |
| 5ème | 1 |
| MAR | 8.45 |

IV.6 CARACTERISTIQUES MECANQUES DES FOURCHETTES

De manière à satisfaire leurs rôles fonctionnels dans la boîte à vitesses, les deux fourchettes sont fabriquées à partir de l'acier XC48 F.

Avant de présenter les caractéristiques chimiques et mécaniques de ces deux fourchettes, faisons un bref aperçu sur les différents aciers qui existent dans l'industrie.

IV.6.1 Rappels sur les aciers [CHE, 79]

D'après les normes AFNOR (NFA 02-001,NFA 35-501,NFA 32-051), il existe 4 types d'aciers :

Acier alliés d'usage courant

On distingue 2 types d'aciers alliés d'usage courant:

- * Aciers pour lequel aucune caractéristique n'est précisée : c'est l'acier ordinaire du commerce ,il n'existe qu'une seule nuance: ADX
- * Aciers pour lesquels on exige une caractéristique mécanique: il existe 8 types d'aciers pour lesquels on précise les caractéristiques mécaniques :

- exemple: aciers de type

| | | | |
|---|----|---|----|
| A | 34 | E | 24 |
|---|----|---|----|

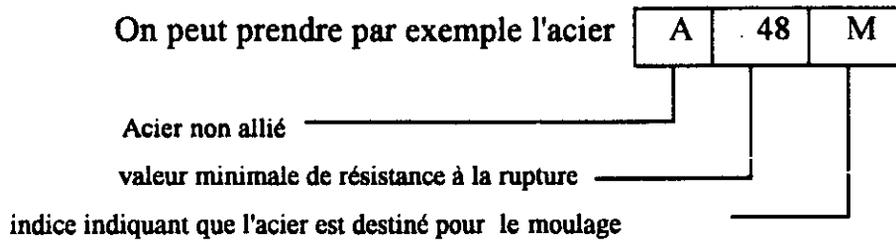
acier d'usage courant non allié

résistance minimale à la rupture

acier d'usage courant non allié

la valeur de la limite minimale apparente d' élasticité

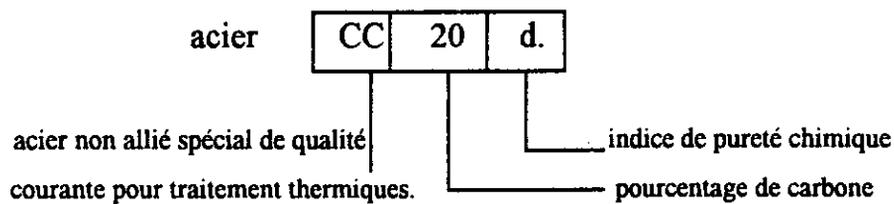
Aciers non alliés pour moulage



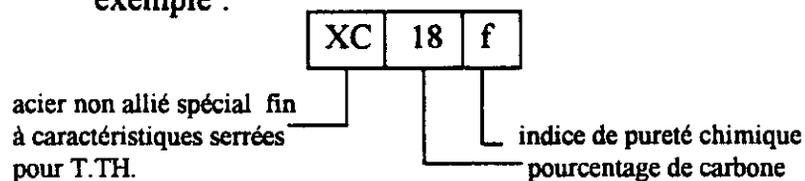
Aciers non alliés spéciaux

Il existe deux types d'aciers non alliés spéciaux :

* aciers de qualité courante pour traitement thermique par exemple:



* aciers fins à caractéristiques serrées pour traitement thermique par exemple :

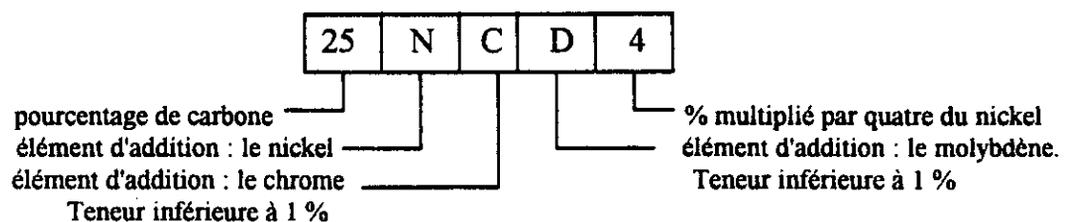


Aciers alliés

Ce sont des aciers dans lesquels on introduit volontairement des éléments d'addition, de manière à en améliorer les caractéristiques mécaniques ou chimiques.

* Aciers faiblement alliés

Aucun élément d'addition n'atteint la valeur de 5 %. Par exemple: l'acier



Remarque:

- pour les éléments :C,K,M,N,S , le % dans la désignation doit être divisé par 4.
- pour les autres éléments la valeur doit être divisée par 10.

*** Aciers fortement alliés**

c'est un acier où un élément d'addition qui atteint au moins la teneur de 5 % .

Exemple: Z 30 C 13 . Il y' a dans cet acier 13 % de chrome (plus grande proportion) .

IV.6.2 L'acier XC 48 F des fourchettes [CHE, 79]

L'acier XC 48 à partir duquel sont fabriquées les 2 fourchettes appartient à la famille des aciers faiblement alliés et la famille des aciers spéciaux (notamment aciers fins pour traitement thermique).

- teneur plus basse(< à 0.5 %) des éléments d'addition .
- caractéristiques mécaniques plus étroites et assurent une plus grande régularité dans les résultats de traitement thermique.
- bonne aptitude au forgeage .
- la résistance au choc.

a- Composition chimique en %

| Matière | pourcentage |
|---------------------|--------------------|
| Chrome | 0.45 à 0.51 |
| Manganèse | 0.50 à 0.80 |
| Silicium | 0.10 à 0.40 |
| Phosphore et soufre | 0.035 |

b-Traitements de référence

- Normalisé : 840° - 870°
- Trempe : 830°
- Revenu : 550°

C- Caractéristiques physiques

- R0.02 mini : limite d'élasticité conventionnelle à 0.2 % : 665 N/ mm² ou 68 Kgf /mm²
- R : résistance à la traction : 830 à 980 N/mm² ou 85 à 100 Kgf/mm²
- A.% : allongement : 10 %
- KCU : Daj /cm² résilience : 3.

IV.7 Gamme d'usinage des fourchettes

IV.7.1 Définition d'une gamme d'usinage

C'est un document émis par le bureau des méthodes et qui contient toutes les opérations successives à effectuer sur la pièce.

IV.7.2 Présentation de la gamme d'usinage des fourchettes 138692 et 138689

La gamme d'usinage qui nous a été fourni par le département contrôle, est constituée par :

- 13 documents pour la fourchette 138692.
- 12 documents pour la fourchette 138689

Ces documents résument la totalité des opérations réalisées sur les fourchettes de la boîte de vitesses BXSL 106.

A-Gamme d'usinage de la fourchette 138692

| N° Opération | Réf. opération | Type d'opération | Désignation machine | Section | ERMOD |
|-----------------|-------------------|---|-------------------------------------|---------|-------|
| 01 | 02 | Grenaillage | ABRAGIR 282 Y | 113 | 3020 |
| 02 | 03 | Poste de contrôle | | 236 | 3020 |
| 03 | 05 | Perçage lamage - chanfrein - alésage du trou de Réglette O 20 H8 | Perceuse à colonnes GSP 205 S | 110 | 3040 |
| 04 | 10 | Fraisage rainure passage coulisseau | Fraiseuse horizontale | 110 | 3040 |
| 05 | 15 | Perçage O 24 trou dégagement réglette | Perceuse à colonnes GSP 205 S | 110 | 3040 |
| 06 | 30 | Fraisage du bossage ébavurage pendant la passe | Fraiseuse horizontale ALMO | 110 | 3040 |
| 07 | 35 | Perçage-chanfreinage -taraudage 2 trous M10x150 | Perceuse à colonnes GSP 205 S | 110 | 3040 |
| 08 | 40 | Ebavurage Fraisage des cônes d'entrée d'huile | Etabli | 110 | 3040 |
| 09 | 45 | Lavage-soufflage | Cabine lavage soufflage | 110 | 3040 |
| 10 | 50 | Poste de contrôle | - | 110 | 3040 |
| 11 | 55 | Sablage | Cabine sablage | 116 | 3020 |
| 12 | 60 | Métallisation | Cabine métallisation | 116 | 3020 |
| 13 | 65 | Poste de contrôle | - | 236 | 3020 |

Tableau 4.1 Gamme d'usinage de la fourchette 138692

Le dessin de la pièce est présenté ci-après :

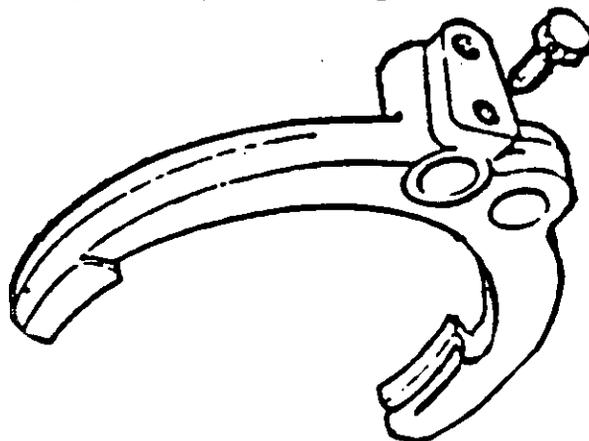


Figure 4.11 La fourchette 138692

B. Gamme d'usinage de la fourchette 138689

| N° Opération | Réf. opération | Type d'opération | Désignation machine | Section | ERMOD |
|--------------|----------------|--|----------------------------------|---------|-------|
| 01 | 02 | Grenaillage | ABRAGIR 282 Y | 113 | 3020 |
| 02 | 03 | Poste de contrôle | | 236 | 3020 |
| 03 | 05 | Perçage- lamage - chanfrein - alésage du trou de réglette O 20 H8 | Perceuse à colonnes GSP 205 S | 110 | 3040 |
| 04 | 10 | Fraisage rainure passage coulisseau | Fraiseuse horizontale | 110 | 3040 |
| 05 | 30 | Fraisage du bossage ébavurage pendant la passe | Fraiseuse horizontale ALMO | 110 | 3040 |
| 06 | 35 | Perçage-chanfreinage - taraudage 2 trous M10x150 | Perceuse à colonnes GSP 205 S | 110 | 3040 |
| 07 | 40 | Ebavurage Fraisage des cônes d'entrée d'huile | Etabli | 110 | 3040 |
| 08 | 45 | Lavage-soufflage | Cabine lavage soufflage | 110 | 3040 |
| 9 | 50 | Poste de contrôle | - | 110 | 3040 |
| 10 | 55 | Sablage | Cabine sablage | 116 | 3020 |
| 11 | 60 | Métallisation | Cabine métallisation | 116 | 3020 |
| 12 | 65 | Poste de contrôle | - | 236 | 3020 |

Tableau 4.2 Gamme d'usinage de la fourchette 138689

Le dessin de la pièce finie est présenté ci-après :

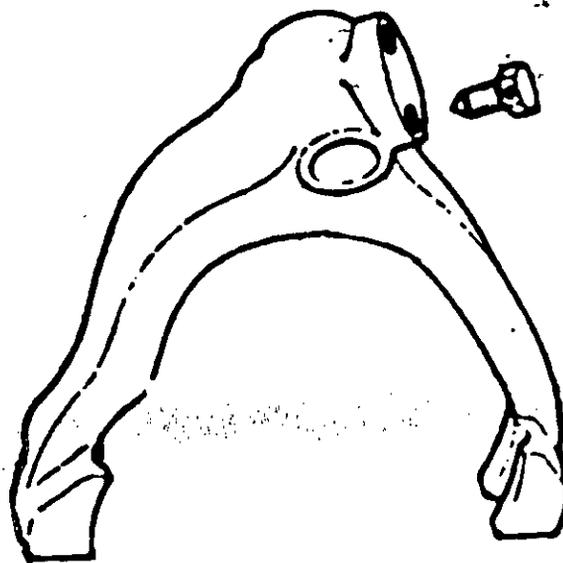


Figure 4.12 La fourchette 138689

Nous remarquons de ce que nous avons vus précédemment, que les fourchettes sont semblables du point de vue caractéristiques chimiques et mécaniques ainsi que pour la gamme d'usinage (sauf pour l'opération 15), elle présente un plus pour la fourchette 138692.

Sur la base de ces données, nous pouvons choisir une des deux fourchettes pour l'étude.

Notre choix se fixe sur la 138692, qui pour l'année 1994 est la seule dont la production a été lancée par rapport à la 138689.

C. Définition et présentation des différentes opérations

Première opération

Le grenailage est une opération qui nettoie toute la surface de la fourchette de la rouille en enlevant les couches des impuretés qui la recouvrent.

Cette opération est déjà effectuée au niveau de la forge, mais vu le mauvais stockage des fourchettes, à l'air libre soumises aux intempéries et pendant une durée indéterminée, la rouille se forme et cette opération de grenailage doit se renouveler au niveau de la mécanique avant d'entamer les opérations d'usinage.

Le renouvellement de cette phase est coûteux, que ce soit pour le stockage ou pour la matière pour réaliser cette opération.

Le contrôle est la seconde étape après le grenailage, ce qui va permettre de voir s'il n'y a pas de traces de calamine sur les fourchettes.

Dans le cas négatif, l'opération se renouvelle à nouveau, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de rouille sur toute la surface de la pièce.

Deuxième opération

la deuxième opération d'usinage consiste à mettre successivement pour aboutir à un alésage : un foret, un foret aléteur, un alésoir.

Le premier foret est utilisé pour percer un avant trou de $\varnothing 17,5$

Le second foret aléteur est utilisé pour aléser à $19,5$

Enfin un alésoir permet d'obtenir le \varnothing voulu de $20 H8$. Cette opération est suivie d'un lamage de $\varnothing 50$ et un chanfreinage.

Troisième opération

Cette opération consiste à passer la pièce sur la fraiseuse pour réaliser les deux rainures. Cette cote est très importante, car dans le cas où elle est inexacte, la fourchette est considérée comme perdue.

Quatrième opération

C'est une opération simple, consistant en le perçage du diamètre 24 de passage de la réglette.

Cinquième opération

C'est une préparation de la prochaine opération qui consiste à polir avec une fraiseuse la surface de réalisation des trous taraudés M10x150.

Sixième opération

Cette opération est très importante et nécessite un temps d'usinage et de précision assez particuliers. Les perçages des deux trous sont effectués l'un à la suite de l'autre.

Les taraudages sont réalisés par la suite . Cette opération est un échec dans le cas où l'opération précédente est ratée.

Septième opération

Un ébavurage est effectué sur l'extrémité de la rainure de la fourchette.

Huitième opération

Lorsque toutes les opérations d'usinage sont réalisées, un lavage et un soufflage sont nécessaires pour éliminer toutes les impuretés qui recouvrent la fourchette (poussière, dépôts, restes de copeaux..)

Neuvième opération

C'est une opération qui consiste à contrôler toutes les opérations d'usinage qui ont été réalisées sur les fourchettes. Le contrôle se fait à 100 % avec un montage de contrôle.

Dixième opération

Cette phase consiste à mettre les fourchettes dans une cabine de sablage et à partir de là, un mélange d'air et de sable sous pression (5 à 7 bars) est projeté sur toute la surface des fourchettes. Le choc va éliminer toutes les impuretés et va créer une rugosité qui va permettre une bonne adhésion du métal apporté lors de la prochaine opération.

Onzième opération

C'est une métallisation de la surface de la rainure de la fourchette. Elle consiste à déposer une matière métallique très résistante aux frottements et à l'usure : C'est le molybdène.

C'est un métal en fil, qui fondu grâce à un mélange d'oxygène et d'acétylène enflammé, est projeté sur la surface de la rainure et réalise une surface très résistante à l'usure.

Douzième opération

La pièce est finie. Un contrôle final est effectué sur l'épaisseur de dépôt et sur les dimensions finales.

(En ce qui concerne les opérations décrites précédemment, se reporter à l'annexe 3)

Dans toutes les opérations d'usinage, il n'y a que le O 20 H8 qui est retouchable (dans le cas où il est inférieur).

Le reste des opérations sont réalisées une fois seulement et dans le cas contraire la pièce est perdue.

Pour le reste de notre travail, les opérations qu'on aura à suivre, sont les opérations d'usinage qui sont effectuées dans l'ERMOD 3040.

Ceci suppose également que ce sont les phases les plus importantes dans toute la gamme d'usinage.

CHAPITRE V

TECHNIQUES D'INVESTIGATIONS

V.1 Différents types de données [ISH, 85]

V.1.1 But

Pour assurer le succès de la mise en place d'un nouveau procédé ou d'une méthode, il est nécessaire d'examiner si son introduction est approprié ou non.

Elle le sera si son impact sur l'organisation antérieure est positif: les résultats obtenus sont meilleurs.

Dans le cas précis de la fabrication, la production ne pourra être jugée comme correcte qu'après une évaluation précise du processus de fabrication.

Les données formeront la base du plan d'action et de décision et leur acquisition sera fonction de la nature du procédé de production mis en place.

Nous donnons ci-dessous les différents types de données susceptibles d'être utilisées.

V.1.2 Données liées à la compréhension de la situation [ISH, 85]

Les résultats de mesure sont recueillis pour contrôler l'importance de la dispersion dans la dimension des pièces fabriquées, ou pour examiner le taux des produits défectueux lors de la livraison de lots de pièces.

Lorsque la quantité d'informations croît fortement, il sera peut être nécessaire de les présenter sous une forme facile et pratique, ou encore de les traiter sous forme statistique.

Des évaluations relatives aux caractéristiques des produits ou aux processus de production, pourront ainsi être menées par rapport aux spécifications, aux objectifs..

V.1.3 Données pour analyse [ISH, 85]

On utilise des données analytiques pour étudier, par exemple, la relation entre un défaut et ses origines.

On les recueille sur examen des résultats précédents. Dans ce cas, on emploie des méthodes d'analyse statistique pour obtenir des informations précises.

V.1.4 Données pour le contrôle du processus [ISH, 85]

Après un examen détaillé de la qualité du produit, on utilisera ces informations pour s'assurer de l'allure normal du processus de production..

Des graphiques de contrôle sont utilisés pour évaluation et des actions sont menées sur la base de ces informations.

V.1.5 Données liées a l'acceptation ou au rejet [ISH, 85]

Cette forme de données est utilisée pour décider après inspection l'acceptation ou le rejet des pièces ou produits. Il y a deux méthodes :

- inspection du lot complet (par unité)
- inspection par échantillonnage.

V.2 Histogrammes

V.2.1 La dispersion des données

Chaque jour ,en usine , nous collectons des données sous des formes variées.

Par exemple : des données sur des rendements, sur le taux d'articles défectueux , sur l'absentéisme, sur le diamètre des pièces et cela , afin de les enregistrer dans des rappels journaliers, des graphiques ou des tableaux de contrôle.

En général des produits issus de la même ligne de production diffèrent légèrement en dimensions , en dureté , etc...

Obtenir des produits avec des caractéristiques rigoureusement semblables est impossible. Toutefois, les caractéristiques comparables restent dans des marges établies à l'avance. Ce sont les spécifications.

Quand les caractéristiques commencent à s'éloigner tant soit peu des spécifications, on parle de dispersion des données.

V.2.2 Comment exploiter un histogramme ? [ISH, 85]

On peut se demander comment les données qu'on recueille sont réparties, quelle est en fait leur distribution ?

L'analyse de l'histogramme répond à plusieurs questions telles que :

- Quelle est la dimension la plus fréquente ?
- Quelle est l'importance de la distribution ?
- La distribution est -elle symétrique ou asymétrique?
- Y a-t-il un seul maximum?
- Y a-t-il des classes isolées ?

En d'autres mots : quelles sont les caractéristiques du produit?

V.3 Diagramme de PARETO

V.3.1 Le principe

Le diagramme de pareto est une représentation statistique simple qui permet de faire apparaître clairement la cause qui provoque le plus de défauts et qu'on a intérêt à traiter en priorité. Il est connu sous d'autres noms : méthodes des 20/80, courbe ABC.

V.3.2 Utilité du diagramme de pareto

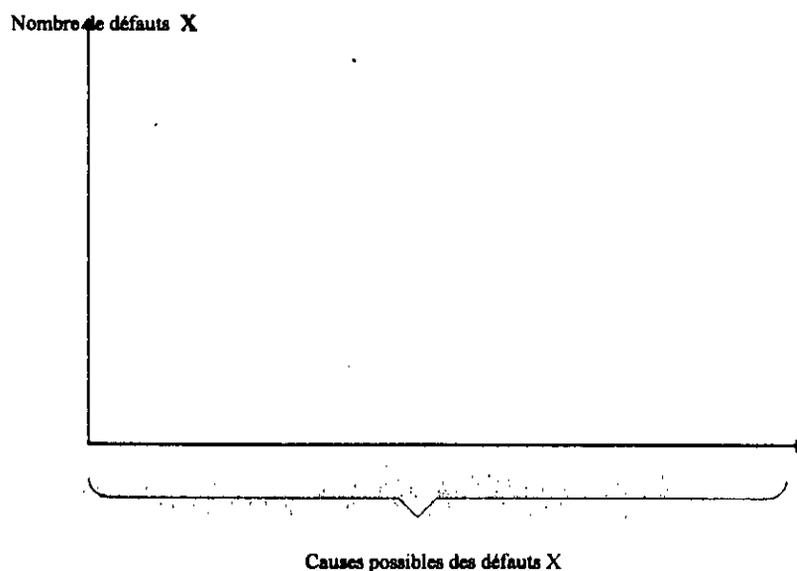
Un diagramme de pareto est utile pour obtenir la coopération de toutes les personnes concernées. Un seul coup d'oeil suffit pour que chacun connaisse le problème majeur : les deux ou trois colonnes les plus grandes présentent la cause qui induit le plus de défauts, les plus petites correspondent aux causes induisant des défauts minimes.

Ce type de diagrammes nous montre quels sont les facteurs les plus importants à analyser et donc ceux sur lesquels des actions d'amélioration doivent être portées.

Le tracé des diagramme de pareto, est la première étape pour mettre en place des actions d'amélioration.

V.3.3 Etablissement d'un diagramme de Pareto

Le diagramme de Pareto consistera à représenter le nombre de défauts X et horizontalement les causes possibles du défaut.



V.4 Diagramme cause-et-effet (ou diagramme d'Ishikawa) [ISH, 85]

V.4.1 Pourquoi une dispersion de la qualité apparaît-elle?

Dans la majorité des cas cela est dû:

- aux matières brutes ;
- aux machines ou aux équipements;
- aux méthodes de travail.

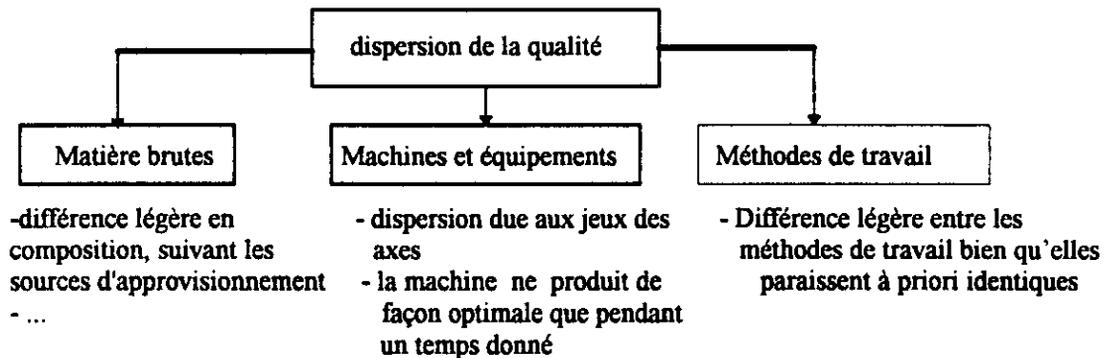


Figure 5.3 Causes des dispersion de la qualité

La relation cause-et-effet est bien claire (figure 5.4)

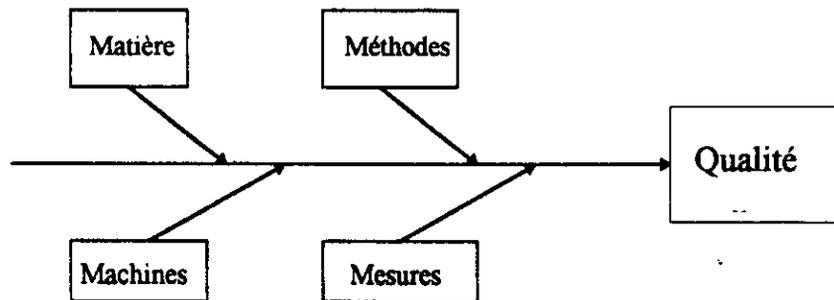


Figure 5.4 Diagramme cause-et-effet

A partir de cette figure, deux appellations peuvent se distinguer:

a- les caractéristiques de la qualité [ISH, 85]

Ce sont des données représentant de façon concrète la qualité et sur lesquelles nous voulons agir, pour les améliorer et les contrôler, ce sont des données :

- de longueur;
- de dureté;
- de taux de défautuosité;
- etc...

b- Les facteurs [ISH, 85]

Ce sont ceux qui causent la dispersion :

- la composition chimique
- les diamètres
- les salariés
- etc...

Pour illustrer sur un diagramme la relation entre la cause et l'effet , nous devons connaître les causes et effets sous forme concrète, donc:

EFFET = Caractéristiques de la qualité

CAUSE = facteurs

La figure (5.4) est appelée : diagramme cause-et-effet.

Un tel diagramme consiste à ordonner toutes les causes possibles d'un défaut. Le défaut est inscrit à l'extrémité droite.

Les causes sont regroupées par famille, chaque famille constituant une branche principale. A l'intérieur de chaque famille, on peut distinguer les causes en « sous famille » qui forment autant de ramifications.

Pour identifier les différentes causes possibles, il ne faut pas hésiter à inscrire toutes les causes exprimées, mêmes celles qui semblent à priori non valables.

Cette méthode est appelée méthode des 4M telle que :

- Matière
- Machines
- Mesures
- Méthodes de travail

Toutefois, nous pouvons rajouter d'autres facteurs que l'on considère comme cause de défauts.

V.4.2 Différentes méthodes pour créer des diagrammes cause-et-effet [ISH, 85]

Les causes possibles de dispersion dans les caractéristiques de qualité sont représentées dans le diagramme cause-et-effet , de façon telle que toutes les liaisons soient clairement annotées .

Il y a plusieurs méthodes pour réaliser des diagrammes causes-et- effet .

Elles dépendent de la façon dont les analystes les organisent , ces méthodes peuvent être de 3 types

- Type d'analyse de dispersion
- Type classification suivant le processus de fabrication
- Type énoncé des causes .

A- Type analyse de dispersion [ISH, 85]

Le secret de sa réalisation est de se poser constamment la question suivante: " pourquoi cette dispersion apparaît-elle ? "
En gardant en mémoire que chacune des dispersions peut être rectifiée .

*** Point fort de ce type d'analyse**

Il aide à organiser et à établir les relations entre les facteurs et sous facteurs de dispersion

*** Point faible de ce type d'analyse**

- sa dépendance de la personne qui le réalise
- les plus petites causes ne sont pas répercutées .

B- Type classification suivant le processus de fabrication [ISH, 85]

Pour cette méthode , la flèche principale suit le processus de fabrication et tous les événements qui peuvent affecter la qualité sont intégrés à chaque opération .

*** Point fort de ce type d'analyse**

Comme il suit la séquence du processus de fabrication ,il est facile de le réaliser et de le comprendre .

*** Point faible de ce type d'analyse**

- L'apparition multiple des mêmes causes
- Les causes liées à une combinaison de plusieurs facteurs sont difficiles à illustrer .

C- Type énoncé des causes [ISH, 85]

Dans ce type d'analyse , toutes les causes possibles sont simplement listées .En faisant cela , les idées de tous sont nécessaires ,et l'utilisation d'un tableau est utile pour lister les causes .

*** Point fort de ce type d'analyse**

Toutes les causes sont listées et expliquées clairement et aucune cause majeure n'est oubliée.

*** Point faible de ce type d'analyse**

Il est difficile de relier les branchettes des causes au résultat et , donc , le diagramme est difficile à construire et à tracer.

CHAPITRE VI

*TRACE DES DIAGRAMMES DE
PARETO ET D'ISHIKAWA RELATIFS A
LA FOURCHETTE*

VI.1 Diagramme de PARETO de la serie de fourchette de mars 94

Le tableau ci-dessous (tableau 6.1), fourni par la direction technique, donne les informations sur les défauts de la serie des fourchettes 138692, lancée en mars 1994. La serie comporte 385 pièces.

| Type de défauts | Nombre de defectueux | Taux de defectueux | Pourcentage de defectueux |
|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------------|
| Ecart dimensionnel | 59 | 15.32 | 66.29 |
| Deport | 10 | 2.61 | 11.24 |
| Etat de surface | 07 | 1.82 | 7.87 |
| Mauvaise matière | 06 | 1.56 | 6.74 |
| Divers | 06 | 1.56 | 6.74 |
| Manquantes | 01 | 0.26 | 1.12 |
| Bavures | 00 | 00 | 0 |
| Total | 89 | | 100 |

Tableau 6.1 Nombre de defectueux par type de défaut

Chaque type de défaut peut être défini comme suit:

- Ecart dimensionnel: c'est le non respect des spécifications imposées des cotes . Ce défaut appartient a la famille défaut dimensionnel.
- Déport : c'est aussi un défaut dimensionnel , il s'agit des trous taraudés quand ils sont décalés de leurs position.
- Etat de surface : c'est aussi le non respect des spécifications imposées sur la rugosité des surfaces.
- Mauvaise matière : ce défaut est lié à la structure de la matière. Il s'agit du non respect des proportions de l'acier XC48 , des pourcentages fixés pour les métaux à additionner , des caractéristiques mécaniques...
- Divers: ces défauts divers sont dûs soit à la manutention soit à la forme des pièces.
- Manquantes: c'est le nombre de pièces qui manque lors de la livraison de la série au montage , cela est dû quelque fois : au vol , à l'égarement ...
- Bavures: après usinage des surfaces il apparait généralement dans les intersections de celles-ci des copeaux de matières qui ne sont pas complètement arrachés (dans les angles droits par exemple).

Les données du tableau (6.1) sont représentées sur le diagramme de paréto comme suit:

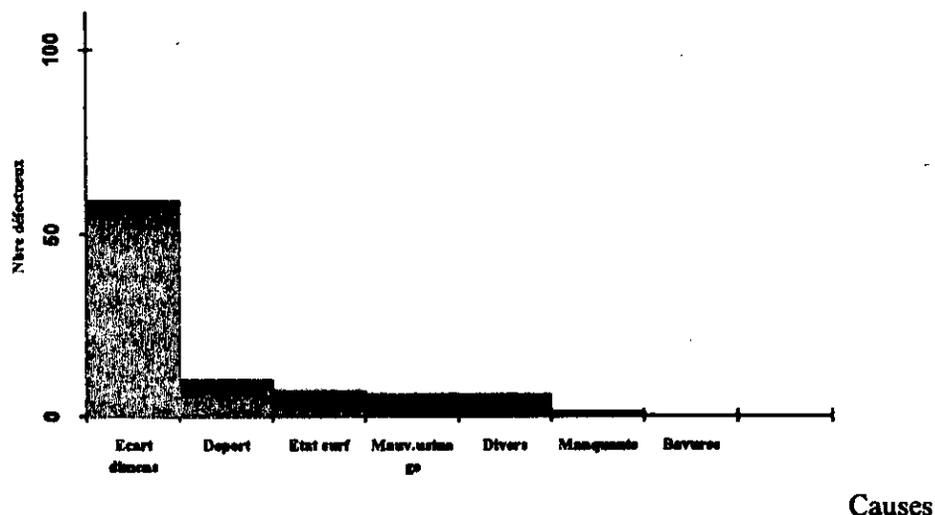


Figure 6.1 Diagramme de Pareto

Le diagramme nous montre clairement qu'en s'attaquant aux erreurs d'écart dimensionnels, on éliminera 66.29 % des défauts de la fourchette.

Il montre également qu'en essayant de résoudre les problèmes d'écarts dimensionnels et de déports, on supprimera $66.29\% + 11.24\% = 77.53\%$ des défauts.

Il est donc impératif de s'attaquer aux deux premiers défauts.

VI.2 Diagramme cause- et-effet

Comme nous l'avons vu précédemment, les défauts dimensionnels présentent le taux le plus élevé de défektivité pour les fourchettes 138692.

Nous avons représenté le diagramme d'ISHIKAWA pour deux cas de figures :

- le premier , pour lequel il fallait constamment se poser la question de savoir pourquoi la dispersion apparaissait. Cela permettait de trouver la source des causes de dispersion.
- le second, pour lequel il fallait suivre pas à pas le processus de fabrication de la fourchette

A. Diagramme d'ISHIKAWA : Type analyse de dispersion

En se basant, sur la méthode des 4M, nous pouvons agrandir le champ des causes en rajoutant :

- l'opérateur
- outil

Sur la figure (6.2), nous représentons ces nouvelles causes :

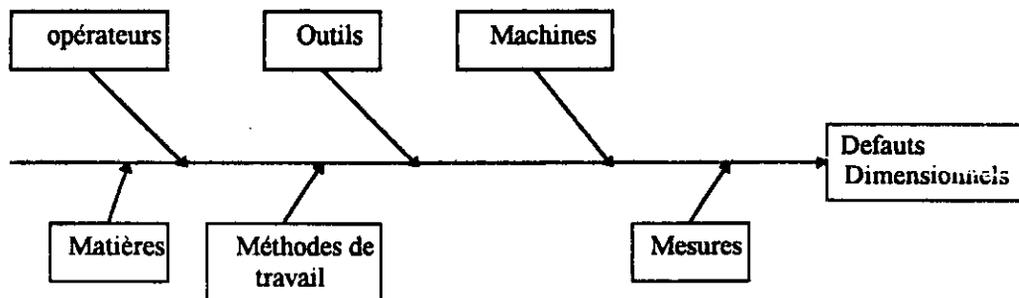


Figure 6.2 Diagramme d'ISHIKAWA
type dispersion des données

Comment les recueillir ?

1- Matières :

- contrôle à la forge
- manutention
- qualité
- forgeage
- standardisation
- stockage des pièces avant usinage (brute)

2- Machines :

- vétusté
- entretien rigoureux
- archaïsme
- automatisme déclassé
- précision
- réglage

3- Mesures:

- utilisation des moyens de mesures
- précision
- contrôleur
- moyen de mesure
- cartes de contrôle inexistantes.

4- Méthodes:

- serrage des régleurs
- isostatisme inadéquat
- la standardisation
- efficacité des méthodes

5- Opérateurs:

- responsabilité
- sensibilisation
- formation sur le tas
- expérience
- motivation
- l'habitude
- cercle de qualité
- fraude
- environnement

6- Outils:

- affûtage
- usure
- serrage
- vibration
- archaïsme

Les causes et sous causes sont représentées sur la figure (6.3).

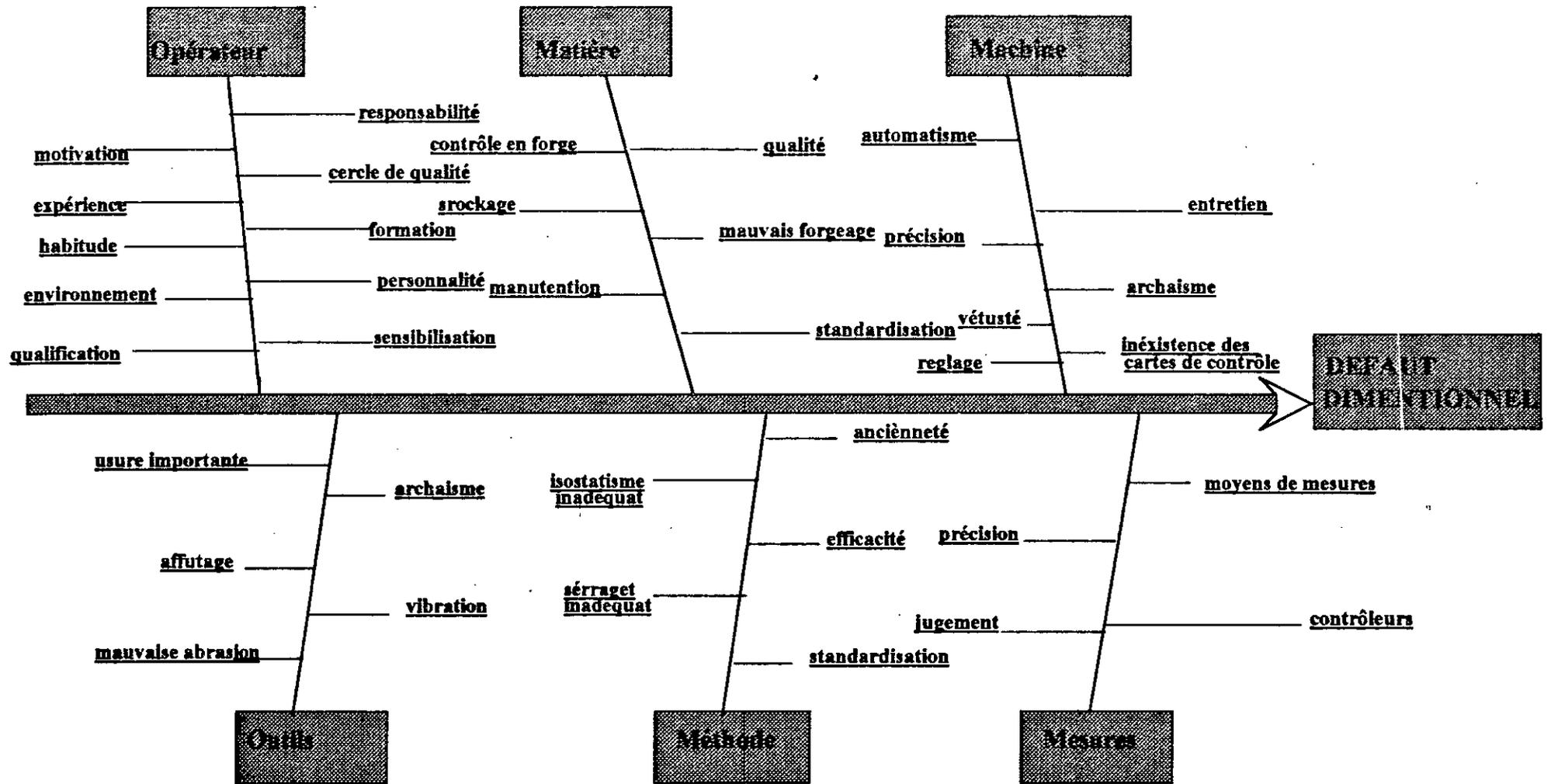


Figure 6.3 Type analyse de dispersion

La seconde étape consiste à déterminer les sous causes des causes citées précédemment :

1- Machines

- * vétusté
- * automatisme
- * service de maintenance
 - formation
 - responsabilisation
 - motivation
 - qualification
 - le respect des techniques et les méthodes de maintenance
- * pièces de rechanges:
 - disponibilité de devises;
 - disponibilité des pièces de rechanges sur le marché national
- * carte de contrôle

2- Opérateurs

- * motivation:
 - auto-contrôle
 - contrôle volant;
- * qualification: -
 - surqualification
 - sous-qualification
- * sensibilisation
 - formation
 - publicité
 - auto-contrôle
 - contrôle volant
- * environnement social

3- Matière

- * qualité
 - fournisseur
 - traitement thermique
 - forge
- * forgeage
- * standardisation
 - respect des éléments d'additions
 - respect des caractéristiques mécanique et chimiques
- * stockage
 - pièces éventées
 - exposition à la pluie

4- Outils

- * affûtage
- * montage de serrage
- * vibration
 - précision
 - jeu des axes

5- Méthodes

- * efficacité
 - utilisation des anciennes méthodes
- * standardisation
 - anarchie

6- Mesures

- * précision
 - adéquation des outils de mesure
- * jugement
 - mesure : outil de mesure
 - erreur
 - méthode de jugement
- * contrôleur
 - formation : contenu
 - connaissances
 - outil de contrôle

Le diagramme d'ISHIKAWA est représenté sur la figure (6.4).

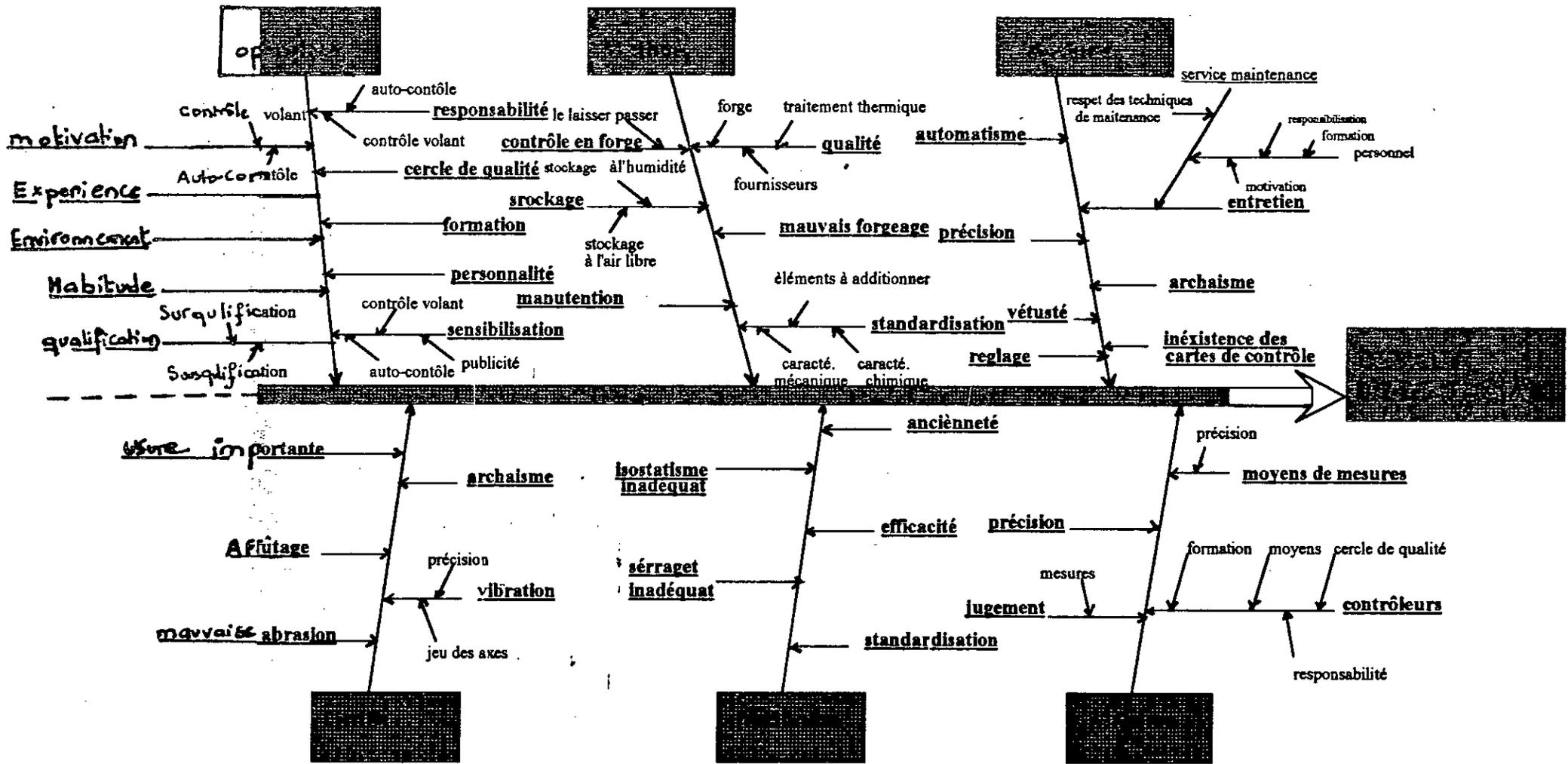
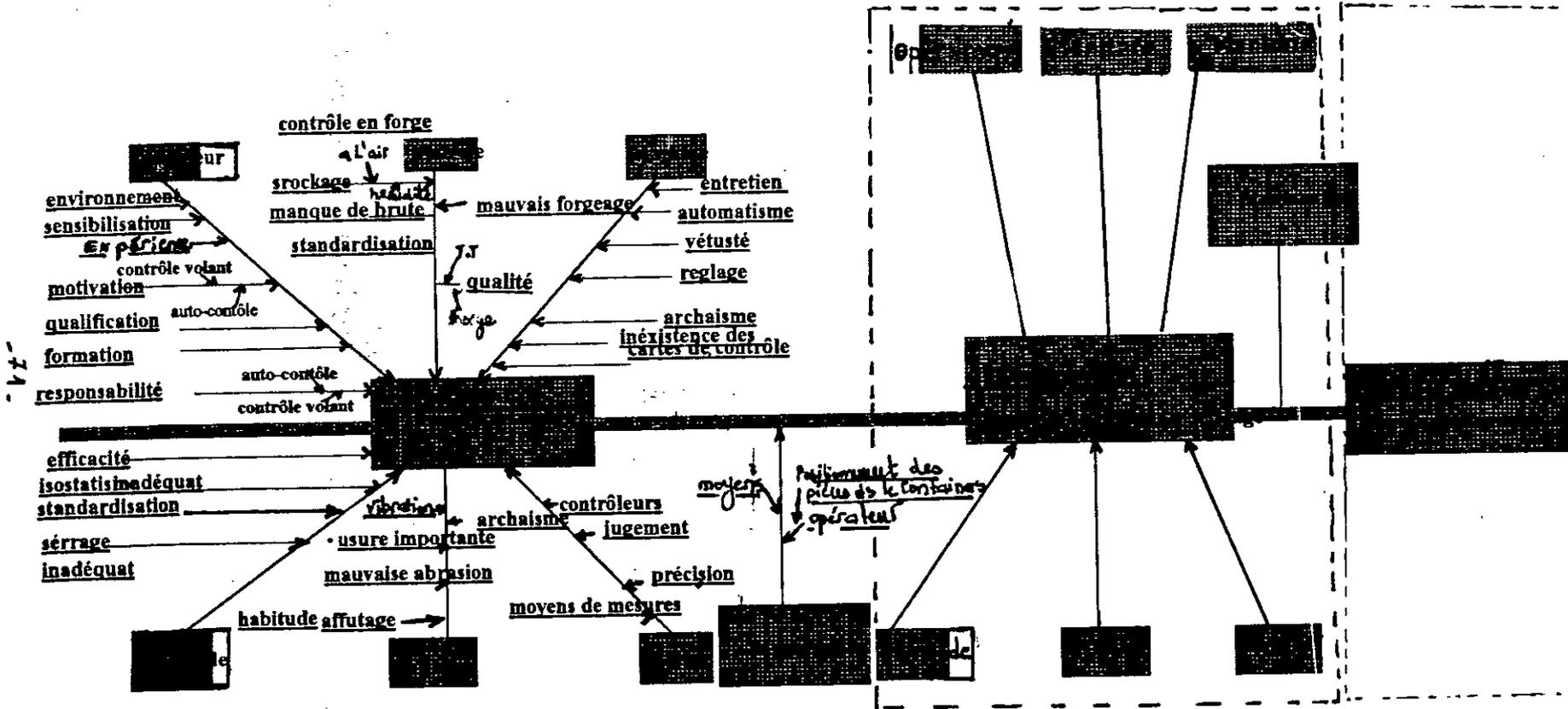


Figure 6.4. Type analyse de dispersion

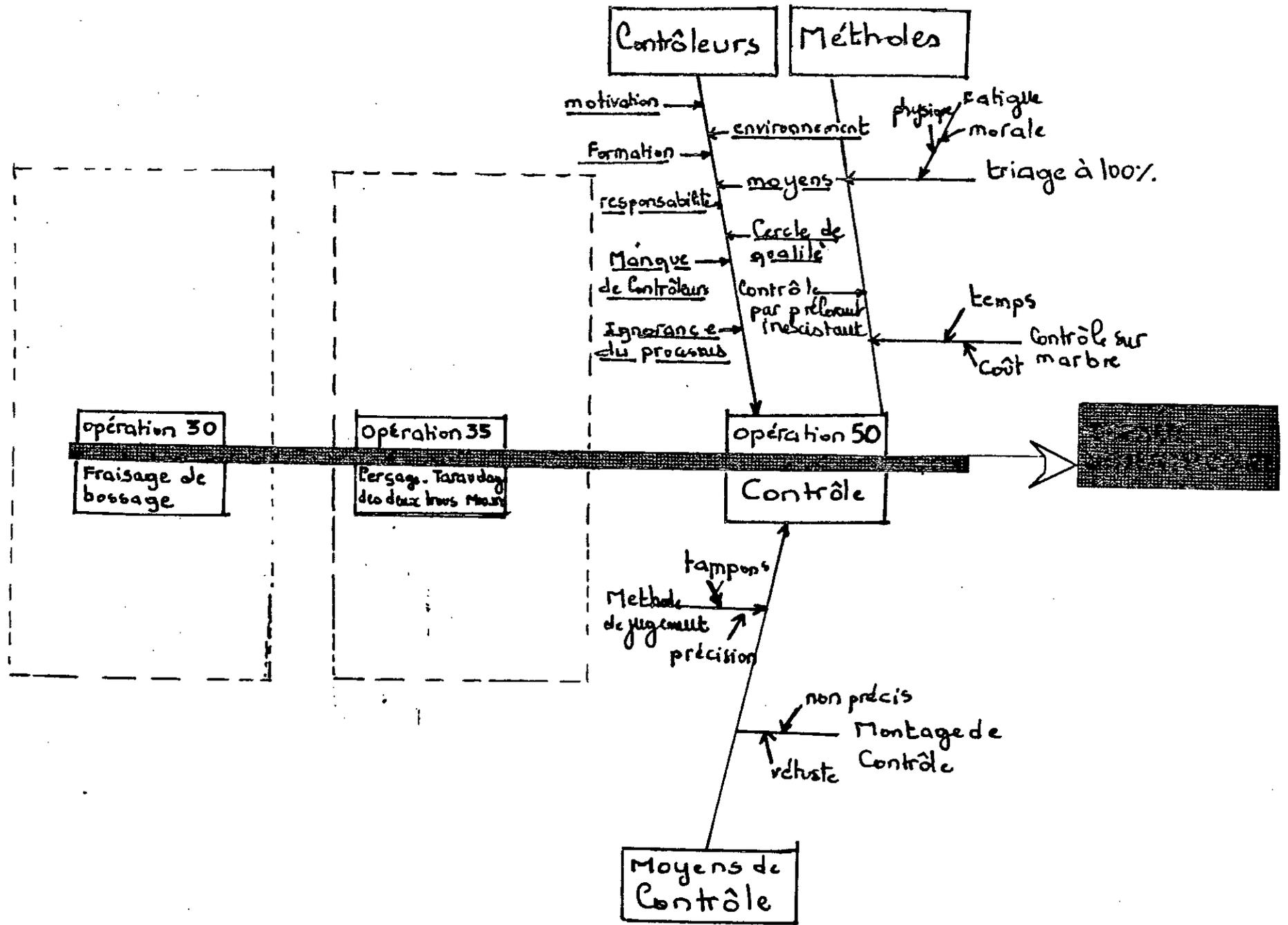
B. Diagramme d'ISHIKAWA: type classification suivant le processus de fabrication de

Ce type de diagrammes va permettre de suivre le processus de fabrication de façon à détailler toutes les étapes par lesquelles passe la fourchette.



□ mêmes causes et sous causes pour chaque opération

Figure 6.5: type classification suivant le processus de fabrication



-72-

(Suite figure 6.5)

VI.3 Conclusion

Le concours efficace d'une trentaine de personnes de l'atelier parmi lesquelles, quatre responsables, nous a permis d'établir le diagramme cause et effet qui explicite toutes les causes qui participent directement ou indirectement à la création du défaut : écart dimensionnel des cotes de la fourchette .

A ce stade de notre travail, il a fallu classer les causes du défaut par ordre d'influence et choisir par la suite (sous causes) celui sur lequel nous pourrions apporter un réel changement en ayant à l'esprit que nos moyens sont limités.

Sur le tableau suivant, nous présentons :

- le nombre de personnes interrogées classées par profession (1ère ligne)
- les causes principales et les sous causes sur lesquelles un jugement a été porté (1ère colonne)
- le nombre de personnes ayant jugé la cause influente (corps du tableau)

| Personnes | 02 | 01 | 15 | 08 | 04 | Total | % |
|----------------------|-------------|-----------------|----|----------|--------------|-------|---------|
| Causes sous cause | contrôleurs | chef atelier | OS | Régleurs | responsables | | |
| Operateur | 02 | 01 | 11 | 08 | 04 | 28 | 22.03 % |
| Matière | 01 | 00 | 03 | 03 | 02 | 09 | 7.63 % |
| Machine | 02 | 01 | 14 | 07 | 03 | 27 | 23.88 % |
| Mesure | 01 | 01 | 11 | 08 | 04 | 25 | 21.19 % |
| Méthode | 00 | 00 | 04 | 03 | 02 | 09 | 7.63 % |
| Outil | 01 | 00 | 10 | 09 | 02 | 22 | 13.64 % |
| Total | | | | | | 118 | 100% |

Tableau 6.2 resultats du questionnaire

Comme le montre le tableau (6.2), le taux le plus élevé est au niveau de la machine, opérateur et mesure qui représentent au total 66.1 % de causes à éliminer.

Nous allons regrouper à partir du diagramme figure(6.5), toutes les sous causes de chaque cause séparément afin de voir clairement quelle est ou, quelles sont les sous causes sur lesquelles on peut agir et cela suivant les capacités d'intervention sur ces paramètres (tableau 6.3).

| Opérateur | Machine | Mesure |
|---|---|---|
| <p>opération 1</p> <p>motivation</p> <ul style="list-style-type: none"> *paye *auto-contrôle * contrôle volant <p>responsabilisation</p> <ul style="list-style-type: none"> * AC * CV <p>qualification</p> <p>formation</p> <ul style="list-style-type: none"> * sur le tas <p>sensibilisation</p> <p>environnement</p> | <p>opération 1</p> <p>automatismes</p> <ul style="list-style-type: none"> * semi automatique <p>réglage</p> <ul style="list-style-type: none"> * carte de contrôle <p>précision</p> <ul style="list-style-type: none"> * auto-contrôle <p>vétusté</p> <ul style="list-style-type: none"> * plus de 13 ans <p>archaïsme</p> <p>entretien</p> <ul style="list-style-type: none"> * pièces de rechange * maintenance * technicien | <p>opération 1</p> <p>contrôle cote 20 H8</p> <ul style="list-style-type: none"> * tampon * non suivi <p>absence contrôleur volant</p> <p>cote 20H8</p> <p>précision // et L pour réglage</p> <ul style="list-style-type: none"> * équipement vetuste * marbre hors service <p>traçage</p> <ul style="list-style-type: none"> * marbre hors service * trusquin imprécis <p>jugement</p> <ul style="list-style-type: none"> * moyen de mesure <p>service de contrôle</p> <ul style="list-style-type: none"> * manque de contrôle * motivation * qualification * responsabilisation * formation |
| <p>opération 2</p> <p>mêmes sous causes</p> | <p>opération 2</p> <p>mêmes sous causes</p> | <p>opération 2</p> <p>traçage</p> <p>jugement</p> <p>service contrôle</p> <p>autocontrôle cote 20H8 ,170.8, 70.09</p> <p>CV</p> <p>précision // et L</p> <p>précision du montage de contrôle</p> |
| <p>opération 3</p> <p>mêmes sous causes</p> | <p>opération 3</p> <p>mêmes sous causes</p> | <p>opération 3</p> <p>tarudage</p> <p>jugement</p> <p>service de contrôle</p> <p>auto-contrôle cote O 24</p> <p>contrôleur volant</p> |
| <p>opération 4</p> <p>mêmes sous causes</p> | <p>opération 4</p> <p>mêmes sous causes</p> | <p>opération 4</p> <p>tarudage</p> <p>jugement</p> <p>montage de contrôle</p> <p>service contrôle</p> <p>auto-contrôle cote 24 rugosité 12.5</p> <p>contrôleur volant</p> <p>opération 5</p> <p>précision</p> <p>autocontrôle cote M10x150</p> <p>contrôle volant</p> <p>montage de contrôle</p> <p>jugement</p> <p>traçage</p> |

Tableau 6.3 Causes principales

En ce qui concerne l'opérateur, on remarque que pour chaque opération(O 20 H8, fraisage de la rainure, O 24, fraisage du bossage....).

les mêmes sous causes y figurent. On ne pourra agir, à notre niveau, que sur les seules sous causes : auto-contrôle et contrôle volant.

Dans le cas de la machine, nous ne pouvons apporter une amélioration car le seul remède est que le parc machine soit renouvelé.

Pour la troisième cause, mesures, nous remarquons que pour chaque opération, c'est la vétusté des outillages qui est en cause.

Notre plan d'action va permettre la mise en place d'un nouveau système de contrôle complet, en suivant le cheminement de la pièce du début jusqu'au poste de contrôle final.

VI.4 Evaluation simplifiée du coût de la non qualité de la série de mars1994

Pour montrer l'importance du coût de la non-qualité qui justifie le lancement du procédé d'amélioration de celle-ci, nous présentons une évaluation simplifiée du coût pour la série lancée au mois de mars 1994. Pour ce faire, nous additionnons les coûts suivants :

- Coût des rebuts ;
- Coût du contrôle;
- Coût d'usinage des pièces rebutées.

*** Coût des rebuts(Cr):**

$Cr = \text{le coût d'une pièce rebutée} \times \text{le nombre des pièces rebutées} .$

***Coût de contrôle (Cc):**

Comme nous allons le présenter plus tard, le procédé actuel de contrôle des fourchettes 138692 est un contrôle après fabrication (contrôle en cours de fabrication inexistant) : toutes les pièces sont triées , soit un temps de 20 secondes par pièce.

$Cc = \text{coût d'une unité de temps de contrôle} \times \text{le temps mis pour contrôler une pièce} \times \text{le nombre de pièces rebutées} .$

***Coût d'usinage des pièces rebutées(Cu):**

$Cu = \text{coût d'une unité de temps d'usinage} \times \text{le temps total d'usinage d'une pièce rebutée} \times \text{le nombre des pièces rebutées} .$

Données :

- Coût d'une pièce mauvaise = 291.33 D.A/pièce .
- Coût d'une unité de temps de contrôle = 1.635359 D.A /minute.
- Nombre des pièces contrôlées = 386 pièces .
- Nombre des pièces rebutées = 89 pièces .
- Temps total d'usinage d'une pièce =14.95 minute/pièce.

Application numérique:

$$\begin{aligned} - Cr &= 291.33 \times 89 && = 25928.37 \text{ D.A} \\ - Cc &= (20/60) \times 1.635359 \times 386 && = 00209.87 \text{ D.A} \\ - Cu &= 14.95 \times 1.635359 \times 89 && = 02175.93 \text{ D.A} \end{aligned}$$

$$C_{\text{total}} = 28314.17 \text{ D.A}$$

Le coût total de la non-qualité relatif au procédé de contrôle actuel est 28314.17 D.A soit un coût de 73.54 D.A par pièce .

CHAPITRE VII

Contrôle : définitions et concepts

VII.1 Origine du contrôle [DOC,86]

Pour cette fonction, il n'y a pas à proprement parler d'origine, de tous temps l'homme à contrôler son travail. Par lui même (comme l'artisan) ou par d'autres (service contrôle).

Le contrôle en tant que système remonte au XVII^{ème} siècle avec ses premiers corps de "contrôle d'état".

C'est avec l'ère de l'industrialisation au XIX^{ème}, que le contrôle a pris une forme encore d'actualité.

Le contrôle est la reconnaissance de la faiblesse humaine dans l'accomplissement d'un travail, c'est un mal nécessaire pour lequel on peut dire: "s'il n'existe pas, il faut le créer, mais s'il existe, il faut viser sa destruction".

VII.2 Définition du contrôle

"Action de mesurer, examiner, passer au calibre une ou plusieurs caractéristiques d'un produit ou service et de la comparer aux exigences spécifiées, en vue d'établir leur conformité"(NFX 50120).

VII.3 Contrôle de la fabrication

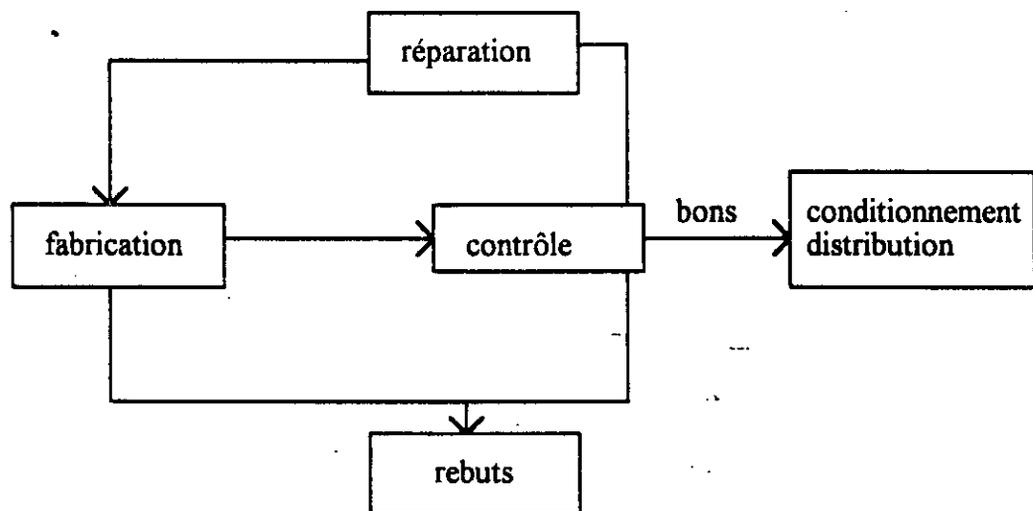


Figure 7.1 contrôle de fabrication

Avant leur conditionnement ou leur distribution, les produits fabriqués doivent passer par les étapes de la figure 7.1.

VII.4 Classification des contrôles [VAN, 85]

Divers classifications sont possibles suivant la situation dans le cycle de fabrication, leur nature, les méthodes utilisées ...

a- Niveaux de contrôles

- contrôle d'entrée:
 - * de réception des matières, des achats, des matériels ...
- contrôle en cours de fabrication:
 - * en auto-contrôle: par les opérateurs de fabrication eux mêmes
 - * intermédiaires : par les contrôleurs ou l'encadrement .
- contrôle final
 - * par des contrôleurs de l'entreprise
 - * en présence du client
 - * par des organismes extérieurs

b- Types de contrôles

- quantitatifs
- qualitatifs
 - * sensitifs(généralement visuel)
 - * au laboratoire(interne ou externe)
 - * au gabarit (sur montage de fabrication , d'essai de contrôle)
 - * au calibre (passe-passe pas)
 - * aux instruments de mesures (dimensions, états de surface, ...)

c- Méthodes de contrôles

- unitaire = tri
- par prélèvement
 - * arbitraire
 - * statistiques par lot ou en continu, avec utilisation des méthodes de contrôles statistiques.

Soit par attribut: NFX 06022, identique à la norme américaine MILSTD 105D,
soit aux mesures: NFX06023, identique à la norme américaine MILSTD 414.

VII.5 Auto-contrôle

VII.5.1 Origine de l'auto-contrôle[JUR, 83]

Traditionnellement, la responsabilité de juger la conformité du produit aux spécifications incombe depuis longtemps à des contrôleurs appartenant à un service autonome de contrôle et d'essai.

Plus récemment, s'est manifesté la tendance à faire passer cette responsabilité aux ouvriers de la fabrication.

La tâche essentielle de ces ouvriers reste celle de fabriquer mais en plus d'effectuer les contrôles du produit et de juger la conformité aux spécifications.

VII.5.2 Définition de l'auto-contrôle

"Mode de contrôle selon lequel une personne physique à son propre contrôle sur le résultat de son travail et dont les règles sont formellement définies dans les dispositions de la qualité"(NFX 50120).

VII.5.3 Conditions de l'installation de l'auto-contrôle[JUR,83]

Avant que l'auto-contrôle puisse être adopté, certains critères doivent être respectés:

1- Confiance mutuelle

Les responsables doivent avoir suffisamment de confiance dans la main d'oeuvre pour être disposés à lui confier la responsabilité importante de décider si oui ou non la production est conforme aux spécifications.

De leur côté, les ouvriers doivent avoir suffisamment confiance envers leur responsables pour être disposés à accepter cette responsabilité.

2- Autonomie

Les critères d'autonomies doivent être respecté, ce qui veut dire que le processus de fabrication permet de satisfaire les spécifications de qualité et que l'ouvrier a un moyen sûr de régler ce processus pour rendre le produit conforme.

3- Techniquement possible

La fabrication doit être telle qu'elle permette l'assignation d'une claire responsabilité à la prise de décision.

Un cas simple est celui de l'ouvrier tourneur, car il existe une responsabilité claire de décision, à la fois de production et de conformité.

Par contre, pour une grande chaîne de montage ou une longue ligne de processus, il est difficile de définir clairement les responsabilités.

L'application à de telles fabrication est définie jusqu'à ce que l'expérience ait été acquise avec des cas simples.

VII.5.4 Avantages et inconvénient de l'auto-contrôle[JUR, 83]

A- Avantages

- 1- L'auto-contrôle permet la détection précoce des non conformités,
- 2- Il réduit le coût du contrôle final,
- 3- Il améliore donc la productivité par l'élévation du rapport:
quantité conforme/quantité produite
- 4- C'est un moyen supplémentaire de maîtrise de la qualité au niveau individuel.
- 5- Il correspond à l'élargissement des responsabilités des opérateurs ce qui entraîne une motivation plus forte.
- 6- Il autorise une saisie d'information plus complète sur les causes de non conformité

B- Inconvénients

- 1- Les ouvriers doivent être formés à effectuer le contrôle et à prendre des décisions, cela coûte cher si le taux de rotation de la main d'oeuvre est élevé
- 2- Il y a risque de conflit au sujet des normes qualité entre les ouvriers et les responsables,
- 3- Dans certaines applications, le temps nécessaire au contrôle a réduit les temps de travail de production,
- 4- Certains responsables s'opposent à ce que de telles responsabilités soient attribuées à la main d'oeuvre.

VII.6 Le contrôle volant[DEP,86]

Ce contrôle consiste à effectuer des vérifications périodiques. Le contrôleur volant doit nécessairement posséder les mêmes moyens à la disposition de l'opérateur, il a pour tâches principales:

- 1- De s'assurer que l'opérateur utilise bien son outillage de contrôle,
- 2- D'attirer l'attention de l'opérateur sur les non conformités décelées en vérification (estimées bonnes par l'opérateur).
- 3- D'aviser la hiérarchie et le régleur en cas d'une nécessité d'un arrêt de fabrication.
- 4- De s'inquiéter sur les résultats de contrôle non effectués au poste de travail,
- 5- D'augmenter le taux de vérification pour une opération complexe ou qui possède une grande nécessité fonctionnelle,
- 6- Repère toutes les pièces constatées en vérification, il tient à jour un compte journalier sur la situation des pièces en fabrication.

VII.7 Contrôle en cours de fabrication

VII.7.1 QU'EST CE QUE LE S.C.P ?[CHI, 85]

S.C.P: Statistical Process control/contrôle statistique du procédé de fabrication.

Le contrôle jusqu'à présent permet d'éliminer les pièces mauvaises et de conserver les pièces conformes aux spécifications. Actuellement ,ceci se fait après la fabrication des pièces . C'est de la **détection**.

C'est une solution antiéconomique....

La solution idéale est de contrôler la **qualité des pièces avant qu'elles ne soient produites**.

C'est possible grâce à l'utilisation de la statistique...

Les objectifs du contrôle statistique du procédé de fabrication sont:

- Aider à empêcher la fabrication des pièces défectueuses.
- Aider à l'évaluation et au contrôle de la qualité des matières entrant et sortant
- Aider à l'analyse des opérations en vue de déterminer les causes.

La qualité de nos produits constitue notre assurance-vie

Mais le S.C.P n'est en aucun un remède universel, il fait partie d'un ensemble d'efforts que nous devons tous produire....

VII.7.2 La variabilité [CHI, 85]

La variabilité est une caractéristique inhérente de notre vie .deux choses ne sont jamais exactement semblable bien que parfois elles semblent identiques.

le contrôle de cette variation est un élément essentiel de la prédiction.

Exemple 1: âges

Exemple 2: 5 pièces d'une machine ont été mesurées.

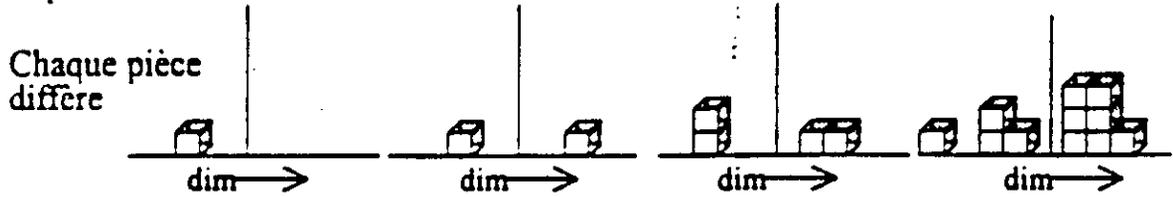
situation1

1.2-1.3-1.3-1.4

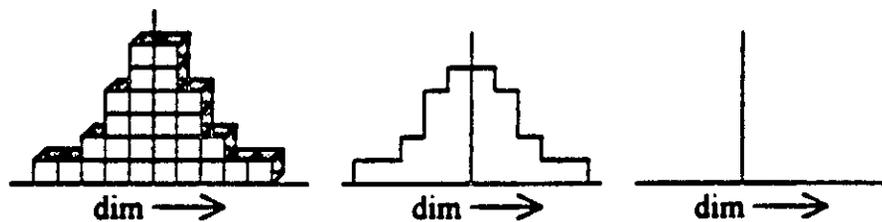
situation2

1.0-2.0-1.5-3.0

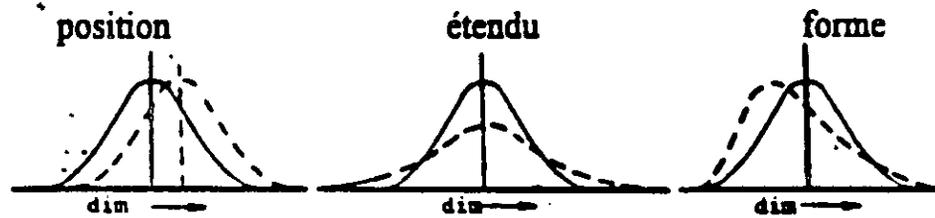
Prédire qu'elle sera la situation de la 5ème pièce est beaucoup plus facile dans la situation 1 que dans la situation 2 et le risque de se tromper est beaucoup moins important.



Mais elles se répartissent d'une certaine manière appelée distribution

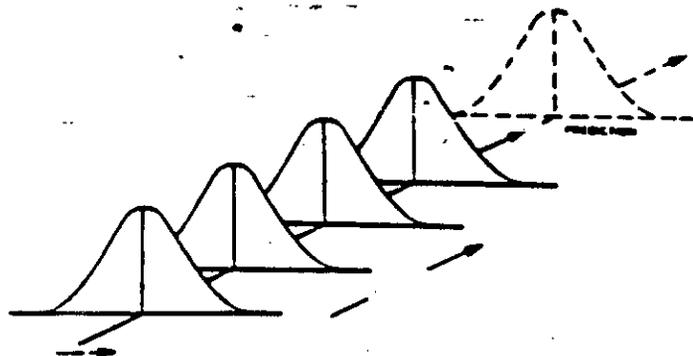


Les distributions peuvent différer par leur:



Ou toutes combinaisons

Si seules les causes communes existent les distributions se ressemblent dans le temps et il est aisé de prédire la suivante.



Si des causes spéciales existent, les distributions ne se ressemblent pas, et il est impossible de prédire la suivante.

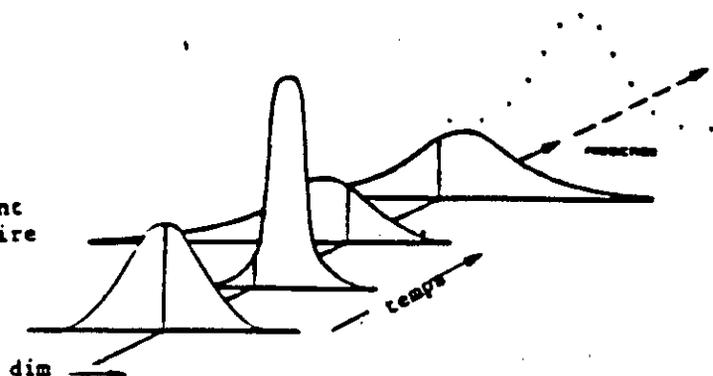


Figure 7.2 la variabilité

Si seules les causes communes existent, les distributions se ressemblent dans le temps et il est aisé de prédire la suivante :

VII.7.3 La loi normale [BOW, 64]

VII.7.3.1 Définition

Un histogramme permet de représenter une série d'observations, on considère souvent ces observations comme les valeurs que prend une variable aléatoire obéissant à une certaine loi de probabilité. Loi à laquelle on se repère fréquemment dans la pratique est celle qui a reçu le nom de "loi normale".

Cette loi est définie par la densité de probabilité:

pour $-\infty < x < +\infty$, $D \leq 0$, C et D représentent deux constantes. Cette fonction est définie quel que soit x . Il pourrait sembler a priori que cela soit une restriction à la portée pratique de la loi considérée.

Ainsi, il arrive souvent que l'on fasse l'hypothèse que des erreurs de mesures soient distribuées normalement, mais il est bien évident que les valeurs de ces erreurs sont bornées.

La figure 3.7, représente la forme de la courbe de la densité de probabilité d'une variable normale.

On notera également que deux paramètres, que l'on a notés C et D , suffisent à déterminer complètement la forme de la loi normale.

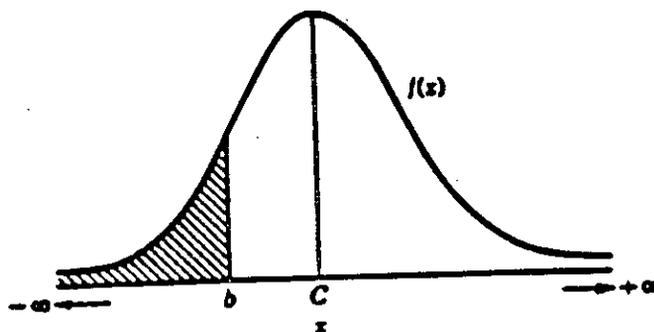


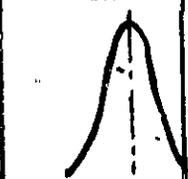
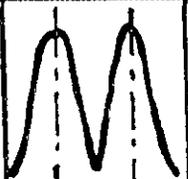
Figure 7.3 la loi normale

VII.7.3.2 Caractéristiques de la loi normale

La loi normale est définie par deux grandeurs caractéristiques.

- \bar{X} la moyenne (ou axe de la symétrie de la courbe normale
- σ (ligne sigma) l'écart type définissant l'élément horizontal de la courbe

VII.7.3.3 Examen de la dispersion par rapport aux tolérances:

| Distribution | OBSERVATIONS | REMEDES |
|---|---|---|
|  | Distribution bien centrée dispersion intérieure aux tolérances. | Le contrôle peut être effectué sur des échantillons plus petits. |
|  | Distribution bien centrée. Dispersion égale aux tolérances. | Surveiller la fabrication, un dérèglement entraînerait la production de mauvaises pièces. |
|  | Distribution décentrée Dispersion inférieure aux tolérances | conséquence du cas précédent si la fabrication n'est pas centrée. Réglage nécessaire. |
|  | Distribution décentrée Dispersion égale aux tolérances | 4 remèdes possibles: -centrer la fabrication - réduire la dispersion en modifiant le procédé de fabrication -resserrer le contrôle -augmenter les tolérances. |
|  | Distribution bien centrée. Dispersion très supérieure aux tolérances. | Réduire la dispersion. Augmenter les tolérances. Déplacer la moyenne pour retoucher des pièces. |
|  | distribution bimodale . deux distributions dont la dispersion est inférieure aux tolérances. | Origine: - utilisation de deux outils - changement survenu en fabrication |

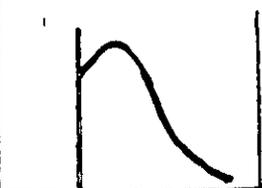
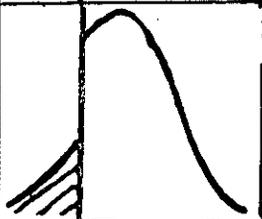
| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Distribution décalée | Le lot a été trié. Un centrage de la fabrication aurait évité le tri. |
|  | Distribution décalée | Le lot a été trié. Le contrôleur a laissé passer quelques pièces mauvaises. |

Tableau 7.1 Examen de la dispersion par rapport aux tolérances

VII.7.4 causes spéciales/causes communes [CHI, 85]

A- les variables du procédé :

| 15% | 85% |
|--|---|
| <u>causes spéciales</u> | <u>causes communes</u> |
| hors contrôle | sous contrôle |
| causes assignables | causes non assignables |
| erreur locale | erreur de système |
| opérateur | environnement |
| machine | entretien préventif |
| outils | matière première médiocre |
| Sous la responsabilité de l'opérateur | sous la responsabilité de la direction |

B- Les causes spéciales

Tant que nous constatons que les échantillons sont dans les limites de contrôle : le procédé est sous contrôle.

Si un point ou plusieurs soit pour la carte de \bar{X} , soit pour la carte des R, sort des limites de contrôle, il s'agit là d'un avertissement d'un ennui...

Un point qui sort des limites sur une carte de contrôle est un signal d'alarme qui signifie qu'il est temps de faire des recherches et de prendre des mesures...

Ces points hors contrôle sont dus à l'intervention d'une ou de plusieurs causes spéciales. Les causes spéciales peuvent être classées dans l'une ou l'autre des catégories suivantes: main d'oeuvre, machine et matière.

-Matière

Pour faire un produit fini de qualité ,il faut démarrer avec des matières valables .Le contrôle statistique peut s'appliquer aux matières fournies par l'extérieur....

Mais d'autres facteurs matériels peuvent provoquer la mise hors contrôle du procédé, tel que :

- la rouille,
- le laminage de l'acier défectueux,
- des porosités dûes au moulage
- Une détérioration en cours de manutention.
- la composition chimique des produits..

En conséquence, si une cause spéciale apparaît, il est important de vérifier si l'on utilise des matières conformes aux spécifications...

-Les machines

Des avances et des vitesses incorrectes peuvent provoquer une usure excessive des outils ,nécessitant un affûtage fréquent ,un excès de copeaux qui peut rayer la surface...ce qui provoque la mise hors tolérances de la pièce .Un broutage de l'outil donne une mauvaise finition, une surchauffé donne des cotes incorrectes....

Les ennuis de la machine sont parfois indiqués par une carte très irrégulière ,sans aucune stabilité.

On peut retenir les points suivants comme responsables des causes spéciales:

- Butée de positionnement usée ou desserrée.
- Mauvais nettoyage.
- Montages non appropriés ou mal réglés.
- Machines déréglées par la suite de vibration ou par une usure excessive.

- Mauvais graissage .
- Liquide d'arrosage non approprié.
- Réglages manuels
- Remplacement des roulements usés.
- Remplacement des plaques d'usure usées.
- Remplacement des meules.
- Diamantages irréguliers.
- Pions de positionnements écaillés ou sous-dimensionnés.
- Fixation hors d'usage.
- Montages non alignés.
- Roulements broche usés, desserrés ou décentrés.
- Canon de perçage usagés.

Cette liste n'est en rien exhaustive ,chacun par sa propre expérience pourra la compléter ou la modifier.

-la main d'oeuvre:

La main d'oeuvre est le troisième facteur à étudier du point de vue de la détection des causes spéciales. Seuls des employés formés peuvent utiliser des matières ou des machines avec efficacité. L'attitude de l'employé est importante. La conscience professionnelle de l'opérateur se reflète sur les cartes et doit être encouragée....

VII.7.5 Les cartes de contrôle

VII.7.5.1 Définition[NOY, 93]

La carte de contrôle est un graphique qui permet de voir si les résultats fournis par un processus restent dans le cadre des " limites de contrôle" qui ont été prévues et tracées à l'avance, dont les mesures sont faites à partir d'échantillons.

Le but est de constater quelles sont les variations de ces mesures.

En effet, certaines variations sont normales et provoquées par le hasard; d'autres variations sortent du cadre prévu; elles signifient que le processus ne se déroule plus comme avant et qu'il se passe quelque chose dûe à une cause nouvelle.

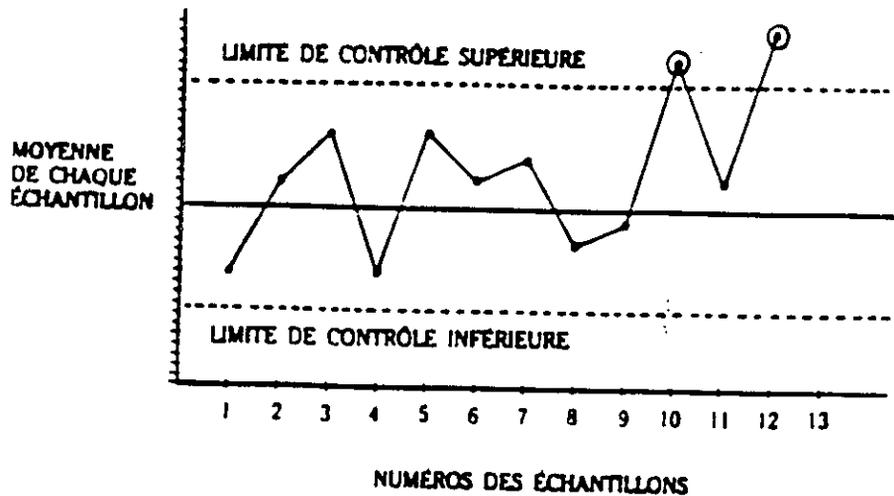


Figure 7.4 Carte de contrôle

Le processus est dit "sous contrôle statistique" s'il reste dans les limites prévues.

Les lois de probabilités permettent de déterminer les limites de contrôle, de telle sorte que les variations dues au simple hasard restent à l'intérieur de ces limites (figure 7. 4).

L'objectif de la carte de contrôle est de s'assurer du bon fonctionnement du processus et de détecter les variations anormales qui s'écartent de façon imprévue.

VII.7.5.2 Carte de contrôle de \bar{X} - R [ISH, 85]

Un graphique \bar{X} -R, montre simultanément la valeur moyenne \bar{X} et l'étendue R. C'est le type le plus courant de graphiques de contrôle qui utilise des valeurs non discrètes.

La portion de \bar{X} du graphique montre essentiellement toute modification de la valeur moyenne du procédé, tandis que l'étendue R définit toute variation de la dispersion du processus.

Ce graphique est particulièrement utile, car il tend à montrer simultanément les variations de la valeur moyenne et la dispersion du processus; C'est donc une méthode très efficace de vérification des phénomènes anormaux.

VII.7.5.3 L'interprétation des cartes contrôle:[CHI,85]

A. Changement périodique (périodicité)

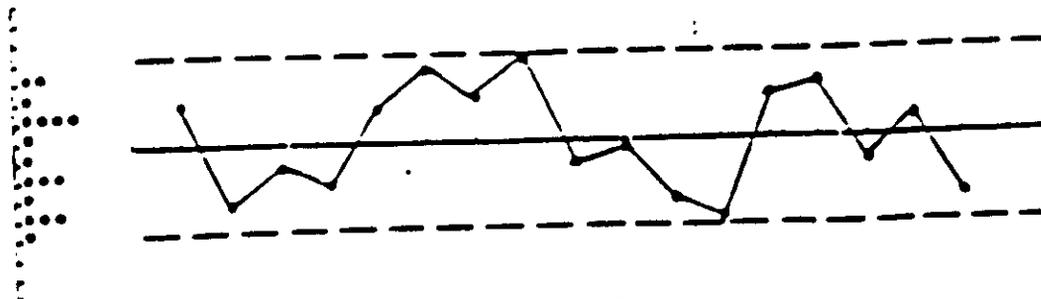


Figure 7.5 cas 1

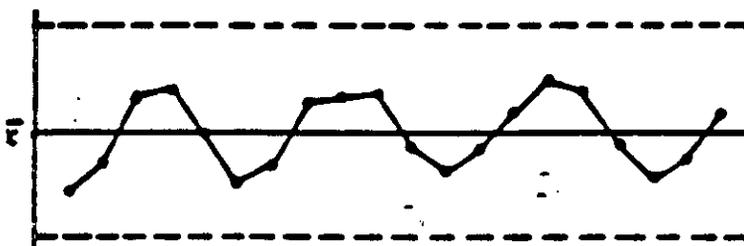


Figure 7.6 cas 2

Si les points montrent un même type de variation (croissance ou décroissance par exemple) sur des intervalles équivalents, nous disons qu'il y a "périodicité". Pour évaluer la périodicité, il n'y a pas de méthode simple. Le seul moyen qui existe est de suivre le rythme de variation de façon précise et de prendre des décisions techniques.

| Quelques causes affectant la carte des \bar{X} , la carte des R restant stable. | quelques causes affectant la carte des R. |
|---|--|
| <p>1: La température ou un autre changement périodique dans l'environnement physique.</p> <p>2: Fatigue de l'opérateur</p> <p>3: Différences dans l'ordre des prises de mesure ou de tests</p> <p>4: La rotation régulière des machines ou des opérateurs.</p> <p>5: Le groupement de sous-ensembles ou d'autres procédés de fabrication.</p> | <p>1: Une maintenance préventive.</p> <p>2: Fatigue de l'opérateur .</p> <p>3: Un outillage usé.</p> |

Tableau 7.2 Causes affectant carte de \bar{X} et de R

B. Les tendances

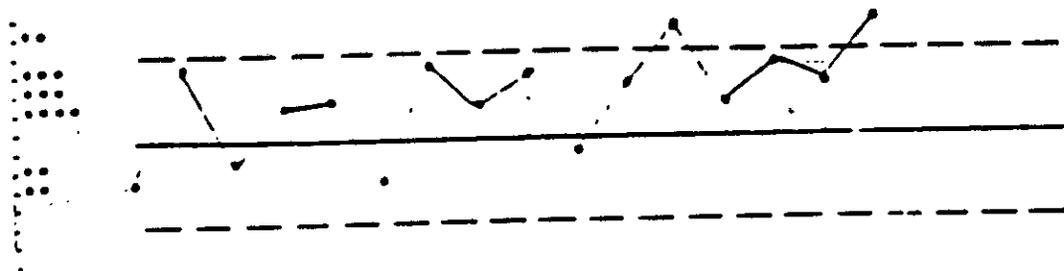


Figure 7.7 cas 1

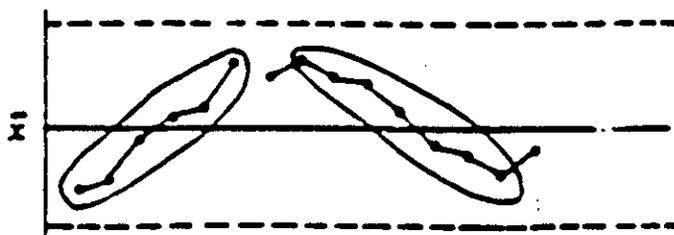


Figure 7.8 cas 2

Si un ensemble de points montre une croissance ou une décroissance ,ou la majorité des points se trouvent sous ou sur la ligne de \bar{X} , nous pouvons dire qu'il y a une tendance ,pour évaluer la tendance nous considérons que:

-Si 7 points consécutifs continuent à croître ou décroître , il y a anomalie.

-Si plus de 75% des points se trouvent sous ou sur la ligne médiane ,il y a anomalie.

On constate cependant que les points iront souvent au delà des limites avant que le 7ème soit atteint pour le premier cas et que ça risque que les points sortent des limites pour le 2ème cas.

| Quelques causes affectant la carte des \bar{X} , la carte des R restant stables | Quelques causes affectant la carte des R |
|--|--|
| 1:Une détérioration graduelle de l'équipement qui peut toucher tout ces éléments 2:Fatigue de l'opérateur. 3:Accumulation de déchets (copeaux). 4: Détérioration des conditions d'environnement . | 1:Amélioration ou détérioration 2:Fatigue de l'opérateur . 3:Changement dans la proportion d'un sous-ensemble alimentant la ligne d'assemblage . 4:Changement graduel dans l'homogénéité dans la qualité des bruts. |

Tableau 7.3 Cause affectant les cartes \bar{X} et R

C. Stratification ou absence de variation (à proximité de la ligne centrale)

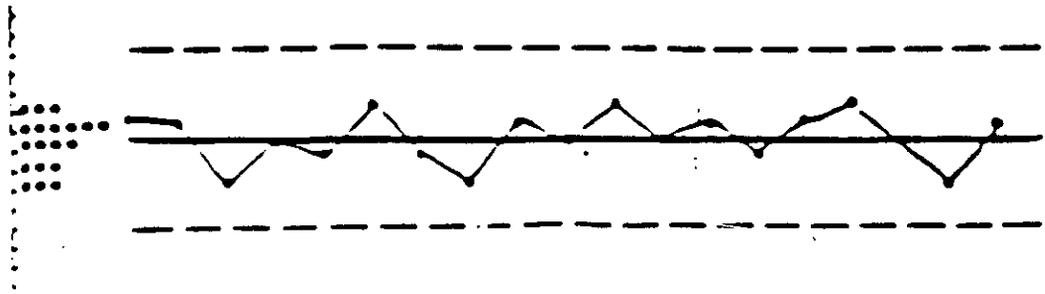


Figure 7.9 cas 1

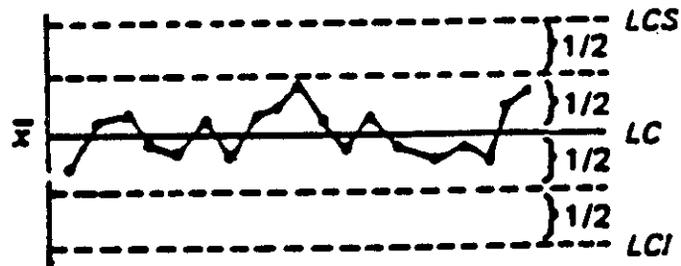


Figure 7.10 cas 2

| Quelques causes affectant la carte des \bar{X} , la carte des R restant stable | Quelques causes affectant la carte des R |
|--|---|
| 1: Les limites sont mal calculées. | 1: La collection dans chaque échantillon d'un nombre de mesures venant d'environnements différents. |

Tableau 7.4 Causes affectant les cartes de \bar{X} et de R

D. Une grande proportion près des limites de contrôle

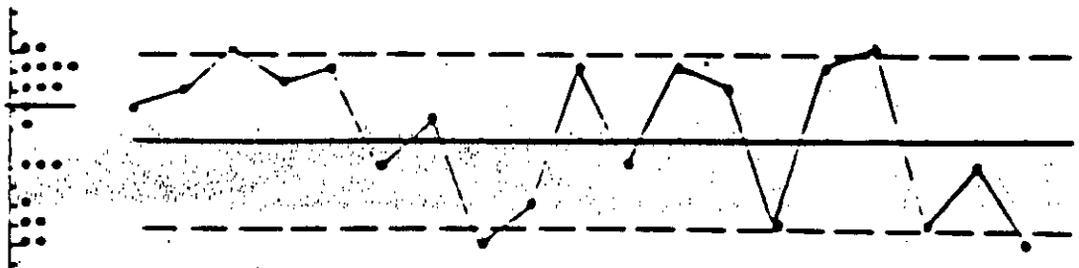


Figure 7.11 cas 1

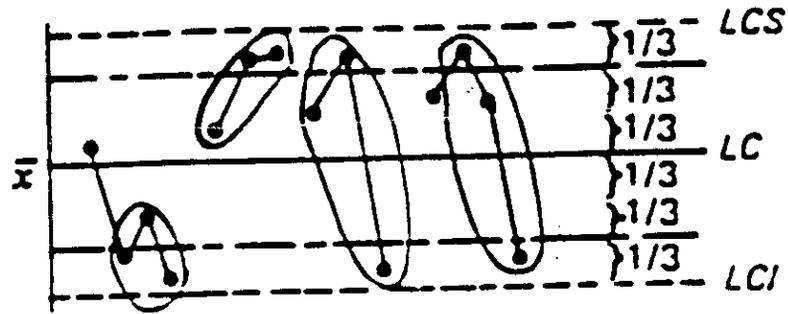


Figure 7.12 cas 2

| Quelques causes affectant la carte des \bar{X} , la carte des R restant stables | Quelques causes affectant la carte des R |
|---|---|
| <p>1: Contrôle trop pointilleux .</p> <p>2: Des différences énormes et systématiques dans la qualité de la nature des bruts.</p> <p>3: Des différences énormes et systématiques dans les méthodes ou l'équipement .</p> <p>4: Contrôle de deux procédés ou plus sur la même carte .</p> | <p>1: Mélange de bruts de deux qualités bien distinctes .</p> <p>2: Des opérateurs différents travaillant sur la même carte .</p> <p>3: Des données provenant d'environnements différents pointés sur la même carte .</p> |

Tableau 7.5 Causes affectant la carte de \bar{X} et de R

E. Un saut dans le procédé de fabrication

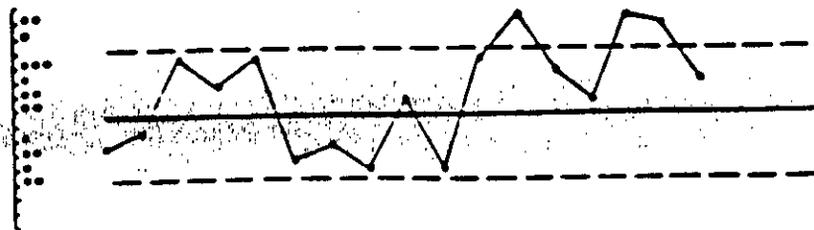


Figure 7.13 Cas 1

| Quelques causes affectant la carte des \bar{X} , la carte des R restant stable | Quelques causes affectant la carte des R |
|---|---|
| 1:Un changement en proportion des matières ou l'un des sous-ensembles provenant des sources différentes. 2:Un nouvel opérateur ou une nouvelle machine. 3:Une modification des méthodes du procédé de fabrication. 4:Un changement d'appareil de contrôle ou de méthode de contrôle. | 1:Un changement de matière. 2:Un changement de méthode . 3:Un changement d'opérateur. |

Tableau 7.6 Causes affectant la carte de \bar{X} et de R

VII.8 Le contrôle final [DOC, 86]

Il arrive parfois que ni l'opérateur ni le contrôleur volant arrive à détecter les pièces défectueuses, pour cela il est exigé de faire un contrôle final des pièces totalement finies pour prendre la décision finale (soit accepter le lot soit le rejeter).

Pour un rejet trois situations se présentent :

- 1- mise à l'écart (non retouchable)
- 2- accepter le lot sous dérogation
- 3- rendu conforme après retouche

Il faut alors savoir quel est le type de contrôle qu'il faut entreprendre ?

Pour ce faire, on se propose d'appliquer le contrôle statistique.

Rappelons sans entrer dans un exposé mathématique détaillé, quelques notions de base en contrôle statistique.

a- le contrôle statistique suppose le prélèvement d'un échantillon représentatif dans la population à contrôler, qui est généralement un lot de fabrication.

b- cette population doit être homogène pour que l'échantillon, qui est choisi au hasard, soit statistiquement représentatif (sinon il faut être capable de le caractériser suffisamment pour pouvoir sélectionner un échantillon représentatif. D'où des règles spécifiques de chaque cas, que nous n'examinerons pas dans ces rappels).

Une population homogène suppose en pratique :

- l'emploi de composants, matière, pièces...issus eux aussi de lots homogènes.
- la réalisation des produits pendant la même campagne de fabrication, avec les mêmes outillages, règles de la même manière et mis en oeuvre par des ouvriers de qualification identique.

c- plusieurs types d'essais statistiques existent:

* **les essais de mesures**, qui déterminent une approximation de la valeur moyenne du paramètre rechercher pour l'ensemble de la population - par exemple le taux moyen de défauts dans le lot considéré, le MTBF(temps moyen de bon fonctionnement) moyen des produits, la valeur moyenne d'une caractéristique... sous la forme d'un "intervalle de confiance ", dont l'étendue dépend de la loi statistique applicable(généralement la loi normale), du volume de l'échantillon essayé, comparé à celui de la population et du risque accepter de se tromper, sachant que:

- plus l'échantillon est important, et plus l'intervalle de confiance se réduit à risque égal: à la limite, un contrôle systématique donne une certitude, c'est à dire un intervalle de confiance nul.

- plus le risque d'erreur accepté est faible et plus l'intervalle de confiance est large: à la limite, l'intervalle de confiance assurant une certitude est fini (ou couvre la plage de variation possible du paramètre considéré). *Plus on veut être sûr et moins on est précis (et inversement)...*

* **Les essais d'acceptation**, dont le but est de déterminer seulement si la caractéristique recherchée est supérieure (respectivement inférieure) à la valeur minimale (respectivement maximale) acceptable. Ce type d'essai ne permet pas de connaître la valeur de la caractéristique dans la population considérée, mais simplement de vérifier que cette valeur est acceptable. ..

EXEMPLE

Pour un lot de 20000 pièces, si on souhaite un niveau de qualité acceptable de 2%, la table indique qu'il faut prélever un échantillon de 300 pièces, le seuil d'acceptation étant de 10: cela signifie que si le nombre de défauts constaté dans l'échantillon est inférieure ou égale à 10, le lot est accepté, car la probabilité que le taux de défaut soit supérieur au niveau de qualité acceptable(NQA) souhaité est alors inférieur au risque admis. Sinon le lot doit être rebuté ou entièrement contrôlé afin d'éliminer les composants défectueux.

Le test ne permet pas par contre, de connaître la valeur exacte du taux de défaut réel. Il indique seulement que ce taux est très probablement inférieur au NQA fixé.

Ces types d'essais sont ceux utilisés généralement pour le contrôle. Il leur correspond deux risques:

- un risque fournisseur

C'est le risque que l'échantillon rassemble plus d'éléments défectueux toléré alors que la moyenne du lot est en réalité acceptable, c'est à dire inférieure au niveau de qualité acceptable (NQA) fixé. Cela conduit donc à rebuter un bon lot de façon injustifiée, au détriment du fournisseur.

- un risque client

C'est le risque que l'échantillon contiennent moins d'éléments défectueux que toléré alors que la moyenne du lot est supérieure à la proportion maximale de déchets tolérée (LTPD).

Un tel échantillon, nettement meilleur que le lot dont il est issu, conduit donc à faire accepter un lot bien qu'il soit mauvais, au détriment du client.

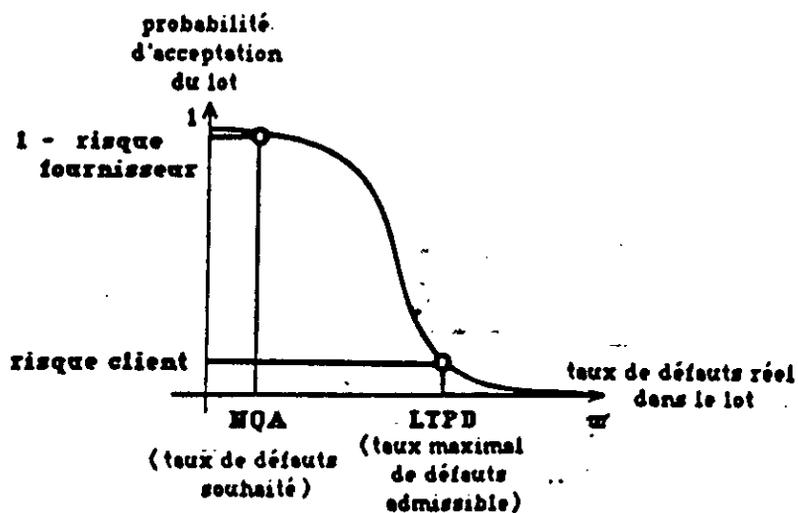


Figure 7.14 Courbe d'efficacité du test

CHAPITRE VIII

*Préconisation d'un nouveau procédé de
Contrôle pour la fourchette 138692:
étude, application et analyse des résultats*

VIII.1 Introduction

Ce chapitre est l'aboutissement de notre étude. Il consiste à remplacer le système antérieur par un nouveau système de contrôle le long du processus de fabrication.

Ce travail se divise en cinq parties.

1ère partie

Elle présente en premier lieu tout les moyens de contrôle (avec les dessins et les définitions) qui peuvent aider à appliquer ce système de contrôle et la tâche de chaque personne en contact direct avec l'usinage de la fourchette 138692.

2ème partie

Elle concerne l'application du système de contrôle sur le terrain. Pour chaque opération de fabrication:

- nous avons appliqué, l'auto-contrôle et le contrôle volant
- nous avons relevé 100 données pour examiner le type de distribution existant nous avons ensuite appliqué le principe de la carte de contrôle, puis, interprété les résultats obtenus en suggérant des remèdes et des conseils.
- nous avons présenté les résultats de l'auto-contrôle et le contrôle volant sous la forme suivante:
 - Le temps total écoulé pour appliquer l'auto-contrôle.
 - Le nombre de pièces rebutées et retouchées en auto-contrôle.
 - Le temps total de retouche en auto-contrôle.
 - Le temps total dissipé pour usiner les pièces mauvaises décelées par l'opérateur.
 - Un tableau illustrant le travail accompli par le contrôleur volant en cours de chaque opération et contenant les éléments suivants:
 - Toutes les pièces contrôlées par le contrôleur volant (généralement 24 pièces pour chaque opération);
 - Les temps de passage du contrôleur volant;
 - Les résultats de sa vérifications pour toutes les cotes;
 - La décision et la cause de chaque non-conformité.
 - Le nombre de pièces décelées mauvaises et retouchables par le contrôleur volant.

3ème partie

nous avons appliqué à la fin du processus de fabrication(au poste de contrôle final) le principe de contrôle par prélèvement basé sur le NQA (niveau de qualité acceptable), ensuite nous avons donné les résultats détaillés du contrôle (rebuts et retouches décelées, temps total de contrôle...).

4ème partie

Interprétation des résultats de l'application du nouveau procédé.

VIII.2 Présentation des modes de contrôles sous-jacents aux différentes opérations de la gamme d'usinage:

Sur la figure 8.1, nous présentons le processus de fabrication sous forme de diagramme, en mettant d'un coté les cotes qui peuvent être contrôlées à chaque poste de travail et de l'autre les cotes contrôlées par le contrôleur volant et toutes les cotes prises en compte par le contrôle final.

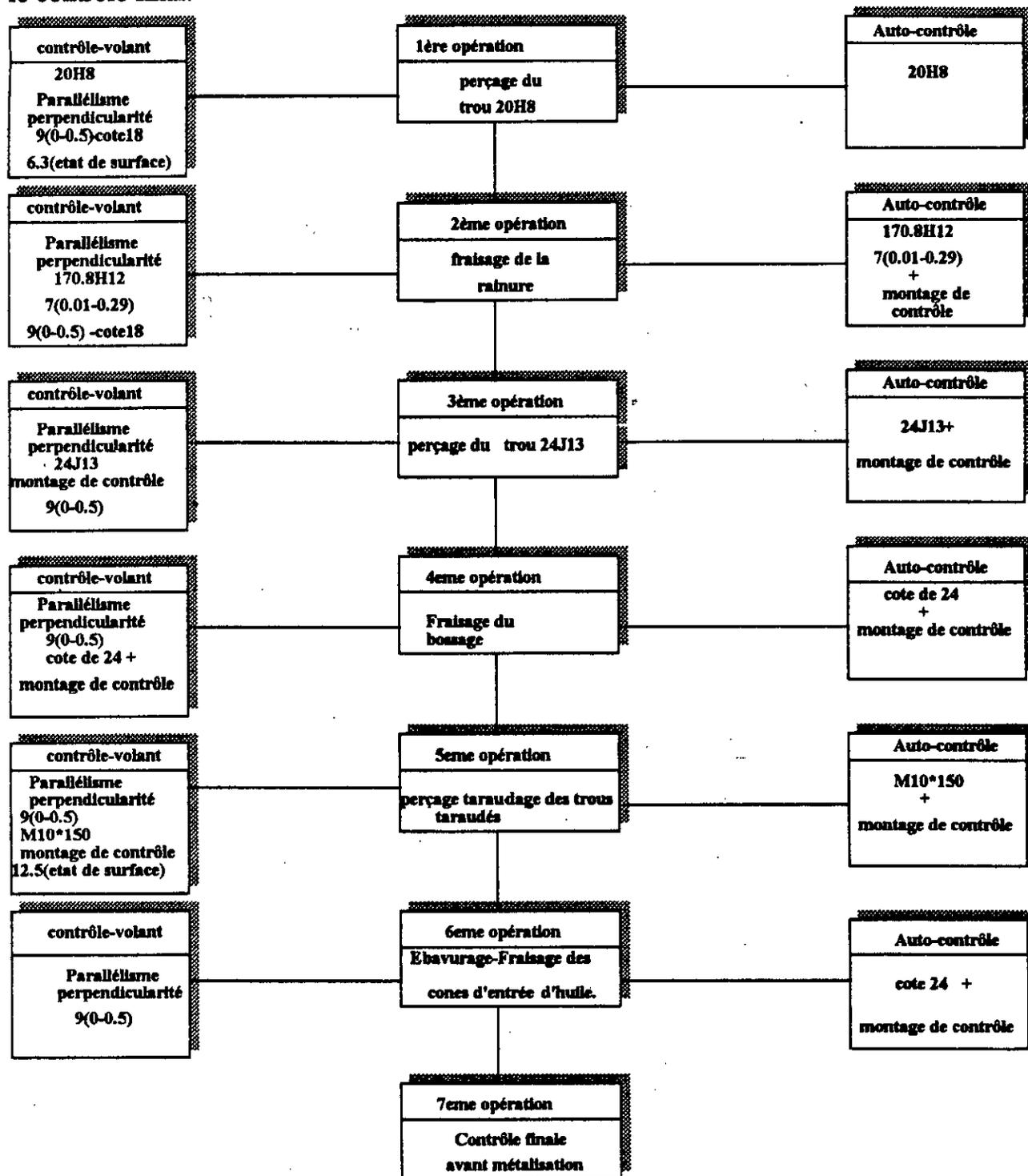


figure 8.1 Déroulement des contrôles

VIII.2.1 Caractéristiques des cotes de la fourchette 138692

Sur la fourchette 138692, on peut distinguer quatre catégories distinctes de cote qui peuvent se présenter comme suit:

a. Cotes très fonctionnelles et mesurables sur marbre

Ce sont les cotes qui ne peuvent pas être mesurées au poste de travail à cause de la difficulté de mesure. Leur non-conformité peut causer de grands problèmes de fonctionnement de la fourchette dans la boîte à vitesse.

Parmi ces cotes on distingue:

- Le parallélisme entre les deux surfaces de la rainure
- La perpendicularité entre l'axe du trou 20H8 et les deux surfaces de la rainure
- La cote 9 entre l'axe du trou taraudé et la surface contenant le trou 20H8
- La cote 9 entre l'axe de la rainure et la surface du patin.

b. Cotes fonctionnelles et mesurables aux postes de travail

Ce sont les cotes qui peuvent être mesurées aux postes de travail à l'aide des pieds à coulisse ou contrôlées grâce aux tampons. Leur non-conformité peut causer des grands problèmes de fonctionnement de la fourchette dans la boîte à vitesse.

Parmi ces cotes on distingue:

- Le trou 20H8 : il permet la liaison de la réglette des vitesses 2ème et 3ème avec la fourchette.
- Les deux trous taraudés M10 x 150: ils servent à serrer la réglette dans le trou 20H8.

c. Cotes peu fonctionnelles et mesurables aux postes de travail

- $\varnothing 170.8H12$ de la rainure .
- Largeur de la rainure 7 .
- $\varnothing 24J13$: permet le passage d'une autre réglette de vitesse.

d. Cotes non fonctionnelles et mesurables aux postes de travail

- Angle de 60° : permet le passage de l'huile entre le disque de vitesse et les surfaces de la rainure .

VIII.3 Facteurs influents sur l'application du procédé de contrôle

VIII.3.1 Introduction

Avant d'appliquer une technique quelconque, il est très utile de disposer de tous les facteurs nécessaires qui participent à son succès.

Dans notre cas les principaux facteurs qui doivent être en présence sont les suivants:

1. Les moyens de contrôle qui peuvent nous fournir des données pour analyse et étude de la technique appliquée. Ces moyens doivent être précis pour exprimer la réalité .
2. l'effectif de contrôle composé :
 - De régleurs formés, qui peuvent appliquer les instructions qui leur sont données avec exactitude et qui possèdent un savoir faire sur le contrôle, les techniques de réglage, les machines...etc
 - D'opérateurs aussi ,formés sur les méthodes de mesure pour pouvoir relever les donnés, appeler la hiérarchie quant il le faut....etc
 - De contrôleurs volants qui possèdent des notions poussées sur les statistiques appliquées à l'industrie pour pouvoir dresser les histogrammes ,les cartes de contrôle.

VIII.3.2 Moyens de contrôle

a. Pied à coulisse digital

C'est un instrument de précision pour la mesure des épaisseurs et des diamètres (voir figure 8.3).Son avantage majeur ,relativement au pied à coulisse normal , c'est de faciliter la lecture des mesures et évidemment de gagner du temps et de minimiser l'erreur .

b. Le tampon

C'est un calibre cylindrique lisse ou fileté utilisé pour la vérification des dimension d'un trou à paroi lisse(alésage) ou fileté(taraudage).(voir figure 8.3:les différents tampons utilisés pour la vérification des côtes de la fourchette 138692).

On peut trouver dans un tampon deux extrémités, une représentant la tolérance max et l'autre la tolérance min.

Une côte est jugée bonne pour les deux conditions suivantes:

- La partie max du tampon ne rentre pas.
- La partie min rentre aisément.

Si l'une des deux conditions citées ci-dessus n'est pas vérifiée, la cote mesurée est hors tolérances.

c. Le marbre

C'est une surface parfaitement plane servant à vérifier la planéité d'une surface, le parallélisme et la perpendicularité de deux surfaces quelconques ou utilisé comme plan de référence dans le traçage.

d. Trusquin

C'est un instrument servant à tracer des parallèles à une surface dressée.

e. Appareil de mesure à pupitast

C'est un instrument servant à vérifier le parallélisme et la perpendicularité de deux surfaces quelconques, l'inclinaison d'une surface par rapport à la surface plane du marbre ...etc(voir figure 8.3 : appareil de mesure à pupitast).

f. montage de contrôle

C'est un instrument composé:

- D'un disque encastré, qui peut tourner à une simple action de la main.
- D'une réglette analogue à celle de la boîte à vitesse BXSL 106 et permettant de tester si la fourchette peut fonctionner correctement dans la boîte à vitesse et cela en fixant la fourchette sur la réglette et sur le disque (voir figure 8.2) et tester si ce dernier peut tourner librement.

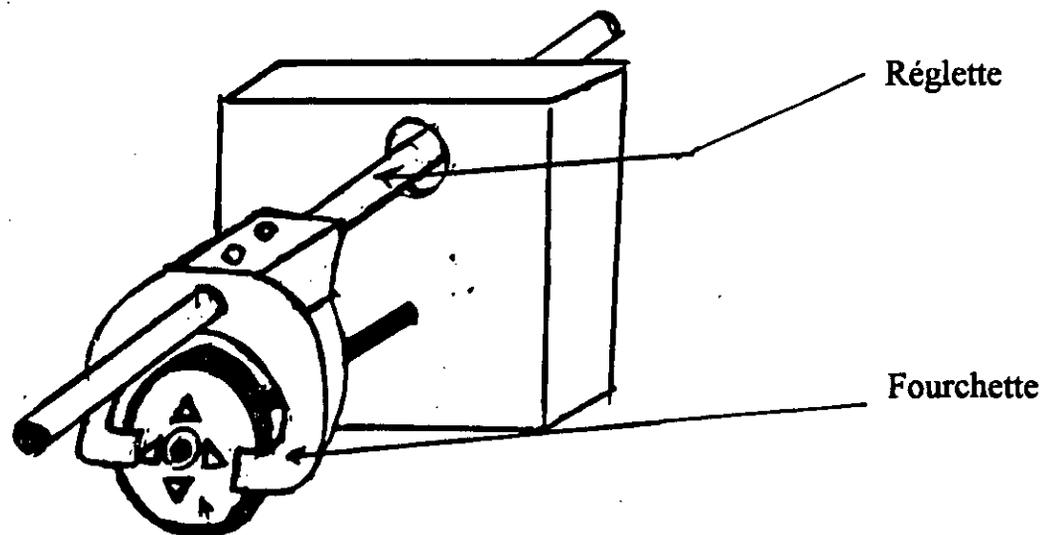
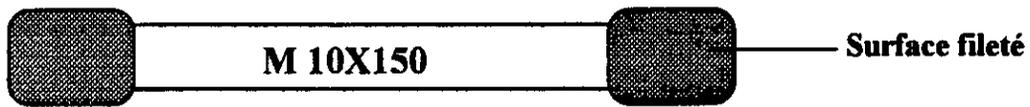
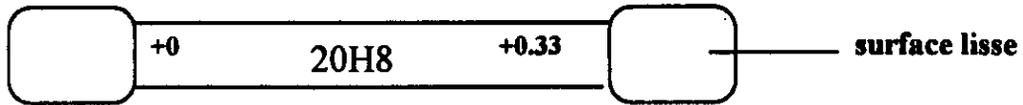


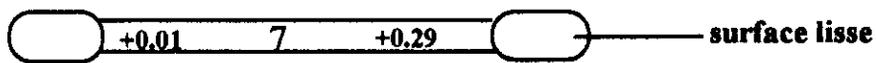
Figure 8.2 Montage de contrôle



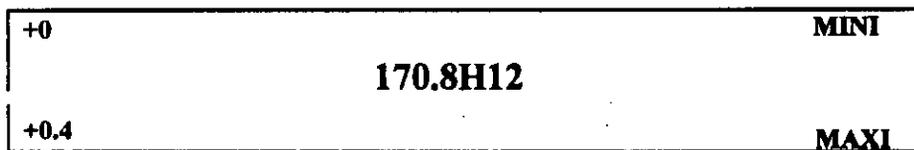
Tompon fileté : opération 35



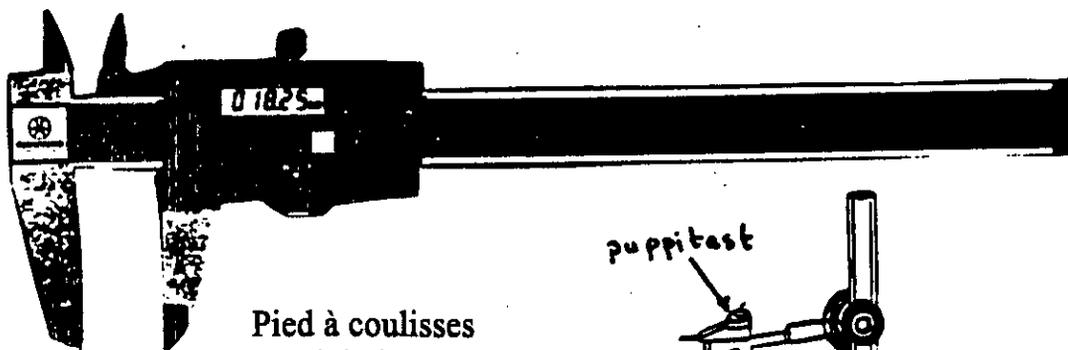
Tompon lisse : opération 5



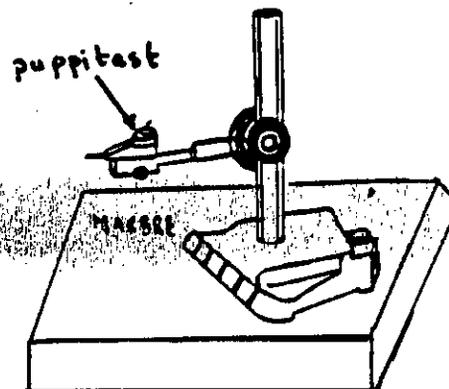
Tompon lisse : opération 10



Jauge plate : opération 10



Pied à coulisses digital



Appareil de mesure à puppitast

Figure 8.3 Eléments de contrôle

Remarques sur les moyens de contrôle existant dans l'E.R.M.O.D 3040

- Le marbre a perdu toutes ses caractéristiques (mauvaise planéité, fissures, bavures).
- Inexistence des pieds à coulisse digitaux .
- Des tampons ont perdu leur précision et ne peuvent plus être utilisés pour mesurer des cotes précises.
- Manque des appareils à pupitast.
- Le montage de contrôle a perdu toutes ses caractéristiques de précision.

VIII.3.3 Rôle du régleur

Muni de la feuille d'opération de la gamme d'usinage , des moyens de contrôle et de réglage , le régleur a pour tâche :

- Le réglage de la machine suivant les caractéristiques imposées sur la feuille d'opération:

- vitesses de rotation .
- vitesse d'avance .

- Le montage de la pièce et de l'outil en respectant les préssions de serrage.
- L'essai sur 2 ou 3 pièces pour s'assurer que le réglage est bien effectué et cela en contrôlant que toutes les cotes réalisées sont conformes aux spécifications.

Si les essais sont concluants, le régleur demande au contremaître de placer un opérateur pour commencer la serie.

VIII.3.4 Rôle de l'opérateur

Il se présente au poste de travail muni des outils de contrôle suivants :

- Pour l'opération 5 : le pied à coulisse digital ou le tampon lisse 20 H8.
- Pour l'opération 10 : le pied à coulisse digital ou le tampon lisse pour les cotes 170,8 H12 , $7^{+0.29}_{+0.01}$ et le montage de contrôle.
- Pour l'opération 27 : le pied à coulisse digital ou le tampon lisse pour la cote M10x150.

Pour les autres opérations, il est seulement muni du montage de contrôle ainsi que la feuille de relevé des mesures.

L'opérateur commence son travail selon les étapes que nous définissons ci-après :

- **Etape 0** : $i:=1$ (i : étant le numéro de la pièce). aller à 1
- **Etape 1** : saisir la pièce i et effectuer son usinage. aller à 2
- **Etape 2** : mesurer la pièce i . aller à 3
- **Etape 3** :
 - si la pièce est prise en compte par l'échantillon à prélever. aller à 4
 - sinon aller à 5
- **Etape 4** : noter les valeurs exactes des cotes mesurées aller à 5
- **Etape 5** :
 - si la pièce est conforme aux spécifications aller à 6
 - Sinon aller à 7
- **Etape 6** : mettre la pièce dans le bon container aller à 13
- **Etape 7** :
 - si la pièce est retouchable, aller à 8
 - Sinon aller à 9
- **Etape 8** : retoucher la pièce et la mettre dans le bon container aller à 11
- **Etape 9** : la pièce est rebutée. aller à 10
- **Etape 10** : mettre la pièce dans le container des pièces mauvaises aller à 11
- **Etape 11** : aviser le contrôleur volant, de la non conformité de la pièce bien qu'elle soit retouchable. aller à 12
- **Etape 12** : attendre la décision du contrôleur volant. Si le contrôleur volant demande la continuité du travail aller à 13
- **Etape 13** : faire $i:= i +1$.
 - Si $i \leq N$, (N :taille du lot) aller à 1
 - Sinon aller à 14
- - **Etape 14** : il avise le chef d'atelier de la fin de l'usinage du lot.

Remarques importantes :

Etape 3 et 4:

En vue d'analyser la dispersion des données ,il est demandé à l'opérateur de noter un certain nombre de mesures n (généralement $n =5$) à chaque moment écoulé t (fixé suivant la cadence de la fabrication) ,et cela durant son opération d'usinage , jusqu'au relevé de 100 données , tout en accomplissant sa tâche d'auto-contrôle pour les autres cotes non prise par la feuille du relevé.

Etape 11 et 12:

Vue les connaissances et la formation limitées de l'opérateur , celui-ci ne peut agir pour une nonconformité.Cependant s'il arrive à déceler la cause tout seul , il continue son travail sinon il appelle le contrôleur volant . Plus formé et plus connaissant que l'opérateur le contrôleur volant doit agir rapidement sinon il ordonne l'opérateur de continuer son travail . Si la non conformité se répète plusieurs fois , à ce moment là il doit arrêter la machine et aviser le régleur.

Toutes ces étapes sont représentées sur la figure 8.4 suivante.

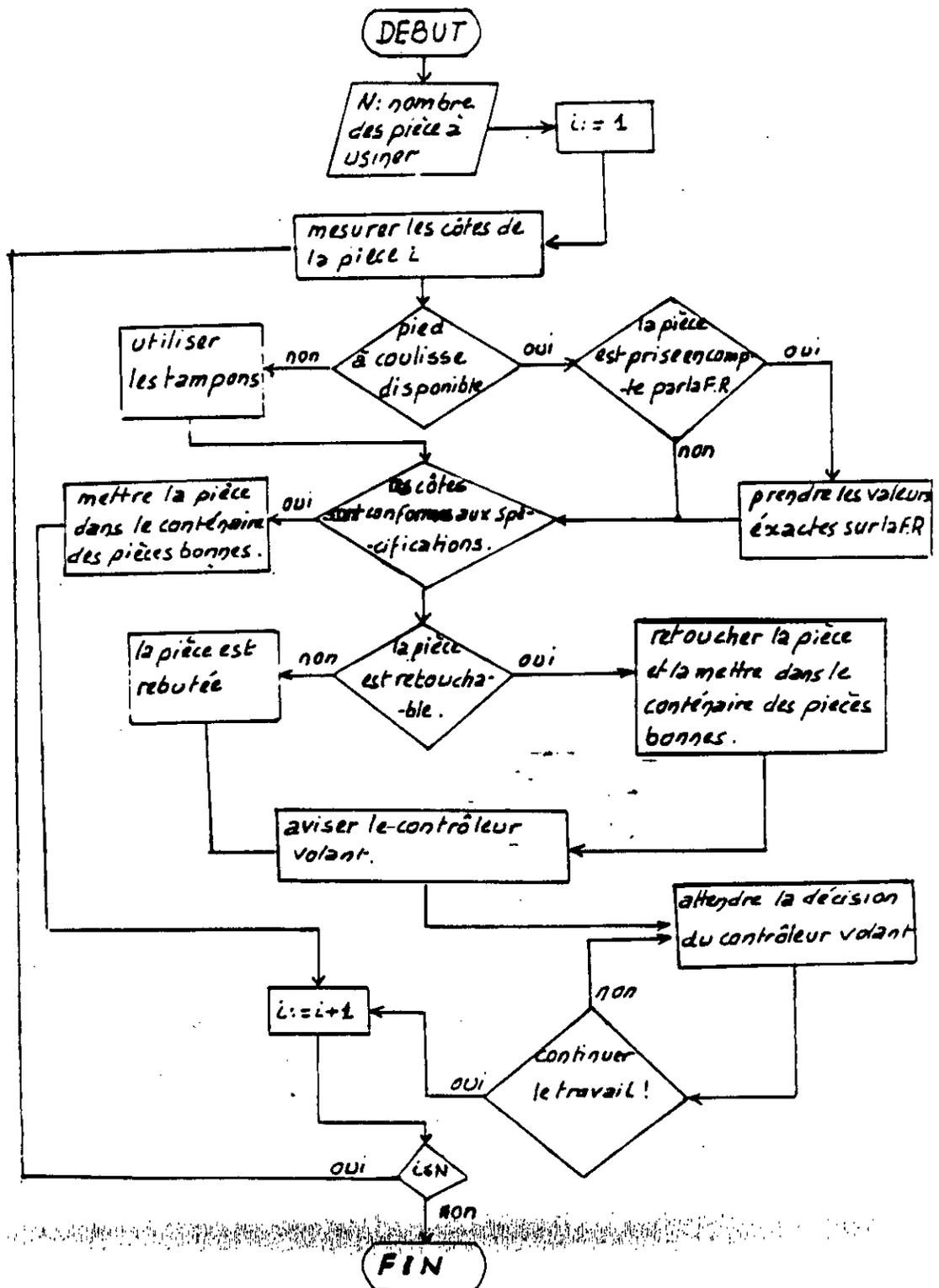


Figure 8.4 Etapes à suivre pour l'opérateur

VIII.3.5 Rôle du contrôleur volant

Il doit s'occuper des tâches suivantes :

- contrôler l'opérateur et cela en mesurant les cotes des pièces estimées bonnes par l'opérateur et avec les mêmes moyens que possède ce dernier.
- contrôler les cotes les plus importantes pour le fonctionnement, que l'opérateur ne peut pas contrôler, exemple: le parallélisme et la perpendicularité.
- tracer les deux trous taraudés sur marbre à l'aide du trusquin et de voir si la cote 9 entre l'axe du trou taraudé et la limite de la surface est correcte.
- contrôler la conformité de cette cote mais cette fois ci entre l'axe de la rainure et la surface du patin.
- décider de l'arrêt éventuel de la machine dans le cas de la non conformité de la pièce.
- d'établir les histogrammes et les cartes de contrôles relatifs aux mesures recueillies par l'opérateur sur la feuille de relevés et les acheminer vers le service contrôle.

Nous proposons de représenter les actions à suivre par le contrôleur volant sous forme d'étapes :

- Etape 0 : $i = k$ (i : numéro de la pièce usinée par l'opérateur, k : c'est la k ème pièce déjà finie relative au premier passage du contrôleur volant). Aller à 2
- Etape 2 : prendre les deux pièces déjà finies i et $i-1$ contrôlées estimées bonnes par l'opérateur. Aller à 3
- Etape 3 : mesurer les cotes des deux pièces à l'aide des mêmes moyens que possède l'opérateur. Aller à 4
- Etape 4 : Si au moins une des deux cotes n'est pas conforme, aller à 5 sinon, aller à 7.
- Etape 5 : avertir l'opérateur de son erreur de mesure et chercher la cause de la non conformité des cotes mesurées, aller à 6
- Etape 6 : si la cause est trouvée, aller à 8 sinon, aller à 9

- **Etape 7** : contrôler les autres cotes non mesurables au poste de contrôle
Aller à 10

- **Etape 8** : corriger la cause , aller à 11

- **Etape 9** : arrêter la machine , aviser le régleur , aller à 12

- **Etape 10** : si la pièce est bonne, aller à 13.
sinon aller à 9.

- **Etape 11** : demander à l'opérateur de fabriquer une nouvelle pièce après
la correction de la cause, aller 12.

- **Etape 12** : Si toutes les cotes contrôlées sont bonnes , aller à 7
sinon aller à 9

- **Etape 13** : demander à l'opérateur de reprendre son travail ; aller à 14.

- **Etape 14** : faire $i:=i+1$ n: est le nombre de pièces fabriquées entre deux
passages.

Si $i \leq N$, aller à 1.

Sinon aller à 15.

- **Etape 15** : la tâche du contrôleur volant est terminée

• **Remarques importantes**

Le temps de passage aléatoire du contrôleur volant ne doit pas dépasser une heure
et ne doit pas être au dessous de 10 minutes et le nombre de pièces vérifiées à
chaque passage est deux pièces .

Les deux conditions citées sont fixées selon les buts suivants:

- Contrôler si l'opérateur contrôle bien ses cotes ;
- Surveiller la fabrication en contrôlant les cotes fonctionnelles (parallélisme
perpendicularité,...) et selon les obstacles suivants :
- La difficulté de mesure des cotes sur marbre
- La contrainte du temps (passage au marbre, recherche des moyens de
mesures, nettoyage du marbre ,le changement des moyens de mesure quand
on veut passer du contrôle du parallélisme et perpendicularité au traçage
des trous taraudés et à celui de la rainure.

Toutes les instructions données au contrôleur volant sont résumées sur la figure 8.5 :

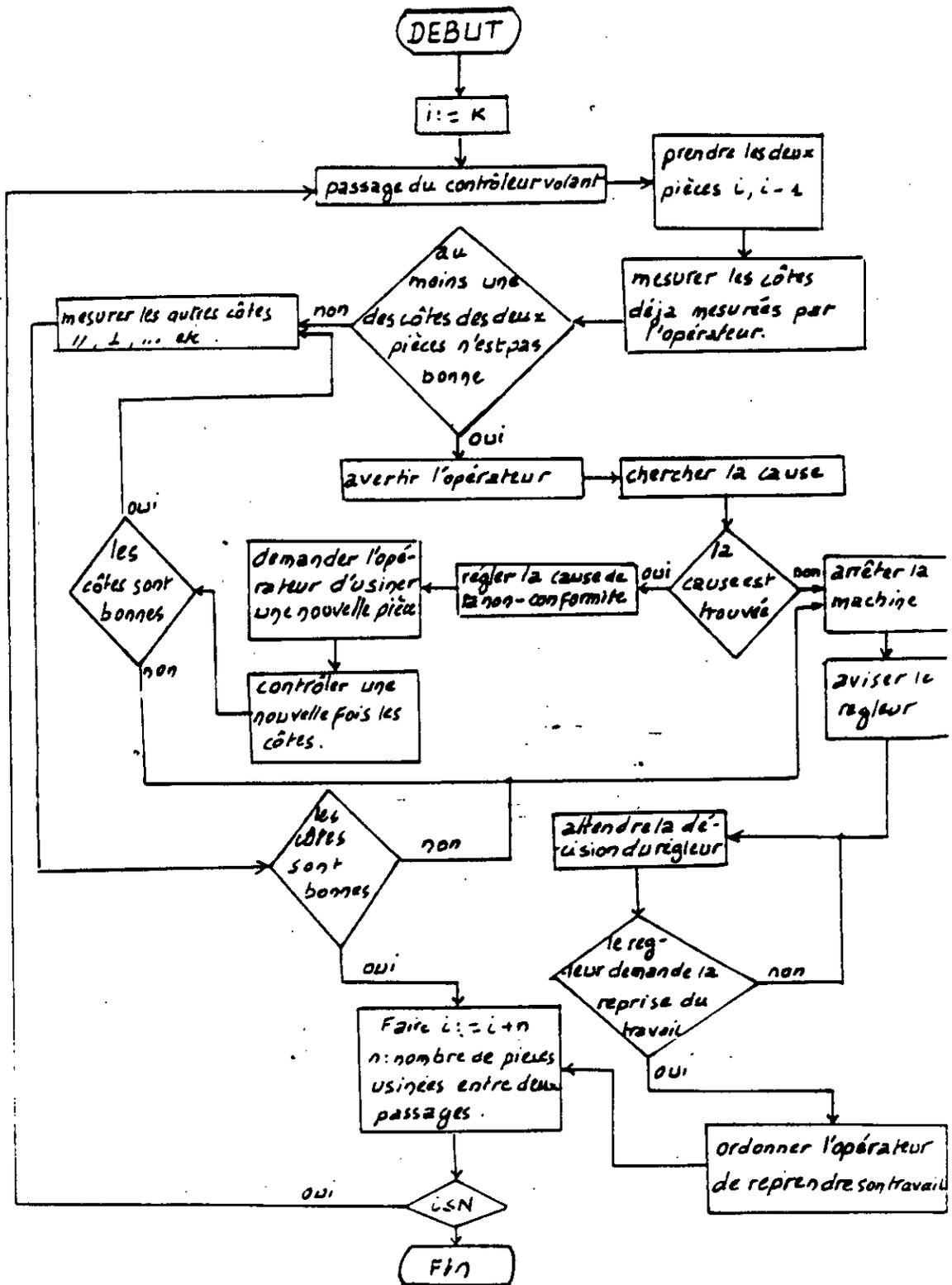


Figure 8.5 Déroulement des étapes pour le contrôleur volant

VIII .4 Application du procédé de contrôle

VIII.4.1 Introduction

Afin d'améliorer la qualité de la fourchette 138692, nous avons relevé d'après notre diagnostic , la nécessité de changer la situation du contrôle actuel (pas de contrôle à chaque poste de travail , un contrôle éprouvant à la fin de la fabrication).

Nous proposons une méthode qui consiste à accentuer l'action de contrôle par la personne qui fait l'usinage, le contrôle de l'usinage lui même par un contrôleur volant et le contrôle des pièces le longs de leur fabrication par un auto-contrôle et évidemment alléger le contrôle final par un contrôle par prélèvement (voir figure 8.6).

Nous avons appliqué ce système de contrôle en prenant les rôles de l'opérateur et du contrôleur volant et nous avons procédé opération par opération tout au long du processus de fabrication .

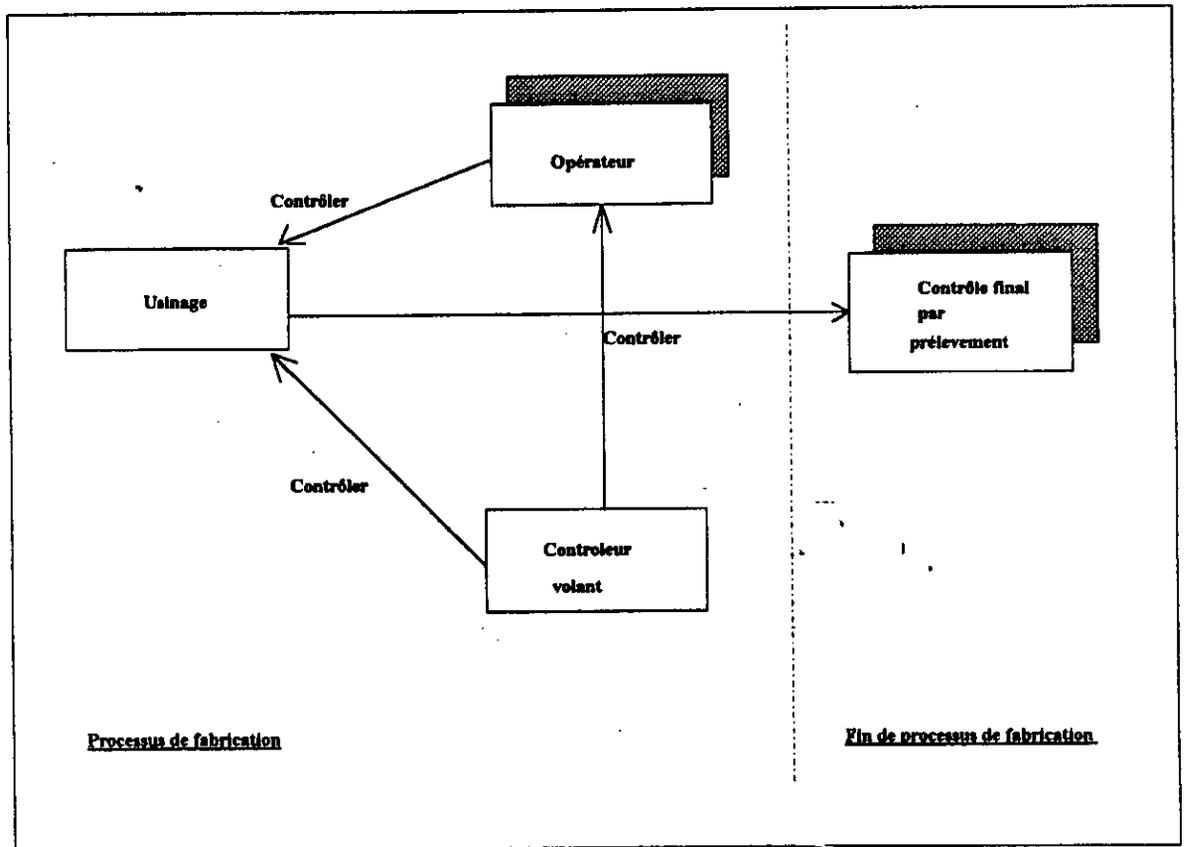


Figure 8.6 Schéma du procédé

VIII.4.2 Opération 05 : Percage ,lamage et alésage du trou de réglette 20H8

VIII.4.2.1 Les cotes principales et types de contrôles

| côtes | Tolerances | NQA | contrôle final | contrôle intermédiaire |
|--|---|-------------|----------------|---|
| 20H8 | 0.00-0.033 | 2.5 | oui | auto-contrôle+contrôle volant |
| parallélisme des deux patins | 0.5 jusqu'à 0.55 | - | non | contrôle volant |
| perpendicularité de l'axe du trou 20H8 par rapport aux deux patins | 0.55 | - | non | contrôle volant |
| côte 18 entre la partie supérieure et inférieure du patin | -0.50 - +0.50 | - | non | contrôle volant (traçage) |
| position des trous taraudés M10x150 (traçage) | respecter la côte 9 avant qu'elle ne soit faite | - | non | contrôle volant (traçage) |
| Etat de surface du trou 20H8 | 6.3 | laboratoire | laboratoire | auto-contrôle (manuel) |
| 0.5x0.5 | pas de tolérances | - | - | - |
| position de la rainures par rapport aux surfaces des deux patins | respecter la côte 9 avant qu'elle ne soit faite | - | - | contrôle volant traçage des rainures |

Tableau 8.1 Principales cotes et types de contrôle

VIII.4.2.2 Recueil des données $\varnothing 20 H8$

Les valeurs données dans le tableau représentent :

(le diamètre mesuré - 20) x 1000.

| $i=1 \dots 10$ | données | | | | | | | | | | $Xg(i)$ | $Xp(i)$ |
|----------------|---------|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|---------|---------|
| 0 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 30 | 10 | -05 | 25 | 20 | 30 | 25 | 20 | 10 | 10 | 30 | -05 |
| 2 | 05 | 30 | 15 | 20 | 10 | 10 | 05 | 00 | 15 | 05 | 30 | 05 |
| 3 | 00 | 15 | 10 | 20 | 25 | 20 | 05 | -20 | 05 | -05 | 25 | 20 |
| 4 | 15 | 10 | 20 | 25 | -05 | 10 | 05 | 00 | 20 | -30 | 25 | -30 |
| 5 | 05 | 00 | 15 | 10 | 25 | 20 | 25 | 15 | -25 | 05 | 25 | -25 |
| 6 | -10 | 20 | 05 | 00 | -15 | 05 | 30 | 00 | 25 | -20 | 30 | -20 |
| 7 | 10 | 25 | 20 | 10 | 25 | 10 | 05 | 15 | 00 | 10 | 30 | 00 |
| 8 | 05 | 15 | 05 | -10 | 10 | 15 | 20 | 10 | -15 | 15 | 20 | -15 |
| 9 | 20 | 25 | 30 | 15 | 05 | 00 | -10 | 05 | 10 | 05 | 30 | -10 |
| 10 | 20 | 10 | 15 | 20 | 15 | 10 | 15 | 25 | -25 | 10 | 25 | -25 |

Tableau 8.2 Diamètres des fourchettes

| classe | limites des classes | valeur médiane | pointage des fréquences | Fréquence |
|--------|---------------------|----------------|--------------------------------------|-----------|
| 1 | [-30 , -22.5[| -26.75 | // | 2 |
| 2 | [-22.5, -15 [| -18.75 | /// | 3 |
| 3 | [-15, -7.5[| -11.25 | //// / | 6 |
| 4 | [-7.5, 00[| -3.75 | //// //// //// //// /// | 23 |
| 5 | [00, 7.5[| 3.75 | //// //// //// //// //// //// /// | 33 |
| 6 | [7.5, 15[| 11.25 | //// //// //// //// //// | 25 |
| 7 | [15, 22.5[| 18.75 | //// // | 7 |
| 8 | [22.5, 30[| 26.25 | / | 1 |

Tableau 8.3 Fréquences

VIII.4.2.3 Examen de la distribution

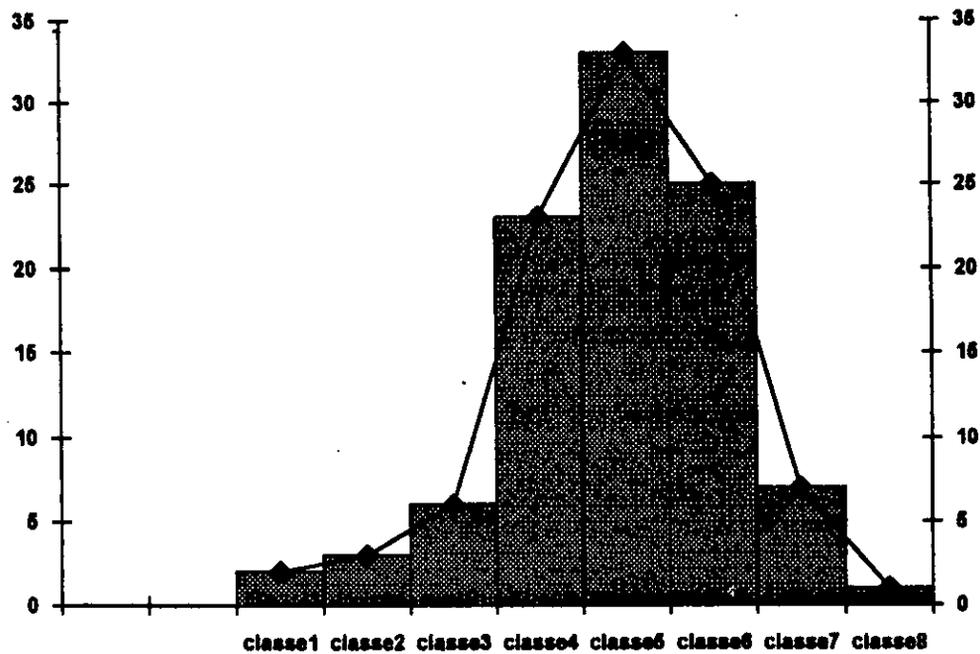


Figure 8.7 Examen de la distribution

| Distribution | Remèdes |
|---|--------------------|
| sensiblement normale décentrée dispersion inférieure aux tolérances | réglages rigoureux |

Tableau 8.4 Interprétations

VIII.4.2.4 Application du principe de la carte de contrôle

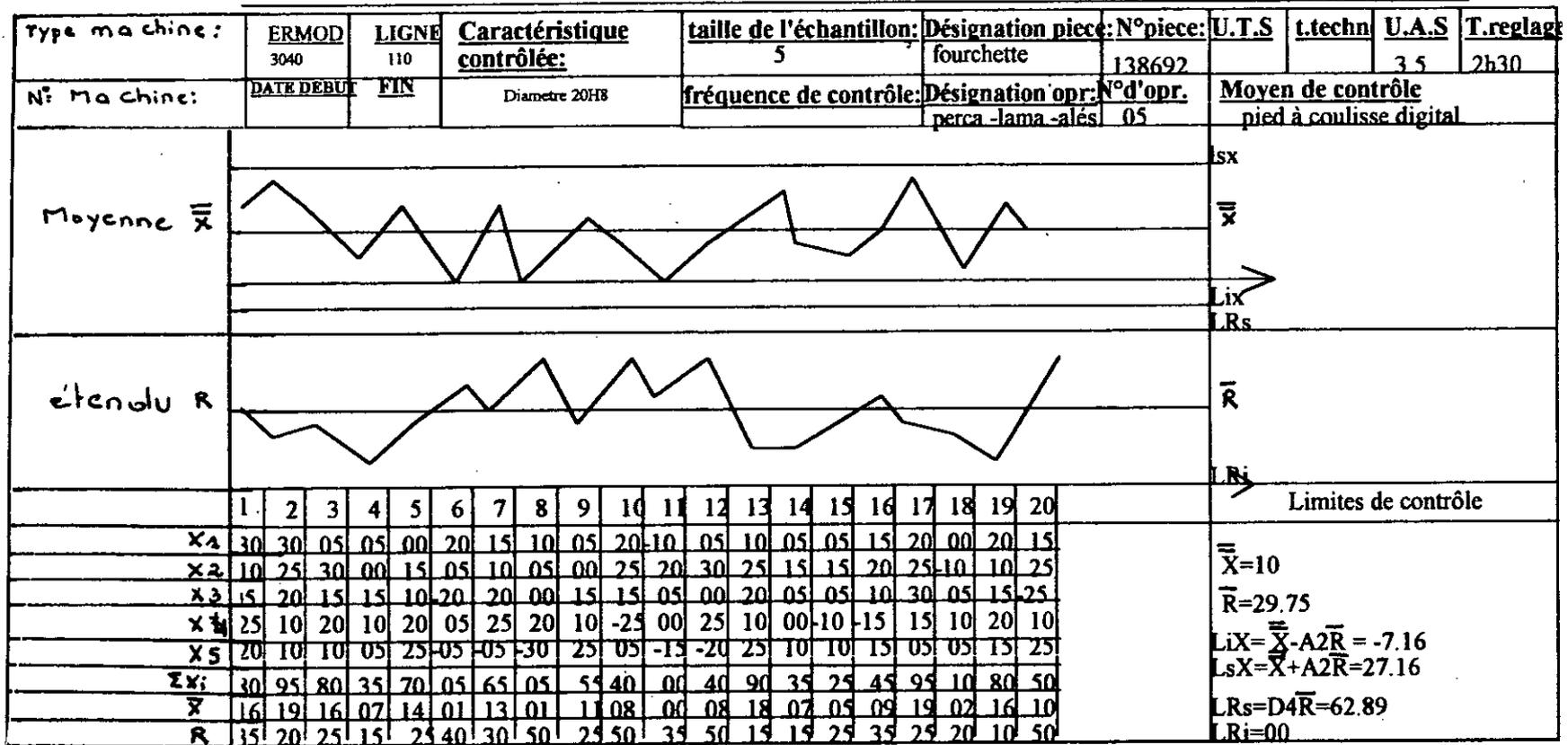


Tableau 8.5 Carte de contrôle

- 145 -

Interprétation

Carte \bar{X} : Sur cette carte, nous pouvons faire les remarques suivantes :

- * il y a une certaine périodicité dans les variations. Les 7 premiers points démarrent d'un point supérieur à \bar{X} pour arriver à l'axe X.
- * les 7 autres points varient de façon analogue.
- * il y a un décalage vers le bas qui exprime une certaine tendance.

Carte R : nous pouvons faire les remarques suivantes :

- * il y a une variation périodique pour les 5 premiers points au dessous de l'axe X et une autre variation des points qui suivent au dessus de X puis au dessous.

Quelques causes affectant la carte de \bar{X} :

* Mauvaise conditions de travail:

- froid
- manque d'hygiène
- lumière insuffisante
- etc..

* Manque de doigté, de maîtrise et d'expérience pour la prise des valeurs par les outils de mesure (mesure faites par nous).

* Veillesse de la machine.

* Rotation régulière de la machine ou de l'opérateur.

Causes affectant la carte de R :

* Outillage usé.

* Fatigue de l'opérateur.

Remarque :

Les causes citées ne sont en rien exhaustives, chacun par son expérience pourra les modifier ou les compléter.

VIII.4.2.5 Résultat de l'auto-contrôle

A la fin de l'opération nous avons obtenus les résultats suivants :

- 16 pièces retouchées
- aucune pièce retouchée.

Le temps de retouche pour chaque pièce au moyenne est de 5s par pièce , ce qui conduit à avoir un temps total de retouche égal à 80s ou 1.33mn.

Pour cette opération , le temps de l'auto-contrôle est pris en compte , contrairement à certaines opérations (usinage manuel).

- Le temps d'auto-contrôle par pièce est égal à 5s . Pour 192 pièces ,le temps total d'auto-contrôle est de 960 s ou 16 mn.

Temps total de retouche tr1=1.33 mn
 Temps total d'auto-contrôle tau=16 mn

VIII.4.2.6 Résultat du contrôle volant

| Pièces contrôlé es | horaire de passage | tampon lisse | marbre | marbre | traçage | traçage | traçage | décision | cause |
|--------------------------|-----------------------|-----------------|----------------------|----------------------|---------|-------------|---------------------|----------|----------|
| | | 20H8 | paralléli sme 0.5 | normand icularité | 1R | 9 (trou) | 9 (rainu- re) | | |
| 1 | 7h30 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 2 | 7h30 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 3 | 8h05 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 4 | 8h05 | ret | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 5 | 9h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 6 | 9h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 7 | 9h25 | ret | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 8 | 9h25 | ret | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 9 | 10h12 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 10 | 10h12 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 11 | 10h35 | bon | 0.7 | bon | bon | bon | bon | arrêt | non- |
| 12 | 10h35 | bon | 0.9 | 0.8 | bon | bon | bon | de la | trouvée- |
| | | | | | | | | machi | - |
| 13 | 11h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 14 | 11h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 15 | 11h20 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 16 | 11h20 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 17 | 14h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 18 | 14h00 | ret | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 19 | 15h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 20 | 15h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 21 | 8h10 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 22 | 8h10 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 23 | 9h15 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |
| 24 | 9h15 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | - | - |

Tableau 8.6 Résultats du contrôle volant

Les résultats du contrôle volant sont :

- 2 pièces mauvaises.
- 4 pièces retouchables.

Temps moyen du contrôle volant par pièce

| Cote mesurée | temps moyen contrôle s/pièce |
|-------------------------|---------------------------------|
| 20 H8 | 05 |
| Parallélisme | 10 |
| Perpendicularité | 10 |
| Traçage trous taraudés | 10 |
| Traçage de la rainure | 10 |
| cote 18 | 05 |
| Temps passage au marbre | 10 |
| Total | 60 |

Tableau 8.7 Temps moyen de contrôle

Pour le contrôle de 24 pièces le temps sera de :

$$t_{cv24} = 1440 \text{ s} = 24 \text{ mn}$$

temps de retouche d'une pièce = 5 s .

nombre de pièce retouchées = 4 pièces .

temps total de retouche

$$tr2 = 5/60 * 4 = 0.33 \text{ mn}$$

Resultats de l'opération

- Temps total de d'application du nouveau procédé de contrôle $Tt1 = tcv + \tau + tr1 + tr2$

$$Tt1 = 41.66 \text{ mn}$$

- Nombre de pièces rebutées au cours de l'application(n1)

$$n1 = 2 \text{ pièces}$$

- Temps dissipé pour usiné ces pièces mauvaises (td1)

$$td1 = (\text{le temps écoulé pour usiner une pièce}) \times (\text{le nombre de pieces mauvaises})$$

$$td1 = 3.5 \times 2 = 7 \text{ mn}$$

VIII.4.3 Opération 10 : Fraisage de la rainure de passage du coulisseau

VIII.4.3.1 Les cotes principales

| Cotes | Tolérances | NQA | contrôle final | contrôle intermédiaire |
|---|---------------------|-----|----------------|---|
| 170,8 H12 | -0.00 - +0.4 | 4 | oui | autocontrôle+ contrôle volant après usinage |
| 7 0,29 0,01 | +0,01- +0,29 | 2,5 | oui | autocontrôle +contrôle volant après usinage |
| perpendicularité des surfaces de la rainure par rapport à l'axe du trou 20 H8 | 0.3 jusqu'à 0.35 | 0,1 | oui | contrôle volant sur marbre |
| parallélisme des surfaces de la rainure | 0.3 jusqu'à 0.35 | 0,1 | oui | contrôle volant |
| Traçage des trous taraudés M10x150 | respectde la côte 9 | - | non | contrôle volant l'axe du trou et l'axe de la rainure sont dans même plan |
| 109- | 0 - 1 | - | non | cote contrôlée par le regleur |
| 9 rainure | 0 - 0,5 | - | non | contrôle volant sur marbre. Respect de la cote entre axe de la rainure et la surface des patins |
| 18 | - | - | non | contrôle volant |

Tableau 8.8 Principales cotes

VIII.4.3.2 Données recueillies (cote 170,8 H12)

les données existantes dans le tableau representent:
(diamètre mesuré-170.8) x 1000

| i | Données | | | | | | | | | | $X_G(i)$ | $X_P(i)$ |
|----|---------|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----------|----------|
| 1 | 65 | 45 | 35 | 40 | 20 | 00 | 20 | 35 | 10 | 15 | 65 | 00 |
| 2 | 15 | 40 | 20 | 00 | 10 | 35 | 25 | 00 | 05 | 40 | 40 | 00 |
| 3 | 20 | 15 | 15 | 05 | 10 | 20 | -15 | 25 | 30 | 20 | 30 | -15 |
| 4 | 35 | 10 | 10 | 40 | 05 | 15 | 10 | 35 | 25 | 35 | 40 | 05 |
| 5 | 20 | 00 | 35 | 25 | 30 | 10 | 25 | 20 | 05 | 30 | 35 | 00 |
| 6 | 05 | 20 | 05 | 15 | 35 | 25 | 05 | 25 | 30 | 00 | 35 | 05 |
| 7 | 10 | 15 | 10 | 20 | 30 | 00 | 20 | 25 | 20 | 25 | 25 | 00 |
| 8 | 00 | 15 | 05 | 20 | 00 | 05 | 40 | 30 | 25 | 15 | 40 | 00 |
| 9 | 35 | 25 | 15 | 10 | 05 | 00 | 20 | 15 | 40 | 30 | 40 | 00 |
| 10 | 20 | 40 | 30 | 25 | 20 | 15 | 20 | 25 | 30 | 25 | 40 | 15 |

$X_G=65$ $X_P=-15$

Tableau 8.9 Diamètres de rainure

| Classe | Limites classe | mediane | pointage des frequences | |
|--------|----------------|---------|------------------------------------|-----|
| 1 | [-15, 5[| -10 | / | 01 |
| 2 | [-5, 5[| 00 | //// // | 09 |
| 3 | [5, 15[| 10 | //// //// //// //// //// | 20 |
| 4 | [15, 25[| 20 | //// //// //// //// //// //// //// | 29 |
| 5 | [25, 35[| 30 | //// //// //// //// //// | 23 |
| 6 | [35, 45[| 40 | //// //// //// // | 16 |
| 7 | [45, 55[| 50 | / | 01 |
| 8 | [55, 65[| 60 | / | 01 |
| Total | | | | 100 |

Tableau 8.10 fréquences

VIII.4.3.3 Examen de la distribution

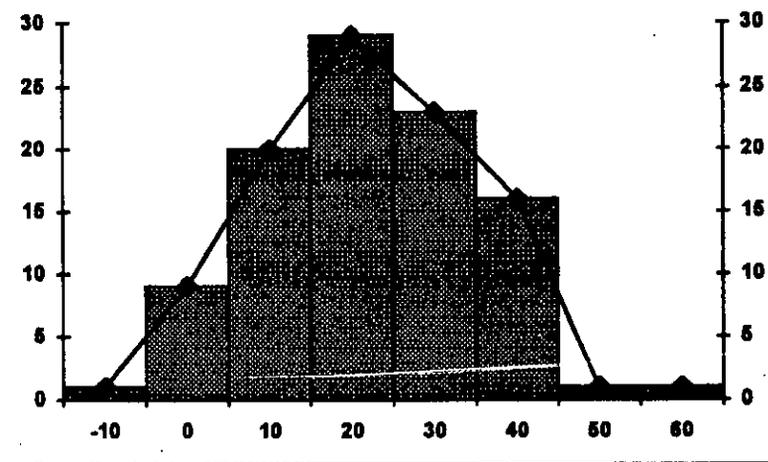


Figure 8.8 Distribution diamètres de la rainure

| distribution | Remèdes |
|-------------------------------------|----------------------------|
| * Sensiblement normale | * Reduire la dispersion |
| * Décentrée | et centrer la distribution |
| * Dispersion dépasse les tolérances | par un réglage rigoureux |
| | * augmenter les tolérances |

Tableau 8.11 Interprétation

VIII.4.3.4 Application du principe de la carte de contrôle cote 170,8 H12

Tableau 8.12 Carte de contrôle

| Type machine: | LIGNE 110 | Caractéristique contrôlée: | taille de l'échantillon: 5 | Désignation pièce: fourchette | N°pièce: 138692 | U.T.S 3.55 | t. techno | U.A.S 3.55 | T.reglage 2h30 | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------|---|--------------------|--|-----------|---------------|-------------------|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|-----|----|--|-------------------------------------|
| N° machine: 1 | FIN | Diamètre 170.8H12 | fréquence de contrôle: | Désignation opr: Frais. de la rainure. | N°d'opr. 10 | Moyen de contrôle pied à coulisse digital | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Moyenne | | | | | | lsx | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Eten due | | | | | | Lix Rs | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | | Limites de contrôle |
| X1 | 35 | 15 | 35 | 20 | 20 | 35 | 15 | 20 | 10 | 05 | 25 | 10 | 00 | 00 | 05 | 35 | 00 | 20 | 15 | | | $\bar{X}=18.35$ |
| X2 | 45 | 20 | 40 | 25 | 15 | -15 | 10 | 10 | 00 | 25 | 20 | 05 | 15 | 20 | 15 | 40 | 25 | 20 | 40 | 20 | | $\bar{R}=30.25$ |
| X3 | 35 | 35 | 20 | 00 | 15 | 25 | 10 | 35 | 35 | 20 | 05 | 25 | 10 | 25 | 05 | 60 | 15 | 15 | 60 | 25 | | $Lix = \bar{X} - A2\bar{R} = 0.89$ |
| X4 | 40 | 40 | 00 | 05 | 05 | 30 | 40 | 25 | 25 | 05 | 15 | 30 | 20 | 20 | 20 | 25 | 10 | 40 | 25 | 30 | | $LsX = \bar{X} + A2\bar{R} = 35.80$ |
| X5 | 10 | 45 | 40 | 40 | 10 | 20 | 05 | 35 | 30 | 30 | 35 | 00 | 30 | 25 | 00 | 15 | 05 | 30 | 20 | 25 | | $LRs = D4\bar{R} = 63.94$ |
| $\sum Xi$ | 205 | 80 | 85 | 105 | 65 | 80 | 100 | 120 | 110 | 90 | 80 | 85 | 85 | 90 | 40 | 115 | 90 | 105 | 145 | 95 | | $LRi = 00$ |
| \bar{X} | 41 | 16 | 17 | 21 | 13 | 16 | 20 | 24 | 22 | 18 | 16 | 17 | 17 | 18 | 08 | 23 | 18 | 21 | 29 | 19 | | |
| R | 45 | 35 | 40 | 45 | 15 | 45 | 35 | 25 | 35 | 25 | 30 | 25 | 20 | 25 | 20 | 35 | 30 | 40 | 20 | 15 | | |

-121-

Interprétation de la carte de contrôle

Carte \bar{X} : On remarque sur la carte X, une absence de variation. (une variation à proximité de la ligne de X).

Causes affectant la carte \bar{X} :

- * soit les limites sont mal calculées.
- * soit les valeurs sont mal prises.

Nous estimons que c'est la deuxième raison qui est effective car c'est nous qui avons pris les valeurs et nous manquons d'expérience.

Carte R : c'est le même cas que X: absence de variation. (une variation à proximité de la ligne X)

Causes affectant la carte R :

La collection dans chaque échantillon, d'un nombre de mesures venant d'environnements différents.

Remarque

Les causes citées ci-dessus ne sont en rien exhaustives, chacun par sa propre expérience pourra les modifier ou les compléter.

VIII.4.3.5 Données recueillies $7_{0.01}^{0.29}$

Chaque valeur donnée dans le tableau représente :
(la cote mesurée - 7) × 1000.

| i | Données | | | | | | | | | | $X_G(i)$ | $X_P(i)$ |
|----|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----------|
| 1 | 40 | 15 | 20 | 15 | 20 | 10 | 10 | 20 | 05 | 15 | 40 | 05 |
| 2 | 10 | 15 | 20 | 15 | 10 | 15 | 10 | 15 | 10 | 05 | 20 | 05 |
| 3 | 20 | 15 | 05 | 15 | 20 | 20 | 25 | 20 | 15 | 20 | 25 | 05 |
| 4 | 00 | 20 | 15 | 10 | 15 | 10 | 15 | 15 | 05 | 10 | 20 | 00 |
| 5 | 15 | 10 | 15 | 20 | 15 | 25 | 15 | 15 | 15 | 20 | 25 | 10 |
| 6 | 20 | 15 | 25 | 15 | 25 | 10 | 15 | 20 | 15 | 10 | 25 | 10 |
| 7 | 20 | 25 | 20 | 05 | 20 | 30 | 15 | 10 | 05 | 20 | 30 | 05 |
| 8 | 15 | 10 | 10 | 15 | 25 | 15 | 25 | 15 | 15 | 25 | 25 | 10 |
| 9 | 20 | 15 | 15 | 10 | 20 | 05 | 20 | 10 | 00 | 10 | 20 | 00 |
| 10 | 00 | 10 | 20 | 15 | 15 | 30 | 15 | 00 | 20 | 00 | 30 | 00 |

$X_G=40$ $X_P=00$

Tableau 8.13 Largeur de la rainure

| Classe | Limites classe | mediane | pointage des fréquences | |
|--------------|----------------|---------|---|------------|
| 1 | [0 , 5[| 2,5 | //// | 05 |
| 2 | [5, 10[| 7,5 | ///// // | 07 |
| 3 | [10,15[| 12,5 | ///// ///// ///// //// | 19 |
| 4 | [15,20[| 17,5 | ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// | 35 |
| 5 | [20,25[| 22,5 | ///// ///// ///// ///// //// | 23 |
| 6 | [25,30[| 27,5 | ///// /// | 08 |
| 7 | [30,35[| 32,5 | // | 02 |
| 8 | [35,40[| 37,5 | / | 01 |
| Total | | | | 100 |

Tableau 8.14 Fréquences

VIII.4.3.6 Examen de la distribution de la cote $7_{0.01}^{0.29}$

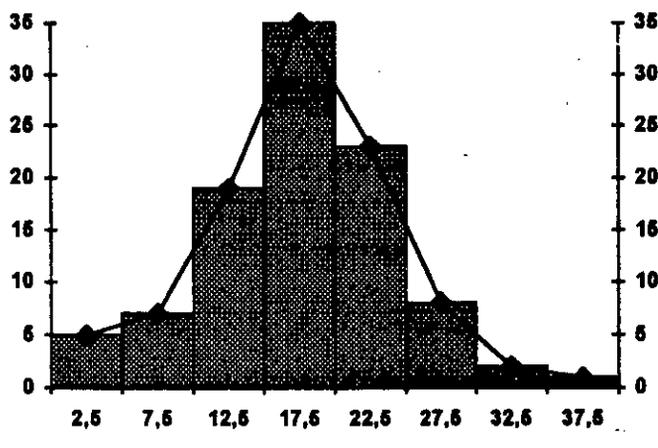


Figure 8.9 Distribution de la largeur de la rainure

| distribution | Remèdes |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> * Décentrée * Sensiblement normale * Dispersion supérieure aux tolérances | <ul style="list-style-type: none"> * un réglage rigoureux pour centrer la distribution et diminuer la dispersion |

Tableau 8.15 Interprétation

VIII.4.3.7 Application du principe de la carte de contrôle

Tableau 8.16 Carte de contrôle

| typemachine | ERMOD | LIGNE | Caractéristique contrôlée: | taille de l'échantillon: | Désignation pièce: | N°pièce: | U.T.S | t techno | U.A.S | T.reglage | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------------|-------|----------------------------|--------------------------|--------------------|----------|-------------------------|----------|-------|-----------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|-----|---|
| FH GSP | 3040 | 110 | | 5 | fourchette | 138692 | 3'55 | 2'30 | 3.55 | 2h | | | | | | | | | | | | |
| N°MACHINE | DATE DEBUT | FIN | CÔTE 7 H13 | fréquence de contrôle: | Désignation opr: | N°d'opr. | Moyen de contrôle | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3185 | | | | | Frai de la rainure | 25 | pied à coulisse digital | | | | | | | | | | | | | | | |
| Moyenne | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | sx | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | \bar{X} | | |
| Etendu | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Lix | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | \bar{R} | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | LRs | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | LRi |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Limites de contrôle |
| X1 | 40 | 10 | 10 | 15 | 20 | 20 | 00 | 10 | 15 | 25 | 20 | 0 | 20 | 30 | 15 | 15 | 20 | 05 | 00 | 30 | | |
| X2 | 15 | 10 | 15 | 10 | 15 | 25 | 20 | 15 | 10 | 5 | 15 | 5 | 25 | 15 | 10 | 25 | 15 | 20 | 10 | 15 | | |
| X3 | 20 | 20 | 20 | 15 | 05 | 20 | 15 | 15 | 15 | 5 | 25 | 20 | 20 | 0 | 10 | 15 | 15 | 10 | 20 | 00 | | |
| X4 | 15 | 05 | 15 | 10 | 15 | 15 | 10 | 05 | 20 | 15 | 15 | 15 | 05 | 05 | 15 | 15 | 10 | 00 | 15 | 20 | | |
| X5 | 110 | 60 | 70 | 55 | 75 | 100 | 60 | 55 | 75 | 90 | 100 | 70 | 90 | 80 | 75 | 95 | 80 | 45 | 60 | 65 | | |
| somme | 20 | 15 | 10 | 05 | 20 | 20 | 15 | 10 | 15 | 20 | 25 | 0 | 20 | 20 | 25 | 25 | 20 | 10 | 15 | 00 | | |
| moyenne | 22 | 12 | 14 | 11 | 15 | 20 | 12 | 11 | 15 | 18 | 20 | 14 | 18 | 16 | 15 | 19 | 18 | 09 | 12 | 13 | | |
| R | 25 | 15 | 10 | 10 | 15 | 10 | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 25 | 15 | 10 | 10 | 20 | 20 | 30 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | $\bar{X} = 15.2$ $R = 15.25$ $LiX = \bar{X} - A2\bar{R} = 6.4$ $LsX = \bar{X} + A2\bar{R} = 24$ $LRs = D4\bar{R} = 32.24$ $LRi = 00$ |

- 124 -

Interprétation

Carte de \bar{X} : il y a un changement périodique des points. Cela est dû à :

- la fatigue de l'opérateur
- des différences dans l'ordre des prises de mesures ou des tests.
- la rotation régulière des machines et des opérateurs.

la carte de R : on remarque que les points ont une certaine tendance (la majorité des points se trouvent sous la ligne médiane).

Cause : - amélioration ou la détérioration de la dextérité de l'opération.

- fatigue de l'opérateur.
- changement graduel dans l'homogénéité de la qualité des bruts.

Remarque : les causes ne sont en rien exhaustives. Chacun par sa propre expérience pourra les compléter ou les modifier.

VIII.4.3.8 Résultats de l'auto-contrôle

* Cote 170,8 H12

Lors de l'autocontrôle, il a été relevé :

- 02 pièces mauvaises dont les cotes sont au dessus des spécifications à savoir : 171,45 mm et 171,25.
- 01 pièce retouchable dont la cote est au dessous des spécifications à savoir : 170,65 mm.

En réalité dans cette opération, les pièces de cote inférieure aux spécifications imposées, ne peuvent être retouchées contrairement au diamètre 20 H8 de la première opération : pour retoucher une pièce, il faudrait changer tout le réglage, ce qui conduit à avoir une autre rainure près de la rainure déjà usinée.

* Proposition pour les pièces mauvaises et retouchables

Elles peuvent être récupérées dans l'opération 60 (voir annexe P.).

L'opération 60 consiste à ajouter une couche de 0.15mm de molybdène sur les deux côtés, pour avoir un diamètre de 170,5 H12

Ceci en calculant l'épaisseur de la couche de molybdène comme suit :

* 1ère pièce : $e = (171.45-170.5)/2 = 0.475 \text{ mm}$

* 2ème pièce : $e = (171.25-170.5)/2 = 0.375 \text{ mm}$

* 3ème pièce : $e = (170.65-170.5)/2 = 0.075 \text{ mm}$

- Le même cas est applicable pour la cote $7_{0.01}^{0.29}$

Remarque:

Le temps d'auto-contrôle n'est pas pris en compte dans cette opération puisque l'usinage des pièces se fait automatiquement, c'est à dire entre le temps ou la pièce est en fabrication, l'opérateur vérifie la conformité de la pièce déjà fini(pas de perte de temps)

VIII.4.3.9 Résultats du contrôle volant

- 2 pièces décelées mauvaises récupérées dans l'opération 60.
- 3 pièces mauvaises irrécupérables.

| N° pièce | Horaires de passage | 170,8 H12 | 7 ^{0.29} _{0.01} | // (0.3) | L (0.3) | Traçage trous taraudés | 9 ^{+0.5} ₋₀ | Décision | Cause |
|----------|---------------------|-----------|-----------------------------------|----------|---------|------------------------|---------------------------------|---------------------|-------------|
| 1 | 8 h 20 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 2 | 8 h 20 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 3 | 9 h 05 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 4 | 9 h 05 | Bon | Bon | Bon | 0.5 | Bon | Bon | bon | |
| 5 | 10 h10 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 6 | 10 h10 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 7 | 10 h25 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 8 | 10 h25 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 9 | 11 h20 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 10 | 11 h20 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 11 | 11 h15 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 12 | 11 h15 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 13 | 14h04 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 14 | 14h04 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 15 | 14h35 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 16 | 14h35 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 17 | 15h00 | Mauvaise | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 18 | 15h00 | Mauvaise | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 19 | 15h26 | Bon | Bon | Bon | 0.6 | 0.50 | Bon | | |
| 20 | 15h26 | Bon | Bon | Bon | 0.8 | 0.70 | Bon | arrêt de la machine | non-trouvée |
| 21 | 16h00 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |

Tableau 8.17 Résultats du Contrôle Volant.

Temps moyen de contrôle volant

Ces temps sont donnés dans le tableau suivant :

| Cote mesurée | temps moyen contrôle s/pièce |
|-------------------------|---------------------------------|
| 170,8 H12 | 05 |
| $7^{+0.29}_{-0.01}$ | 05 |
| Parallélisme | 10 |
| Perpendicularité | 10 |
| Traçage trous taraudés | 10 |
| cote $9^{+0.5}_{-0}$ | 05 |
| Temps passage au marbre | 10 |
| Total | 55 |

Tableau 8.18 Temps moyen de contrôle volant

Pour 24 pièces, le temps total sera :

$$t_{cv,24} = 1320 \text{ s} = 22 \text{ mn}$$

Resultats de l'opération

- le temps total d'application du nouveau procédé pour l'opération 2

$$\underline{\underline{Tt2 = tcv = 22mn}}$$

nombre de pièces mauvaises décelées

$$\underline{\underline{n2 = 2 \text{ pièces mauvaises}}}$$

- le temps dissipé pour fabriquer les deux pièces mauvaises (td2):

td2 = 2 x (le temps écoulé pour fabriquer la première opération + le temps écoulé pour fabriquer la deuxième opération)

$$\underline{\underline{td2 = 2 \times (3.5 + 3.55) = 14.1mn}}$$

VIII.4.4 Opération 15 : perçage du trou O 24 débouchant

VIII.4.4.1 Les cotes principales et types de contrôles

| cotes | Tolérances | NOA | contrôle final | contrôle intermédiaire |
|------------------------------------|--------------------------------------|-----|----------------|---|
| 24 j 13 | -0.165- +0165 | 4 | oui | autocontrôle+ contrôle volant |
| 109,2 | -1 - +0 | - | non | régleur |
| perpendicularité | 0.3 jusqu'à 0.35 | 0,1 | oui | contrôle volant des surfaces de la rainure par rapport au trou 20H8 |
| parallélisme | 0.3 jusqu'à 0.35 | 0,1 | oui | contrôle volant : parrallélisme des surfaces de la rainure |
| Traçage des trous taraudés M10x150 | respectde la côte $9^{+0.5}_{-0}$ | - | non | contrôle volant sur marbre du traçage |
| Montage de contrôle | - | - | - | auto-contrôle à la fin de l'opération |

Tableau 8.19 Les principales cotes

Les valeurs données dans le tableau representent:
(valeur -24) x 1000

| i | Données | | | | | | | $X_G(i)$ | $X_P(i)$ | | | |
|----|---------|------|------|------|------|------|------|----------|----------|------|-----|------|
| 1 | 160 | 80 | 0 | -80 | -40 | -40 | 115 | -35 | -30 | -160 | 160 | -160 |
| 2 | 00 | -05 | 10 | -75 | -80 | 40 | -70 | -10 | -50 | -25 | 40 | -80 |
| 3 | -15 | -12 | 20 | -115 | 25 | -40 | -155 | 30 | -80 | 0 | 30 | -155 |
| 4 | 05 | -45 | -15 | 0 | -150 | -10 | -30 | -100 | 35 | -05 | 35 | -100 |
| 5 | -50 | 10 | +110 | 5 | -40 | -35 | -70 | 15 | -95 | -25 | 110 | -95 |
| 6 | -15 | -20 | 10 | -55 | 15 | -10 | -145 | 00 | -20 | -90 | 15 | -145 |
| 7 | 30 | -120 | 20 | 10 | -140 | 20 | -05 | 50 | -70 | 55 | 55 | -140 |
| 8 | 35 | -65 | 65 | -70 | 50 | 60 | -75 | 70 | 65 | -15 | 70 | -75 |
| 9 | 45 | -75 | -10 | 45 | -95 | 40 | -05 | -115 | 70 | -05 | 70 | -95 |
| 10 | -80 | 95 | 100 | 120 | 125 | -110 | 130 | 80 | -115 | 110 | 125 | -115 |

$$X_G=160 \quad X_P=-160$$

Tableau 8.20 Diamètres 24 j13

| Classe | Limites classe | médiane | pointage des fréquences | |
|--------|----------------|---------|------------------------------------|-----|
| 1 | [-160,-120[| -140 | / | 07 |
| 2 | [-120,-80[| -100 | //// // | 10 |
| 3 | [-80,-40[| 60 | //// //// //// //// //// | 16 |
| 4 | [-40,00[| -20 | //// //// //// //// //// //// //// | 25 |
| 5 | [00,40[| 20 | //// //// //// //// //// | 21 |
| 6 | [40,80[| 60 | //// //// //// // | 12 |
| 7 | [80,120[| 100 | / | 7 |
| 8 | [120,160[| 140 | / | 4 |
| | | | Total | 100 |

Tableau 8.21 Fréquences

VIII.4.4.2 Examen de la distribution

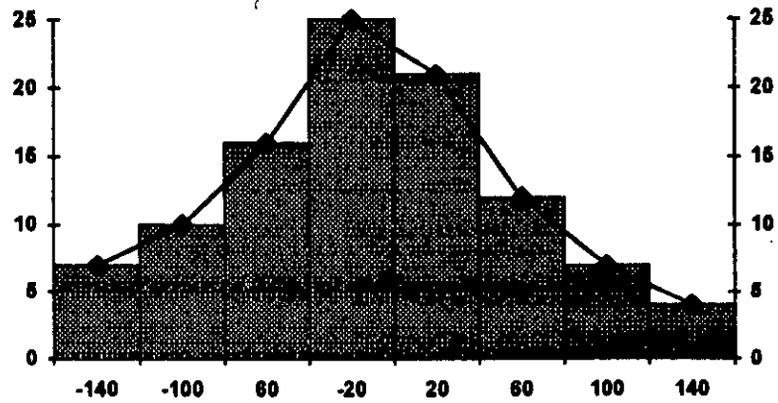


Figure 8.10 Distribution des diamètres 24 j13

| Distribution | Remède |
|-------------------------------------|---|
| * Distribution normale bien centrée | Le contrôle peut être effectué sur des échantillons plus petits |
| * Dispersion entre les tolérances | |

Tableau 8.22 Interprétation

VIII.4.4.3 Application du principe de la carte de contrôle

Tableau 8.23 Carte de contrôle

| typemachine | ERMOD | LIGNE | Caractéristique contrôlée: | taille de l'échantillon: | Désignation pièce: | N°pièce: | U.T.S | t.techno | U.A.S | T.reglage | | | | | | | | | | |
|------------------|------------|-------|----------------------------|--------------------------|--------------------|----------|-------------------------|----------|-------|-----------|----------------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| perceuse GSP 205 | 3040 | 110 | | 5 | fourchette | 138692 | 1.20 | 0.20 | 3.5 | 2h30 | | | | | | | | | | |
| N°MACHINE | DATE DEBUT | FIN | Diametre 24J13 | fréquence de contrôle: | Désignation opr: | N°d'opr. | Moyen de contrôle | | | | | | | | | | | | | |
| 9334 | | | | | perca. O24. | 05 | pied à coulisse digital | | | | | | | | | | | | | |
| Moyenne | | | | | | | | | | | LiX | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | RiX | | | | | | | | | |
| Etendu | | | | | | | | | | | LiR | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | RiR | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | Limites de contrôle | | | | | | | | | |
| X1 | 160 | 40 | 00 | 40 | -15 | -40 | 05 | -10 | -50 | -35 | -15 | -10 | 30 | 20 | 35 | 60 | 45 | 40 | -80 | -110 |
| X2 | 80 | 115 | -05 | -70 | -120 | -155 | 45 | -10 | 10 | -70 | -20 | -145 | -120 | -05 | -65 | -75 | -75 | -05 | 95 | 130 |
| X3 | 00 | -35 | 10 | -10 | 20 | 30 | -15 | -00 | 10 | 15 | 0 | 00 | 20 | 50 | 65 | 70 | -10 | -15 | 100 | 80 |
| X4 | -80 | -30 | -75 | -50 | -115 | -80 | 00 | 35 | 05 | -95 | -55 | -20 | 10 | -70 | -70 | 65 | 45 | 70 | 120 | -115 |
| X5 | -40 | 160 | -80 | -25 | 25 | 00 | -50 | -05 | 40 | -25 | 15 | -90 | -140 | 55 | 50 | -15 | -95 | -05 | 125 | 110 |
| somme | 120 | 170 | -150 | -115 | -205 | -215 | -205 | -110 | 35 | -210 | -65 | -265 | -240 | 50 | 15 | 105 | -90 | -15 | 360 | 95 |
| moyenne | 24 | 34 | -30 | -23 | -41 | -49 | 41 | 22 | 07 | -42 | -13 | -53 | -40 | 10 | 08 | 2 | -18 | -03 | 72 | 19 |
| R | 240 | 200 | 90 | 110 | 140 | 185 | 155 | 135 | 60 | 110 | 70 | 145 | 170 | 125 | 135 | 145 | 140 | 185 | 205 | 245 |
| | | | | | | | | | | | X=-9.25 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | R=154.5 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | LiX= X-A2R = 79.89 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | LRiX=X+A2R=-98.93 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | LRs=D4R=32.661 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | LRi=00 | | | | | | | | | |

Interprétation de la carte de contrôle

Carte \bar{X} : on remarque que la majorité des points se trouvent sous la ligne de \bar{X} (ce qui indique une tendance).

Carte R : absence de variations.

Quelques causes affectant la carte de \bar{X} :

- * Détérioration graduelle de l'équipement
- * fatigue de l'opérateur.
- * Augmentation des déchets (copeaux).
- * Détérioration des conditions d'environnement.

Causes affectant la carte de R :

- * Amélioration ou détérioration de la dextérité de l'opérateur
- * Des opérateurs différents.

Remarque :

Les causes citées ne sont en rien exhaustives, chacun par son expérience pourra les modifier ou les compléter.

VIII.4.4.4 Résultats de l'autocontrôle

Aucune pièce mauvaise n'a été décelée. Aucune pièce retouchable.
L'autocontrôle se fait entre l'usinage de deux pièces, pour cela le temps de contrôle n'est pas pris en compte.

VII.4.4.5 Résultats du contrôle volant

Le contrôleur a décelé une pièce mauvaise.

| N° pièce | Horaire de passage | 24 j 13 | L(0.3) | // (0.3) | Tracage (trous tarandés) | Fonctionnement | Décision | Cause |
|----------|--------------------|---------|--------|----------|--------------------------|----------------|----------------------------|-----------------------|
| 1 | 10h10 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 2 | 10h10 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 3 | 11h20 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 4 | 11h20 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | arrêt machine pour réglage | non-trouvée |
| 5 | 13h02 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 6 | 13h02 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 7 | 13h15 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 8 | 13h15 | Bon | Bon | Déportée | Bon | Déportée | Bon | |
| 9 | 13 h20 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | erreur de l'opérateur |
| 10 | 14 h05 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 11 | 14h25 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 12 | 14h25 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 13 | 15h00 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 14 | 15h00 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 15 | 16h00 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 16 | 16h00 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 17 | 8h10 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 18 | 8h10 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 19 | 9h00 | Bon | Bon | Bon | 0.50 | Bon | Bon | |
| 20 | 9h00 | Bon | Bon | Bon | 0.70 | Bon | Bon | |
| 21 | 10h05 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 22 | 10h05 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 23 | 11h05 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |
| 24 | 11h05 | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | Bon | |

Tableau 8.24 Résultats du contrôle volant

Temps total de contrôle volant:

| Cote mesurée | temps moyen contrôle/pièce |
|-------------------------|-------------------------------|
| Parallélisme | 10 |
| Perpendicularité | 10 |
| Traçage trous taraudés | 10 |
| Temps passage au marbre | 10 |
| Montage de contrôle | 05 |
| Total | 45 |

Tableau 8.25 Temps moyen de contrôle volant

Pour 24 pièces, le temps total sera :

$$t_{cv,24} = 1080 = 18 \text{ mn}$$

Resultats de l'operation

- temps total d'application du nouveau procédé pour l'operation 3

$$\underline{\underline{Tt3 = tcv = 18mn}}$$

nombre de pièces mauvaises décelées

$$\underline{\underline{n3 = 1 \text{ pièces mauvaises}}}$$

- le temps dissipé pour fabriquer la pièce décelée mauvaise (td3):

td3 = 1 × (le temps écoulé pour usiner une pièce dans la première opération + le temps écoulé pour usiner une pièce dans la deuxième opération + le temps écoulé pour usiner une pièce dans la troisième opération)

$$\underline{\underline{td3 = 1 \times (3.5 + 3.55 + 1.20) = 8.25mn}}$$

VIII.4.5 Opération 30 : Fraisage du bossage

VIII.4.5.1 Cotes principales et type de contrôle

| Cote en (mm) | Tolérance en mm | N.O.A | Contrôle final | Contrôle intermédiaire |
|----------------------------|---------------------|-------|----------------|---|
| 24 | -0.165 +0.148 | 4 | oui | autocontrôle de la cote 24 J13-20h8/2 entre la surface supérieure du trou 20 H8 et la surface des trous taraudés .C'est la cote 14 +0.148-0.1650 et contrôle volant |
| parallélisme | 0.3 jusqu'à 0.35 | 0.1 | oui | contrôle volant sur marbre |
| perpendicularité | 0.3 jusqu'à 0.35 | 0.1 | oui | Contrôle volant sur marbre |
| traçage des trous taraudés | pespecter la cote 9 | - | - | contrôle volant |
| montage de contrôle | - | - | - | autocontrôle à la fin de l'opération |

Tableau 8.26 Cotes principales et type de contrôle

L'autocontrôle de la cote 24 n'a pas été effectué à cause de la non disponibilité des moyens de mesure.

VIII.4.5.2 Résultats du contrôle volant

| Pièce | Horaire de passage | 14 | Trayage des trous | parallélisme | perpendicul arité | montage de contrôle | decision | cause |
|-------|--------------------|-----|-------------------|--------------|-------------------|---------------------|----------|-------|
| 1 | 10h15 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 2 | 10h15 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 43 | 10h45 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 54 | 10h45 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 65 | 10h55 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 76 | 10h55 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 87 | 11h20 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 8 | 11h20 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 9 | 11h45 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 10 | 11h45 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 11 | 13h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 12 | 13h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 13 | 13h10 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 14 | 13h10 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 15 | 13h30 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 16 | 13h30 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 17 | 14h05 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 18 | 14h05 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 19 | 14h25 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 20 | 14h25 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 21 | 15h10 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 22 | 15h10 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 23 | 16h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |
| 24 | 16h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | |

Tableau 8.27 Résultats du contrôle volant

Il n'a été relevé aucune pièce mauvaise.

a. Temps total de contrôle volant :

| Contrôle volant | Temps moyen/pièces seconde |
|---------------------------------|----------------------------|
| 24 | 5 |
| Parallélisme | 10 |
| Perpendicularité | 10 |
| Traçage de deux trous taraudés. | 10 |
| Passage au marbre | 05 |
| Total | 40 |

Tableau 8.28 Temps de contrôle volant

Le temps total de contrôle tcv est :

$$\begin{aligned} tcv &= 40 \times 24 = 960 \text{ s} \\ &= 16 \text{ mn} \end{aligned}$$

• Resultat de l'opération

-Temps total d'application (Tt4):

$$\underline{Tt4=16 \text{ mn}}$$

-Nombre total de défaut (n4):

$$\underline{n4=0}$$

-temps dissipé pour usiner des pièces décelée mauvaises(td4):

$$\underline{td4=0}$$

VII.4.6 Operation 35 : perçage des 2 trous taraudés M10x150

VIII.4.6.1 Cotes principales et types de contrôle

| Cote en (mm) | Tolérance en mm | N.Q.A | Contrôle final | Contrôle intermédiaire |
|----------------------|------------------|-------------|----------------|--------------------------------------|
| M10x150 | - | 1.5 | oui | autocontrôle tampon lisse |
| 9 +0.5 -0 | 0 - 0.5 | 4 | oui(visuel) | contrôle volant au marbre |
| parallélisme | 0.3 jusqu'à 0.35 | 0.2 | oui | contrôle volant |
| prpendicularité | 0.3 jusqu'à 0.35 | 0.2 | oui | Contrôle volant sur marbre |
| etat de surface 12.5 | 12.5 | laboratoire | laboratoire | autocontrôle manuel |
| montage de contrôle | - | - | - | autocontrôle à la fin de l'opération |

Tableau 8.29 Cotes principales et types de contrôle

Remarque :

Etant donné qu'il n'y a pas de moyens de contrôle pour la cote M10x150, on ne relevera aucune mesure.

L'autocontrôle a été effectué avec un tampon fileté M10x150 et un montage de contrôle

VIII.4.6.2 Résultats de l'autocontrôle

Il a été décelé 02 pièces mauvaises et 04 pièces retouchables.

Le temps de retouche est de 5 s/pièce. Le temps total est de 20 s.

| autocontrôle | Temps moyen/pièce par |
|---------------------|-----------------------|
| Montage de contrôle | 08 |
| M10 x150 | 05 |
| Total | 13 |

Tableau 8.30 Temps moyen d'autocontrôle

Le temps total de l'autocontrôle (tau) est :

$$\begin{aligned} \tau &= 192 \times 13 \text{ s} \\ &= 41.6 \text{ mn} \end{aligned}$$

Le temps total de retouche (tr1) :

$$tr1 = 0.33 \text{ min}$$

VIII.4.6.3 Résultats du contrôle volant

les résultats du contrôle volant sont les suivants:

- 2 pièces mauvaises
- 2 retouches

Voici la feuille de relevé pour cette opération:

| Pièce | Horaires de passage | M10x150 | | parallelisme (0,3) | perpendiculaire (0,3) | Etat de surface | montage de contrôle | decision | cause |
|-------|---------------------|----------|--------|--------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|----------|-------|
| 1 | 13h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 2 | 13h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 3 | 13h25 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 4 | 13h25 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 5 | 13h35 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 6 | 13h35 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 7 | 14h00 | bon | bon | 0.8 | bon | bon | bon | | |
| 8 | 14h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 9 | 14h20 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 10 | 14h20 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 11 | 14h35 | bon | déport | bon | bon | bon | bon | | |
| 12 | 14h35 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 13 | 15h05 | retouche | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 14 | 15h05 | retouche | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 15 | 15h55 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 16 | 15h55 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 17 | 16h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 18 | 16h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 19 | 9h10 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 20 | 9h10 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 21 | 10h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 22 | 10h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 23 | 11h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |
| 24 | 11h00 | bon | bon | bon | bon | bon | bon | | |

Tableau 8.31 Résultats du contrôle volant

Temps total de contrôle volant :

| Contrôle volant | Temps moyen/pièce |
|-------------------|-------------------|
| Perpendicularité | 10 |
| passage au marbre | 05 |
| M10 x150 | 05 |
| $9^{+0.5}_{-0}$ | 10 |
| Total | 30 |

Tableau 8.32 Temps moyen de contrôle volant

Le temps total de contrôle tcv,30 est :

$$\underline{t_{cv} = 720 \text{ s}}$$

• Resultat de l'opération

- Temps total d'application de l'autocontrôle et du contrôle volant (Tt5):

$$\underline{Tt5 = \tau + t_{cv} + tr1 + tr2 = 54.09 \text{ mn}}$$

- Nombre total de pièces mauvaises décelées (n5):

$$\underline{n5 = 4 \text{ pièces mauvaises}}$$

- temps dissipé pour usiner des pièces décelée mauvaises(td5) sachant que:

-le temps écoulé pour faire une pièce à la 1ère opération = 3.50 mn

-le temps écoulé pour faire une pièce à la 2ème opération = 3.55mn

-le temps écoulé pour faire une pièce à la 3ème opération = 1.20mn

-le temps écoulé pour faire une pièce à la 4ème opération = 1.40mn

-le temps écoulé pour faire une pièce à la 5ème opération = 3.00mn

$$\underline{td5 = 4 \times (3.5 + 3.55 + 1.20 + 1.40 + 3.00)}$$

$$\underline{td5 = 50.6 \text{ mn}}$$

VIII.4.7 Opération 40 : ébavurage, fraisage des cônes d'entrée d'huile

VIII.4.7.1 Cotes principales

| Cote en (mm) | Tolérance en mm | N.Q.A | Contrôle final | Contrôle intermédiaire |
|---------------------|-------------------|-------|----------------|--|
| angle de 60 ° | pas de tolérances | 6.5 | oui | autocontrôle plus contrôle volant (visuel) |
| parallélisme | 0.3 jusqu'à 0.35 | 0.1 | oui | contrôle volant sur marbre |
| perpendicularité | 0.3 jusqu'à 0.35 | 0.1 | oui | Contrôle volant sur marbre |
| montage de contrôle | - | - | - | autocontrôle plus contrôle volant |

Tableau 8.33 Cotes principales et types de contrôles

- Il n'y a pas d'application pour cette opération.

VIII.4.8 Résultats d'application de l'auto-contrôle et le contrôle volant pour les six premières opérations d'usinage

VIII.4.8.1 Le temps total d'application (T) d'auto-contrôle et du contrôle volant

C'est la somme des temps totaux d'application du nouveau procédé de contrôle pour chaque opération

$$\begin{aligned}T &= Tt1 + Tt2 + \dots + Tt6 \\T &= 41.66 + 22 + 18 + 16 + 54.08 + 00 \\T &= \underline{151.75 \text{ mn}}\end{aligned}$$

Nous pouvons dire alors que le temps écoulé pour appliquer l'auto-contrôle et le contrôle volant pour les six opérations d'usinage et sur les 192 pièces a nécessité 151.75 mn soit une moyenne de 0.79 mn/pièce.

VIII.4.8.2 Le nombre de rebuts total décelé au cours de l'application du nouveau procédé de contrôle (n)

C'est le nombre total de pièces mauvaises décelées par l'auto-contrôle et le contrôle volant durant tout le processus d'usinage

$$n = n1 + n2 + \dots + n6$$
$$n=2+2+1+0+4=9 \text{ pièces mauvaises}$$
$$\underline{n=9}$$

VIII.4.8.3 Le temps total dissipé pour usiner les pièces décelées mauvaises (t d)

$$td = td1 + td2 + \dots + td6$$
$$td = 7+14.1+ 8.25 + 0+50.6$$
$$\underline{td = 79.95 \text{ mn}}$$

VIII.4.8.4 Coût d'application du nouveau procédé de contrôle pour toutes les opérations d'usinage (CT1)

-A- Principe de calcul du coût de l'application de l'auto-contrôle et du contrôle volant (CT1)

Pour calculer le coût total de l'application du nouveau procédé de contrôle pour toutes les opérations d'usinage, il est nécessaire de calculer les coûts suivants:

Cc : coût total de contrôle
Cm : coût des pièces décelées mauvaises
Cu : coût d'usinage dissipé pour usiner les pièces trouvées mauvaises

- **Cc** = (le temps total d'application du nouveau procédé de contrôle (T)) x (le coût d'une unité de temps de contrôle)
- **Cm** = (le nombre total de pièces décelées mauvaises (n)) x le coût d'une pièce mauvaise
- **Cu** = (le temps total dissipé pour usiner les pièces décelées mauvaises (td)) x le coût d'une unité d'usinage

Avec comme hypothèses de base :

- le coût d'une unité de temps d'usinage = le coût d'une unité d'usinage = **Cu.As** = 1.635359 DA / mn
- le coût d'une fourchette en excluant le coût d'usinage et de contrôle **Cp** = 291.33 DA/ pièce.

-B- C oût de l'application de l'auto-contrôle et le contrôle volant (CT1)

$$\mathbf{CT1 = Cc + Cm + Cu}$$

avec :

$$- Cc = T \times Cu \times As$$

$$- Cm = n \times Cp$$

$$- Cu = td \times Cu \times As$$

Application numérique:

$$Cc = 151.75 \times 1.635359 = 248.46 \text{ DA}$$

$$Cm = 9 \times 291.33 = 2621.97 \text{ DA}$$

$$Cu = 79.95 \times 1.635359 = 130.74 \text{ DA}$$

$$\mathbf{CT1 = 3000.87 \text{ DA}}$$

VIII.4.9 Opération 50: Contrôle final avant métallisation

VIII.4.9.1 Procédé de contrôle antérieur:

Le contrôle utilisé antérieurement était unitaire. Sur montage de contrôle, il faut un temps de 20 s/pièce . Il arrive souvent que certains lots soient déclarés conformes par le poste de contrôle et ils reviennent une nouvelle fois par la suite à ce poste du service montage pour une non conformité. Pour les recontrôler rigoureusement sur marbre, il faut un temps de 30 secondes par pièce .

Inconvénients de cette méthode :

- Méthode de contrôle basée sur le seul jugement (sans base scientifique).
- Le non-contrôle de nombreuses cotes supposées à priori bonnes.
- Travail répétitif pour les contrôleurs.
- En conséquence: erreurs fréquentes dues à la fatigue physique et morale.

VIII.4.9.2 Procédé de contrôle mis en place :

Le système de contrôle mis en place est un contrôle par prélèvement basé sur le N.Q.A (niveau de qualité acceptable).Il consiste à appliquer les étapes suivantes :

1. Tirer un échantillon aléatoire n (voir figure 8.7 : tirage aléatoire) de la population mère N tel que n est la taille de l'échantillon fixé par le tableau du MIL STD 105 D(voir annexe 4)à partir du N.Q.A et N .

2.Tirer du tableau le seuil d'acceptation c , qui représente la nombre minimum de défaut tolérable :

- si - $d \leq c$ arrêter le contrôle de la côte .
- si - $d > c$ passage à un contrôle à 100%.

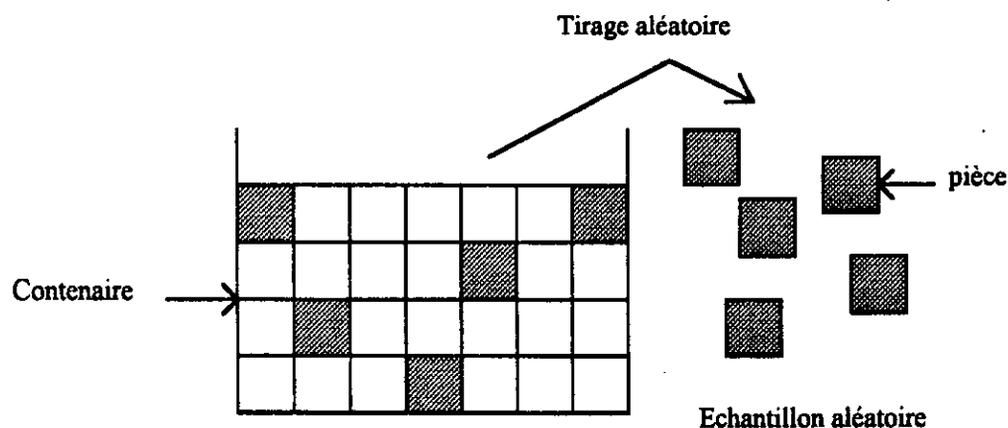


Figure .1: tirage aléatoire

Le but du nouveau procédé de contrôle est d'être un filtre efficace pour des mauvais lots et de minimiser l'erreur de contrôle.

Ces avantages sont :

- La diminution du nombre de pièces à contrôler.
- augmentation de la précision de contrôle.
- amélioration des conditions de contrôle.

Choix des niveaux de qualité

En ce qui concerne ce choix, la direction du contrôle nous a donné les directives et parmi celles-ci le fait que le NQA doivent être fonction de :

- La classe de qualité des tolérances de chaque cote. (ex qualité 8 pour le diamètre 20 H8)
- Du respect des cotes pour le bon montage des ensembles.
- L'importance de la cote de fabrication.

Aucune valeur de NQA supérieure à 6.5

Les valeurs de NQA admises, sont données dans le tableau 8.33.

| NQA 0.4 | NQA 1.5 | NQA 2.5 | NQA 4 | NQA 6.5 |
|---|---|---|---|---|
| - qualité < 7 - défaut cannelures - vérification des trous de graissage | - qualité ≤ 7 - filetages - taraudages - côtes données par montage d'usinage - têtes de vis, tiges ou d'écrous données par barres | - qualité ≤ 8 - côtes obtenues par outils de forme | - côtes semi-finies - qualité < 11 - tolérances larges (+ou- 0.5 à 2) - côtes mesurés au gabarit et au pied à coulisse | - cotes mesurées au reglet - chanfreins non fonctionnels - gorge de dégagement - contrôle visuel |

Tableau 8.34 Niveaux de qualité admis (source service méthodes)

Les fixations du N.Q.A pour toutes les côtes destinées à être contrôlées à la fin du processus sont représentées dans le tableau 8.34:

| côtes | N.Q.A | Justification du choix du N.Q.A | Tolérances |
|--|-------|--|------------|
| Parallélisme entre les deux surfaces de la rainure | 0.1 | - Côte causant le plus grand nombre de problèmes antérieurs ; -Côte très fonctionnelles ; -Côte surveillée le long de l'usinage(surveillance fixé par la gamme d'usinage). | à 0.35 |
| Perpendicularité entre l'axe du trou 20H8 et les surfaces de la rainure. | 0.1 | - Côte causant le plus grand nombre de problèmes antérieurs ; -Côte très fonctionnelles ; -Côte surveillée le long de l'usinage(surveillance fixé par la gamme d'usinage). | à 0.35 |
| Trou \varnothing 20H8 | 1.5 | -qualité 8 (voir annexe tableau du N.Q.A). - Côte causant le plus grand nombre de problèmes antérieurs ; | à 20.033 |
| 170.8H12 de la rainure. | 4 | -Qualité 12(voir annexe tableau du N.Q.A) | à 170.84 |
| Largeur de la rainure $7_{0.01}^{0.29}$ (H13) | 2.5 | -Qualité 13(voir annexe tableau du N.Q.A) | à 7.029 |
| Trou débouchant 24j13 | 4 | -Qualité 13(voir annexe tableau du N.Q.A) | à 24.165 |
| Les deux trou taraudés M10X150 | 1.5 | -taraudage fonctionnel -Côte fonctionnelles ; | |
| Angle 60° | 6.5 | -Côte non fonctionnelle | - |
| $9_0^{+0.5}$ entre l'axe de la rainure et la surface du patin. | 0.1 | - Côte causant le plus grand nombre de problèmes antérieurs ; -Côte très fonctionnelles ; | à 9.5 |
| $9_0^{+0.5}$ entre l'axe du trou et la surface du bossage. | 0.1 | - Côte causant le plus grand nombre de problèmes antérieurs ; -Côte très fonctionnelles ; | à 9.5 |

Tableau 8.35 Fixation du NQA pour le contrôle

Remarque : dans les choix des NQA pour certaines cotes, nous avons fait intervenir l'état des moyens de fabrication actuels. Au fur et à mesure que ces moyens s'améliorent, on pourra diminuer les NQA, pour ne laisser intervenir que les autres facteurs de décision.

La fixation des tailles n et les seuils c pour les cotes destinées à être contrôlées est faite d'après le tableau 8.34, issu du tableau MIL STD 105 D.

| Cote | NQA | n | c | moyens de mesure |
|-------------------|-----|-----|---|---------------------|
| 20H8 | 0.5 | 35 | 2 | tampon lisse |
| 170,8 H12 | 4 | 35 | 3 | tampon lisse |
| $7_{0.01}^{0.29}$ | 4 | 35 | 3 | tampon lisse |
| 24J13 | 4 | 35 | 3 | tampon lisse |
| M10x150 | 0.5 | 35 | 2 | tampon fileté |
| angle 60° | 6.5 | 35 | 5 | montage de contrôle |
| $9_0^{+0.5}$ | 0.1 | 125 | 1 | visuel |
| $9_0^{+0.5}$ | 0.3 | 125 | 1 | montage de contrôle |
| // | 0.1 | 125 | 1 | sur marbre |
| L | 0.1 | 125 | 1 | sur marbre |

Tableau 8.36 Taille n et seuil c.

Remarque importante: d'après les tableaux cités précédemment, on remarque que quelque soit la taille du lot N, il y aura deux échantillons à prélever :

- n1 : les 6 premières cotes du tableau
- n2 : les 4 dernières cotes

le seuil d'acceptation change par contre.

VIII.4.9.3 Méthode de contrôle des cotes

Avant d'aborder la méthode de contrôle à suivre, nous ferons les remarques suivantes :

- quelque soit la valeur de N, on aura deux tailles différentes d'échantillons.
 - * n1 : pour 20 H8 170,8 H12 , $7_{0.01}^{0.29}$, 24J13, M10x150, angle de 60°.
 - * n2 : pour $9_0^{+0.5}$ du trou et $9_0^{+0.5}$ de la rainure, le parallélisme et la perpendicularité .
- les seuils sont différents d'un côté et de l'autre.
- l'indice d[j] désigne le nombre de défauts décelé, relatif à la cote j.

Pour accomplir correctement son travail, le contrôleur doit suivre les étapes suivantes :

- **Etape 0** : fixer à partir de N et le NQA :
 - n1 : des 6 premières cotes
 - n2 : des 4 dernières cotes
 - les seuils d'acceptation: c[j] tels que : j=0..10
 - et cela à partir du tableau MILSTD 105 D

Initialiser :

* le nombre de défauts de chaque de chaque cote à 0:

$$d[j] = 0 \quad j=0..1$$

* les deux ensembles S1 et S2 à 0 tel que

S1: ensemble des cotes de nombre de défauts dépassant le seuil d'acceptation après triage de n1(ces cotes appartiennent aux 6 premières cotes)

S2: ensemble des cotes de nombre de défauts dépassant le seuil après triage de n2(ces cotes appartiennent aux 4 dernières cotes)

aller à l'étape 1

• Première partie opérationnelle

- Etape 1 : poser $i:=0$.

aller à l'étape 2

- Etape 2 : prendre aléatoirement $i=i+1$.

aller à l'étape 3.

- Etape 3 : poser $j:=0$.

aller à l'étape 4

- Etape 4 : prendre $j=j+1$.

aller à l'étape 5

- Etape 5 : contrôler la cote j .

aller à 6

- Etape 6 : Si la cote est conforme
sinon

aller à 7
aller à 8.

- Etape 7 : poser $d[j] = d[j]$

aller à 9

- Etape 8 : poser $d[j] = d[j] + 1$

aller à 9

- Etape 9 : si $j < 10$
Sinon

aller à 4.
aller à 10.

- Etape 10 : si $i < n1$
Sinon

aller à 2.
aller à 11

Comparaison du nombre de défauts des 6 premières cotes avec leur seuils d'acceptation.

- Etape 11 : initialiser $k=0$ numero de la cote.

aller à 12.

- Etape 12 : poser $k=k+1$.

aller à 13

- Etape 13 : si $d[k] \leq Ck$
Sinon

aller à 14.
aller à 15.

- Etape 14 : decision: la cote est bonne pour tout le lot. Fin de contrôle de cette cote. aller à 16.
 - Etape 15 : decision : triage de la cote à 100 % . inserer k dans S. aller à 16.
 - Etape 16 : Si $k < 6$. aller à 12.
sinon aller à 17
- Deuxième partie opérationnelle.
 - Etape 17 : initialiser $l = n1$ (n° de la pièce à prélever). aller à 18.
 - Etape 18 : Prendre $l=l+1$ aller à 19.
 - Etape 19 : initialiser $v=6$ (n° de la cote à contrôler). aller à 20
 - Etape 20 : prendre $v=v+1$ aller à 21.
 - Etape 21 : contrôler la cote v. aller à 22.
 - Etape 22 : si la cote est conforme aux spécifications aller à 23
sinon aller à 24
 - Etape 23 : poser $d[v]= d[v]$. aller à 25.
 - Etape 24 : poser $d[v]=d[v]+1$. aller à 25.
 - Etape 25 : si $v < 10$ aller à 20.
sinon aller à 26.
 - Etape 26 : contrôler les cotes qui appartiennent à S1
si S1 est vide, aller à 27.
 - Etape 27 : si $l < n2$ aller à 18
sinon aller à 28.
- Comparaison du nombre de défauts des 4 dernières cotes avec leur seuils d'acceptation :
 - Etape 28 : initialiser $m = 6$ ($m : n^\circ$ de la cote à tester). aller à 29.
 - Etape 29 : prendre $m = m + 1$. aller à 30.
 - Etape 30 : si $d[m] \leq C_m$, aller à 31
sinon aller à 32.

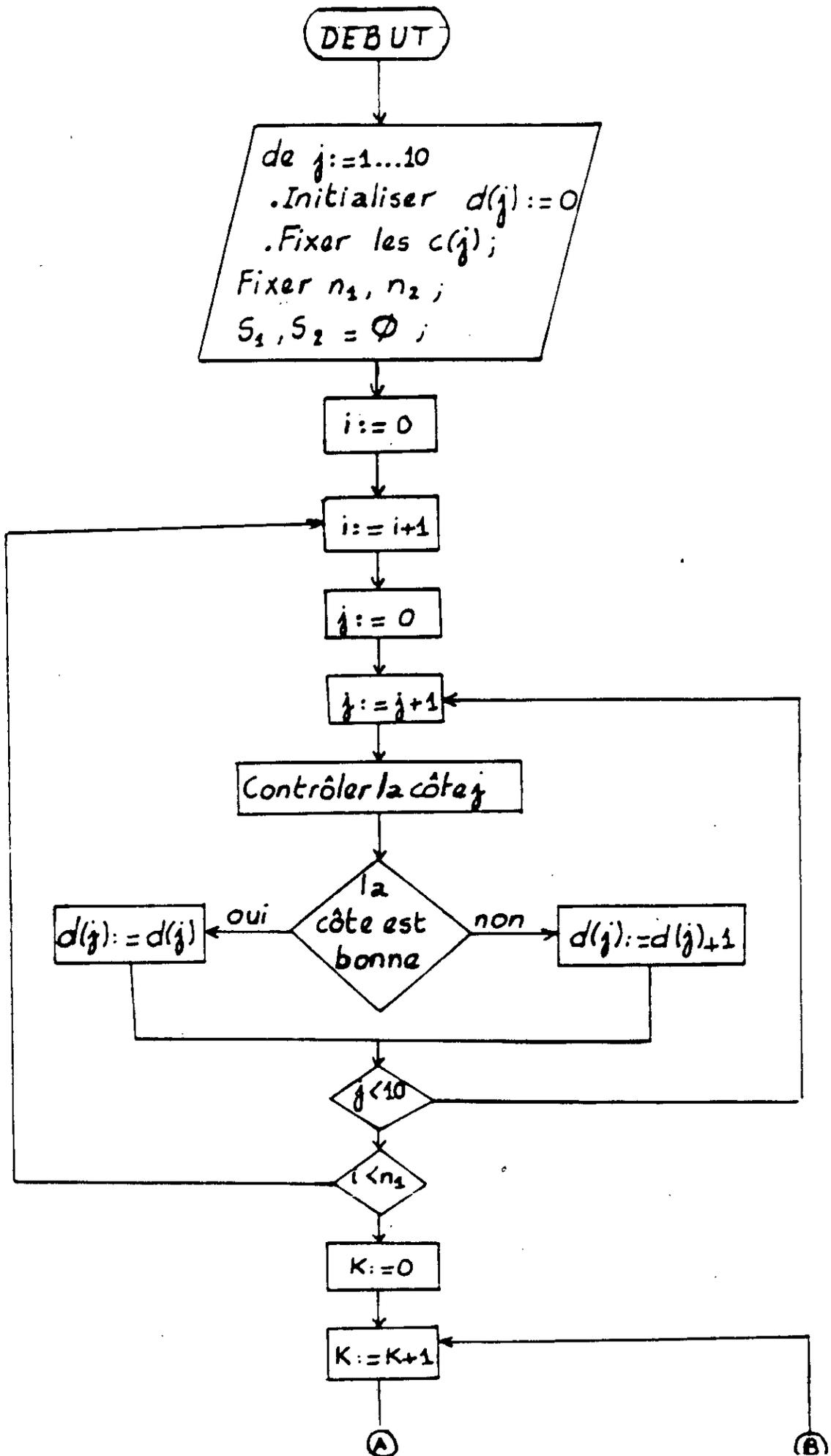
- **Etape 31** : decision : la cote est bonne pour tout le lot. Fin de contrôle de cette cote. aller à 33.
- **Etape 32** : decision : triage à 100 %. Insere m dans S2. aller à 33
- **Etape 33** : si $m < 10$, aller à 29.
Sinon aller à 34

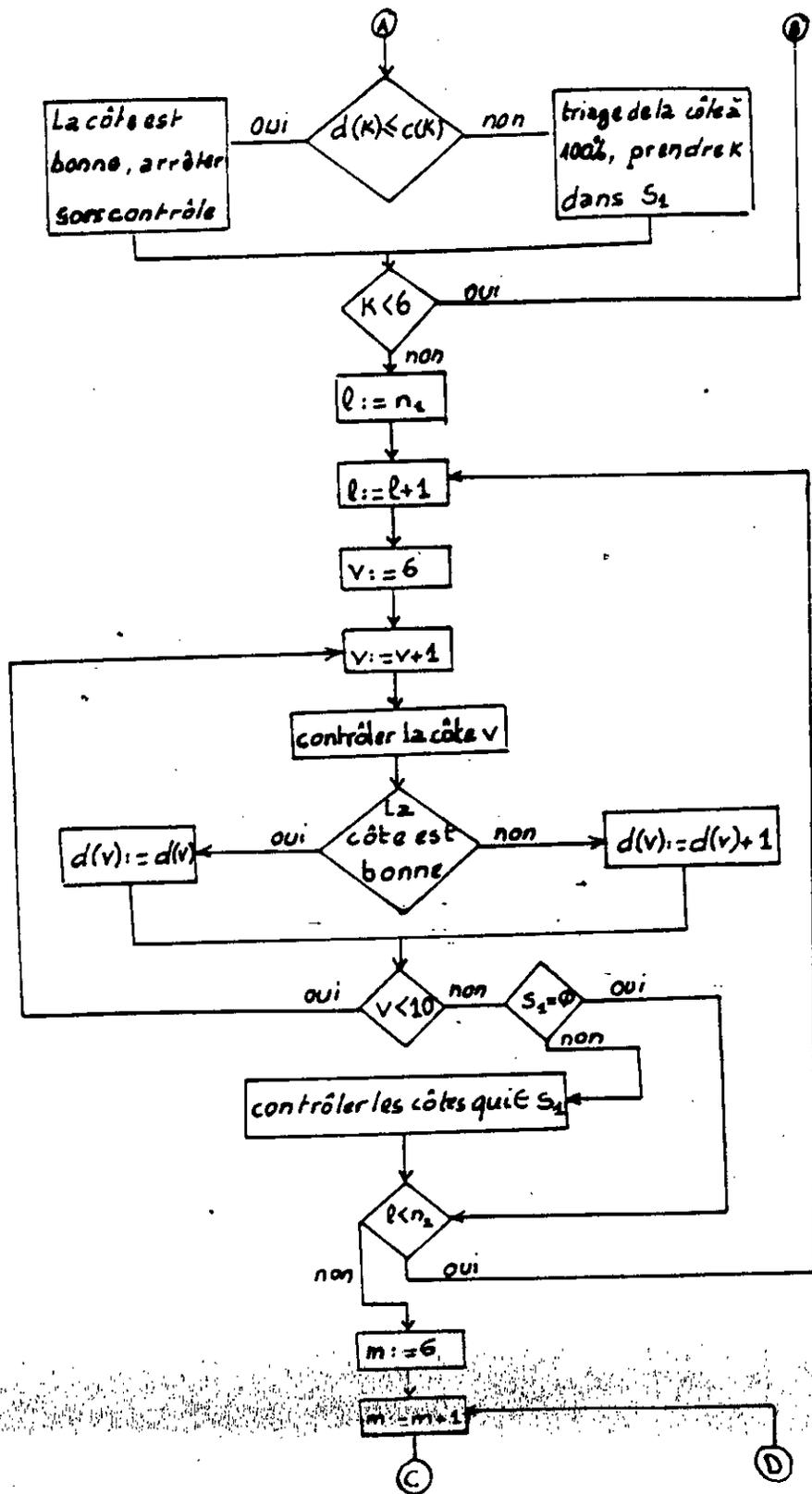
• **Troisième partie opérationnelle. Fin de prélèvement et extension au contrôle à 100 % s'il existe.**

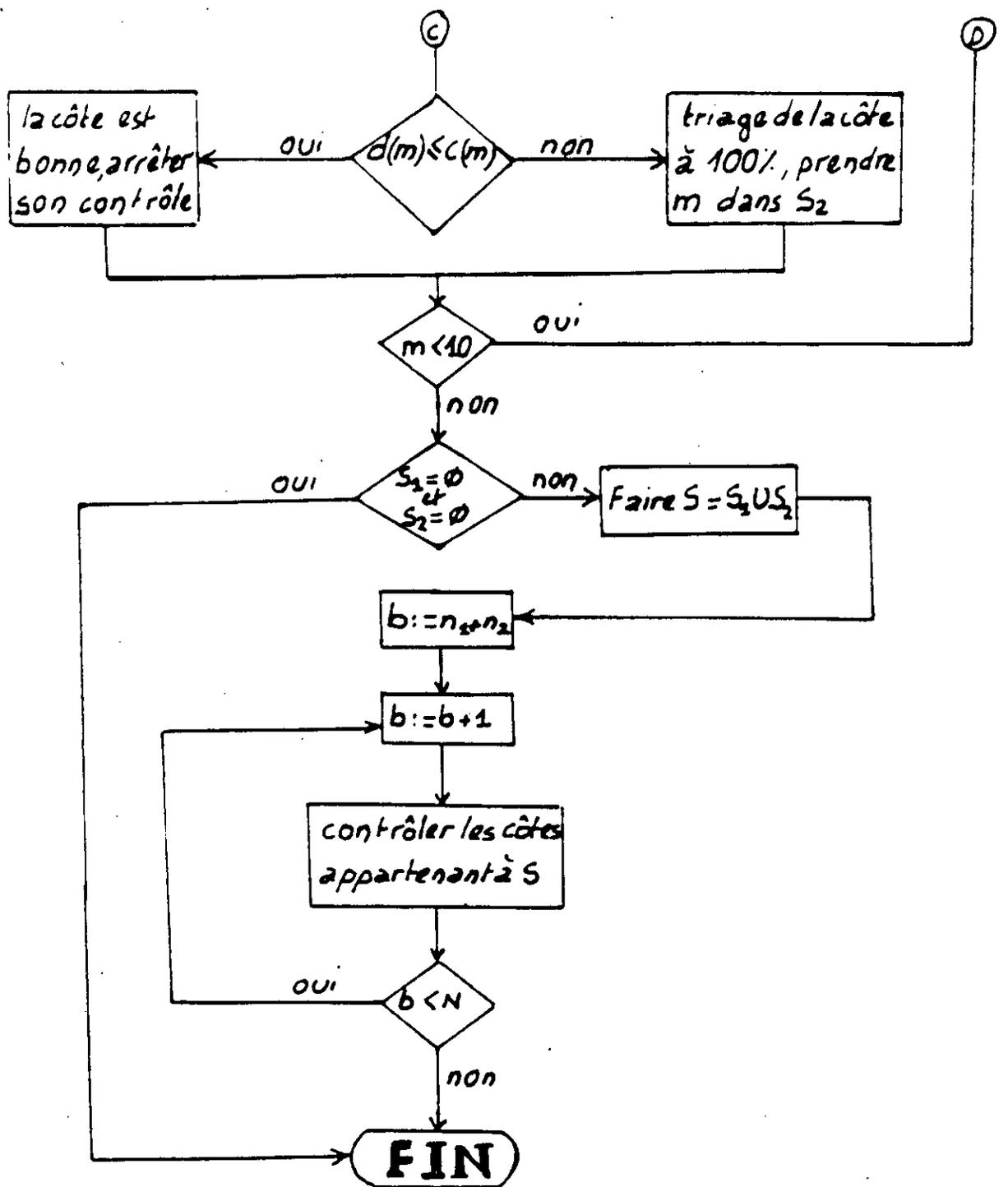
- **Etape 34** : si S1 et S2 sont vides, aller à 39
sinon, aller à 35.
- **Etape 35** : initialiser $b = n2$. (B nombre de pièces).
- **Etape 36** : prendre $b = b + 1$. aller à 37.
- **Etape 37** : faire le contrôle des cotes appartenent à S1 et S2 . aller à 38.
- **Etape 38** : si $b < N$, aller à 36
sinon, aller à 40.
- **Etape 39** : le lot est accepté après le triage de $n1$ et $n2$. aller à 40.
- **Etape 40** : Fin.

Remarque : les pièces trouvées non conformes mais retouchables sont immédiatement retouchées.

Nous représentons ci-après, l'organigramme (figure 8.8) des étapes.







**VIII.4.9.4 Résultats de l'application du nouveau procédé de contrôle
à l'opération 50**

| Côtes | triage de n pièces | | passage à un triage à 100% | triage à 100% | |
|------------------|--------------------|--------|----------------------------|---------------|--------|
| | retouches | rebuts | | retouches | rebuts |
| 20H8 | 9 | 0 | oui | 39 | 0 |
| 170.8 H12 | 0 | 0 | non | - | - |
| O 24J13 | 0 | 0 | non | - | - |
| M 10x150 | 0 | 0 | non | - | - |
| 9 (rainure) | 1 | 0 | non | - | - |
| angle de 60 | 0 | 0 | non | - | - |
| parallélisme | 0 | 2 | oui | 0 | 14 |
| perpendicularité | 0 | 0 | non | - | - |
| 9 (trou) | 0 | 2 | oui | 0 | 2 |

Tableau 8.37 Résultats des relevés
nombre de pièces rebutées nf =16

VIII.4.9.5 Résultats du contrôle (coût):

| cote | temps de mesure en s | Contrôle | | | | Retouches | | | | Rebut | | | | |
|----------------------|----------------------|------------|------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|------------------|
| | | Nbre pièce | temps total en s | coût d'une mesure DA | coût total mesure DA | temps de retouche en s | Nbre pièces retouchées | temps total de retouche en s | coût d'une retouche en DA | coût total de retouche en DA | coût d'une pièce rebutée en DA | Nbre de pièces rebutées | coût total des pièces rebutées en DA | coût total en DA |
| 20H8 | 5 | 192 | 16 | 0.136 | 26.165 | 5 | 9 | 0.75 | 0.136 | 1.226 | 291.33 | 0 | 0 | 27.391 |
| 170.8H12 | 5 | 32 | 2.67 | 0.136 | 4.361 | - | - | - | - | - | 291.33 | 0 | 0 | 4.361 |
| $7_{-0.29}^{+0.01}$ | 5 | 32 | 2.67 | 0.136 | 4.361 | - | - | - | - | - | 291.33 | 0 | 0 | 4.361 |
| O24J13 | 5 | 32 | 2.67 | 0.136 | 4.361 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 291.33 | 0 | 0 | 4.361 |
| $9_0^{+0.5}$ rainure | 5 | 125 | 10.41 | 0.136 | 17.035 | - | - | - | - | - | 291.33 | 0 | 0 | 17.035 |
| $9_0^{+0.5}$ trou | 5 | 125 | 10.41 | 0.136 | 17.035 | - | - | - | - | - | 291.33 | 2 | 582.66 | 610.051 |
| angle 60° | 0 | 32 | 0 | 0 | 0 | - | - | - | - | - | 291.33 | 0 | 0 | 0 |
| // | 10 | 125 | 20.83 | 0.272 | 34.070 | - | - | - | - | - | 291.33 | 14 | 4078.62 | 4112.69 |
| L | 10 | 125 | 20.83 | 0.272 | 34.070 | - | - | - | - | - | 291.33 | 0 | 0 | 34.070 |
| M10x150 | 5 | 32 | 2.67 | 0.136 | 4.361 | 5 | 1 | 0.083 | 0.136 | 0.136 | 291.33 | 0 | 0 | 4.497 |
| | | | | | | | | | | | | | Total | 4818.817 |

Tableau 8.38 Résultats du contrôle

VIII.4.9.6 Le cout total de l'opération 50 (Ct2)

Ccf= le coût du contrôle total

Cmf= le coût des pièces décelées mauvaises

Crf= le coût des retouches + le coût pour usiner les pièces mauvaises.

Le tableau précédent, nous donne pour chaque cote :

- le coût total de contrôle
- le coût total de retouches
- le coût total de pièces rebutées.

En faisant la somme des totaux on trouve le total des 3 premiers termes du coût (C_{cf}, C_{mf}, C_{rf}) qui vaut 4818.817 DA.

Cependant, il reste à calculer le coût total d'usinage des pièces mauvaises C_u .

En partant des hypothèses suivantes :

- temps d'usinage d'une pièce = 14,35 mn/pièce
- coût d'une unité de temps d'usinage = 1,635359 DA/mn
- nombre de pièces décelées mauvaises = 16

Alors $C_u = 391,17 DA.$

D'ou $C_{ct} = 5210 DA.$

VIII.5 Resultats de l'application du nouveau procédé de contrôle

rebut total décelé (n_T)

C'est la somme des rebuts décelées en auto-contrôle et en contrôle volant (n) et celles décelées en contrôle final (n_f) :

$$n_T = n + n_f = 9 + 16 = 25 \text{ pièces mauvaises.}$$

- Le long de l'application du nouveau procédé de contrôle on a décelé 25 pièces mauvaises sur 192 pièces usinées soit un taux de 13% de rebut .

VIII.5.1 Comparaison des deux taux de rebut(celui de mars et celui d'avril):

A partir des résultats du procédé appliqué (en terme de rebuts), nous allons comparer le taux de rebut de la serie d'avril(nouveau procédé) avec celui de la serie de mars (contrôle antérieur).

- Pour la serie de mars, il a été décelé 89 pièces mauvaises sur 385 pièces , donc un taux de rebut de 23% de rebut ;

- pour la serie d'avril, nous avons trouvé un taux de rebut de 13%, donc une diminution de 10% du taux de rebut de la serie de mars

VIII.5.2 Coût total de toute l'application(C_T):

C'est la somme du coût du nouveau procédé de contrôle appliqué durant le processus d'usinage(autocontrôle , contrôle volant)(C_i) et celui appliqué pour l'opération 50 (contrôle final)(C_f)

| Coût | Valeurs DA |
|-------------|------------|
| C_i | 3000.87 |
| C_f | 5210 |
| Total C_T | 8210.87 |

Tableau 8.39 Coût total

Le coût total de toute l'application est de 8210.87 sur une serie de 192 pièces soit au moyenne 42.76DA/pièce

VIII.5.3 Comparaison du coût de l'application du nouveau procédé de contrôle à la serie de avec mars celui du procédé antérieur appliqué à la serie d'avril

Comme nous l'avons calculé au chapitre 7, le coût total du procédé antérieur appliqué à la serie de mars etait de 28211.81 DA soit au moyenne de 73.53 DA/pièce. Donc une diminution du coût moyen de 30.77DA/pièce .

Conclusion générale et suggestions

La prise en charge du facteur qualité dans l'entreprise reste une donnée incontournable pour l'amélioration de la productivité et la réduction des pertes induites par l'absence d'une politique claire dans ce domaine.

Un diagnostic continu de la situation est nécessaire, pour remédier en temps réel aux problèmes qui apparaissent surtout sur les chaînes de fabrication. Pour ce faire, nous avons montré les outils techniques et une méthode d'audit de qualité pour un produit usiné. Les problèmes étant recensés, un travail d'amélioration peut être entrepris.

Pour le cas de la fourchette 138692 et à la lumière des résultats trouvés, concernant les coûts et les rebuts, nous concluons que notre procédé de contrôle testé sur la série d'Avril a conduit à des résultats assez encourageants et ceci bien que la comparaison faite sur les deux séries, celle de mars et d'avril 1994, reste incomplète et ceci pour les raisons suivantes :

- La comparaison a porté sur deux durées différentes.
 - La comparaison a été restreinte sur les coûts de la non qualité et les taux de rebuts: nous avons négligé la qualité de matière fournie pour les deux durées, les états des machines.
 - Le manque d'expérience nous a été préjudiciable : Si l'application avait été faite par des personnes expérimentées dans le domaine du contrôle les résultats obtenus auraient été meilleurs.
 - L'application a été moyennement soutenue par les contrôleurs et les responsables de la fabrication
- Manque des moyens humains et matériels aidant à appliquer le système préconisé convenablement.

Enfin, nous pouvons dire pour le cas du contrôle volant que nous avons pu déterminer une technique de contrôle par nous-mêmes (temps de passage, nombre de pièces à prélever ...) et vu son importance dans la bonne marche de la fabrication, nous suggérons une étude théorique sur son application.

Il serait souhaitable également que notre étude soit généralisée à toutes les autres pièces de l'ermod 3040 et après, à tous les ermod.

Pour étoffer les résultats positifs que nous avons obtenus, nous proposons les suggestions suivantes:

1- Formation des cercles de qualité

Les opérateurs, du fait qu'ils vivent quotidiennement les problèmes, sont en contact direct avec la réalité et peuvent avoir de bonnes idées.

Mais ces bonnes idées, ne débouchent pas pour deux raisons:

Il n'existe pas de moyens permettant aux opérateurs d'approfondir leur idées. Ils ne se réunissent pas entre eux pour y réfléchir et n'ont pas reçu de formation sur les techniques élémentaires et simples d'analyses.

D'autre part, lorsque les opérateurs ont de bonnes idées d'amélioration, il n'existe pas de procédures et de structures permettant de les mettre en oeuvre.

L'objectif des cercles de qualité est de lever, dans la mesure du possible ces obstacles.

Lieux d'examen des problèmes et moyens de communication, les cercles de qualité donnent aux opérateurs l'occasion de développer et d'approfondir leurs propres idées, puis de participer à la mise en oeuvre des solutions.

Les cercles de qualité ne se limitent pas qu'aux opérateurs, mais pourraient s'appliquer à tous les niveaux de la hiérarchie de l'entreprise, à la condition que les membres d'un même cercle doivent venir d'une même zone de travail ou accomplir des tâches similaires de façon que les problèmes discutés ne leurs soient pas inconnus. (voir annexe 5, pour plus d'informations sur les cercles de qualité)

- 2 Prime autre que la PRC et la PRI pour l'aspect qualitatif des pièces fabriquées

Au chapitre III, nous avons déjà signalé, l'importance de la prime pour les ouvriers (PRC et PRI) lorsqu'ils dépassent la capacité de production pour un travail donné.

L'intérêt s'oriente dans ce cas là principalement, pour l'aspect quantitatif de la production.

A ce propos nous faisons deux suggestions:

- a- La prime qui existe déjà soit divisée en deux tranches:
 - la première tranche pour la quantité des pièces fabriquées .
 - la seconde tranche pour la qualité des pièces en question.

Il faudra moduler le pourcentage de chacune des tranches pour que le plus grand soit affecté au nombre de pièces bonnes réalisées.

b- Ou alors créer une nouvelle prime en plus de celle qui existe déjà.

Dans le cas où les ouvriers dépassent leurs performances de travail en produisant des pièces de qualité, la prime sera prise automatiquement en compte.

-3 Promotion de la formation dans le domaine de la qualité

Au sein de la société SNVI, il existe déjà un centre de formation et de perfectionnement (CIFOP) où le personnel est en formation continue.

Il sera judicieux de prévoir un programme de formation pour sensibilisation et motivation dans le domaine de la qualité et éveiller le sentiment de responsabilité du personnel.

Il ne s'agira pas de prendre la qualité dans un seul sens mais la prendre et former le personnel pour la prendre dans son sens le plus large:

- la qualité du produit**
- la qualité du travail**
- la qualité de la vie de l'entreprise**
- la qualité de l'entreprise**

4- Généralisation de l'utilisation de l'outil informatique

L'installation de l'outil informatique est nécessaire à court terme, car l'information est limitée, éparpillée, mal classée, et parfois introuvable. Un diagnostic, dans ces conditions, ne peut être établi de façon favorable.

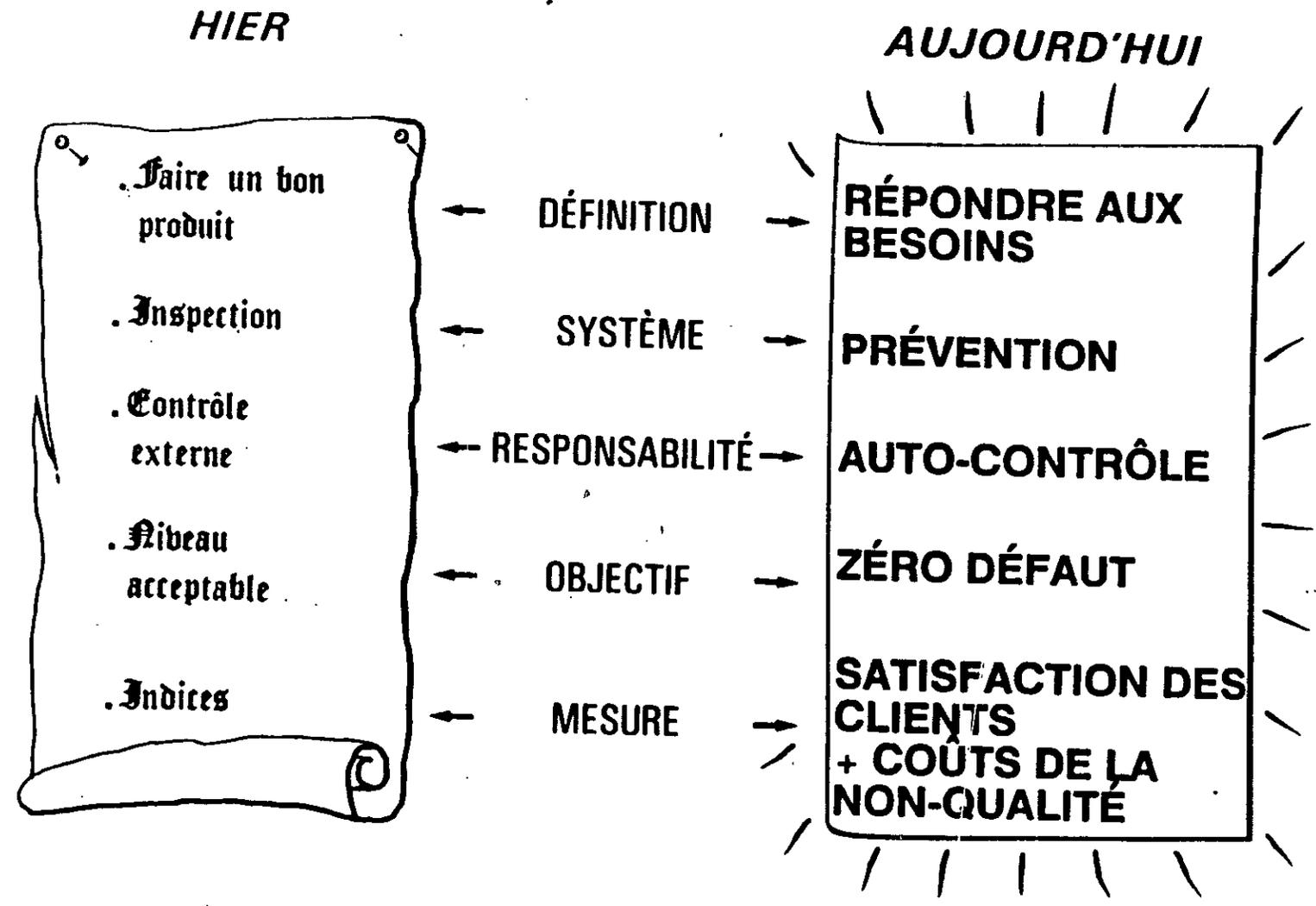
BIBLIOGRAPHIE

- [ACT,93]:Document SNVI/CVI, "*Bilan d'Activité*",
Département Technique, 1993
- [AFN, 85]: AFNOR , "*La Maitrise de la Valeur; Conception, Developpement de la
Qualité et Compétitivité d'un Produit*", AFNOR Gestion, 1985.
- [BOW, 64] : BOWKER. A.H, « Méthodes statistiques de l'ingénieur »
DUNOD, 1964
- [CHE,79]: Chevalier.A,"*Guide du Dessinateur Industriel*",
HACHETTE, 1979
- [CHI, 85]: Chilles.C, "*SPC*",
EATON S.A, 20 novembre 1985
- [DEP, 86]: Rapport Département Technique, "*le Contrôle de la Qualité*",
SNVI/CVI, 1986.
- [DID, 93]:Didier.N, " *Guide Pratique pour Maitriser la Qualité; Principes, Méthodes,
Outils*", INSEP Edition, 1993.
- [DOC,86]:Doucet.C, "*La Maitrise de la Qualité*",
Entreprise Moderne d'édition, 1986
- [ISH,85]: Ishikawa.K,"*La Gestion de la Qualité; Outils et Applications Pratique*",
DUNOD Entreprise, 1985.
- [NOY, 93]: Noyé.D, "*Guide Pratique pour Maitriser la Qualité, Principes,
Méthodes, Outils*", INSEP Edition, 1993
- [REN, 82]: Renault, "*Memento sur les Cercles de Qualité*", revue technique
Renaut VI,1982.
- [TEC,76]:Berliet, "*Etude Technique Numéro 79D*",
Berliet VI, 1976
- [VAN, 85]:Vandeville.P, "*Gestion et Contrôle de la Qualité*",
Edition de l'AFNOR, 1985
- [JUR, 83]: Juran.J.M, "*Gestion de la Qualité*",
AFNOR Edition, 1983.

ANNEXE 1

- La nouvelle approche de la qualité -

INSEP



QU'EST-CE-QUE LA QUALITÉ



INSEP
CREATIVA

- La notion de qualité -

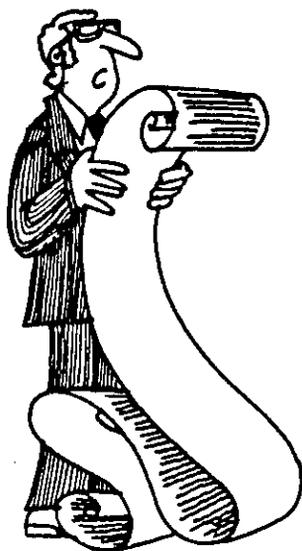
RENDRE VISIBLE LA NON-QUALITÉ

DANS NOTRE SECTEUR,

QUELS SONT LES DÉFAUTS ...

... LES PLUS FRÉQUENTS ?

... LES PLUS COÛTEUX ?



SERIEZ-VOUS ASSEZ FIER
DE VOTRE TRAVAIL
POUR LE SIGNER ?

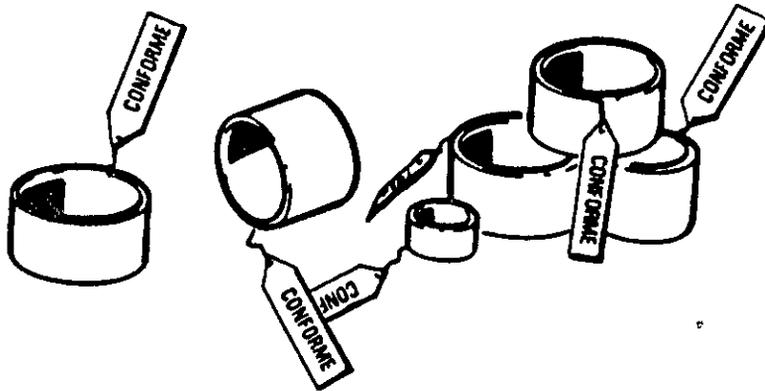


Y A-T-IL
UNE MISE EN VALEUR
DES RÉSULTATS ?

INSEP
CREATIVA

- La reconnaissance des résultats -

A-T-ON FAIT DES CONTRÔLES ?

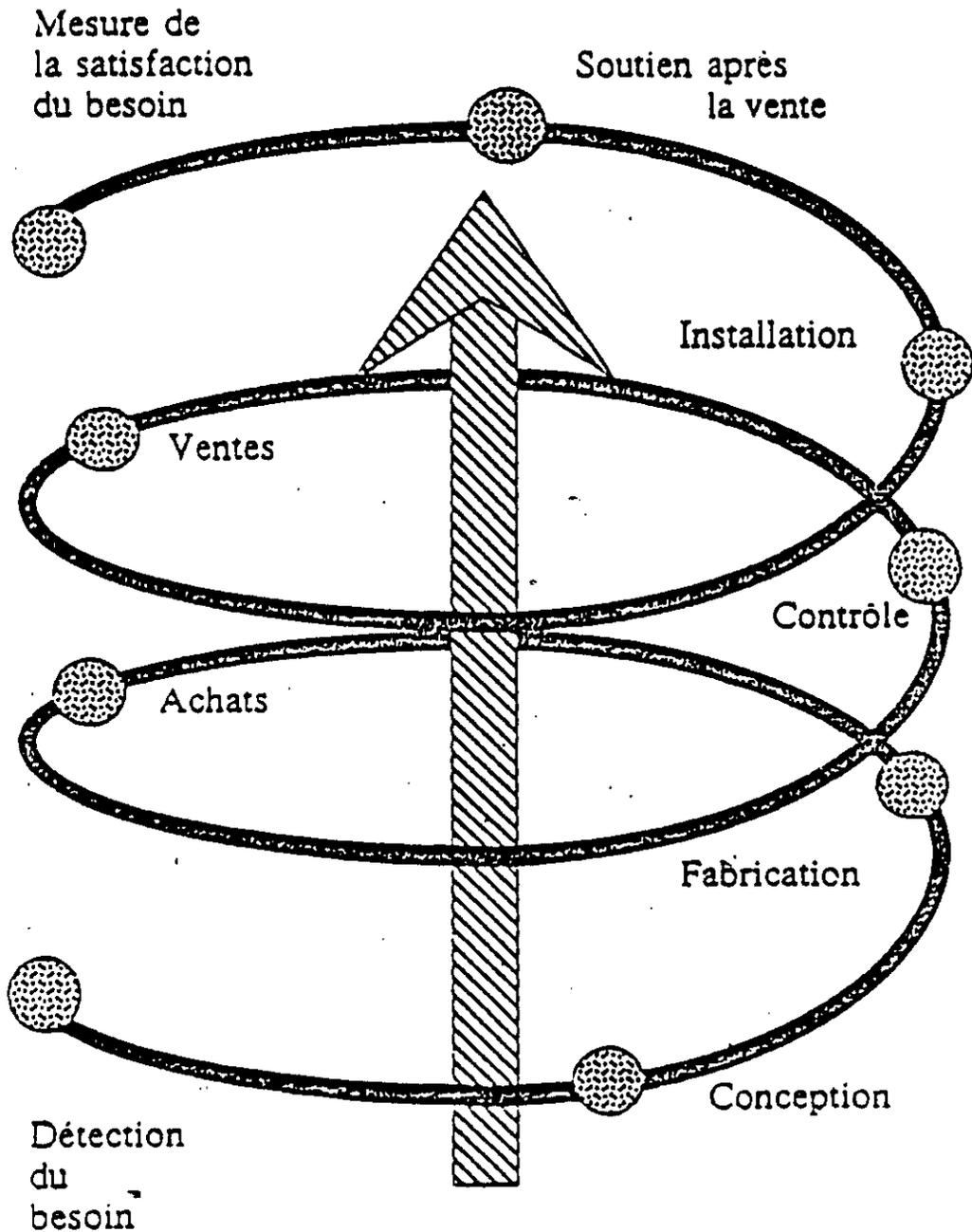


QUE VALENT NOS INSTRUMENTS
DE MESURE ?



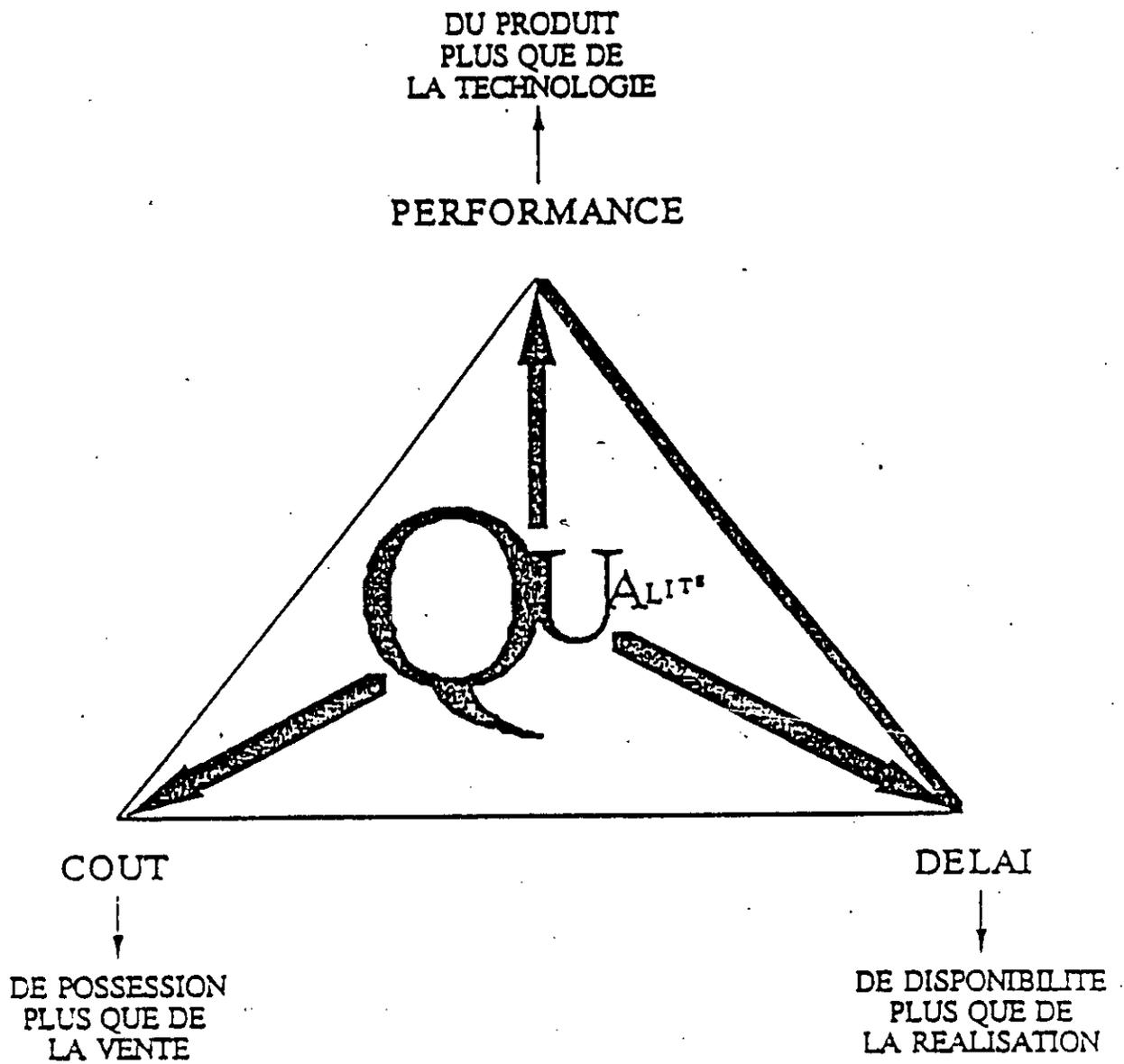


LA SPIRALE DE LA QUALITE (ISO 8402)



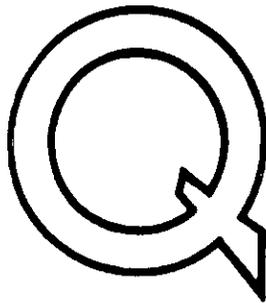
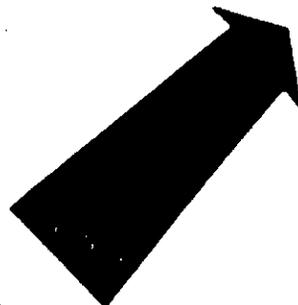
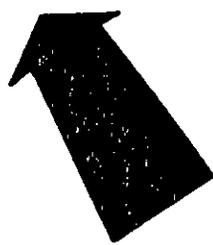


LA TRIADE DE LA QUALITE



**MAÎTRISER
TOUTE LA VIE
DU PRODUIT**

**ASSOCIER
TOUT
LE PERSONNEL**



**LA QUALITÉ
TOTALE**

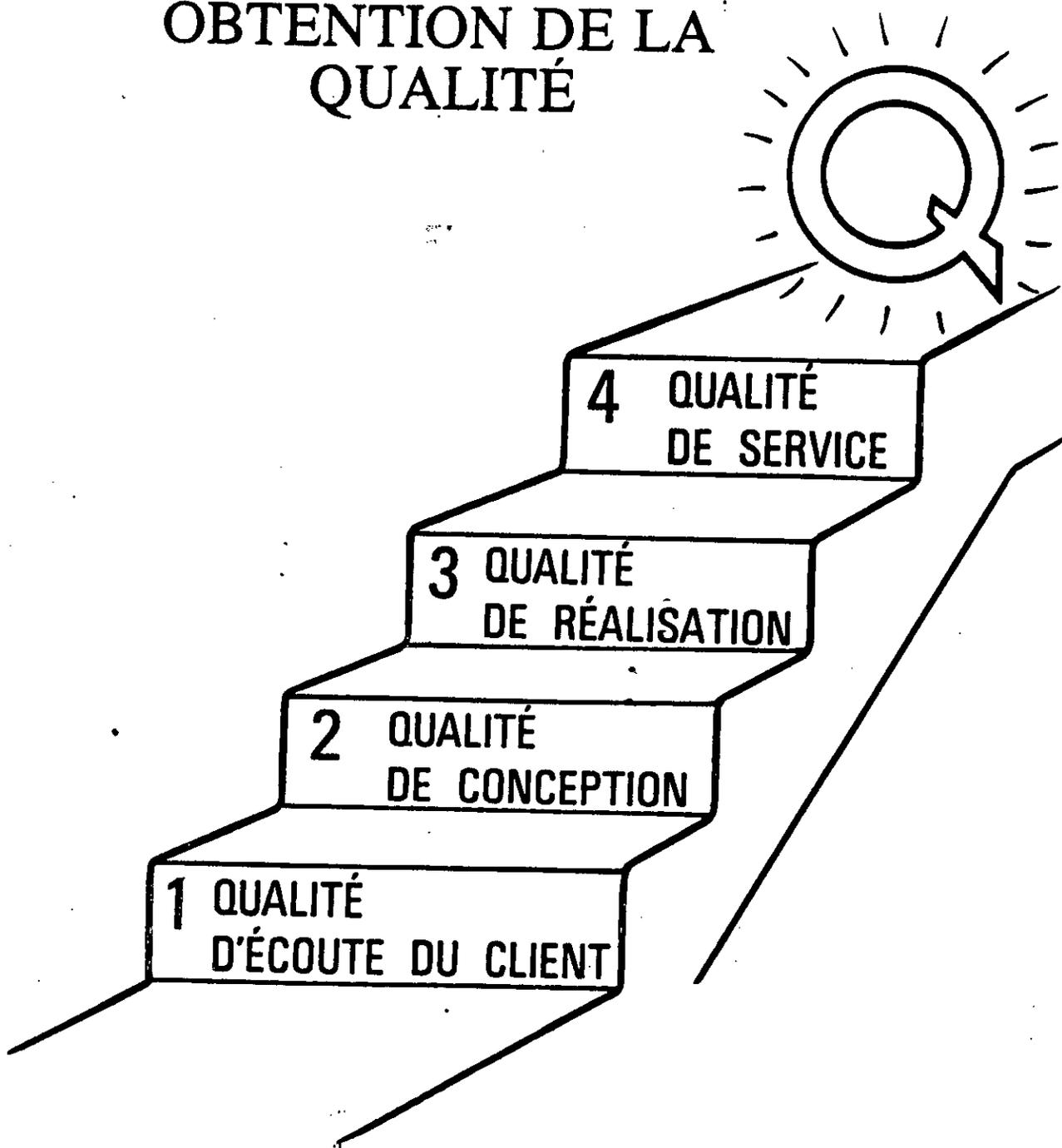


IMPLIQUER L'ENVIRONNEMENT :
FOURNISSEURS, CLIENTS, ...

INSEP

La qualité totale

OBTENTION DE LA QUALITÉ



ANNEXE 2

| | | | | | | | | | |
|-------|------|----------|---------|----------|----|----|------|---------|--|
| ANNEE | MOIS | QUARTIER | ARTICLE | QUANTITE | CD | LS | Fabr | ARTICLE | |
|-------|------|----------|---------|----------|----|----|------|---------|--|

BULLETIN LIVRAISON FOURNISSEUR

DATE : _____ QTE. ANNONCEE : _____

RECEVES-NE TOUCHE : OUI NON

RECONNAISSANCE QUANTITATIVE

CONDITIONNEMENT : _____

TYPE : _____ NO. BREVET : _____

RECEVES-NE TOUCHE : OUI NON

RECEVES-NE TOUCHE : OUI NON

RECEVES-NE TOUCHE : OUI NON

DESIGNATION :

CONTROLE QUALITATIF

QUANTITE
ACCEPTEE

NO. P.V. : _____

DECISION

NOTIF.
ATTENTE
CONTROL

DATE : _____

CALCUL : PRIX UNITAIRE

ECART : STANDARD

PRIX : FACTURE

ANNEXE 3

| N° PIECE | DESIGNATION DE LA PIECE | SECTION | | |
|----------------------------|-------------------------|---------|-------|----|
| 1386 02 | FOURCHETTE 1/AN - 2/3 | 113 | 28460 | 02 |
| Grenailleuse Abragir 282 Y | | | | |

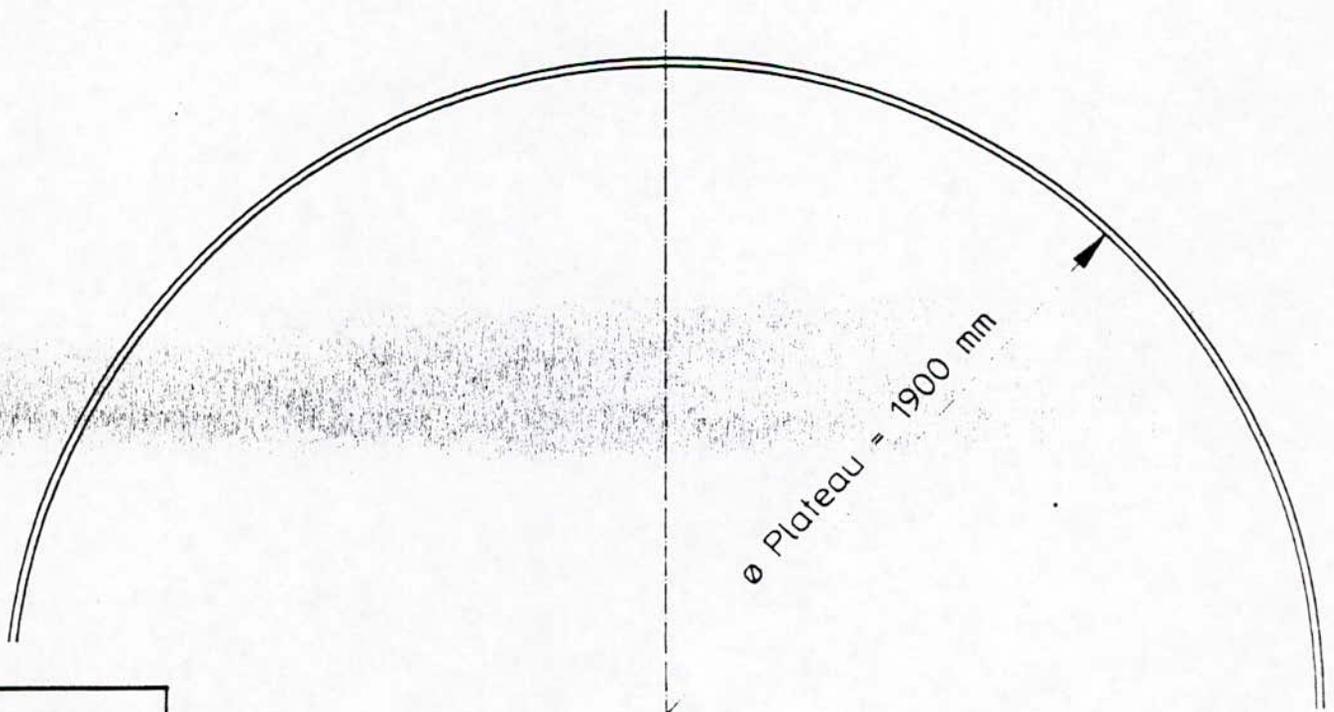
GRENAILLAGE

OUTILLAGE

| Qté | Désignation | Référence | Qté | Désignation | Référence |
|-----|---------------------------|-----------|-----|-----------------------------------|-----------|
| | Grenailage angulaire 4/10 | GP 40 | | Imperatif de sécurité lunettes | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| Caracteristiques Pièces | Caractéristiques de la machine |
|-------------------------|--------------------------------|
| Matière : XC 48 | Poids maxi : 1800 kg |
| Poids : | Hauteur maxi : 1000 mm |
| O maxi : 206 mm | O plateau : 1900 mm |
| L maxi : | Nb. de pièces par plateau : 84 |
| Ep maxi : 48 mm | |

CONTROLE D'EXECUTION VISUEL : Pas de trace de calamine



Conditions Technologiques:

| N° PIECE | DESIGNATION DE LA PIECE | SECTION | Code mach. | | N° d'op. |
|------------------------------|--|-----------|------------|-------|----------|
| 138692 | Fourchette de 1/AR & 2°/3 ^{ème} | 110 | 3215 | 0 | 05 |
| Désignation Machine ou Poste | | T.réglage | T.techno. | U.A.S | co U.T.S |
| Perceuse à colonne GSP 205 * | | 2h30' | | 3.5 | |
| Désignation opération | | | | | |

Perçage - Lamage - Alésage du trou de Réglette ø 20^{H8}

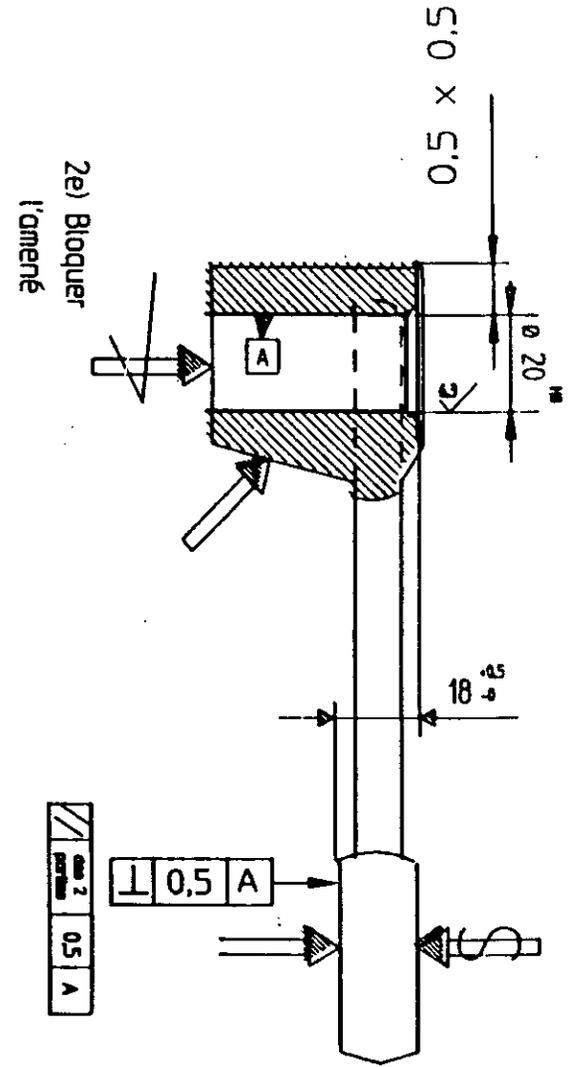
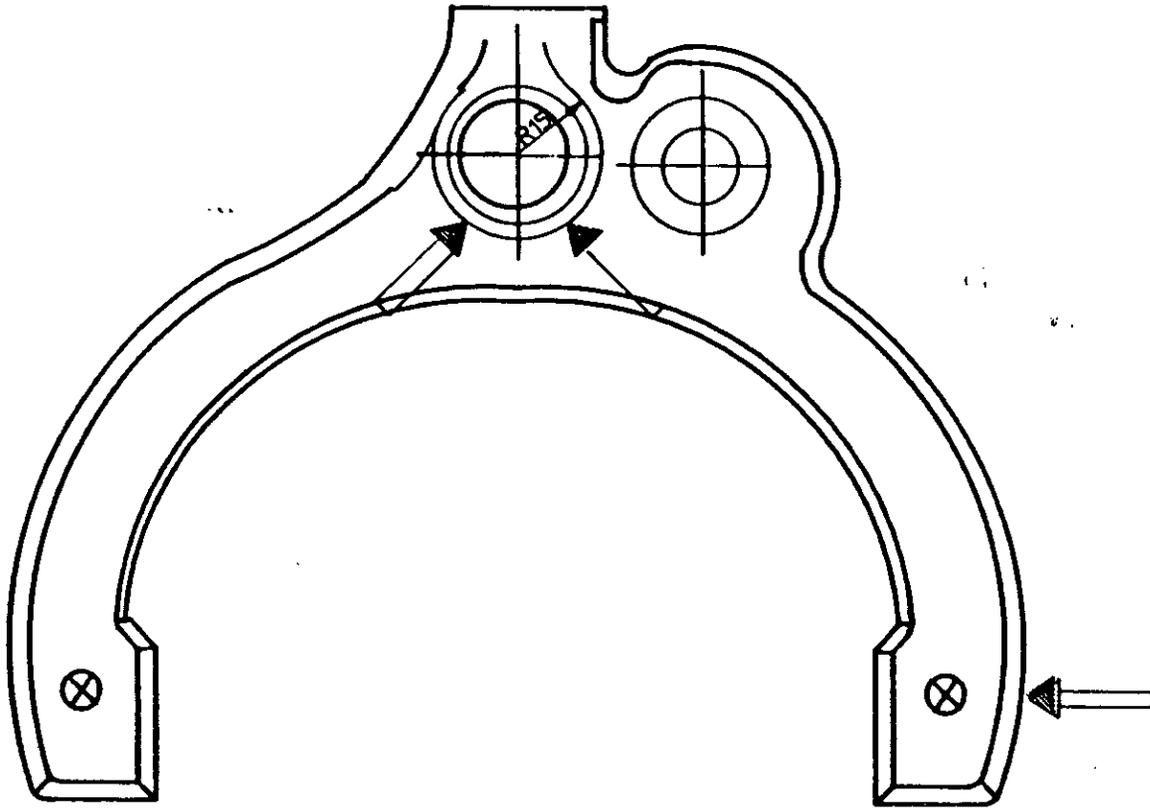
OUTILLAGES

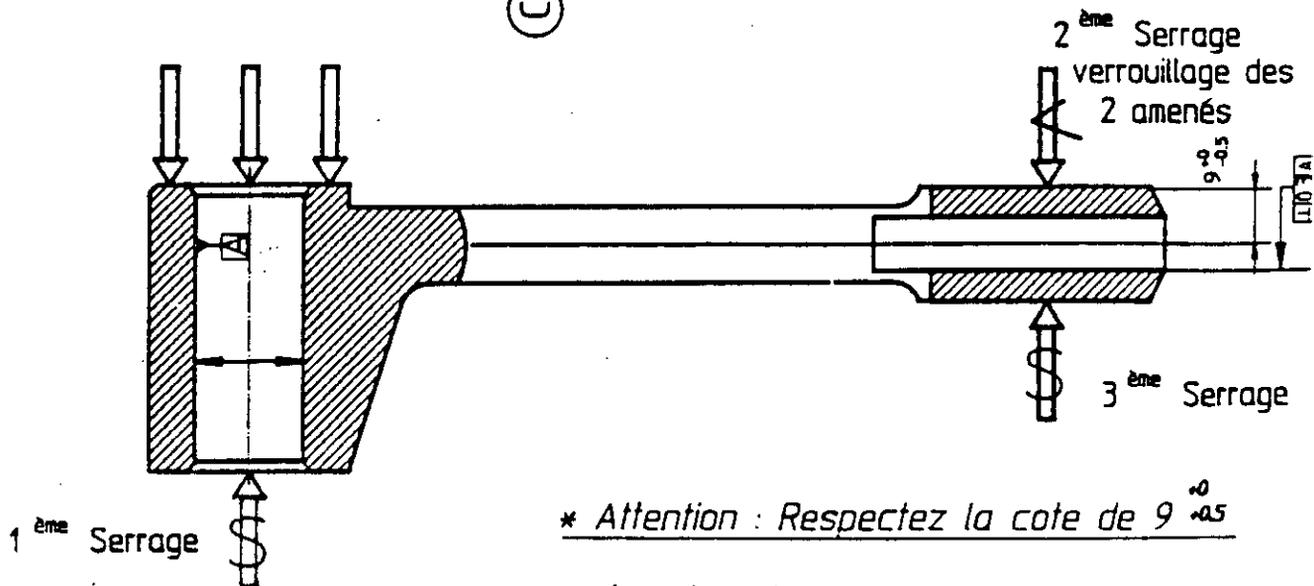
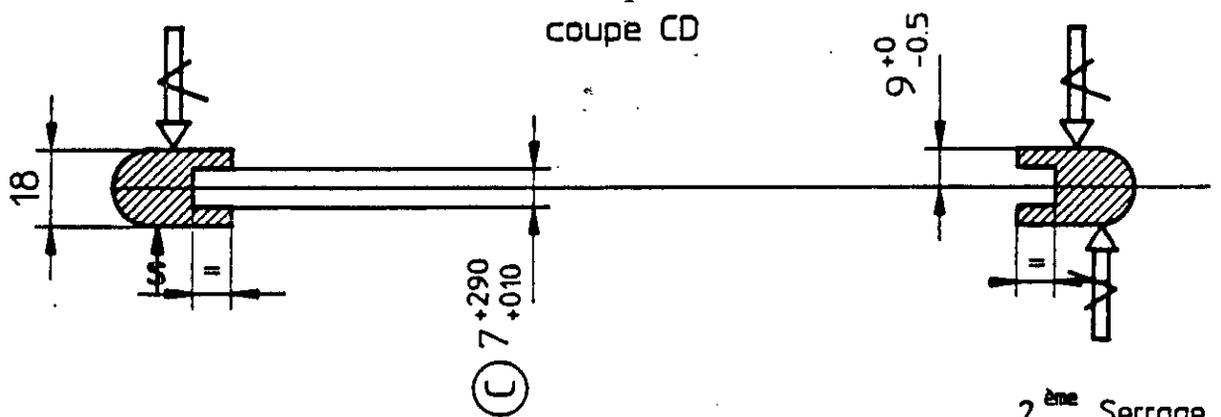
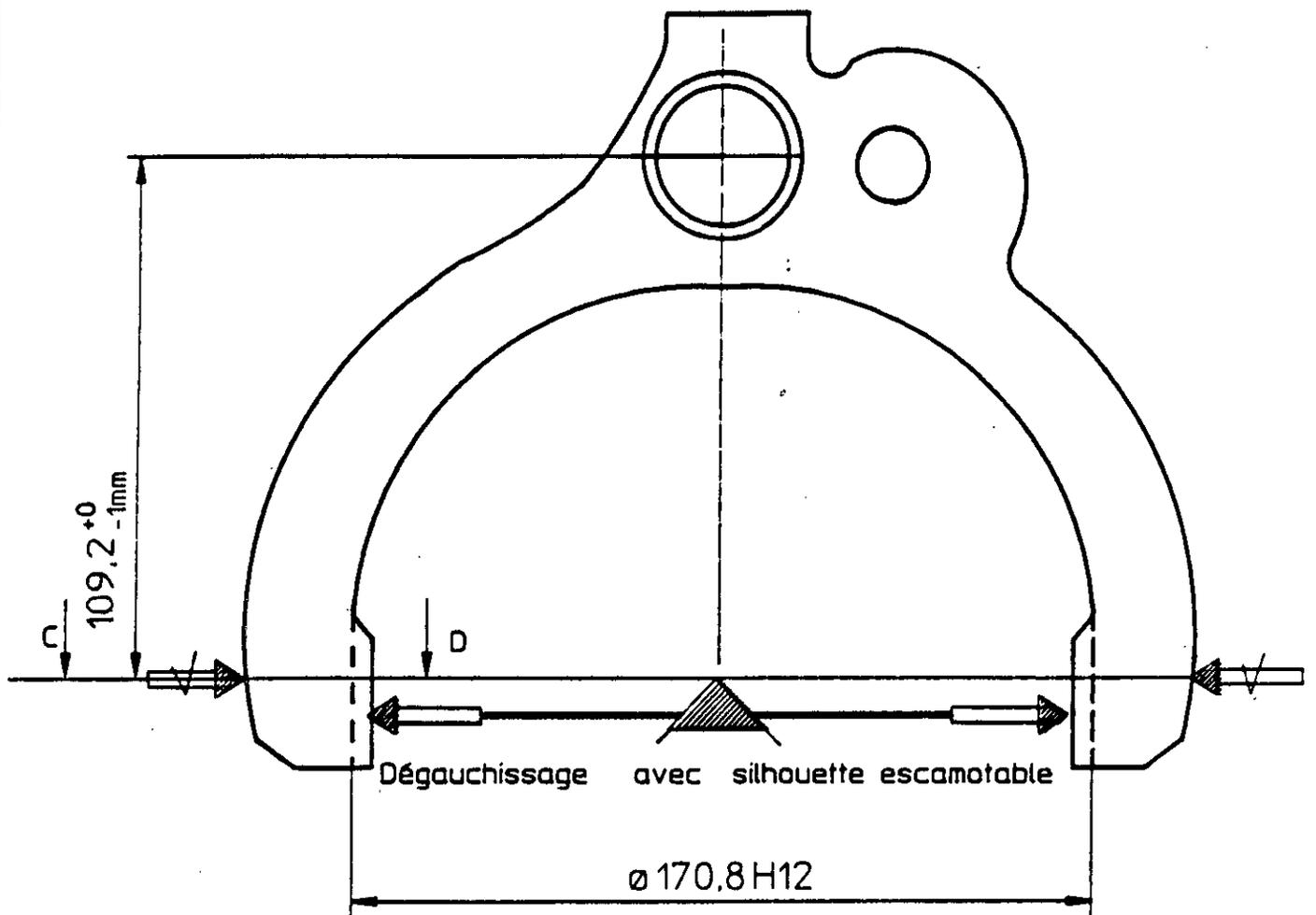
| Qté | Désignation | Référence | Qté | Désignation | Réferenc |
|-----|-----------------------------|--------------|-----|----------------------------------|------------|
| 1 | Montage de perçage | 176008 | 1 | Traçage complet de la pièce | Marbre |
| 1 | Support | 176015 | | selon plan(s.u) avec contrôle | |
| 1 | Bride | 176017 | | parallélisme et perpendicularité | |
| 1 | Goujon | 176018 | | patins et face lamée par rapport | |
| 1 | Ressort O 16 x60 | NLM 44916 | | au O 20 H8 | |
| 1 | Plaque | 176013 | | | |
| 1 | Vé | 176029 | 1 | Contrôle état de surface | Metrologie |
| 3 | Canons O 17,5 19,5 et 20 | 176019/20/21 | 1 | Tampon lisse O 20 H8 | 58111007 |
| 1 | Amplificateur de pression | Eqt.Atelier | 1 | Contrôle cote 18 | Marbre |
| | type latimier | | | pour suite d'usinage | |
| 1 | Vérin junior powelock | Eqt.Atelier | | | |
| | type 3100 | | | | |
| 1 | Mandrin Barnes | 55257003 | | | |
| 1 | Foret O 17,5 | 51322148 | - | | |
| 1 | Foret aléreur O 19,5 | 51423030 | - | | |
| 1 | Aléreur O 20 H8 | 67100 | | | |
| 1 | Fraise à lamer O 50 | 65062 | | | |
| | repère d'affutage 110340510 | | | | |
| 1 | Porte fraise à lamer | 173053 | | | |
| 1 | Guide O 19,5 | 55711172 | | | |
| 1 | Douille de réduction | 55255106 | | | |
| 1 | Foret à pointer | 67284 | | | |
| 1 | | | | | |

| | | | | |
|--------------|------------------------|------------|-------------------|-------------|
| foret ø 17,5 | foret - aléreur ø 19,5 | Lamage ø50 | chanfrein 0,5x0,5 | Alésoir ø20 |
|--------------|------------------------|------------|-------------------|-------------|

| | | | | | |
|----------------------------|-------------|-------------|------------------|-------------|-------------|
| Conditions Technologiques: | 224 0,18 | 320 0,25 | 80 tr/mn main | 160 main | 320 0,18 |
| N°modif. | | | | | |

Nota : Traçage périodique pour suite d'usinage voir plan pièce





* Attention : Respectez la cote de 9⁺⁰_{-0.5}

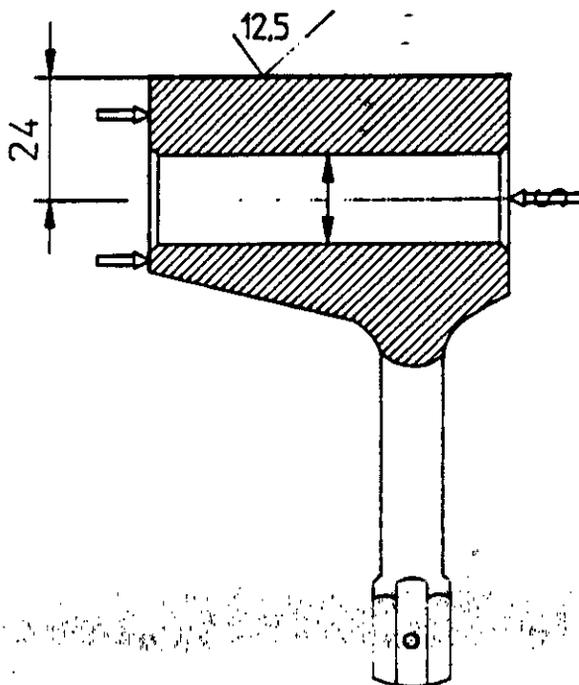
tres importante

| N° PIECE | DESIGNATION DE LA PIECE | SECTION | Code mach. | | N° d'op |
|------------------------------|--|----------|------------|-------|---------|
| 138692 | Fourchette - 1 ^{ère} /AR- 2/3 ^{ème} BX | 110 | 3122 | 1 | 30 |
| Désignation Machine ou Poste | | T.régage | T.techno | U.A.S | U.T.S |
| Fraiseuse Horizontale ALMO | | 1'50 | | | 1'40 |
| Désignation Opération | | | | | |

Fraisage du bossage - Ebavurage pendant la Passe

OUTILLAGES

| Qté | Désignation | Référence | Qté | Désignation | Référence |
|-----|---------------------------|-----------|-----|-----------------------|--------------|
| 1 | Montage de fraisage | 35468 | 1 | Latmier | Eqt. Atelier |
| 1 | Centreur | 35495 | 1 | Manomètre de pression | Eqt. Atelier |
| 1 | Plaque support | 35494 | 1 | Vérin | Eqt. Atelier |
| 1 | Sous ensemble | 35493 | | | |
| 1 | Rondelle | 35476 | | Contrôle cote 24J13 | Marbre |
| 1 | Mandrin porte fraise SA40 | 55225435 | | | |
| 1 | Fraise O 80 | 65743 | | | |
| 6 | Plaquettes | 51243217 | | | |
| 1 | Lime | 52231011 | | | |
| 1 | Manche de lime | 55115103 | | | |



Pression de serrage 5 Bars
vitesse de rotation 400 tr/mn
Avance 100 mm/mn

Conditions
Technologiques

N° modif.

Visas

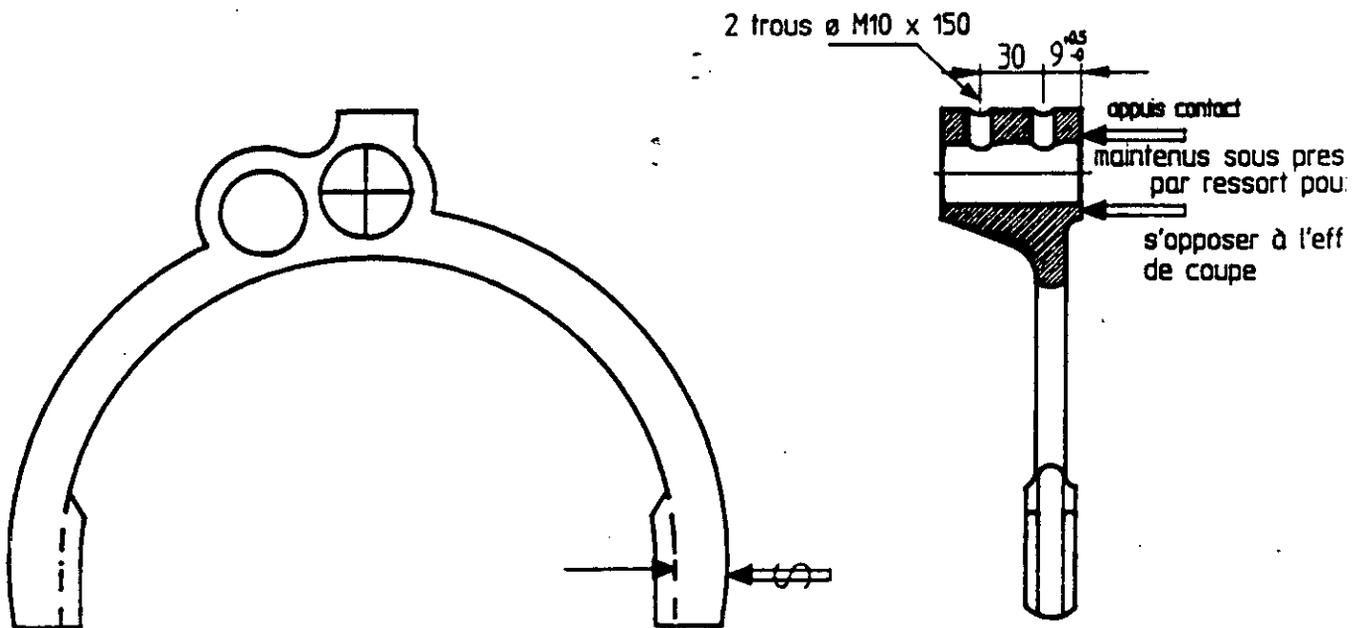
| N°PIECE | DESIGNATION DE LA PIECE | Section | Code Poste | N°d'op. | |
|------------------------------|---|-----------|------------|---------|--------|
| 138692 | Fourchette de 1 ^{ère} AR 2 ^e /3 ^{ème} BX | 110 | 3215 1 | 35 | |
| Désignation Machine ou Poste | | T.réglage | T.techno. | U.A.S. | U.T.S. |
| Perceuse à colonne GSP 205 R | | 0 h50 | 0'70 | 3'00 | 3'00 |

Désignation opération

Perçage chanfrein - taraudage des 2 trous M 10 x 150

OUTILLAGE

| Qté | Désignation | Référence | Qté | Désignation | Référence |
|-----|------------------------------|------------|-----|--------------------------------|-----------|
| 1 | Montage de perçage | 38554 | 1 | Tampon fileté 10 x 150 | 58122-111 |
| 1 | Mandrin EFEM SF46 | 68465 | 1 | Montage de contrôle de la | |
| 1 | Allonge CM1/CM1 | 55 256 101 | | position d'un trou comprenant: | 35522 |
| 1 | Douille porte taraud | 55 251 323 | 1 | Plaque | 35527 |
| 1 | Foret O 14 (Chanfrein) | 51322136 | 1 | Broche fileté | 173177A |
| 1 | Foret O 8,5 | 51322113 | 1 | Coulisseau | 35552 |
| 1 | Taraud 10 x 150 | 51513154 | 1 | Broche | 173180 D |
| 3 | Douilles de réduction CM1CM2 | 55255101 | 1 | Guide | 179173 M |
| 2 | Douilles EFEM E462 | 68466 | | | |
| 1 | Douille EFEM GE 46-2 | 68469 | | | |
| 1 | Douille porte foret | 55251205 | | | |



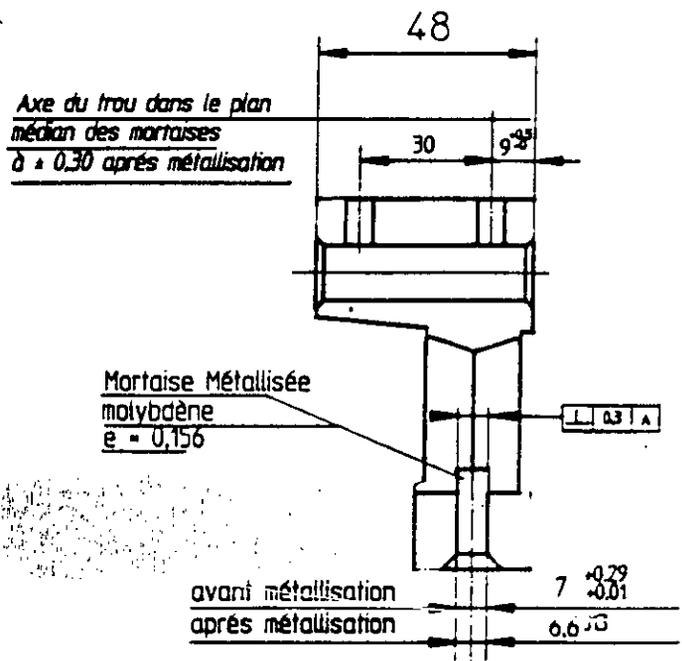
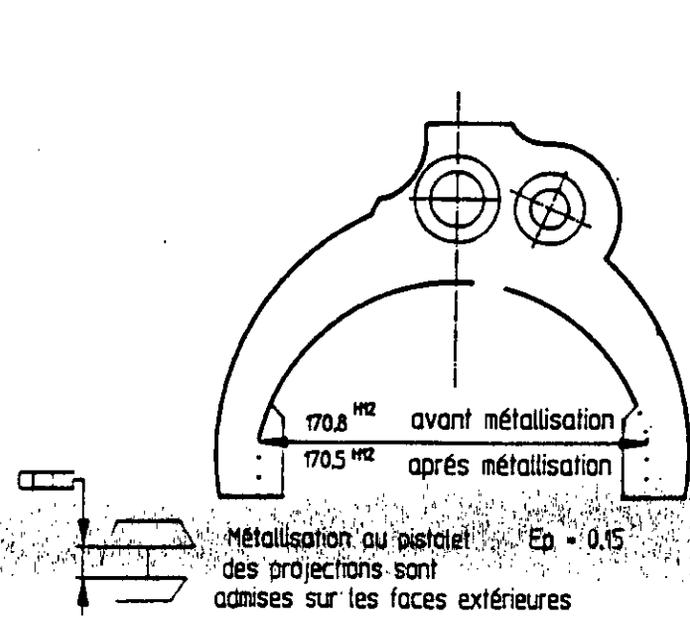
| | | | | |
|-----------------------------------|------------------|---------------|------------|---------------|
| vitesse de coupe affichée sur GSP | REPÈRE | 8 | 22 | 22 |
| | USINAGE | Perçage ø 8,5 | chanfreins | taraudage |
| | Vitesse Rotation | 640 | 224 | 224 tr/mn |
| Conditions Technologiques. | Avance | 0,18 | main | pas (machine) |
| N°modif | | | | |
| Visas | | | | |

| | | | | |
|------------------------------|-------------------------|-----------|------------|-------|
| N° PIECE | DESIGNATION DE LA PIECE | SECTION | Code mach. | N° c |
| 138692 | FOURCHETTE | 116 | 9851 0 | 60 |
| Désignation Machine ou Poste | | T.réglage | T.techno. | U.A.S |
| CABINE METALLISATION | | | | 3.5 |
| Désignation opération | | | | |
| METALLISATION | | | | |

OUTILLAGES

| Qté | Désignation | Référence | Qté | Désignation | Référence |
|-----|---------------------|-----------|-----|--------------------------|-----------|
| | Equipement machine | | | Contrôle | |
| 1 | Montage de contrôle | 35 522 | 1 | Tampon 6,6 J13 | 58111-00 |
| | comprenant : | | 1 | Jauge 170,5 H12 | 87191 |
| 1 | Expansible | 35 545 | | | |
| 1 | Coulisseau | 35 558 | | Impératif de sécurité | |
| 1 | Plaque | 35 527 | | Gants équipement machine | |
| 1 | Broche filetée | 35 534 | | | |
| 1 | Broche | 35 543 | | | |

Caractéristiques pièce
 Matière : XC 48 'f'
 Poids : 0,97 kg
 ø maxi : 182 mm
 Long. maxi : 155 mm



CONTROLES

| | | |
|---------------------------|---|-------------|
| Conditions Technologiques | Dimensionnel | D'exécution |
| | avant métallisation } voir croquis après métallisation } épaisseur du dépôt = 0,15 mm | |
| N°modif. | | |

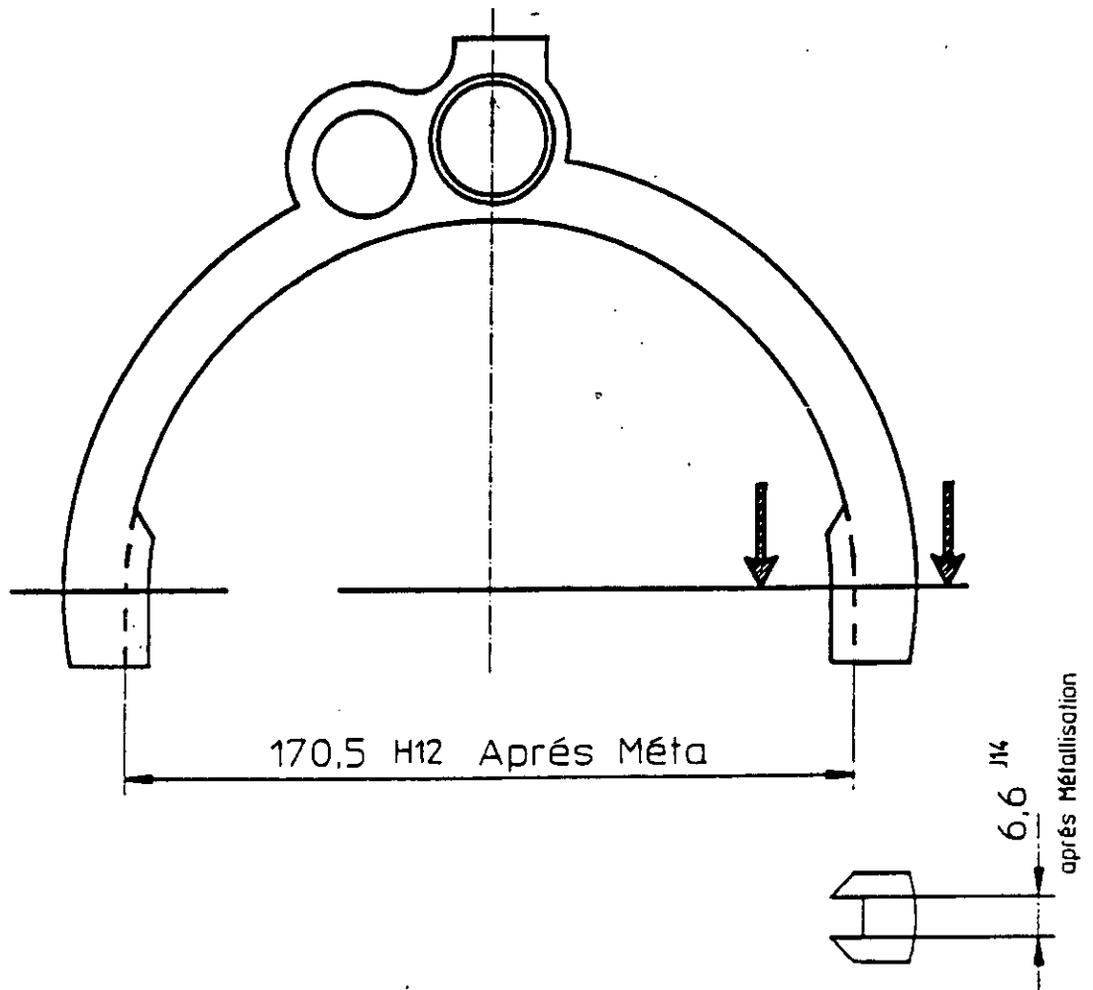
| | | | | | |
|------------------------------|----------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|--|
| 138692 | FOURCHETTE | | 236 | 09800 | |
| Désignation Machine ou poste | | | | | |
| POSTE DE CONTROLE T.T | | | | | |
| N° Brut et Matière | Traitement Thermique | Revetement Protection | Essais Chimiques | Essais Métallurgiques | |
| | | Métallisation Molybdène | | | |

OUTILLAGE

| Qté | Désignation | Référence | Qté | Désignation | Référence |
|-----|---------------------|-----------|-----|-------------|-----------|
| 1 | Tampon 6.6 J14 | 58111-002 | | | |
| 1 | Jauge 170,5 H12 | 87 191 | | | |
| 1 | Montage de contrôle | 35 522 | | | |
| | comprenant : | | | | |
| 1 | Expansible | 35 545 | | | |
| 1 | Coulisseau | 35 558 | | | |
| 1 | Plaque | 35 527 | | | |
| 1 | Broche filetée | 35 534 | | | |
| 1 | Broche | 35 543 | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Matière : XC48 f

Poids : 0,57 kg



Conditions Technologiques:

| Reperes | Instruction de contrôle | Specifications | Outils | Prélevement |
|---------|-------------------------|----------------|--------|-------------|
|---------|-------------------------|----------------|--------|-------------|

Après métallisation :

- Epaisseur de dépôt

0,15

- Contrôle dimensionnel :

* Tampon 6.6 J14

* Montage de contrôle

35 522

ANNEXE 4

| CODE | S | 1 | N | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | R | 7 | L | B |
|---------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|----------------|---|----------------|
| NQ 4 % | n | 0,1 | | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 4 | 6,5 | n | Z ₂ | n | Z ₃ |
| LOT N | | C | | C | C | C | C | C | | C | | C |
| 0 - 20 | Unitaire | | 13 | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 0 | 2 | 0 |
| 21 - 90 | Unitaire | | 20 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 5 | 0 | 2 | 0 |
| 91 - 150 | 80 | 1 | 32 | 1 | 2 | 3 | 3 | 5 | 5 | 0 | 2 | 0 |
| 151 - 500 | 125 | 1 | 32 | 1 | 2 | 3 | 3 | 5 | 5 | 0 | 2 | 0 |
| 501 - 1200 | 125 | 1 | 50 | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 | 0 | 3 | 0 |
| 1201 - 3200 | 125 | 1 | 80 | 1 | 3 | 5 | 7 | 10 | 8 | 0 | 3 | 0 |
| 3201 - 10000 | 125 | 1 | 125 | 2 | 5 | 7 | 9 | 14 | 8 | 0 | 3 | 0 |
| 10001 - 35000 | 500 | 2 | 200 | 3 | 6 | 9 | 13 | 20 | 13 | 0 | 5 | 0 |
| 35001 - ∞ | 500 | 2 | 315 | 3 | 9 | 13 | 19 | 29 | 13 | 0 | 5 | 0 |

Legende

- S : échantillon Sécurité
- N : échantillon Normal
- B : échantillon Reduit-
Métrologie

NQ 4 % : Niveau de qualité acceptable

LOT N : Effectif total des pièces

n : échantillon à contrôler

C : nbre de déf. admissibles

Z₂ : échantillon métrologie

ECHANTILLONNAGE SIMPLE

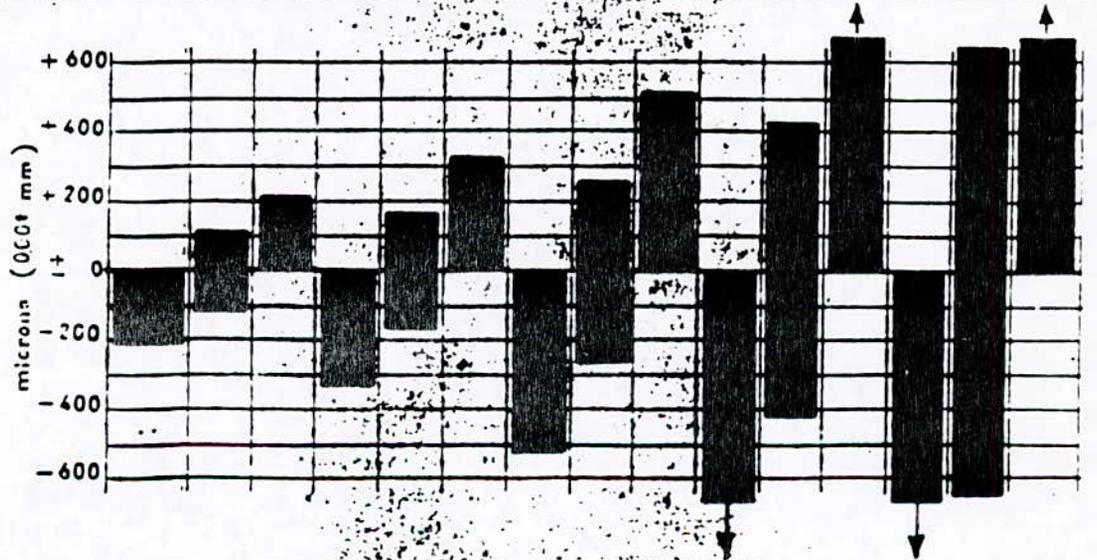
RISQUE : 5%

Extrait MIL STD 105 D

Écartes en microns (1 = 0,001 mm)

| Arbres | a7 | 77 | h7 | j7 | k7 | m7 | n7 | p7 | r7 | s7 | t7 | u7 | (v7) | x7 | (y7) | z7 |
|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|----|-------|------|-------|------|------|
| 1 | -14 | -6 | 0 | 6 | +10 | - | 14 | 16 | +20 | -24 | - | +28 | - | -30 | - | 36 |
| 3 | -24 | -16 | -10 | -6 | 0 | - | 24 | 26 | +30 | -36 | - | +40 | - | -40 | - | 48 |
| 6 | -36 | -24 | -16 | -10 | -6 | 0 | 36 | 38 | +45 | -48 | - | +50 | - | -50 | - | 60 |
| 10 | -50 | -36 | -24 | -16 | -10 | -6 | 50 | 52 | +60 | -60 | - | +65 | - | -65 | - | 80 |
| 14 | -64 | -48 | -36 | -24 | -16 | -10 | 64 | 66 | +75 | -75 | - | +80 | - | -80 | - | 100 |
| 18 | -80 | -60 | -48 | -36 | -24 | -16 | 80 | 82 | +90 | -90 | - | +95 | - | -95 | - | 120 |
| 24 | -100 | -80 | -60 | -48 | -36 | -24 | 100 | 102 | +120 | -120 | - | +125 | - | -125 | - | 150 |
| 30 | -120 | -96 | -72 | -48 | -36 | -24 | 120 | 122 | +150 | -150 | - | +155 | - | -155 | - | 180 |
| 40 | -160 | -120 | -96 | -72 | -48 | -36 | 160 | 162 | +200 | -200 | - | +205 | - | -205 | - | 240 |
| 50 | -200 | -150 | -120 | -96 | -72 | -48 | 200 | 202 | +250 | -250 | - | +255 | - | -255 | - | 300 |
| 60 | -240 | -180 | -144 | -108 | -84 | -60 | 240 | 242 | +300 | -300 | - | +305 | - | -305 | - | 360 |
| 75 | -300 | -225 | -180 | -132 | -108 | -84 | 300 | 302 | +375 | -375 | - | +380 | - | -380 | - | 450 |
| 90 | -360 | -270 | -216 | -168 | -144 | -108 | 360 | 362 | +450 | -450 | - | +455 | - | -455 | - | 540 |
| 108 | -432 | -324 | -252 | -192 | -168 | -144 | 432 | 434 | +540 | -540 | - | +545 | - | -545 | - | 648 |
| 120 | -480 | -360 | -288 | -216 | -180 | -144 | 480 | 482 | +600 | -600 | - | +605 | - | -605 | - | 720 |
| 150 | -600 | -450 | -360 | -270 | -216 | -180 | 600 | 602 | +750 | -750 | - | +755 | - | -755 | - | 900 |
| 180 | -720 | -540 | -432 | -324 | -270 | -216 | 720 | 722 | +900 | -900 | - | +905 | - | -905 | - | 1080 |
| 200 | -800 | -600 | -480 | -360 | -300 | -240 | 800 | 802 | +1000 | -1000 | - | +1005 | - | -1005 | - | 1200 |
| 225 | -900 | -675 | -540 | -408 | -336 | -270 | 900 | 902 | +1125 | -1125 | - | +1130 | - | -1130 | - | 1350 |
| 240 | -960 | -720 | -576 | -432 | -360 | -300 | 960 | 962 | +1200 | -1200 | - | +1205 | - | -1205 | - | 1440 |
| 250 | -1000 | -750 | -600 | -450 | -375 | -300 | 1000 | 1002 | +1250 | -1250 | - | +1255 | - | -1255 | - | 1500 |
| 250 | -110 | -80 | -60 | -48 | -36 | -24 | 110 | 112 | +140 | -140 | - | +145 | - | -145 | - | 168 |
| 250 | -120 | -90 | -72 | -54 | -42 | -30 | 120 | 122 | +150 | -150 | - | +155 | - | -155 | - | 180 |
| 250 | -130 | -96 | -78 | -60 | -48 | -36 | 130 | 132 | +160 | -160 | - | +165 | - | -165 | - | 192 |
| 250 | -140 | -100 | -80 | -64 | -48 | -36 | 140 | 142 | +170 | -170 | - | +175 | - | -175 | - | 204 |
| 250 | -150 | -105 | -84 | -68 | -54 | -42 | 150 | 152 | +180 | -180 | - | +185 | - | -185 | - | 216 |
| 250 | -160 | -110 | -88 | -72 | -58 | -48 | 160 | 162 | +190 | -190 | - | +195 | - | -195 | - | 228 |
| 250 | -170 | -115 | -92 | -76 | -62 | -54 | 170 | 172 | +200 | -200 | - | +205 | - | -205 | - | 240 |
| 250 | -180 | -120 | -96 | -80 | -66 | -60 | 180 | 182 | +210 | -210 | - | +215 | - | -215 | - | 252 |
| 250 | -190 | -125 | -100 | -84 | -72 | -66 | 190 | 192 | +220 | -220 | - | +225 | - | -225 | - | 264 |
| 250 | -200 | -130 | -105 | -88 | -78 | -72 | 200 | 202 | +230 | -230 | - | +235 | - | -235 | - | 276 |
| 250 | -210 | -135 | -110 | -92 | -84 | -78 | 210 | 212 | +240 | -240 | - | +245 | - | -245 | - | 288 |
| 250 | -220 | -140 | -115 | -96 | -90 | -84 | 220 | 222 | +250 | -250 | - | +255 | - | -255 | - | 300 |
| 250 | -230 | -145 | -120 | -100 | -96 | -90 | 230 | 232 | +260 | -260 | - | +265 | - | -265 | - | 312 |
| 250 | -240 | -150 | -125 | -105 | -102 | -96 | 240 | 242 | +270 | -270 | - | +275 | - | -275 | - | 324 |
| 250 | -250 | -155 | -130 | -110 | -108 | -102 | 250 | 252 | +280 | -280 | - | +285 | - | -285 | - | 336 |
| 250 | -260 | -160 | -135 | -115 | -114 | -108 | 260 | 262 | +290 | -290 | - | +295 | - | -295 | - | 348 |
| 250 | -270 | -165 | -140 | -120 | -120 | -114 | 270 | 272 | +300 | -300 | - | +305 | - | -305 | - | 360 |
| 250 | -280 | -170 | -145 | -125 | -126 | -120 | 280 | 282 | +310 | -310 | - | +315 | - | -315 | - | 372 |
| 250 | -290 | -175 | -150 | -130 | -132 | -126 | 290 | 292 | +320 | -320 | - | +325 | - | -325 | - | 384 |
| 250 | -300 | -180 | -155 | -135 | -138 | -132 | 300 | 302 | +330 | -330 | - | +335 | - | -335 | - | 396 |
| 250 | -310 | -185 | -160 | -140 | -144 | -138 | 310 | 312 | +340 | -340 | - | +345 | - | -345 | - | 408 |
| 250 | -320 | -190 | -165 | -145 | -150 | -144 | 320 | 322 | +350 | -350 | - | +355 | - | -355 | - | 420 |
| 250 | -330 | -195 | -170 | -150 | -156 | -150 | 330 | 332 | +360 | -360 | - | +365 | - | -365 | - | 432 |
| 250 | -340 | -200 | -175 | -155 | -162 | -156 | 340 | 342 | +370 | -370 | - | +375 | - | -375 | - | 444 |
| 250 | -350 | -205 | -180 | -160 | -168 | -162 | 350 | 352 | +380 | -380 | - | +385 | - | -385 | - | 456 |
| 250 | -360 | -210 | -185 | -165 | -174 | -168 | 360 | 362 | +390 | -390 | - | +395 | - | -395 | - | 468 |
| 250 | -370 | -215 | -190 | -170 | -180 | -174 | 370 | 372 | +400 | -400 | - | +405 | - | -405 | - | 480 |
| 250 | -380 | -220 | -195 | -175 | -186 | -180 | 380 | 382 | +410 | -410 | - | +415 | - | -415 | - | 492 |
| 250 | -390 | -225 | -200 | -180 | -192 | -186 | 390 | 392 | +420 | -420 | - | +425 | - | -425 | - | 504 |
| 250 | -400 | -230 | -205 | -185 | -198 | -192 | 400 | 402 | +430 | -430 | - | +435 | - | -435 | - | 516 |
| 250 | -410 | -235 | -210 | -190 | -204 | -198 | 410 | 412 | +440 | -440 | - | +445 | - | -445 | - | 528 |
| 250 | -420 | -240 | -215 | -195 | -210 | -204 | 420 | 422 | +450 | -450 | - | +455 | - | -455 | - | 540 |
| 250 | -430 | -245 | -220 | -200 | -216 | -210 | 430 | 432 | +460 | -460 | - | +465 | - | -465 | - | 552 |
| 250 | -440 | -250 | -225 | -205 | -222 | -216 | 440 | 442 | +470 | -470 | - | +475 | - | -475 | - | 564 |
| 250 | -450 | -255 | -230 | -210 | -228 | -222 | 450 | 452 | +480 | -480 | - | +485 | - | -485 | - | 576 |
| 250 | -460 | -260 | -235 | -215 | -234 | -228 | 460 | 462 | +490 | -490 | - | +495 | - | -495 | - | 588 |
| 250 | -470 | -265 | -240 | -220 | -240 | -234 | 470 | 472 | +500 | -500 | - | +505 | - | -505 | - | 600 |
| 250 | -480 | -270 | -245 | -225 | -246 | -240 | 480 | 482 | +510 | -510 | - | +515 | - | -515 | - | 612 |
| 250 | -490 | -275 | -250 | -230 | -252 | -246 | 490 | 492 | +520 | -520 | - | +525 | - | -525 | - | 624 |
| 250 | -500 | -280 | -255 | -235 | -258 | -252 | 500 | 502 | +530 | -530 | - | +535 | - | -535 | - | 636 |
| 250 | -510 | -285 | -260 | -240 | -264 | -258 | 510 | 512 | +540 | -540 | - | +545 | - | -545 | - | 648 |
| 250 | -520 | -290 | -265 | -245 | -270 | -264 | 520 | 522 | +550 | -550 | - | +555 | - | -555 | - | 660 |
| 250 | -530 | -295 | -270 | -250 | -276 | -270 | 530 | 532 | +560 | -560 | - | +565 | - | -565 | - | 672 |
| 250 | -540 | -300 | -275 | -255 | -282 | -276 | 540 | 542 | +570 | -570 | - | +575 | - | -575 | - | 684 |
| 250 | -550 | -305 | -280 | -260 | -288 | -282 | 550 | 552 | +580 | -580 | - | +585 | - | -585 | - | 696 |
| 250 | -560 | -310 | -285 | -265 | -294 | -288 | 560 | 562 | +590 | -590 | - | +595 | - | -595 | - | 708 |
| 250 | -570 | -315 | -290 | -270 | -300 | -294 | 570 | 572 | +600 | -600 | - | +605 | - | -605 | - | 720 |
| 250 | -580 | -320 | -295 | -275 | -306 | -300 | 580 | 582 | +610 | -610 | - | +615 | - | -615 | - | 732 |
| 250 | -590 | -325 | -300 | -280 | -312 | -306 | 590 | 592 | +620 | -620 | - | +625 | - | -625 | - | 744 |
| 250 | -600 | -330 | -305 | -285 | -318 | -312 | 600 | 602 | +630 | -630 | - | +635 | - | -635 | - | 756 |
| 250 | -610 | -335 | -310 | -290 | -324 | -318 | 610 | 612 | +640 | -640 | - | +645 | - | -645 | - | 768 |
| 250 | -620 | -340 | -315 | -295 | -330 | -324 | 620 | 622 | +650 | -650 | - | +655 | - | -655 | - | 780 |
| 250 | -630 | -345 | -320 | -300 | -336 | -330 | 630 | 632 | +660 | -660 | - | +665 | - | -665 | - | 792 |
| 250 | -640 | -350 | -325 | -305 | -342 | -336 | 640 | 642 | +670 | -670 | - | +675 | - | -675 | - | 804 |
| 250 | -650 | -355 | -330 | -310 | -348 | -342 | 650 | 652 | +680 | -680 | - | +685 | - | -685 | - | 816 |
| 250 | -660 | -360 | -335 | -315 | -354 | -348 | 660 | 662 | +690 | -690 | - | +695 | - | -695 | - | 828 |
| 250 | -670 | -365 | -340 | -320 | -360 | -354 | 670 | 672 | +700 | -700 | - | +705 | - | -705 | - | 840 |
| 250 | -680 | -370 | -345 | -325 | -366 | -360 | 680 | 682 | +710 | -710 | - | +715 | - | -715 | - | 852 |
| 250 | -690 | -375 | -350 | -330 | -372 | -366 | 690 | 692 | +720 | -720 | - | +725 | - | -725 | - | 864 |
| 250 | -700 | -380 | -355 | -335 | -378 | -372 | 700 | 702 | +730 | -730 | - | +735 | - | -735 | - | 876 |
| 250 | -710 | -385 | -360 | -340 | -384 | -378 | 710 | 712 | +740 | -740 | - | +745 | - | -745 | - | 888 |
| 250 | -720 | -390 | -365 | -345 | -390 | -384 | 720 | 722 | +750 | -750 | - | +755 | - | -755 | - | 900 |
| 250 | -730 | -395 | -370 | -350 | -396 | -390 | 730 | 732 | +760 | -760 | - | +765 | - | -765 | - | 912 |
| 250 | -740 | -400 | -375 | -355 | -402 | -396 | 740 | 742 | +770 | -770 | - | +775 | - | -775 | - | 924 |
| 250 | -750 | -405 | -380 | -360 | -408 | -402 | 750 | 752 | +780 | -780 | - | +785 | - | -785 | - | 936 |
| 250 | -760 | -410 | -385 | -365 | -414 | -408 | 760 | 762 | +790 | -790 | - | +795 | - | -795 | - | 948 |
| 250 | -770 | -415 | -390 | -370 | -420 | -414 | 770 | 772 | +800 | -800 | - | +805 | - | -805 | - | 960 |
| 250 | -780 | -420 | -395 | -375 | -426 | -420 | 780 | 782 | +810 | -810 | - | +815 | - | -815 | - | 972 |
| 250 | -790 | -425 | -400 | -380 | -432 | -426 | 790 | 792 | +820 | -820 | - | +825 | - | -825 | - | 984 |
| 250 | -800 | -430 | -405 | -385 | -438 | -432 | 800 | 802 | +830 | -830 | - | +835 | - | -835 | - | 996 |
| 250 | -810 | -435 | -410 | -390 | -444 | -438 | 810 | 812 | +840 | -840 | - | +845 | - | -84 | | |

| Arbres | J12 | | k12 | | h12 | | j12 | | k12 | | h12 | | j12 | | k12 | |
|--------|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|
| | mm | µ |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 66 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 74 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 76 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 78 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 84 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 86 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 88 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

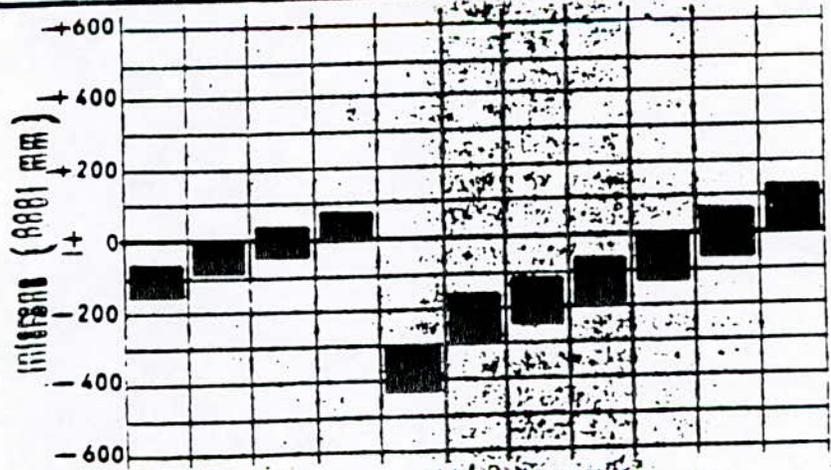


Le graphique correspond aux dimensions nominales de 24 à 30 mm

12 Signifie : au delà de 1 mm (exclus) / ou depuis 1,001 (inclus)
18 Signifie : jusqu'à 3 mm (inclus) / ou jusqu'à 3,000 (inclus)

Écarta en microns (1/1000 mm)

| Arbres | d10 | h10 | f10 | k10 | a11 | b11 | c11 | d11 | e11 | f11 | g11 |
|--------|------|------|------|------|-------|-------|-----|-----|------|------|------|
| 1 | -20 | -6 | -20 | -40 | -270 | -300 | -30 | -20 | 0 | +20 | +60 |
| 3 | -60 | -40 | -20 | -6 | -230 | -260 | -30 | -20 | -20 | -20 | +0 |
| 3 | -20 | -6 | -24 | -40 | -270 | -300 | -70 | -20 | -20 | +20 | +70 |
| 6 | -70 | -40 | -24 | -6 | -240 | -270 | -40 | -20 | -70 | -27 | +0 |
| 6 | -40 | -6 | -25 | -50 | -260 | -300 | -20 | -40 | -20 | +40 | +90 |
| 10 | -60 | -50 | -20 | -6 | -270 | -300 | -70 | -20 | -20 | -40 | +0 |
| 10 | -60 | -6 | -20 | +70 | -260 | -300 | -20 | -20 | -20 | +50 | +110 |
| 14 | -120 | -70 | -20 | -6 | -400 | -500 | -20 | -20 | -110 | -70 | +0 |
| 14 | -60 | -6 | -20 | +70 | -260 | -300 | -20 | -20 | -20 | +0 | +110 |
| 18 | -120 | -70 | -20 | -6 | -400 | -500 | -20 | -20 | -110 | -55 | +0 |
| 18 | -60 | -6 | -42 | -50 | -260 | -300 | -20 | -20 | -20 | +0 | +130 |
| 24 | -140 | -80 | -40 | -6 | -430 | -500 | -20 | -20 | -120 | -60 | +0 |
| 24 | -60 | -6 | -40 | +50 | -260 | -300 | -20 | -20 | -20 | +0 | +130 |
| 30 | -140 | -80 | -40 | -6 | -430 | -500 | -20 | -20 | -120 | -60 | +0 |
| 30 | -60 | -6 | -50 | -100 | -270 | -310 | -20 | -20 | -20 | +0 | +100 |
| 40 | -100 | -100 | -50 | -6 | -470 | -500 | -20 | -20 | -100 | -60 | +0 |
| 40 | -60 | -6 | -50 | -100 | -270 | -310 | -20 | -20 | -20 | +0 | +100 |
| 50 | -100 | -100 | -50 | -6 | -400 | -500 | -20 | -20 | -100 | -60 | +0 |
| 50 | -100 | -6 | -60 | -100 | -240 | -300 | -20 | -20 | -20 | +0 | +100 |
| 60 | -200 | -120 | -60 | -6 | -530 | -600 | -20 | -20 | -100 | -60 | +0 |
| 60 | -100 | -6 | -60 | +100 | -260 | -300 | -20 | -20 | -20 | +0 | +100 |
| 60 | -200 | -120 | -60 | -6 | -530 | -600 | -20 | -20 | -100 | -60 | +0 |
| 80 | -120 | -6 | -70 | +100 | -260 | -300 | -20 | -20 | -20 | +0 | +100 |
| 100 | -200 | -140 | -70 | -6 | -600 | -700 | -20 | -20 | -200 | -110 | +0 |
| 100 | -120 | -6 | -70 | +100 | -410 | -500 | -20 | -20 | -20 | +0 | +110 |
| 120 | -200 | -140 | -70 | -6 | -630 | -700 | -20 | -20 | -20 | -110 | +0 |
| 120 | -140 | -6 | -80 | +100 | -400 | -500 | -20 | -20 | -20 | +0 | +120 |
| 140 | -200 | -160 | -80 | -6 | -710 | -800 | -20 | -20 | -20 | -120 | +0 |
| 140 | -140 | -6 | -80 | +100 | -500 | -600 | -20 | -20 | -20 | +0 | +120 |
| 160 | -200 | -160 | -80 | -6 | -770 | -800 | -20 | -20 | -20 | -120 | +0 |
| 160 | -140 | -6 | -80 | +100 | -500 | -600 | -20 | -20 | -20 | +0 | +120 |
| 180 | -200 | -160 | -80 | -6 | -830 | -900 | -20 | -20 | -20 | -120 | +0 |
| 180 | -140 | -6 | -80 | +100 | -500 | -600 | -20 | -20 | -20 | +0 | +120 |
| 200 | -200 | -180 | -80 | -6 | -900 | -1000 | -20 | -20 | -20 | -140 | +0 |
| 200 | -170 | -6 | -90 | +100 | -700 | -800 | -20 | -20 | -20 | +0 | +140 |
| 225 | -250 | -180 | -90 | -6 | -1000 | -1100 | -20 | -20 | -20 | -140 | +0 |
| 225 | -170 | -6 | -90 | +100 | -800 | -900 | -20 | -20 | -20 | +0 | +140 |
| 250 | -250 | -180 | -90 | -6 | -1100 | -1200 | -20 | -20 | -20 | -140 | +0 |
| 250 | -170 | -6 | -90 | +100 | -900 | -1000 | -20 | -20 | -20 | +0 | +140 |
| 280 | -300 | -210 | -100 | -6 | -1200 | -1300 | -20 | -20 | -20 | -160 | +0 |
| 280 | -190 | -6 | -100 | +110 | -1000 | -1100 | -20 | -20 | -20 | +0 | +160 |
| 300 | -300 | -210 | -100 | -6 | -1300 | -1400 | -20 | -20 | -20 | -160 | +0 |
| 300 | -190 | -6 | -100 | +110 | -1000 | -1100 | -20 | -20 | -20 | +0 | +160 |
| 315 | -300 | -210 | -100 | -6 | -1370 | -1400 | -20 | -20 | -20 | -160 | +0 |
| 315 | -190 | -6 | -100 | +110 | -1000 | -1100 | -20 | -20 | -20 | +0 | +160 |
| 350 | -350 | -230 | -110 | -6 | -1500 | -1600 | -20 | -20 | -20 | -180 | +0 |
| 350 | -210 | -6 | -110 | +120 | -1200 | -1300 | -20 | -20 | -20 | +0 | +180 |
| 400 | -400 | -230 | -110 | -6 | -1700 | -1800 | -20 | -20 | -20 | -180 | +0 |
| 400 | -230 | -6 | -110 | +120 | -1400 | -1500 | -20 | -20 | -20 | +0 | +180 |
| 450 | -450 | -250 | -120 | -6 | -1900 | -2000 | -20 | -20 | -20 | -200 | +0 |
| 450 | -270 | -6 | -120 | +130 | -1600 | -1700 | -20 | -20 | -20 | +0 | +200 |
| 500 | -450 | -250 | -120 | -6 | -2000 | -2100 | -20 | -20 | -20 | -200 | +0 |
| 500 | -270 | -6 | -120 | +130 | -1800 | -1900 | -20 | -20 | -20 | +0 | +200 |

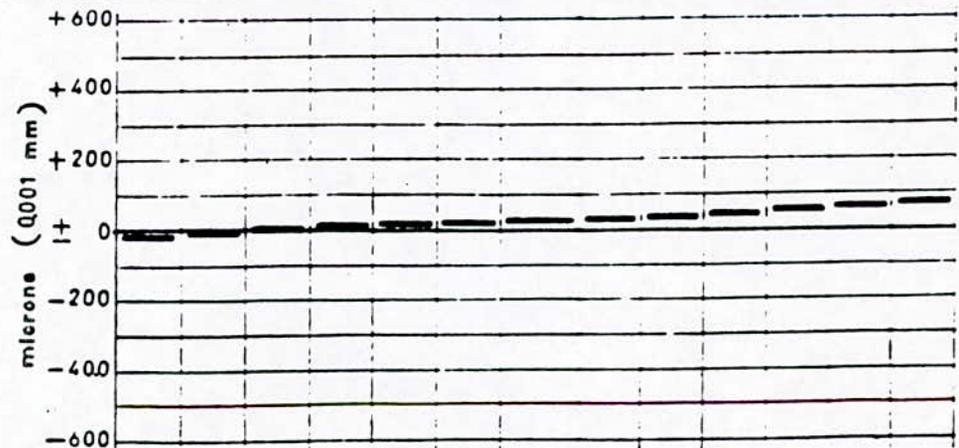


Le graphique correspond aux dimensions nominales de 24 à 30 mm.

Signifie : au delà de 1 mm (exclus) / jusqu'à 3 mm (inclus) / depuis 1,001 (inclus) / jusqu'à 3,000 (inclus)

Écart en microns (1 / - 0,001 mm)

| Arbres | g5 | h5 | j5 | k5 | m5 | n5 | p5 | r5 | s5 | t5 | u5 | (v5) | x5 |
|--------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3 | -2 | -6 | -2 | +4 | -6 | -8 | -10 | -14 | -18 | -22 | -26 | -30 | -34 |
| 3 | -4 | -8 | -3 | +6 | -8 | -13 | -18 | -24 | -30 | -36 | -42 | -48 | -54 |
| 6 | -8 | -16 | -6 | +12 | -16 | -26 | -36 | -48 | -60 | -72 | -84 | -96 | -108 |
| 10 | -14 | -28 | -10 | +20 | -28 | -46 | -64 | -84 | -108 | -132 | -156 | -180 | -204 |
| 14 | -20 | -40 | -14 | +28 | -40 | -68 | -96 | -128 | -168 | -204 | -240 | -276 | -312 |
| 18 | -26 | -52 | -18 | +36 | -52 | -90 | -128 | -176 | -228 | -276 | -324 | -372 | -420 |
| 24 | -34 | -68 | -24 | +48 | -68 | -120 | -176 | -240 | -312 | -384 | -456 | -528 | -600 |
| 30 | -42 | -84 | -30 | +60 | -84 | -150 | -216 | -288 | -372 | -456 | -540 | -624 | -708 |
| 40 | -56 | -112 | -40 | +80 | -112 | -200 | -288 | -384 | -496 | -600 | -712 | -824 | -936 |
| 50 | -70 | -140 | -50 | +100 | -140 | -250 | -360 | -480 | -612 | -732 | -852 | -972 | -1092 |
| 60 | -84 | -168 | -60 | +120 | -168 | -300 | -432 | -576 | -720 | -864 | -1008 | -1152 | -1296 |
| 80 | -112 | -224 | -80 | +160 | -224 | -400 | -576 | -768 | -960 | -1152 | -1344 | -1536 | -1728 |
| 100 | -140 | -280 | -100 | +200 | -280 | -500 | -720 | -960 | -1200 | -1440 | -1680 | -1920 | -2160 |
| 120 | -168 | -336 | -120 | +240 | -336 | -600 | -864 | -1152 | -1440 | -1728 | -2016 | -2304 | -2592 |
| 140 | -196 | -392 | -140 | +280 | -392 | -700 | -1008 | -1344 | -1680 | -2016 | -2352 | -2688 | -3024 |
| 160 | -224 | -448 | -160 | +320 | -448 | -800 | -1152 | -1536 | -1920 | -2304 | -2688 | -3072 | -3456 |
| 180 | -252 | -504 | -180 | +360 | -504 | -900 | -1312 | -1728 | -2160 | -2604 | -3048 | -3492 | -3936 |
| 200 | -280 | -560 | -200 | +400 | -560 | -1000 | -1440 | -1920 | -2400 | -2880 | -3360 | -3840 | -4320 |
| 220 | -308 | -616 | -220 | +440 | -616 | -1100 | -1584 | -2112 | -2640 | -3168 | -3696 | -4224 | -4752 |
| 240 | -336 | -672 | -240 | +480 | -672 | -1200 | -1728 | -2304 | -2880 | -3408 | -3936 | -4464 | -4992 |
| 260 | -364 | -728 | -260 | +520 | -728 | -1300 | -1872 | -2496 | -3120 | -3648 | -4176 | -4704 | -5232 |
| 280 | -392 | -784 | -280 | +560 | -784 | -1400 | -2016 | -2736 | -3360 | -3888 | -4416 | -4944 | -5472 |
| 300 | -420 | -840 | -300 | +600 | -840 | -1500 | -2160 | -2928 | -3600 | -4128 | -4656 | -5184 | -5712 |
| 320 | -448 | -896 | -320 | +640 | -896 | -1600 | -2304 | -3120 | -3840 | -4368 | -4896 | -5424 | -5952 |
| 340 | -476 | -952 | -340 | +680 | -952 | -1700 | -2448 | -3312 | -4080 | -4608 | -5136 | -5664 | -6192 |
| 360 | -504 | -1008 | -360 | +720 | -1008 | -1800 | -2592 | -3504 | -4320 | -4848 | -5376 | -5904 | -6432 |
| 380 | -532 | -1064 | -380 | +760 | -1064 | -1900 | -2736 | -3696 | -4560 | -5088 | -5616 | -6144 | -6672 |
| 400 | -560 | -1120 | -400 | +800 | -1120 | -2000 | -2880 | -3888 | -4800 | -5328 | -5856 | -6384 | -6912 |
| 420 | -588 | -1176 | -420 | +840 | -1176 | -2100 | -3024 | -4080 | -5040 | -5568 | -6096 | -6624 | -7152 |
| 440 | -616 | -1232 | -440 | +880 | -1232 | -2200 | -3168 | -4272 | -5280 | -5796 | -6324 | -6852 | -7380 |
| 460 | -644 | -1288 | -460 | +920 | -1288 | -2300 | -3312 | -4464 | -5472 | -5976 | -6504 | -7032 | -7560 |
| 480 | -672 | -1344 | -480 | +960 | -1344 | -2400 | -3456 | -4656 | -5680 | -6176 | -6704 | -7232 | -7760 |
| 500 | -700 | -1400 | -500 | +1000 | -1400 | -2500 | -3600 | -4848 | -5880 | -6368 | -6896 | -7424 | -7952 |



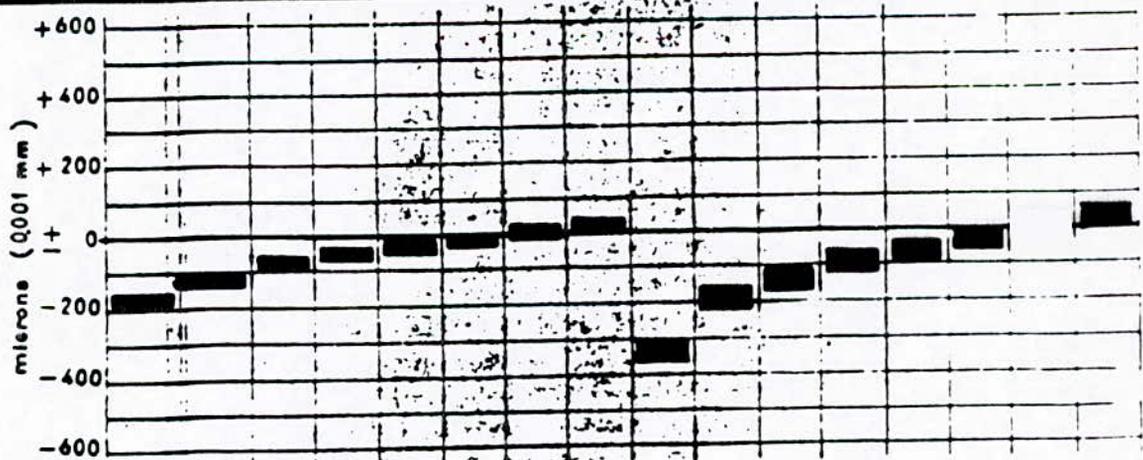
Le graphique correspond aux dimensions nominales de 24 à 30 mm.

* 1 / Signifie : au delà de 1 mm (exclusif) depuis 1,001 (microns)
 * 3 / Signifie : jusqu'à 3 mm (inclusif) jusqu'à 3,000 (microns)

Écarte en microns (1 µ = 0,001 mm)

| Arbres | b2 | d2 | d8 | d8 | h2 | h2 | h2 | h2 | h2 | h2 | h2 | h2 | h2 | h2 | h2 | h2 | h2 | h2 |
|--------|------|------|-----|-----|----|----|----|-----|------|------|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 3 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 6 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 10 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 14 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 18 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 24 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 30 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 40 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 50 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 60 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 75 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 90 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 100 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 120 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 140 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 160 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 180 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 200 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 225 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 250 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 280 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 300 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 315 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 355 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 400 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 450 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |
| 500 | -148 | -148 | -38 | -14 | -6 | -6 | -7 | -14 | -170 | -148 | -68 | -68 | -14 | -6 | -13 | -25 | -25 | -25 |

Cote nominale en mm *

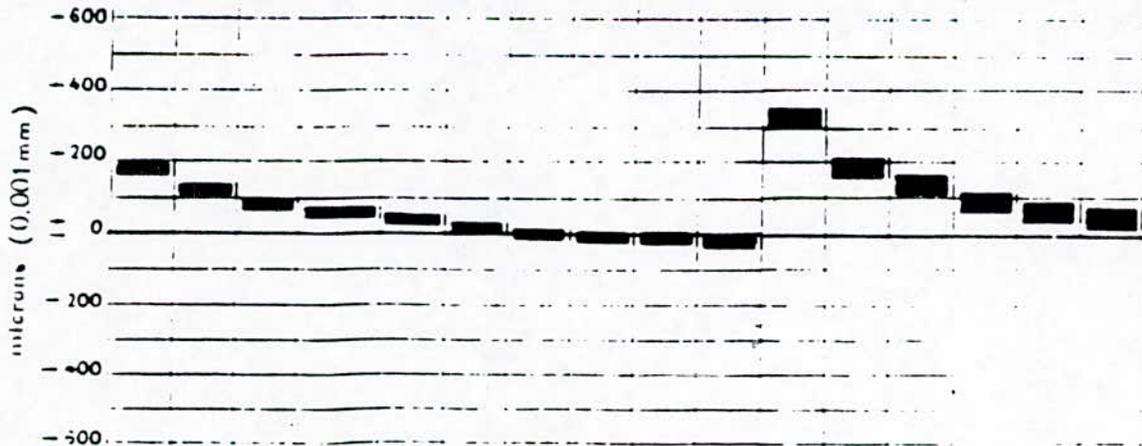


Le graphique correspond aux dimensions nominales de 24 à 30 mm

Signifie : au delà de 1 mm (exclus) ou depuis 1,001 (inclus)
jusqu'à 3 mm (inclus) ou jusqu'à 3,000 (inclus)

Écarte en microns (1 µ = 0,001 mm)

| Alésages | Qualité 8 | | | | | | | | | | Qualité 9 | | | | | | | | | |
|----------|-----------|------|------|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----------|------|------|-----|-----|----|----|-----|----|--|
| | BB | CS | DS | ES | FS | HS | JS | KS | MS | NS | A9 | B9 | C9 | D9 | E9 | F9 | H9 | J9 | N9 | |
| 11 | -184 | -74 | -34 | 28 | -20 | -14 | 6 | -0 | - | -4 | 295 | -168 | 88 | -48 | 39 | 31 | 28 | -12 | | |
| 31 | -140 | 80 | -29 | 14 | -8 | 0 | -8 | -14 | - | -18 | 270 | -140 | -60 | 20 | 14 | 6 | 0 | 13 | | |
| 37 | -188 | 88 | -48 | 38 | -28 | -18 | -10 | +5 | +2 | -2 | 300 | -170 | -100 | 80 | 50 | 40 | 30 | 18 | | |
| 61 | -140 | 70 | -38 | 20 | -10 | 0 | -8 | -13 | -16 | -20 | 270 | -140 | 70 | 30 | 20 | 10 | 0 | -18 | | |
| 61 | -172 | -102 | -62 | 47 | -38 | -22 | -12 | 8 | 1 | -3 | 318 | -188 | -118 | 78 | 61 | 48 | 38 | -18 | | |
| 101 | -180 | -80 | -48 | 35 | 13 | 0 | -10 | -16 | -21 | -25 | 280 | -160 | -80 | 40 | 25 | 13 | 0 | 18 | | |
| 101 | -177 | -122 | -77 | 89 | 43 | -27 | -18 | 8 | 2 | -3 | 323 | -193 | -138 | 83 | 75 | 59 | 43 | -21 | | |
| 141 | -160 | 88 | -50 | 32 | 18 | 0 | -12 | -18 | -25 | -30 | 290 | -160 | 98 | 60 | 32 | 18 | 0 | 22 | | |
| 141 | -177 | -122 | -77 | 89 | 43 | -27 | -18 | 8 | 2 | -3 | 323 | -193 | -138 | 83 | 75 | 59 | 43 | -21 | | |
| 181 | -160 | 88 | -50 | 32 | 18 | 0 | -12 | -18 | -25 | -30 | 290 | -160 | 98 | 60 | 32 | 18 | 0 | 22 | | |
| 181 | -193 | -143 | -84 | 73 | 63 | 33 | 20 | 10 | 4 | -3 | 352 | -212 | -162 | 117 | 92 | 72 | 52 | -28 | | |
| 241 | -160 | 110 | -65 | 40 | 20 | 0 | 13 | 23 | 29 | 38 | 300 | -180 | -110 | 85 | 40 | 20 | 0 | 28 | | |
| 241 | -193 | -143 | -84 | 73 | 63 | 33 | 20 | 10 | 4 | -3 | 352 | -212 | -162 | 117 | 92 | 72 | 52 | -28 | | |
| 301 | -160 | -110 | -65 | 40 | 20 | 0 | 13 | -23 | -29 | -38 | 300 | -180 | -110 | 85 | 40 | 20 | 0 | 28 | | |
| 301 | -208 | -158 | -118 | 85 | 64 | 39 | -24 | 12 | 6 | -3 | 372 | -232 | -182 | 142 | 112 | — | — | — | | |
| 401 | -170 | -120 | -80 | 80 | 25 | 0 | -15 | -27 | -34 | -42 | 310 | -170 | -120 | 80 | 60 | — | — | — | | |
| 401 | -218 | -168 | -118 | 89 | 64 | 39 | 24 | 12 | 6 | -3 | 382 | -242 | -192 | 142 | 112 | — | — | — | | |
| 501 | -180 | -130 | -80 | 80 | 25 | 0 | -15 | -27 | -34 | -42 | 320 | -180 | -130 | 80 | 60 | — | — | — | | |
| 501 | -238 | -188 | -138 | 90 | 68 | 48 | 28 | 14 | 8 | -4 | 414 | -264 | -214 | 174 | 134 | — | — | — | | |
| 681 | -190 | -140 | -90 | 80 | 30 | 0 | -18 | -32 | -41 | -50 | 340 | -190 | -140 | 100 | 80 | — | — | — | | |
| 681 | -248 | -198 | -148 | 90 | 68 | 48 | 28 | 14 | 8 | -4 | 434 | -274 | -224 | 174 | 134 | — | — | — | | |
| 801 | -200 | -150 | -100 | 80 | 30 | 0 | -18 | -32 | -41 | -50 | 360 | -200 | -150 | 100 | 80 | — | — | — | | |
| 801 | -274 | -224 | -174 | 92 | 72 | 54 | 34 | 18 | 8 | -4 | 487 | -307 | -257 | 207 | 159 | — | — | — | | |
| 1001 | -220 | -170 | -120 | 72 | 38 | 0 | -20 | -38 | -48 | -58 | 380 | -220 | -170 | 120 | 72 | — | — | — | | |
| 1001 | -284 | -234 | -184 | 90 | 64 | 34 | 18 | 8 | -4 | -4 | 487 | -327 | -277 | 207 | 159 | — | — | — | | |
| 1201 | -240 | -180 | -130 | 72 | 38 | 0 | -20 | -38 | -48 | -58 | 410 | -240 | -180 | 120 | 72 | — | — | — | | |
| 1201 | -323 | -263 | -208 | 98 | 78 | 63 | 41 | 20 | 8 | -4 | 660 | -380 | -300 | 246 | 185 | — | — | — | | |
| 1401 | -260 | -200 | -145 | 85 | 43 | 0 | -22 | -43 | -55 | -67 | 460 | -260 | -200 | 146 | 85 | — | — | — | | |
| 1401 | -343 | -273 | -208 | 98 | 78 | 63 | 41 | 20 | 8 | -4 | 620 | -380 | -310 | 246 | 185 | — | — | — | | |
| 1801 | -280 | -210 | -146 | 85 | 43 | 0 | -22 | -43 | -55 | -67 | 520 | -280 | -210 | 146 | 85 | — | — | — | | |
| 1801 | -373 | -293 | -208 | 98 | 78 | 63 | 41 | 20 | 8 | -4 | 680 | -410 | -330 | 266 | 185 | — | — | — | | |
| 1801 | -310 | -230 | -146 | 85 | 43 | 0 | -22 | -43 | -55 | -67 | 580 | -310 | -230 | 146 | 85 | — | — | — | | |
| 1801 | -412 | -312 | -242 | 92 | 72 | 72 | 47 | 22 | 9 | -6 | 775 | -455 | -355 | 285 | 215 | — | — | — | | |
| 2001 | -340 | -240 | -170 | 80 | 50 | 0 | -25 | -50 | -63 | -77 | 660 | -340 | -240 | 170 | 100 | — | — | — | | |
| 2001 | -452 | -332 | -242 | 92 | 72 | 72 | 47 | 22 | 9 | -6 | 885 | -495 | -375 | 285 | 215 | — | — | — | | |
| 2281 | -380 | -280 | -170 | 80 | 50 | 0 | -25 | -50 | -63 | -77 | 740 | -380 | -280 | 170 | 100 | — | — | — | | |
| 2281 | -482 | -382 | -242 | 92 | 72 | 72 | 47 | 22 | 9 | -6 | 935 | -535 | -395 | 285 | 215 | — | — | — | | |
| 2501 | -420 | -280 | -170 | 80 | 50 | 0 | -25 | -50 | -63 | -77 | 820 | -420 | -280 | 170 | 100 | — | — | — | | |
| 2501 | -581 | -381 | -271 | 92 | 72 | 81 | 55 | 25 | 9 | -5 | 1050 | -610 | -430 | 320 | 240 | — | — | — | | |
| 2801 | -480 | -300 | -190 | 80 | 50 | 0 | -25 | -50 | -63 | -77 | 920 | -480 | -300 | 190 | 110 | — | — | — | | |
| 2801 | -621 | -411 | -271 | 92 | 72 | 81 | 55 | 25 | 9 | -5 | 1180 | -670 | -450 | 320 | 240 | — | — | — | | |
| 3151 | -640 | -330 | -190 | 80 | 50 | 0 | -25 | -50 | -63 | -77 | 1080 | -640 | -330 | 190 | 110 | — | — | — | | |
| 3151 | -689 | -449 | -289 | 92 | 72 | 89 | 60 | 28 | 11 | -5 | 1340 | -740 | -500 | 350 | 265 | — | — | — | | |
| 3551 | -600 | -380 | -210 | 80 | 50 | 0 | -25 | -50 | -63 | -77 | 1200 | -600 | -380 | 210 | 125 | — | — | — | | |
| 3551 | -789 | -489 | -299 | 92 | 72 | 89 | 60 | 28 | 11 | -5 | 1490 | -820 | -540 | 350 | 265 | — | — | — | | |
| 4001 | -680 | -400 | -218 | 80 | 50 | 0 | -25 | -50 | -63 | -77 | 1350 | -680 | -400 | 210 | 125 | — | — | — | | |
| 4001 | -857 | -537 | -327 | 92 | 72 | 97 | 68 | 29 | 11 | -8 | 1655 | -915 | -635 | 385 | 290 | — | — | — | | |
| 4801 | -780 | -440 | -230 | 80 | 50 | 0 | -31 | -68 | -88 | -103 | 1800 | -780 | -440 | 230 | 135 | — | — | — | | |
| 4801 | -937 | -577 | -327 | 92 | 72 | 97 | 68 | 29 | 11 | -8 | 1805 | -995 | -635 | 385 | 290 | — | — | — | | |
| 5001 | -840 | -480 | -230 | 80 | 50 | 0 | -31 | -68 | -88 | -103 | 1850 | -840 | -480 | 230 | 135 | — | — | — | | |

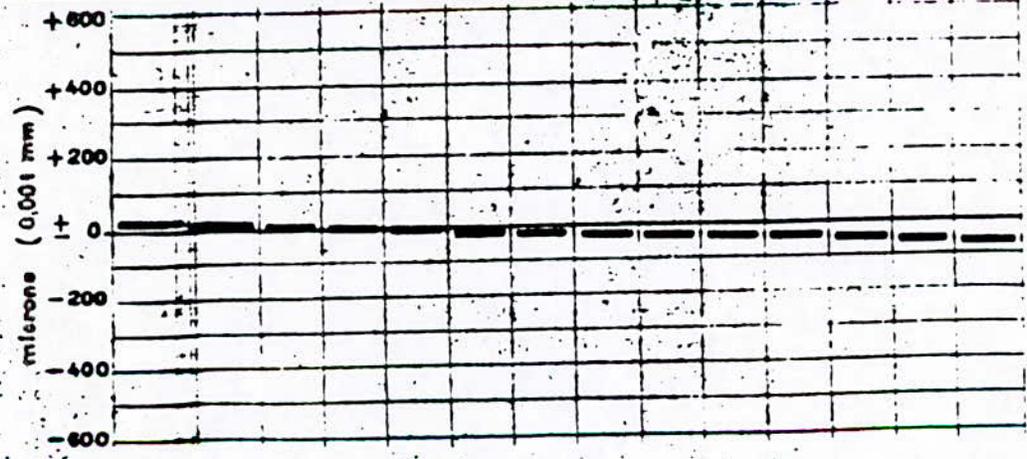


Le graphique correspond aux dimensions nominales de 24 à 30 mm

1 au delà de 1 mm (exclusif) depuis 1,001 (inclusif)
3 Serrine jusqu'à 3 mm (inclusif) jusqu'à 3,000 (inclusif)

Écartis en microns (1 µ = 0,001 mm)

| Alésages | PS | CS | HS | J4 | KA | MS | NS | PS | RS | TS | US | (VS) | X6 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | +0,02 | +0,03 | +0,04 | +0,02 | 0 | -0,02 | -0,04 | -0,06 | -0,08 | -0,10 | -0,12 | -0,14 | -0,16 |
| 2 | +0,03 | +0,04 | +0,05 | +0,03 | -0,01 | -0,03 | -0,05 | -0,07 | -0,09 | -0,11 | -0,13 | -0,15 | -0,17 |
| 3 | +0,04 | +0,05 | +0,06 | +0,04 | -0,02 | -0,04 | -0,06 | -0,08 | -0,10 | -0,12 | -0,14 | -0,16 | -0,18 |
| 4 | +0,05 | +0,06 | +0,07 | +0,05 | -0,03 | -0,05 | -0,07 | -0,09 | -0,11 | -0,13 | -0,15 | -0,17 | -0,19 |
| 5 | +0,06 | +0,07 | +0,08 | +0,06 | -0,04 | -0,06 | -0,08 | -0,10 | -0,12 | -0,14 | -0,16 | -0,18 | -0,20 |
| 6 | +0,07 | +0,08 | +0,09 | +0,07 | -0,05 | -0,07 | -0,09 | -0,11 | -0,13 | -0,15 | -0,17 | -0,19 | -0,21 |
| 7 | +0,08 | +0,09 | +0,10 | +0,08 | -0,06 | -0,08 | -0,10 | -0,12 | -0,14 | -0,16 | -0,18 | -0,20 | -0,22 |
| 8 | +0,09 | +0,10 | +0,11 | +0,09 | -0,07 | -0,09 | -0,11 | -0,13 | -0,15 | -0,17 | -0,19 | -0,21 | -0,23 |
| 9 | +0,10 | +0,11 | +0,12 | +0,10 | -0,08 | -0,10 | -0,12 | -0,14 | -0,16 | -0,18 | -0,20 | -0,22 | -0,24 |
| 10 | +0,11 | +0,12 | +0,13 | +0,11 | -0,09 | -0,11 | -0,13 | -0,15 | -0,17 | -0,19 | -0,21 | -0,23 | -0,25 |
| 12 | +0,13 | +0,14 | +0,15 | +0,13 | -0,11 | -0,13 | -0,15 | -0,17 | -0,19 | -0,21 | -0,23 | -0,25 | -0,27 |
| 14 | +0,15 | +0,16 | +0,17 | +0,15 | -0,13 | -0,15 | -0,17 | -0,19 | -0,21 | -0,23 | -0,25 | -0,27 | -0,29 |
| 16 | +0,17 | +0,18 | +0,19 | +0,17 | -0,15 | -0,17 | -0,19 | -0,21 | -0,23 | -0,25 | -0,27 | -0,29 | -0,31 |
| 18 | +0,19 | +0,20 | +0,21 | +0,19 | -0,17 | -0,19 | -0,21 | -0,23 | -0,25 | -0,27 | -0,29 | -0,31 | -0,33 |
| 20 | +0,21 | +0,22 | +0,23 | +0,21 | -0,19 | -0,21 | -0,23 | -0,25 | -0,27 | -0,29 | -0,31 | -0,33 | -0,35 |
| 24 | +0,25 | +0,26 | +0,27 | +0,25 | -0,23 | -0,25 | -0,27 | -0,29 | -0,31 | -0,33 | -0,35 | -0,37 | -0,39 |
| 28 | +0,29 | +0,30 | +0,31 | +0,29 | -0,27 | -0,29 | -0,31 | -0,33 | -0,35 | -0,37 | -0,39 | -0,41 | -0,43 |
| 32 | +0,33 | +0,34 | +0,35 | +0,33 | -0,31 | -0,33 | -0,35 | -0,37 | -0,39 | -0,41 | -0,43 | -0,45 | -0,47 |
| 36 | +0,37 | +0,38 | +0,39 | +0,37 | -0,35 | -0,37 | -0,39 | -0,41 | -0,43 | -0,45 | -0,47 | -0,49 | -0,51 |
| 40 | +0,41 | +0,42 | +0,43 | +0,41 | -0,39 | -0,41 | -0,43 | -0,45 | -0,47 | -0,49 | -0,51 | -0,53 | -0,55 |
| 45 | +0,46 | +0,47 | +0,48 | +0,46 | -0,44 | -0,46 | -0,48 | -0,50 | -0,52 | -0,54 | -0,56 | -0,58 | -0,60 |
| 50 | +0,51 | +0,52 | +0,53 | +0,51 | -0,49 | -0,51 | -0,53 | -0,55 | -0,57 | -0,59 | -0,61 | -0,63 | -0,65 |
| 56 | +0,57 | +0,58 | +0,59 | +0,57 | -0,55 | -0,57 | -0,59 | -0,61 | -0,63 | -0,65 | -0,67 | -0,69 | -0,71 |
| 63 | +0,64 | +0,65 | +0,66 | +0,64 | -0,62 | -0,64 | -0,66 | -0,68 | -0,70 | -0,72 | -0,74 | -0,76 | -0,78 |
| 70 | +0,71 | +0,72 | +0,73 | +0,71 | -0,69 | -0,71 | -0,73 | -0,75 | -0,77 | -0,79 | -0,81 | -0,83 | -0,85 |
| 78 | +0,79 | +0,80 | +0,81 | +0,79 | -0,77 | -0,79 | -0,81 | -0,83 | -0,85 | -0,87 | -0,89 | -0,91 | -0,93 |
| 86 | +0,87 | +0,88 | +0,89 | +0,87 | -0,85 | -0,87 | -0,89 | -0,91 | -0,93 | -0,95 | -0,97 | -0,99 | -1,01 |
| 95 | +0,96 | +0,97 | +0,98 | +0,96 | -0,94 | -0,96 | -0,98 | -1,00 | -1,02 | -1,04 | -1,06 | -1,08 | -1,10 |
| 105 | +1,06 | +1,07 | +1,08 | +1,06 | -1,04 | -1,06 | -1,08 | -1,10 | -1,12 | -1,14 | -1,16 | -1,18 | -1,20 |
| 115 | +1,16 | +1,17 | +1,18 | +1,16 | -1,14 | -1,16 | -1,18 | -1,20 | -1,22 | -1,24 | -1,26 | -1,28 | -1,30 |
| 125 | +1,26 | +1,27 | +1,28 | +1,26 | -1,24 | -1,26 | -1,28 | -1,30 | -1,32 | -1,34 | -1,36 | -1,38 | -1,40 |
| 135 | +1,36 | +1,37 | +1,38 | +1,36 | -1,34 | -1,36 | -1,38 | -1,40 | -1,42 | -1,44 | -1,46 | -1,48 | -1,50 |
| 145 | +1,46 | +1,47 | +1,48 | +1,46 | -1,44 | -1,46 | -1,48 | -1,50 | -1,52 | -1,54 | -1,56 | -1,58 | -1,60 |
| 155 | +1,56 | +1,57 | +1,58 | +1,56 | -1,54 | -1,56 | -1,58 | -1,60 | -1,62 | -1,64 | -1,66 | -1,68 | -1,70 |
| 165 | +1,66 | +1,67 | +1,68 | +1,66 | -1,64 | -1,66 | -1,68 | -1,70 | -1,72 | -1,74 | -1,76 | -1,78 | -1,80 |
| 175 | +1,76 | +1,77 | +1,78 | +1,76 | -1,74 | -1,76 | -1,78 | -1,80 | -1,82 | -1,84 | -1,86 | -1,88 | -1,90 |
| 185 | +1,86 | +1,87 | +1,88 | +1,86 | -1,84 | -1,86 | -1,88 | -1,90 | -1,92 | -1,94 | -1,96 | -1,98 | -2,00 |
| 195 | +1,96 | +1,97 | +1,98 | +1,96 | -1,94 | -1,96 | -1,98 | -2,00 | -2,02 | -2,04 | -2,06 | -2,08 | -2,10 |
| 205 | +2,06 | +2,07 | +2,08 | +2,06 | -2,04 | -2,06 | -2,08 | -2,10 | -2,12 | -2,14 | -2,16 | -2,18 | -2,20 |
| 215 | +2,16 | +2,17 | +2,18 | +2,16 | -2,14 | -2,16 | -2,18 | -2,20 | -2,22 | -2,24 | -2,26 | -2,28 | -2,30 |
| 225 | +2,26 | +2,27 | +2,28 | +2,26 | -2,24 | -2,26 | -2,28 | -2,30 | -2,32 | -2,34 | -2,36 | -2,38 | -2,40 |
| 235 | +2,36 | +2,37 | +2,38 | +2,36 | -2,34 | -2,36 | -2,38 | -2,40 | -2,42 | -2,44 | -2,46 | -2,48 | -2,50 |
| 245 | +2,46 | +2,47 | +2,48 | +2,46 | -2,44 | -2,46 | -2,48 | -2,50 | -2,52 | -2,54 | -2,56 | -2,58 | -2,60 |
| 255 | +2,56 | +2,57 | +2,58 | +2,56 | -2,54 | -2,56 | -2,58 | -2,60 | -2,62 | -2,64 | -2,66 | -2,68 | -2,70 |
| 265 | +2,66 | +2,67 | +2,68 | +2,66 | -2,64 | -2,66 | -2,68 | -2,70 | -2,72 | -2,74 | -2,76 | -2,78 | -2,80 |
| 275 | +2,76 | +2,77 | +2,78 | +2,76 | -2,74 | -2,76 | -2,78 | -2,80 | -2,82 | -2,84 | -2,86 | -2,88 | -2,90 |
| 285 | +2,86 | +2,87 | +2,88 | +2,86 | -2,84 | -2,86 | -2,88 | -2,90 | -2,92 | -2,94 | -2,96 | -2,98 | -3,00 |
| 295 | +2,96 | +2,97 | +2,98 | +2,96 | -2,94 | -2,96 | -2,98 | -3,00 | -3,02 | -3,04 | -3,06 | -3,08 | -3,10 |
| 305 | +3,06 | +3,07 | +3,08 | +3,06 | -3,04 | -3,06 | -3,08 | -3,10 | -3,12 | -3,14 | -3,16 | -3,18 | -3,20 |
| 315 | +3,16 | +3,17 | +3,18 | +3,16 | -3,14 | -3,16 | -3,18 | -3,20 | -3,22 | -3,24 | -3,26 | -3,28 | -3,30 |
| 325 | +3,26 | +3,27 | +3,28 | +3,26 | -3,24 | -3,26 | -3,28 | -3,30 | -3,32 | -3,34 | -3,36 | -3,38 | -3,40 |
| 335 | +3,36 | +3,37 | +3,38 | +3,36 | -3,34 | -3,36 | -3,38 | -3,40 | -3,42 | -3,44 | -3,46 | -3,48 | -3,50 |
| 345 | +3,46 | +3,47 | +3,48 | +3,46 | -3,44 | -3,46 | -3,48 | -3,50 | -3,52 | -3,54 | -3,56 | -3,58 | -3,60 |
| 355 | +3,56 | +3,57 | +3,58 | +3,56 | -3,54 | -3,56 | -3,58 | -3,60 | -3,62 | -3,64 | -3,66 | -3,68 | -3,70 |
| 365 | +3,66 | +3,67 | +3,68 | +3,66 | -3,64 | -3,66 | -3,68 | -3,70 | -3,72 | -3,74 | -3,76 | -3,78 | -3,80 |
| 375 | +3,76 | +3,77 | +3,78 | +3,76 | -3,74 | -3,76 | -3,78 | -3,80 | -3,82 | -3,84 | -3,86 | -3,88 | -3,90 |
| 385 | +3,86 | +3,87 | +3,88 | +3,86 | -3,84 | -3,86 | -3,88 | -3,90 | -3,92 | -3,94 | -3,96 | -3,98 | -4,00 |
| 395 | +3,96 | +3,97 | +3,98 | +3,96 | -3,94 | -3,96 | -3,98 | -4,00 | -4,02 | -4,04 | -4,06 | -4,08 | -4,10 |
| 405 | +4,06 | +4,07 | +4,08 | +4,06 | -4,04 | -4,06 | -4,08 | -4,10 | -4,12 | -4,14 | -4,16 | -4,18 | -4,20 |
| 415 | +4,16 | +4,17 | +4,18 | +4,16 | -4,14 | -4,16 | -4,18 | -4,20 | -4,22 | -4,24 | -4,26 | -4,28 | -4,30 |
| 425 | +4,26 | +4,27 | +4,28 | +4,26 | -4,24 | -4,26 | -4,28 | -4,30 | -4,32 | -4,34 | -4,36 | -4,38 | -4,40 |
| 435 | +4,36 | +4,37 | +4,38 | +4,36 | -4,34 | -4,36 | -4,38 | -4,40 | -4,42 | -4,44 | -4,46 | -4,48 | -4,50 |
| 445 | +4,46 | +4,47 | +4,48 | +4,46 | -4,44 | -4,46 | -4,48 | -4,50 | -4,52 | -4,54 | -4,56 | -4,58 | -4,60 |
| 455 | +4,56 | +4,57 | +4,58 | +4,56 | -4,54 | -4,56 | -4,58 | -4,60 | -4,62 | -4,64 | -4,66 | -4,68 | -4,70 |
| 465 | +4,66 | +4,67 | +4,68 | +4,66 | -4,64 | -4,66 | -4,68 | -4,70 | -4,72 | -4,74 | -4,76 | -4,78 | -4,80 |
| 475 | +4,76 | +4,77 | +4,78 | +4,76 | -4,74 | -4,76 | -4,78 | -4,80 | -4,82 | -4,84 | -4,86 | -4,88 | -4,90 |
| 485 | +4,86 | +4,87 | +4,88 | +4,86 | -4,84 | -4,86 | -4,88 | -4,90 | -4,92 | -4,94 | -4,96 | -4,98 | -5,00 |
| 495 | +4,96 | +4,97 | +4,98 | +4,96 | -4,94 | -4,96 | -4,98 | -5,00 | -5,02 | -5,04 | -5,06 | -5,08 | -5,10 |
| 505 | +5,06 | +5,07 | +5,08 | +5,06 | -5,04 | -5,06 | -5,08 | -5,10 | -5,12 | -5,14 | -5,16 | -5,18 | -5,20 |



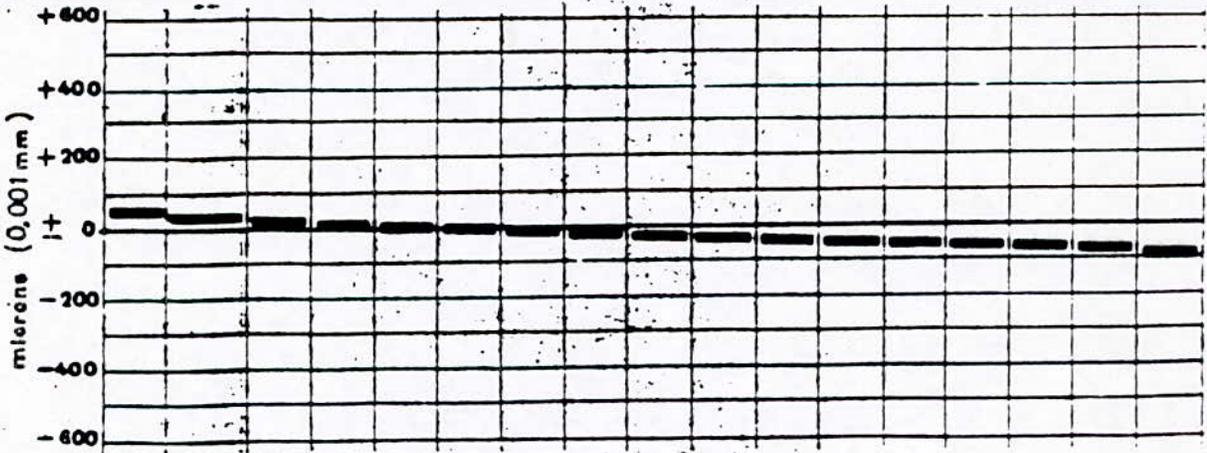
Le graphique correspond aux dimensions nominales de 24 à 30 mm

1 : au delà de 1 mm (exclus) ; ou : depuis 1,001 (inclus) ;
 3 : jusqu'à 1 mm (inclus) ; ou : jusqu'à 1,000 (inclus)

Ecarte en microns (I_p = 0,001)

| Alésages | E7 | F7Z | G7 | H7 | J7 | K7 | M7 | N7 | P7 | R7 | S7 | T7 | U7 | (V7) | X7 | (Y7) | Z7 |
|----------|------|------|-----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|
| 24 | +24 | -48 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 25 | +25 | -50 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 26 | +26 | -52 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 27 | +27 | -54 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 28 | +28 | -56 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 29 | +29 | -58 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 30 | +30 | -60 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 32 | +32 | -64 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 34 | +34 | -68 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 36 | +36 | -72 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 38 | +38 | -76 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 40 | +40 | -80 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 42 | +42 | -84 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 44 | +44 | -88 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 46 | +46 | -92 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 48 | +48 | -96 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 50 | +50 | -100 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 52 | +52 | -104 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 54 | +54 | -108 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 56 | +56 | -112 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 58 | +58 | -116 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 60 | +60 | -120 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 63 | +63 | -126 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 66 | +66 | -132 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 70 | +70 | -140 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 75 | +75 | -150 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 80 | +80 | -160 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 85 | +85 | -170 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 90 | +90 | -180 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 95 | +95 | -190 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 100 | +100 | -200 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 105 | +105 | -210 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 110 | +110 | -220 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 115 | +115 | -230 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 120 | +120 | -240 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 125 | +125 | -250 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 130 | +130 | -260 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 135 | +135 | -270 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 140 | +140 | -280 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 145 | +145 | -290 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 150 | +150 | -300 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 155 | +155 | -310 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 160 | +160 | -320 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 165 | +165 | -330 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 170 | +170 | -340 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 175 | +175 | -350 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 180 | +180 | -360 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 185 | +185 | -370 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 190 | +190 | -380 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 195 | +195 | -390 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 200 | +200 | -400 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 205 | +205 | -410 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 210 | +210 | -420 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 215 | +215 | -430 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 220 | +220 | -440 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 225 | +225 | -450 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 230 | +230 | -460 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 235 | +235 | -470 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 240 | +240 | -480 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 245 | +245 | -490 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 250 | +250 | -500 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 255 | +255 | -510 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 260 | +260 | -520 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 265 | +265 | -530 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 270 | +270 | -540 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 275 | +275 | -550 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 280 | +280 | -560 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 285 | +285 | -570 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 290 | +290 | -580 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 295 | +295 | -590 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |
| 300 | +300 | -600 | -12 | +0 | +4 | 0 | -4 | -8 | -6 | -10 | -14 | -18 | -22 | -20 | -24 | -28 | -26 |

Cote nominale en mm *



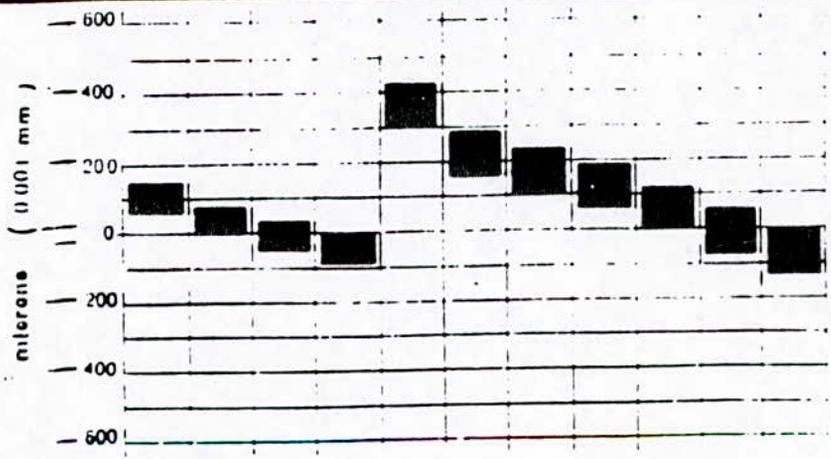
Le graphique correspond aux dimensions nominales de 24 à 30 mm

11 / Signifie : au delà de 1 mm (exclus) ou : (depuis 1,001 (inclus))
 12 / jusqu'à 3 mm (inclus) ou : jusqu'à 3,000 (inclus)

Écarte en microns (1 μ = 0,001 mm)

| Alésages | D10 H10 J10 N10 | | | | A11 B11 C11 D11 H11 J11 N11 | | | | | | |
|----------|-----------------|-----|-----|-----|-----------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | D10 | H10 | J10 | N10 | A11 | B11 | C11 | D11 | H11 | J11 | N11 |
| 1) | 60 | 40 | 20 | 4 | 330 | 200 | 120 | 80 | 60 | 30 | 4 |
| 3) | 20 | 0 | 20 | 44 | 270 | 140 | 60 | 20 | 0 | 30 | 44 |
| 3) | 78 | 48 | 24 | 0 | 348 | 215 | 145 | 105 | 75 | 37 | 0 |
| 6) | 30 | 0 | 24 | 48 | 270 | 140 | 70 | 30 | 0 | 28 | 78 |
| 6) | 98 | 58 | 28 | 0 | 370 | 240 | 170 | 130 | 80 | 48 | 0 |
| 10) | 40 | 0 | 29 | 88 | 280 | 150 | 80 | 40 | 0 | 48 | 80 |
| 10) | 120 | 70 | 38 | 0 | 400 | 260 | 205 | 160 | 110 | 88 | 0 |
| 14) | 50 | 0 | 35 | 70 | 290 | 160 | 95 | 50 | 0 | 58 | 110 |
| 14) | 120 | 70 | 38 | 0 | 400 | 260 | 205 | 160 | 110 | 88 | 0 |
| 18) | 50 | 0 | 38 | 70 | 290 | 160 | 95 | 50 | 0 | 65 | 110 |
| 18) | 148 | 84 | 42 | 0 | 430 | 290 | 240 | 195 | 130 | 65 | 0 |
| 24) | 65 | 0 | 42 | 84 | 300 | 180 | 110 | 65 | 0 | 65 | 130 |
| 24) | 148 | 84 | 42 | 0 | 430 | 290 | 240 | 195 | 130 | 65 | 0 |
| 30) | 85 | 0 | 42 | 84 | 300 | 180 | 110 | 65 | 0 | 65 | 130 |
| 30) | 180 | 100 | 50 | 0 | 470 | 330 | 280 | 240 | 160 | 80 | 0 |
| 40) | 80 | 0 | 60 | 100 | 310 | 170 | 120 | 80 | 0 | 80 | 160 |
| 40) | 180 | 100 | 50 | 0 | 480 | 340 | 290 | 240 | 180 | 80 | 0 |
| 50) | 80 | 0 | 60 | 100 | 320 | 180 | 130 | 80 | 0 | 80 | 160 |
| 60) | 220 | 120 | 60 | 0 | 530 | 380 | 330 | 290 | 190 | 95 | 0 |
| 65) | 100 | 0 | 60 | 120 | 340 | 190 | 140 | 100 | 0 | 95 | 180 |
| 65) | 220 | 120 | 60 | 0 | 580 | 390 | 340 | 290 | 170 | 95 | 0 |
| 80) | 100 | 0 | 60 | 120 | 360 | 200 | 150 | 100 | 0 | 95 | 190 |
| 80) | 280 | 140 | 70 | 0 | 600 | 440 | 390 | 340 | 220 | 110 | 0 |
| 100) | 120 | 0 | 70 | 140 | 380 | 220 | 170 | 120 | 0 | 110 | 220 |
| 100) | 280 | 140 | 70 | 0 | 630 | 460 | 400 | 340 | 220 | 110 | 0 |
| 120) | 120 | 0 | 70 | 140 | 410 | 240 | 180 | 120 | 0 | 110 | 220 |
| 120) | 308 | 160 | 80 | 0 | 710 | 510 | 460 | 395 | 250 | 125 | 0 |
| 140) | 145 | 0 | 80 | 160 | 460 | 260 | 200 | 145 | 0 | 125 | 250 |
| 140) | 308 | 160 | 80 | 0 | 770 | 530 | 460 | 395 | 250 | 125 | 0 |
| 160) | 145 | 0 | 80 | 160 | 520 | 280 | 210 | 145 | 0 | 125 | 250 |
| 160) | 308 | 160 | 80 | 0 | 830 | 560 | 480 | 395 | 250 | 125 | 0 |
| 180) | 145 | 0 | 80 | 160 | 580 | 310 | 230 | 145 | 0 | 125 | 250 |
| 180) | 355 | 185 | 92 | 0 | 950 | 630 | 530 | 460 | 290 | 145 | 0 |
| 200) | 170 | 0 | 93 | 185 | 660 | 340 | 240 | 170 | 0 | 145 | 290 |
| 200) | 355 | 185 | 92 | 0 | 1030 | 670 | 550 | 460 | 290 | 145 | 0 |
| 225) | 170 | 0 | 93 | 185 | 740 | 380 | 260 | 170 | 0 | 145 | 290 |
| 225) | 355 | 185 | 92 | 0 | 1110 | 710 | 570 | 460 | 290 | 145 | 0 |
| 280) | 170 | 0 | 93 | 185 | 820 | 420 | 280 | 170 | 0 | 145 | 290 |
| 280) | 400 | 210 | 105 | 0 | 1240 | 800 | 620 | 510 | 320 | 160 | 0 |
| 280) | 190 | 0 | 105 | 210 | 920 | 480 | 300 | 190 | 0 | 160 | 320 |
| 280) | 400 | 210 | 105 | 0 | 1370 | 860 | 650 | 510 | 320 | 160 | 0 |
| 315) | 190 | 0 | 105 | 210 | 1050 | 540 | 330 | 190 | 0 | 160 | 320 |
| 315) | 440 | 230 | 115 | 0 | 1560 | 960 | 720 | 570 | 360 | 180 | 0 |
| 355) | 210 | 0 | 115 | 230 | 1200 | 600 | 360 | 210 | 0 | 180 | 360 |
| 355) | 440 | 230 | 115 | 0 | 1710 | 1040 | 760 | 570 | 360 | 180 | 0 |
| 400) | 210 | 0 | 115 | 230 | 1350 | 680 | 400 | 210 | 0 | 180 | 360 |
| 400) | 480 | 250 | 125 | 0 | 1900 | 1180 | 840 | 630 | 400 | 200 | 0 |
| 450) | 230 | 0 | 125 | 250 | 1500 | 760 | 440 | 230 | 0 | 200 | 400 |
| 450) | 480 | 250 | 125 | 0 | 2050 | 1240 | 980 | 630 | 400 | 200 | 0 |
| 500) | 230 | 0 | 125 | 250 | 1650 | 840 | 480 | 230 | 0 | 200 | 400 |

Cote nominale en mm *



Le graphique correspond aux dimensions nominales de 24 à 30 mm

* 1 Signifie : au delà de 1 mm (exclus) / depuis 1,001 (inclus)
 * 3 Signifie : jusqu'à 3 mm (inclus) / jusqu'à 3,000 (inclus)

ANNEXE 5

L'HISTORIQUE DES CERCLES DE QUALITÉ

La politique des cercles de qualité a ses racines dans 3 courants historiques.

Le courant des cercles de qualité

- Entre 1925 et 1935 Des ingenieurs americains parviennent à rendre accessibles à tous les methodes de contrôle statistique de la qualité.
- Après 1945 Ces methodes sont exportées dans les pays occidentaux et au Japon. C'était l'époque où l'on pensait que les methodes statistiques devaient résoudre tous les problèmes de qualité par l'éclairage qu'elles apportaient.
- Dans les pays occidentaux, la diffusion de ces methodes se limite aux services specialisés de contrôle de la qualité.
 - Au Japon, à la différence des pays occidentaux, la diffusion de ces methodes est étendue à la hiérarchie opérationnelle et à tous les niveaux de cette hiérarchie (ingenieurs, maitrise).
 - Un livre *Contrôle qualité pour le contremaître* se vend à 500.000 exemplaires.
- Début des années 1960 Les Japonais se disent : "Pourquoi ne pas diffuser auprès des opérateurs eux-mêmes ces méthodes statistiques du contrôle de la qualité?". L'idée des cercles qualité naît de là. Se créent des groupes d'opérateurs volontaires pour suivre les problèmes de qualité avec des outils statistiques simples.
- Fin des années 1960 Les cercles de qualité se multiplient au Japon. Leurs résultats vont au-delà de l'objectif initial. Leur but s'élargit à des questions autres que la qualité.
- 1979 On compte 100.000 cercles au Japon.

Le courant des relations humaines

- 1927 - 1932 Une équipe de sociologues conduite par E. MAYO observe un groupe de 6 ouvrières montant des appareils téléphoniques. Leur but est d'étudier l'effet de certains facteurs physiques (par exemple l'éclairage) sur la productivité de ces ouvrières.
- A leur grande surprise, ils constatent que les 6 ouvrières augmentent leur productivité, même quand les facteurs physiques ne sont pas favorables (par exemple même quand on diminue l'éclairage).
- Ils découvrent qu'en fait, à l'occasion de l'expérience, le groupe d'ouvrières a eu le sentiment de constituer une équipe autonome et que c'est ceci, et non les facteurs physiques comme l'éclairage, qui a entraîné une productivité élevée.
- Années 1940 Des sociologues comparent des petits groupes de travail expérimentaux. Ils font conduire certains de façon démocratique et d'autres de façon directive. Ils découvrent que les groupes conduits de façon démocratique sont plus efficaces et créatifs que les groupes conduits de façon directive.
- Fin des années 1940. Début des années 1950 Les résultats de ces expériences, qui montrent que les relations humaines jouent un rôle décisif dans l'accomplissement du travail, connaissent un succès considérable. Une doctrine, celle des relations humaines, se développe sur cette thèse.

Un des éléments essentiels de cette doctrine est qu'il faut favoriser l'expression et la participation des opérateurs.

Années 1950 et 1960

Mise en pratique de la doctrine des relations humaines.

Exemple : General Electric se lance dans une opération d'envergure destinée à développer l'expression. De multiples groupes, réunissant le personnel et sa hiérarchie, sont créés.

Le courant de l'amélioration des conditions de travail

1939 - 1945

Des chercheurs en sciences sociales anglais travaillent ensemble dans l'armée.

1946

Ces chercheurs décident de continuer à travailler en commun et fondent l'Institut Tavistock des relations humaines.

Fin des années 1940.
Années 1950

Les chercheurs de l'Institut Tavistock interviennent, comme consultants, dans des entreprises.

Ces chercheurs définissent à partir de leur expérience les nouveaux principes d'organisation du travail.

Un de ces nouveaux principes est de donner à des équipes d'opérateurs la possibilité de donner son avis sur l'organisation du travail, voire d'organiser elles-mêmes le travail. D'où l'idée des équipes semi-autonomes.

Années 1960 et 1970

Les idées de l'Institut Tavistock sont reprises par les pays scandinaves, pour contribuer à instaurer la démocratie industrielle.

Ces idées se manifestent en France par la création de l'Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail et de nombreuses expériences en entreprise (enrichissement des tâches, équipes semi-autonomes).

Pourquoi Créer des Cercles de qualité

Parce que c'est un processus d'amélioration efficace

Le cercle de qualité donne aux opérateurs la possibilité d'émettre des propositions et de les mettre en œuvre. Il constitue également une occasion de travailler en groupe. Il peut ainsi contribuer à répondre à leurs aspirations.

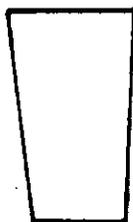
| Entreprise ou établissement | Nombre de cercles | Résultats obtenus par cercle | Résultats globaux |
|-----------------------------|-------------------|--|--|
| HUGHES AIRCRAFT | 160 | Un cercle a fait gagner 100.000 dollars en 14 réunions de 1 heure. Un cercle a contribué à la standardisation du matériel de soudage : plus de 100.000 dollars économisés. | |
| WESTINGHOUSE | 247 | Un cercle composé de soudeurs a proposé de commencer un quart d'heure plus tôt pour chauffer les machines, de façon à ce que chacun puisse commencer le travail sans perdre de temps. D'où une économie de 22.000 dollars par an. Au lieu de se disputer à trois l'usage d'une machine d'assemblage pour des systèmes radars, un groupe de salariés a demandé que chaque ouvrier ait sa propre machine. L'achat des 12 machines supplémentaires a coûté 174 dollars, mais permettra une économie de 11.000 dollars par an en temps de production. | 636.744 dollars |
| CITROËN RENNES | 22 | | Le secteur coupe et sertissage (à la câblerie) n'accuse maintenant que 0,23% de production défectueuse (contre 1,14% en juin 1980). A l'emboutissage, le taux de rebut, en janvier 1980, était de 0,8%. En septembre de la même année, il est tombé à 0%. Au caoutchouc, une amélioration très nette a été constatée, en ce qui concerne les dispersions au niveau des pesees. |
| MITSUBISHI ELECTRIC | | | 3.3 milliards de yen en 1979. |

Exemple du changement de tournevis dans la fabrication d'autoradios

Dans une entreprise fabriquant des autoradios, un problème s'était posé concernant le bouton de commande. Le système de blocage par écrou n'était pas fiable et on constatait de ce fait de nombreux retours en provenance de la clientèle. Un cercle de qualité, composé d'opérateurs travaillant dans le secteur où était monté le bouton de commande, s'attaqua à ce défaut. Il examina toutes les causes possibles en utilisant les techniques d'analyse classiques utilisées dans les cercles de qualité : brainstorming, diagramme en arêtes, etc.

Il en arriva à la conclusion que le défaut provenait la plupart du temps de la forme en V de l'extrémité du tournevis (voir schéma). Ce tournevis, au serrage, écartait l'extrémité fendue de la vis d'une façon non fiable. Le cercle de qualité proposa de remplacer le tournevis en usage par un tournevis dont l'extrémité était à bords parallèles (voir schéma), ce qui fut fait. On vit alors le nombre d'incidents sur le bouton de commande régresser de manière spectaculaire.

Le service des méthodes de cet atelier a même reconnu qu'il n'aurait pas vu ce problème.



Extrémité du tournevis
en usage.



Extrémité du tournevis
modifié.

Les solutions proposées par
les cercles sont-elles
coûteuses à mettre en
application ?

Rarement. Dans une proportion de 90 %, les propositions des cercles ne coûtent rien ou peuvent être financées sur les budgets décentralisés des cercles (s'ils existent) ou sur les budgets normaux des départements. N'oubliez pas que les cercles sont encouragés à sélectionner des thèmes pour lesquels ils sont les plus compétents. Ce seront donc les membres qui, vraisemblablement, auront à effectuer les modifications proposées et, très souvent, ils le font avec une grande conscience de leurs coûts.

Les Structures Et les moyens à l'échelon de l'entreprise

Ces techniques sont données à **titre indicatif**. D'autres techniques peuvent être ajoutées. Certaines peuvent ne pas être utilisées. Mais quelles que soient les techniques employées, il est impératif de respecter deux principes.

a) s'agissant du fonctionnement du cercle, il faut que chacun puisse **s'exprimer** librement et que la discussion ne devienne pas anarchique. D'où l'intérêt des méthodes telles que les tours de table systématiques, l'inscription des idées de chacun au tableau, etc.

b) s'agissant de l'examen du sujet choisi, il faut observer un minimum de **rigueur**, c'est-à-dire s'appuyer sur des faits, des chiffres (ce qui ne signifie pas faire des calculs compliqués), des entretiens avec des personnes pouvant apporter des informations (en les invitant ou en allant les voir), etc.

.. **Le brainstorming ("le déballage des idées")**

Définition :

Le brainstorming est une façon de communiquer qui permet à chacun d'exprimer toutes les idées qui lui passent par la tête sans aucune restriction.

Principes :

Il ne faut pas craindre d'imaginer. Des idées farfelues au départ se révèlent parfois très intéressantes. Des intuitions qu'on n'osait pas formuler peuvent être des pistes menant à la bonne solution.

L'animateur doit veiller à ce que chacun s'exprime librement. Il doit être à cet égard très vigilant.

Techniques :

- Une technique de brainstorming simple et efficace est le tour de table. Elle permet à chacun de s'exprimer sans être bloqué par un leader qui inévitablement émerge d'un groupe.

* Il s'agit ici d'une simple présentation. Une information plus approfondie est prévue dans la formation des animateurs.

- Souvent les idées surviennent quand on répond aux 6 interrogations suivantes : qui ? quoi ? où ? comment ? quand ? pourquoi ?.
- Chaque idée doit être inscrite immédiatement. Elle sera résumée en quelques mots par l'animateur de telle sorte que l'auteur soit assuré de la bonne réception de son idée avant l'inscription au tableau.
- Lorsque le brainstorming est terminé, l'animateur doit refaire un tour de table pour s'assurer que chaque membre a bien exprimé toutes ses idées.
- Ne pas oublier un outil indispensable : le tableau papier.