

10/95

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE.

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT: *GENIE INDUSTRIEL*

PROJET DE FIN D' ETUDES

Thème

DIAGNOSTIC EN MATIERE DE QUALITE
DE LA BOITE DE TRANSFERT (BT 20)
ET ETUDE DES DEUX ARBRES :

166052 et 166053

Proposé par :

M.KOUADRIA

Etudié par :

D. BOUDISS
N. CHOUAI

Dirigé par :

M.LAMRAOUI

Promotion
1996

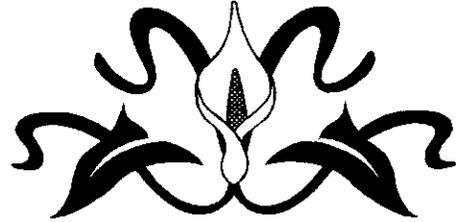
Dédicace

A mes parents, que je ne remercierai jamais ^{pour} leur soutien, leur patience et leur amour.
J'espère être à la hauteur de leur espérance et leurs efforts;
A toutes ma famille et tous mes amis que j'aime.

B.Djamel eddine.

A ma mère pour son soutien moral et physique.
A mon père pour sa confiance.
A la mémoire de mon cher frère Mansar qui nous a quitté très jeune.
A mes frères Lazhar et Chouaib.
A mes soeurs Hafiza, Karima, Houda et Wided.
A tous mes amis et tous ceux qui me sont chers; je dédie ce modeste travail.

C. Nadhéra.



Remerciements

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

Nous sommes reconnaissants à *Melle N. ABOUN*, notre directrice du département Génie Industriel et envers tous les professeurs qui ont contribué à notre formation.

Nous le sommes particulièrement, envers notre promoteur *M.LAMRAOUI*, envers les membres de jury *M. OUABDESSLAM, M. BOUZIANE et Mme BELMOKHTAR*, ainsi que *M. KOUADRIA* notre encadreur à la SNV/CVI.

Sommaire

Introduction	01
Chapitre I: Présentation de l'entreprise	04
I-1 Présentation du complexe de véhicules industriels	05
I-2 La situation du complexe de véhicules industriels	06
I-3 présentation du centre mécanique.	07
I-4 présentation du département contrôle au CVI.	10
Chapitre II: Qualité et contrôle ,définitions et concepts	12
II-1 -La qualité	13
II-1-1 définition de la qualité	14
II-1-2 Qualité d'un produit.	14
II-1-3 Caractéristiques de la qualité d'un produit.	14
II-1-4 Audit qualité.	15
II-1-5 Assurance de la qualité	15
II-1-6 Le cercle de la qualité.	15
II-2 le contrôle	16
II-2-1 Définition du contrôle	17
II-2-2 Classification du contrôle.	18
II-2-3 Les modes de contrôle	19
II-2-4 le contrôle statistique en cours de fabrication.	19
II-2-4-1 Pourquoi le contrôle statistique en cours de fabrication?	19
II-2-4-2 Principe de contrôle statistique en cours de fabrication.	19
II- 2-4-3 Notion de variabilité.	19
II-2-4-4 Les cartes de contrôle.	20
Chapitre III: La boîte de transfert BT. 20: emplacement, rôle et principe de fonctionnement.	22
III-1 Le véhicule M230.	23
III-1-1 Caractéristiques.	23
III-1-2 Fonctionnement.	23
III-2 La boîte de transfert BT 20.	25
III-2-1 Principe de démultiplication de vitesse.	26
III-2-2 Définition et rôle de la BT20	26
III-2-3 Principe de fonctionnement de la BT 20.	26
III-2-4 Constituants de la BT20	28
Chapitre IV : Diagnostic en matière de qualité de la boîte de transfert BT20	29
IV-1 Introduction	30
IV-2 Les non-qualités constatées après livraison	30
IV-2-1 Taux de retour client.	30

IV-2-2 Les différentes classe des incidents après livraison .	31
IV-2-3 Analyse de causes de grippage de la pompe à huile.	33
IV-2-4 Controle de la pompe à huile.	37
IV-3 Les non-qualités constatées au montage camions	38
IV-3-1 Taux de retour montage camion.	38
IV-3-2 Les différents types d'anomalies.	38
IV-4 Les non-qualités constatées au montage BT20	40
IV-4-1 Etude des taux de retouches	40
IV-4-1-1 Taux de boites retouchées par année.	40
IV-4-1-2 Taux de boites retouchées par famille de cause.	42
* Conclusion	44
Chapitre V:Rôle, caractéristiques et présentation des gammes d'usinages et de contrôle des arbres.	45
V-1 Pièces qui causent l'anomalie boite reste crabotée.	46
V-2 Emplacement et rôle des deux arbres dans la BT 20.	46
V-3 Caractéristiques mécaniques et chimiques des arbres.	46
V-3-1 Désignation de l'acier 20NC6	47
V-3-2 Caractéristiques chimiques.	47
V-3-3 Caractéristiques mécaniques.	47
V-3-4 Traitement thermique.	48
V-4 Procédé de fabrication des pièces:166052 et 166053.	49
V-5 Présentation des gammes d'usinage des deux arbres(166052 et 166053).	52
V-6 Mode de contrôle des pièces (166052 et 166053)	55
V-6-1 Analyses des vérifications effectuées sur une pièce mécanique	55
V-6-2 Les moyens utilisés pour le contrôle des 166052 et 166053.	55
V-6-3 Procédure de contrôle de la 166052.	59
Chapitre VI:Identification et analyse des causes du défaut :boite reste crabotée.	62
VI-1 Principe de fonctionnement de l'arbre de sortie avant et l'arbre de crabotage.	63
VI-2 Explication de l'anomalie boite reste crabotée.	63
VI-3 Causes de l'anomalie boite reste crabotée	64
VI-4 Mesurés préventives.	65
VI-5 Les côtes fonctionnelles des deux arbres.	67
VI-5-1 les différentes tolérances dimensionnelles.	67
VI-5-2 Les différentes tolérances géométriques.	67
VI-6 Tracé des diagrammes d'ISHIKAWA relatifs à la mauvaise concentricité.	71
VI-6-1 types de défaut constatées au poste contrôle final.	71
VI-6-2 Diagramme d'ISHIKAWA: type analyse de dispersion.	71
VI-6-3 Diagramme d'ISHIKAWA :type classification suivant le processus.	76
VI-7 discussion des diagrammes d'ISHIKAWA	82
VI-8 conclusion	83
*CONCLUSION GENERALE	84

Glossaire

Anomalie: déviation par rapport à ce qui est attendu.

Banc -d' essais: le banc-d'essai est une installation permettant de déterminer les caractéristiques d'une machine à différents régimes.

ERMOD: c'est l'Ecart de Rentabilité de la Main d' Oeuvre Directe, cet écart signifie la différence entre ce qui a été réalisé et le budget prévu

Gamme d'usinage: est un dossier d'instructions, établi par le bureau de méthodes, définit l'ensemble d'opérations d'usinage des différents types de pièces ainsi que les machines et l'outillages nécessaires.

Non-qualité: écart global entre la qualité visée et la qualité effectivement obtenue.

Retouche: opérations supplémentaires nécessaires pour rendre conforme un article qui a été préalablement rejeté

Rebut: fourniture ou produit inutilisable ou irrécupérable par retouche ou transformation en une autre fourniture ou un autre produit.

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Pendant les dernières décennies, le concept qualité s'est profondément transformé. Il s'avère que lorsque la qualité s'améliore, les coûts baissent, tandis que les délais de livraison s'améliorent également.

La qualité doit se réaliser sans erreurs, sans rebuts à la production et à la distribution afin de réduire les coûts au maximum.

Dans le complexe des véhicules industriel (CVI), le département contrôle de qualité a décidé de maîtriser les coûts de garantie de l'un de ses produits: la boîte de transfert BT 20, objet de notre étude.

Le travail qui nous a été assigné, est un suivi en matière de qualité de la BT 20.

Nous avons procédé à un diagnostic relatifs à la BT20.

Notre travail est réparti comme suit:

-Chapitre I: ce chapitre présentera l'entreprise (CVI), le centre mécanique et donnera la situation actuelle du complexe.

-Chapitre II: sera consacré à la qualité et le contrôle, il traitera en première étape, la qualité en définissant l'audit, l'assurance; ainsi que le cercle et les outils de la qualité.

En deuxième étape les classifications et les modes de contrôle seront exposés de plus que le contrôle statistique en cours de fabrication.

-Chapitre III: donnera un aperçu sur la BT 20 à savoir: son emplacement, son rôle et son principe de fonctionnement.

-Chapitre IV: consiste à établir un diagnostic en matière de qualité de la BT 20 dans les différents niveaux à savoir:

service après livraison, retour montage -camion et retouches montage boîte.

Les statistiques effectuées à ces niveaux, nous définissant l'élément mécanique pour l'étude

-Chapitre V: comprendra l'exposé des caractéristiques mécaniques et chimiques des arbres (166052 et 166053).

-Chapitre VI: Après identification des causes du défaut affectant l'élément mécanique nous tracerons les diagrammes d'ISHIKAWA relatif à ce défaut.

Ainsi nous terminerons notre projet par une discussion des diagrammes d'ISHIKAWA et une conclusion .

CHAPITRE I :
Présentation de l'entreprise.

I - 1 - Présentation du complexe de véhicules industriels (CVI) :

Le complexe de véhicules industriels est chargé dans le cadre du plan national du développement économique et social de :

- développement ;
- l'importation de pièces de rechanges, châssis cabines... ;
- l'exportation de produits industriels du complexe ;
- la distribution de camions, autobus, autocars,....

La gamme de production se compose comme suit :

- les camions,
- les autocars,
- les autobus,
- les minicars,
- les minibus,
- les équipements,
- les remorques et semi-remorques,
- les pièces brutes de fonderie et d'aluminium.

A l'origine, le CVI avait pour activité le montage de camions et d'autobus, leur ventes ainsi que la distribution de pièces de rechanges. L'unité a été réorganisée par la SONACOME qui a étendu ses activités à la fabrication intégrée de camions, d'autobus et pièces de rechanges. Le CVI fabrique actuellement 07 types de produits de base (camions, autobus, autocars) [tableau I-1] .

- 1 - Basses	K 66	4 x 2
	K 120	4 x 2
- 2 - Militaire	M 120	4 x 2
	M230	6 x 6
- 3 - Haute	B 260	4 x 2
	TB 340	4 x 2
	TB 305	4 x 2
	TB 305	6 x 4
	C 260	4 x 2
	C 260	6 x 4
	C 290	4 x 2
	C 290	6 x 4
- 4 - Autocar et autobus	49 V8	
	100 V8	
- 5 - Minicars et minibus	38 L6	
	70 L6	
	25L4	

Tableau I -1- Gamme de production du CVI

Les centres de fabrication sont :

- la forge,
- l'emboutissage,
- l'usinage et le traitement thermique,
- le montage.

La production moyenne annuelle du complexe est de 6400 véhicules de différentes gammes.

I - 2 - La situation du complexe des véhicule industriels (C.V.I.).

Le complexe CVI a démarré le 02 décembre 1974. Le complexe est géré par des responsables algériens à tous les niveaux, avec l'assistance des cadres, techniciens et agents de maîtrise du constructeur du complexe en l'occurrence Berliet-France et ce conformément au contrat de construction du complexe signés conjointement entre les responsables algériens (SONACOME) et français (BERLIET).

Des structures fonctionnelles travaillent en collaboration et se consultent dans le but de pouvoir coordonner leurs actions, il s'agit :

- de la fabrication ;
- de l'ordonnancement ;
- des méthodes ;
- de la maintenance ;

L'organisation du centre mécanique est présentée par l'organigramme ci-dessous.

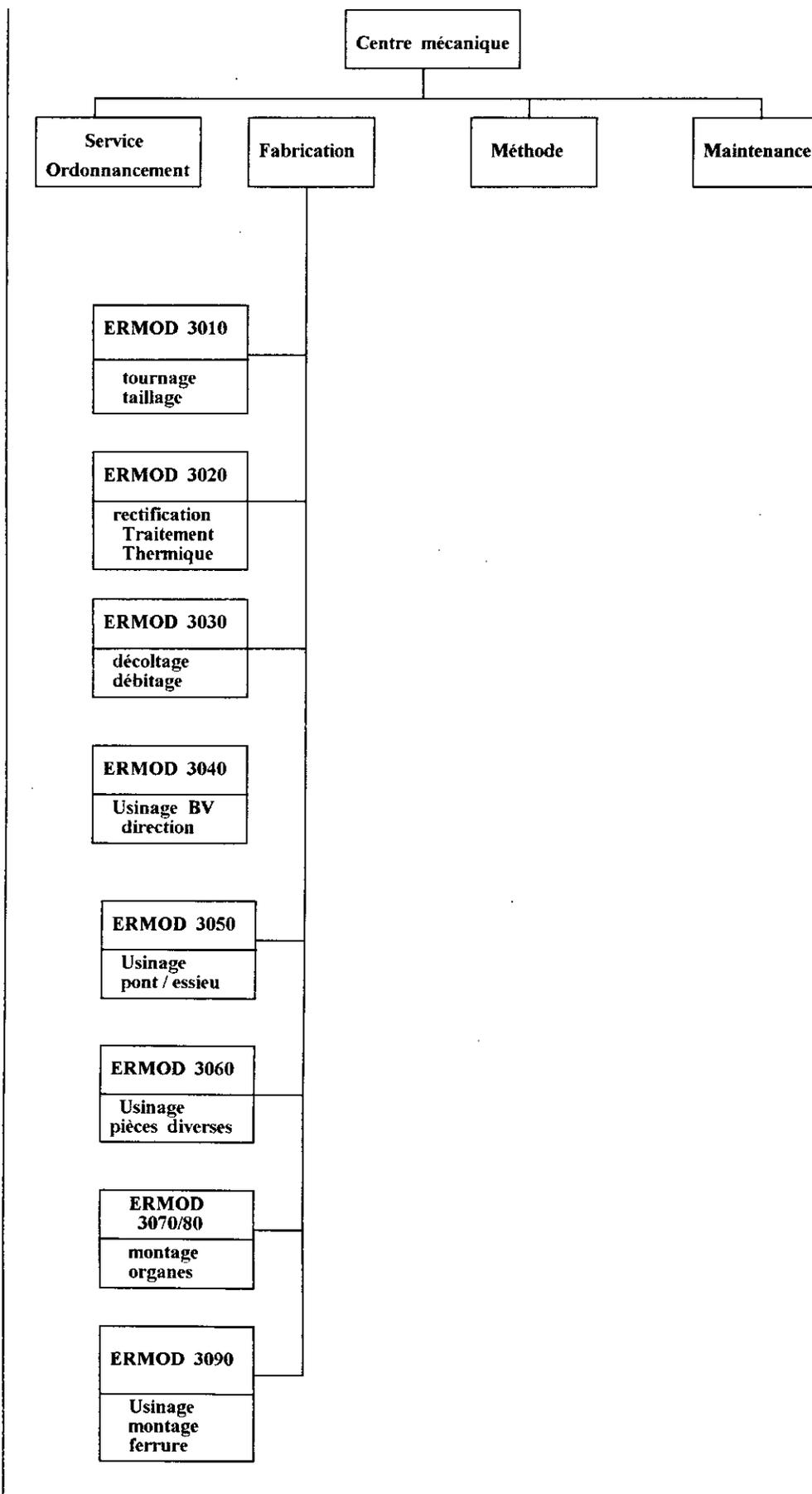


Figure I - 1 : Organigramme du centre mécanique .

Le bâtiment mécanique est subdivisé en 09 ERMOD différents et chacun de ceux-ci, s'occupe d'une fonction de fabrication ou de montage et possède un poste de contrôle et personnel propre à lui pour accomplir cette tâche. on énumère:

- ERMOD 3010 : Tournage/taillage.
- ERMOD 3020 : Rectification/traitement thermique.
- ERMOD 3030 : Décolletage/débitage.
- ERMOD 3040 : Usinage éléments boîtes de vitesses et directions.
- ERMOD 3050 : Usinage ponts et essieux .
- ERMOD 3060 : Usinage pièces diverses.
- ERMOD 3070: Montages organes.
- ERMOD 3080 : Montages organes.
- ERMOD 3090 : Usinage/montage ferrures.

I - 4- Présentation du département contrôle au C.V.I :

Le département contrôle au C.V.I est structuré de la manière suivante :

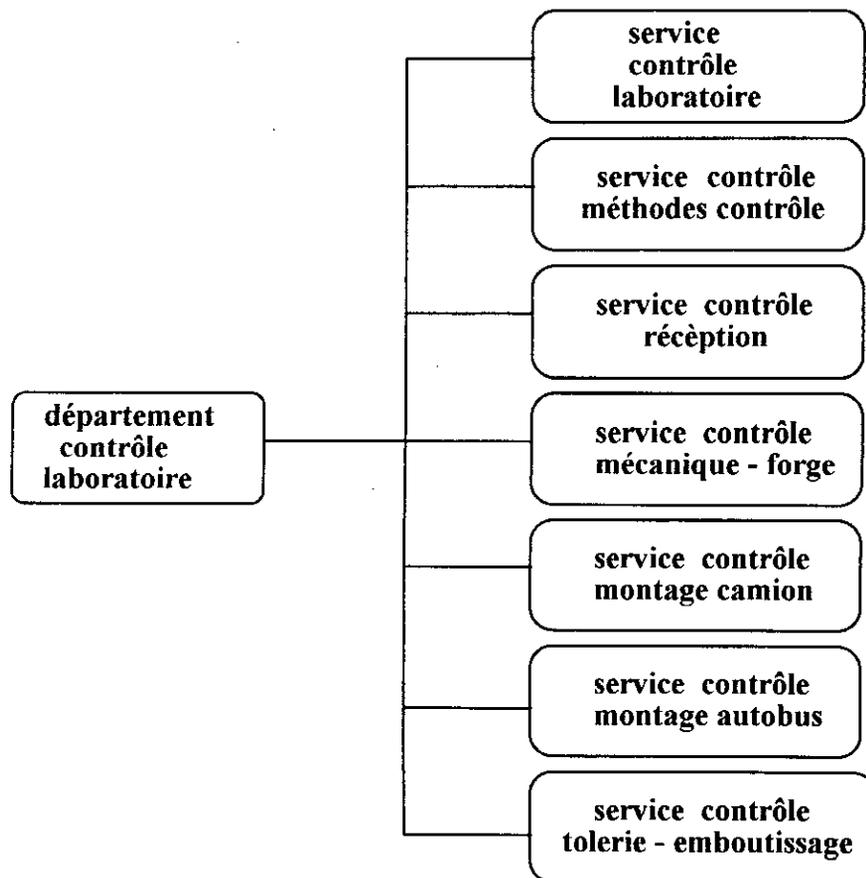


Figure I -2 - : Organigramme du département contrôle .

La mission du département contrôle est orientée selon les axes suivants :

- Veiller à contrôler la qualité de tous les produits à n'importe quel stade du processus de production; de la réception de la matière première et pièces achetées, jusqu'à la sortie du produit fini .
- Veiller à ce que les spécifications du produit prennent en compte les besoins et les demandes du client .
- Faire respecter les règles et les procédures destinées à obtenir des produits conformes aux spécifications les définissant .
- Informer régulièrement les différents services concernés et la direction, des résultats obtenus, des écarts enregistrés et des risques encourus .
- Etudier et traiter les problèmes qualité posés .

CHAPITRE II :
QUALITE ET CONTROLE,
DEFINITIONS ET CONCEPTS.

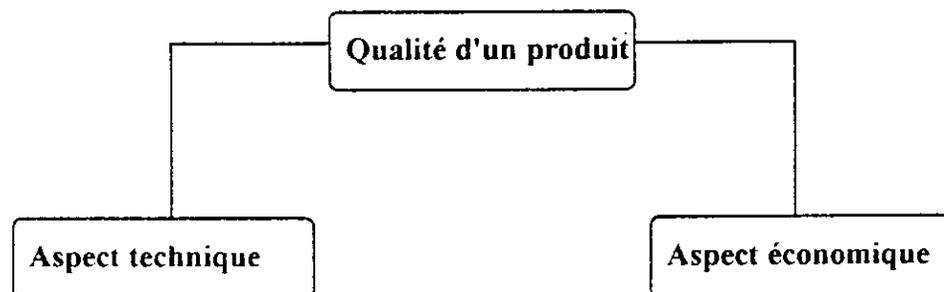
II - 1 - LA QUALITE :

II - 1 - 1 - Définition de la qualité [AFNOR] :

La qualité d'un produit ou d'un service est son aptitude à satisfaire les besoins des utilisateurs. En pratique, la qualité d'un produit est le résultat d'un ensemble de caractéristiques mesurées à un ensemble de caractéristiques prévues.

II - 1 - 2 - Qualité d'un produit [NOY,93] :

La qualité d'un produit comporte deux aspects : l'aspect technique et l'aspect économique .



- **Caractéristiques et performances :**
Dimensions, composition .
 - **Disponibilité :** Délai d'obtention,
respect des délais, temps d'attente .
 - **Fiabilité :** Capacité à bien fonctionner
dans le temps .
 - **Maintenabilité :** Aptitude à être maintenu
en bon état avec des temps d'interventions
satisfaisants .
 - **Sécurité d'emploi :**
sécurité pour les personnes .
 - **Maintenance :** ensemble des actions
permettant de maintenir ou de rétablir
un équipement en état de remplir
la fonction prévue .
- **Coût globale de possession :**
 - Prix d'achat .
 - Coût de réalisation .
 - Coût d'utilisation .
 - **Délais :**
 - De fabrication .
 - De livraison .
 - De service .

II - 1 - 3 - Caractéristiques de la qualité d'un produit : [Ish,85]

La qualité doit comprendre, en plus de la qualité dans le sens étroit du terme, les notions de quantité, de coût, de service . Le tableau [II-1] fait état des caractéristiques qui participent à la notion de qualité .

Facteurs	Caractéristiques
a - Qualité dans le sens étroit du terme .	Performance, pureté, résistance, poids, tolérance, aspect, durée de vie, taux de non conformité, taux de réparation, sécurité
b - Facteur, coût-prix, bénéfice .	Rendement, consommation d'énergie, perte de matière, coût de fabrication, prix de revient, prix de vente .
c - Facteur quantité	Production, perte par changement de procédé, définition de la tolérance, quantité consommée .
d - Suivi des produits expédiés	Période de garantie, service après-vente, facilité à se procurer des pièces de rechange, réparabilité, notice d'utilisation, procédure de vérification, insatisfaction et besoins des consommateurs .

Tab II - 1 : Caractéristiques de la qualité.

II - 1 - 4 - Audit qualité [NFx50-120] :

Examen méthodique et indépendant en vue de déterminer si les activités et résultats relatifs à la qualité satisfont aux dispositions préétablies et si ces dispositions sont mises en oeuvre de façon efficace et aptes à atteindre les objectifs.

L'audit qualité s'applique essentiellement à un système qualité, à des procédés, à des produits ou à des services. De tels audits sont appelés "audit qualité de système", "audit qualité de procédé", "audit qualité de produit", "audit qualité de service".

II - 1 - 5 - Assurance de la qualité [NFx50-120] :

Ensemble des actions préétablies et systématiques nécessaires pour donner la confiance appropriée en ce qu'un produit ou service satisfera aux exigences données relatives à la qualité.

- " donner confiance" constitue un objectif et implique une motivation qui concernent les diverses activités développées au sein de l'entreprise comme chez le client .
- "approprié" signifie que l'ensemble des actions préétablis est adapté à la fonction et à l'usage prévu du produit ou du service .

II - 1 - 6 - Le cercle de qualité :

a - Définition du cercle de qualité :

Un cercle de qualité est composé d'un petit nombre d'opérateurs volontaires travaillant dans un même secteur. Ils se réunissent régulièrement pour chercher à l'aide de techniques d'analyses simples et spécifiques, la solution de problèmes qu'ils choisissent d'examiner . Ils mettent en oeuvre la solution avec l'aide des différents acteurs concernés .

b - Les outils de cercle de qualité [LYO,91]:

*** Analyse de paréto :**

Cet outil permet de donner des priorités . Il est également un indicateur de l'amélioration d'une techniques (cas d'une comparaison).

Sa méthodologie consiste à classer les types de rebuts par ordre décroissants . Puis, établir un graphique faisant correspondre les pourcentages de type de rebuts .

*** Diagramme cause/effet ou diagramme d'Ishikawa :**

Dans la surveillance du processus de production, le premier signal d'alarme est l'apparition de rebuts (effet) . Afin d'éviter de nouveaux désagréments de ce type, il est nécessaire de remonter aux véritables causes .

Le cercle de qualité étant constitué, il est essentiel de noter toutes les idées sur les causes possibles de la non qualité :

- dispersion sur la matière .
- dispersion sur le matériel (machine + outillage).
- Main d'oeuvre changeant .
- Variation de l'environnement ou milieu .
- Changement de procédé (méthode).
- Changement de période de maintenance d'équipement .

Et enfin constitué le diagramme cause/effet, qui se représente par

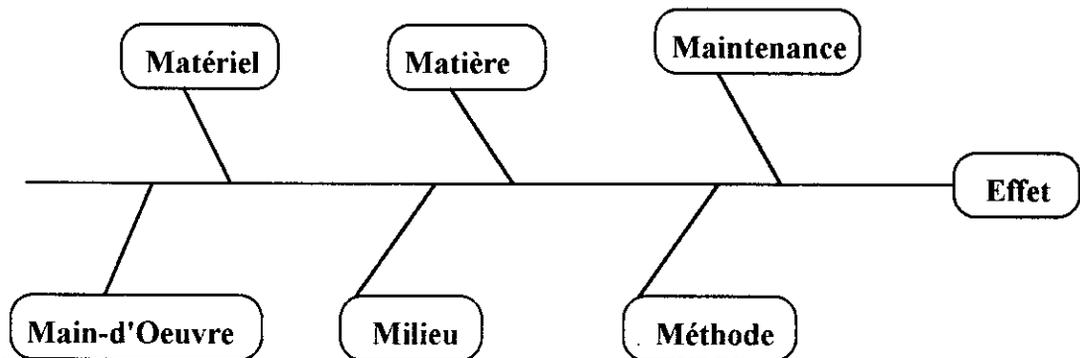


Fig II-2 : Diagramme d'Ishikawa simplifié.

II - 2 - LE CONTROLE :

II - 2 - 1 - 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 .

• **Contrôle de la fabrication :**

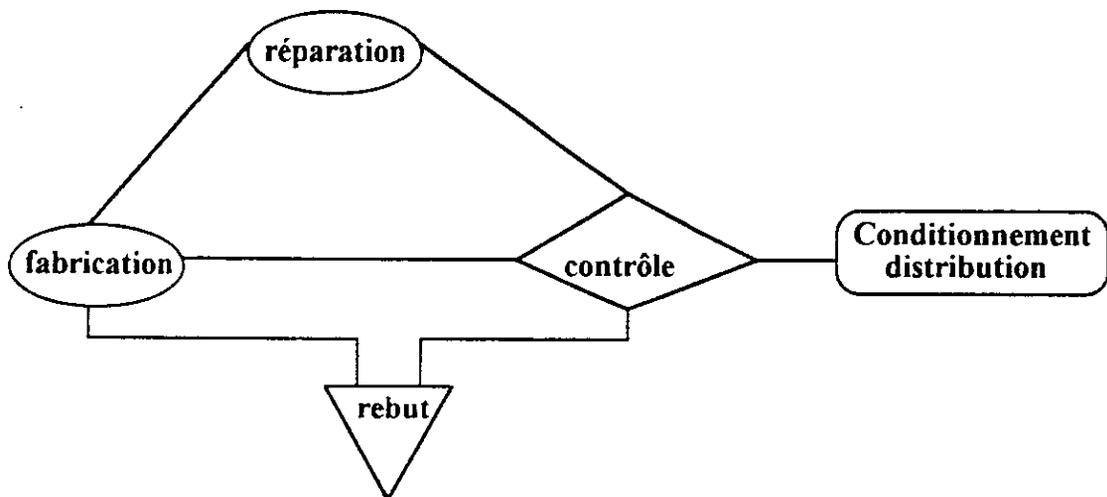


Figure [II-3]: Contrôle de la fabrication.

Avant leur conditionnement ou leur distribution, les produits fabriqués doivent passer par les étapes de la figure [II-3].

II - 2 - 2 - Classification des contrôles:

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

a/ Niveaux de contrôle :

- Contrôle réception de matières, des achats, des matériels
- Contrôle en cours de fabrication :
 - en auto-contrôle : par les opérateurs de fabrication
 - intermédiaire : par les contrôleurs ou l'encadrement .
- Contrôle final :
 - par des contrôleurs de l'entreprise .
 - en présence du client .
 - par des organismes extérieurs .

b/ Type de contrôles :

- quantitatifs
- qualitatifs :
 - sensitif (généralement visuel) .
 - au laboratoire (interne ou externe).
 - au gabarit (sur montage de fabrication, d'essai de contrôle, ...).
 - aux instruments de mesures (dimensions, état de surface,.....).

c/ Méthode de contrôles :

- Unitaire = tri.
- Par prélèvement :
 - arbitraire
 - statistique par lot ou en continue, avec utilisation des méthodes de contrôle statistique, soit par attribut (MILSTD 105D), soit aux mesures (MILSTD 414).

II - 2 - 3 - Les modes de contrôle:**a - Définition de l'auto-contrôle (NFX 50-120) :**

" c'est un mode de contrôle selon lequel une personne physique exerce son propre contrôle sur le résultat de son travail et dont les règles sont formellement définies dans les dispositions de la qualité ".

*** Condition de l'installation de l'auto-contrôle :**

Avant que l'auto-contrôle puisse être adopté, certains critères doivent être respectés; le premier critère est la confiance mutuelle entre responsables et ouvriers : les responsables doivent avoir confiance dans la main d'oeuvre pour que cette dernière puisse décider de la conformité de la production . D'autre part les ouvriers doivent avoir confiance envers leurs responsables pour être disposés à accepter cette responsabilité .

Le deuxième critère est l'autonomie des ouvriers de tel manière qu'ils possèdent un moyen sûr de régler le processus de fabrication afin de produire un produit conforme aux spécifications . Enfin, il faut que l'auto contrôle soit techniquement possible, c'est à dire la fabrication doit permettre l'assignation d'une claire responsabilité à la prise de décision de la part de l'ouvrier .

b - Le contrôle volant :

Ce contrôle consiste à effectuer des vérifications périodiques. Le contrôle volant doit nécessairement posséder les mêmes moyens à la disposition de l'opérateur.

Il a pour tâches principales :

- De s'assurer que l'opérateur utilise bien son outillage de contrôle.
- Attire l'attention de l'opérateur sur les non conformités décelées en vérification et

- qui sont estimées bonnes par l'opérateur .
- Avise la hiérarchie et le régleur en cas d'une nécessité d'un arrêt de fabrication .
 - Augmente le taux de vérification pour une opération complexe qui en possède une grande nécessité fonctionnelle .
 - Repère toutes les pièces constatées en vérification, il tient à jour un compte journalier sur la situation en fabrication .

II - 2 - 4 - Le contrôle statistique en cours de fabrication :

II - 2 - 4 - 1 - Pourquoi le contrôle statistique en cours de fabrication [CHI, 85]?

Le contrôle statistique en cours de fabrication est utilisé pour :

- 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 effectuer des études de capabilité (savoir si la machine est capable de produire des pièces dans les tolérances).
- aider à analyser les opérations, en vue de déterminer où les pièces défectueuses sont produites .

II - 2 - 4 - 2 - Principe du contrôle statistique en cours de fabrication [SOU, 86]:

Un contrôle en cours de fabrication consiste à pratiquer un test statistique répété par prélèvement successifs d'échantillons. A chaque prélèvement, on vérifie que les résultats de confiance, matérialisée par des limites tracées sur un graphe ou feuille de relevé .

II - 2 - 4 - 3 - Notion de variabilité [CHI, 85] :

Soit un processus de fabrication (convenablement réglé) en marche normale. On se propose, des opérations de tournage de pièces cylindriques de 100 mm. Il s'avère qu'il est pratiquement impossible d'usiner des arbres présentant tous un diamètre de 100 mm.

Donc les diamètres obtenus à la sortie des tours, varient en plus ou moins de la valeur de 100 mm. Ainsi, nous obtiendrons une distribution de moyenne

approximativement égale à 100 mm. Soit alors la loi de probabilité de référence de cette distribution; c'est ce que l'on appelle variabilité du processus.

Les facteurs de variation à l'entrée dans ce processus sont: la machine, l'humidité, l'opérateur, la matière, la méthode de travail, les instruments de mesure... En pratique, on rencontre dans la majorité des cas, des variabilités normales. Cette normalité est très importante car les cartes de contrôle reposent essentiellement sur les propriétés de la loi normal.

II - 2 - 4 - 4 - Les cartes de contrôle:

La figure ci-dessous illustre le principe général de la carte de contrôle.

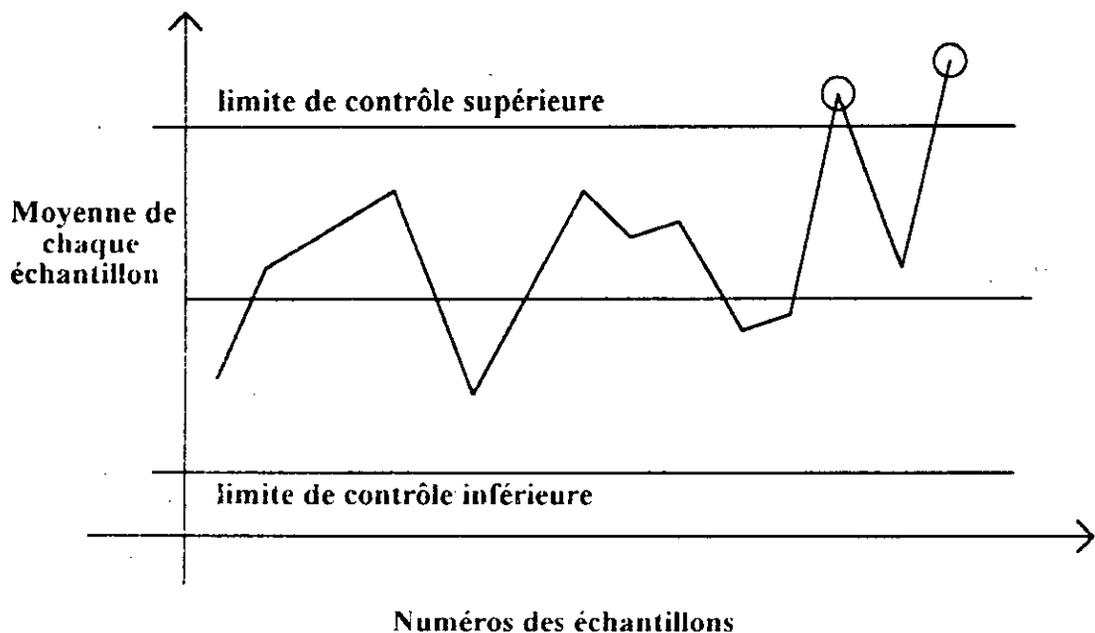


Figure II-4 : La carte de contrôle.

La carte de contrôle est un graphique de surveillance qui porte des limites de contrôles (supérieur et inférieur), qui si elles sont dépassées, imposent des actions

L'établissement de la carte de contrôle, s'effectue lorsque la variable à surveiller varie en fonction du temps ou des numéros d'échantillonnages successifs; si une valeur dépasse les limites de contrôle, on considère qu'il existe une anomalie; c'est indicateur pour identifier la cause.

a - Les objectifs de cartes de contrôle [CHI, 85]:

La carte de contrôle a pour objectifs de :

- Contribuer à la bonne marche de processus de fabrication, en contribuant à déterminer les caractéristiques.
- Prendre les mesures qui conviennent lorsque les cartes estimées indiquent que les caractéristiques spécifiques ne sont pas respectées.
- Intervenir quand la carte indique un dérèglement de la fabrication.

b - La mise en oeuvre des cartes de contrôle [CAV, 70]:

Dans la mise en oeuvre des cartes de contrôle on distingue deux stades :

Premier stade :

Vérification que la machine est sous contrôle autrement dit que la variabilité est satisfaisante .

Deuxième stade :

Utilisation des limites de contrôle pour le calcul proprement dit .

Dans le premier stade on prélève k échantillons de n pièces pour déterminer les limites de contrôle .

$$\begin{cases} K = 20 \text{ à } 25 \\ n = 5 \end{cases}$$

NB/ Les types de cartes de contrôle seront détaillés en annexe A .

CHAPITRE III :
LA BOITE DE TRANSFERT "BT 20"
EMPLACEMENT, ROLE
ET PRINCIPE DE
FONCTIONNEMENT.

III - 1 - LE VEHICULE M 230 :

La boîte de transfert BT 20 est montée sur le véhicule M230. Dans ce qui suit nous présentons ses caractéristiques et son principe de fonctionnement .

III - 1 - 1 - Caractéristiques :

C'est un véhicule 6x6 dont PTAC = 19 T et avec :

- Moteur : Type F84BFKHD
 Puissance maximale 230 CV à 2500 Tri/min.

- Boîte de vitesse (B.V) Type BDSL 6051
 Rapport de 0,166 à 1,499

- Boîte de transfert : Type BT20
 Rapport petite vitesse (PV) = 0,49
 et grande vitesse (GV) = 0,87

- Un pont avant : Type PA 511
 Réduction 1/2

- Un pont arrière : Type PMR 1621 - tandem.
 Réduction 1/2.

N.B : Le crabotage du pont avant est à utiliser uniquement lorsque l'adhérence des roues arrières est insuffisante : sur neige, glace, sable, sol inconsistant et obstacles.

2 - Fonctionnement :

La chaîne cinématique présentée dans la figure [III.1] montre bien, la transmission de mouvement du moteur à la boîte à vitesse qui est liée solidairement à ce dernier. La boîte de transfert reçoit le mouvement de la BV et le transmet à son tour au tandem et cela pour le fonctionnement normal d'un (6x4). Si les deux roues avant sont sollicitées pour être motrices, le pont avant crabote avec la BT 20 par une commande pneumatique (cas d'un 6x6).

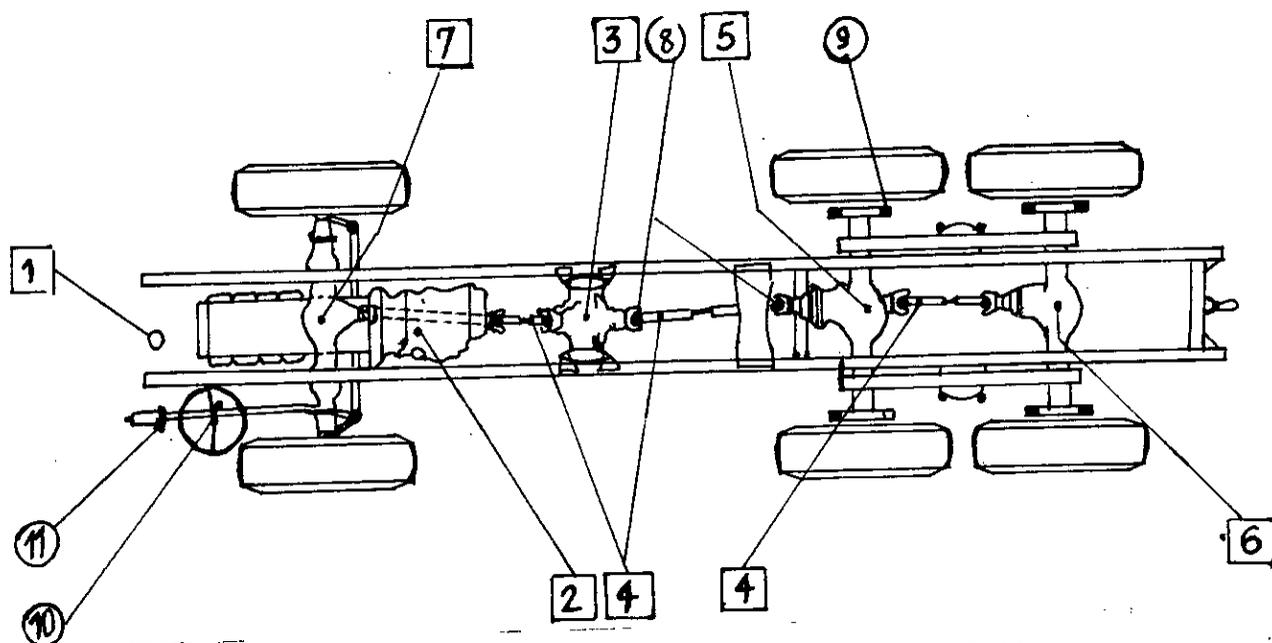
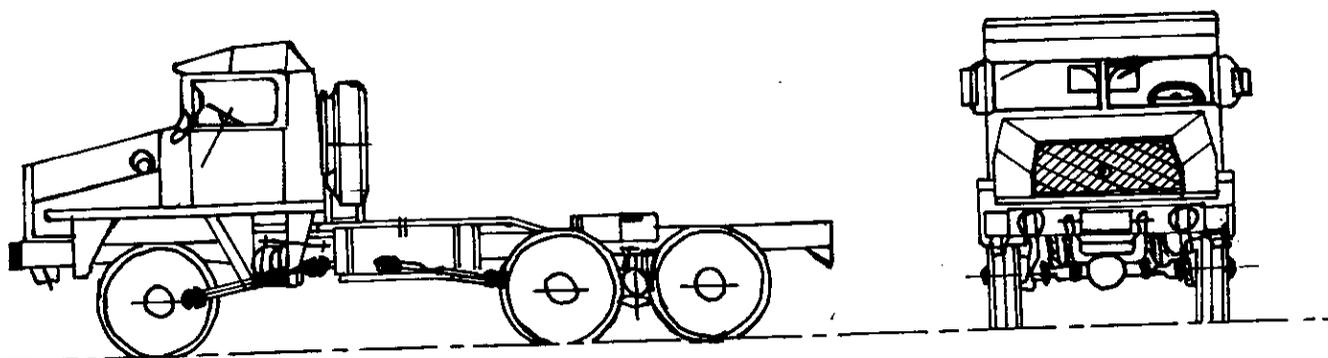


Figure III -1- Chaîne cinématique du véhicule M230.

- 1- moteur.
- 2- boîte de vitesse.
- 3- boîte de transfert.
- 4- manchons coulisseaux.
- 5- pont milieu.
- 6- pont arrière.
- 7- pont avant.
- 8- croisillons de cardans.
- 9- gamme de frein milieu.
- 10- vérin d'assistance de direction.
- 11- bielle de direction.

III - 2 - LA BOITE DE TRANSFERT :

III - 2 - 1 - Principale de multiplication de vitesse [CHO, 79] :

La puissance maximale développée par un moteur donné est obtenue pour une certaine vitesse de rotation de celui-ci. Il y a donc, nécessité de pouvoir rendre au moteur une vitesse de rotation suffisante pour obtenir une puissance capable de vaincre les résistances qui continuent d'agir sur le (moteur) véhicule et tendent à le ralentir. Il faut faire intervenir une démultiplication entre le moteur et les roues motrices : c'est le rôle de la boîte de vitesse.

Soit C_n : couple d'un moteur tournant à n tours/min.

=> le travail moteur/min = $2 \pi C_n n$

Les roues tournent à n' tr/min => le travail restant/min = $2 \pi C_r n'$

Si la voiture avance d'un mouvement uniforme, on aura :

$$2 \pi C_n n = 2 \pi C_r n' \Rightarrow C_n = C_r n'/n$$

C_r varie constamment :

On aura le rapport n'/n est la démultiplication.

Ce dispositif a été réalisé dans certains organe remplissant le rôle de la boîte à vitesse. Néanmoins, les dispositifs les plus généralement employés sont basés sur des engrenages.

Les engrenages : [NFE 23-001 NFE 23-005] :

Un engrenage est un mécanisme élémentaire composé de deux roues dentées mobiles autour d'axes de position relative invariables. L'une des deux roues entraîne l'autre par l'action des dents successivement en contact.

La roue qui a le plus petit nombre de dents s'appelle "pignon".

Suivant la position relative des axes des roues on distingue :

- les engrenages parallèles (axes parallèles) ;
- les engrenages concourants (axes concourants) ;
- les engrenages gauches (les axes ne sont pas dans un même plan).

Une combinaison d'engrenage est appelé train d'engrenage.

III - 2 - 2 - Définition et rôle de la BT20:

C'est une boîte de transfert, 2 vitesses à crabots, à commande mécanique, la sortie pour le pont avant crabotable à commande pneumatique. La BT20 a pour rôle, la transmission du mouvement vers les deux ponts avant et arrière.

III - 2 - 3 - Principe de fonctionnement, de la BT20:

La boîte de transfert se compose schématiquement d'un carter rigide, dans lequel sont disposés trois arbres sur le carter par des paliers munis de roulement (schéma [III-2]).

L'arbre (AB) dit "arbre primaire", est solidairement relié à la boîte à vitesse par un manchon (accouplement). Les arbres (CD) et (FE) dits "arbres secondaires" ou respectivement de sortie avant et arrière, sont reliés aux roues motrices par l'intermédiaire d'arbre de transmission.

Les manchons coulissants des arbres (G1) et (G2) sont appelés "train baladeur" ou simplement "baladeurs". Les roues de l'arbre d'entrée sont libres et ne seront solitaires à l'arbres que par l'intermédiaire du baladeur.

Les roues de l'arbre (CD) sont fixées longitudinalement et peuvent être ainsi engrenées alternativement avec les roues Gv et Pv. On peut ainsi obtenir les différentes démultiplication entre arbre primaire et l'arbre de sortie arrière. La transmission du mouvement pour l'arbre de sortie avant se fait à l'aide du coulissant (G2) qui peut être déplacé sur l'arbre grâce à une gorge circulaire dans laquelle viennent s'engager les branches d'une fourchette qui est commandée mécaniquement par un levier.

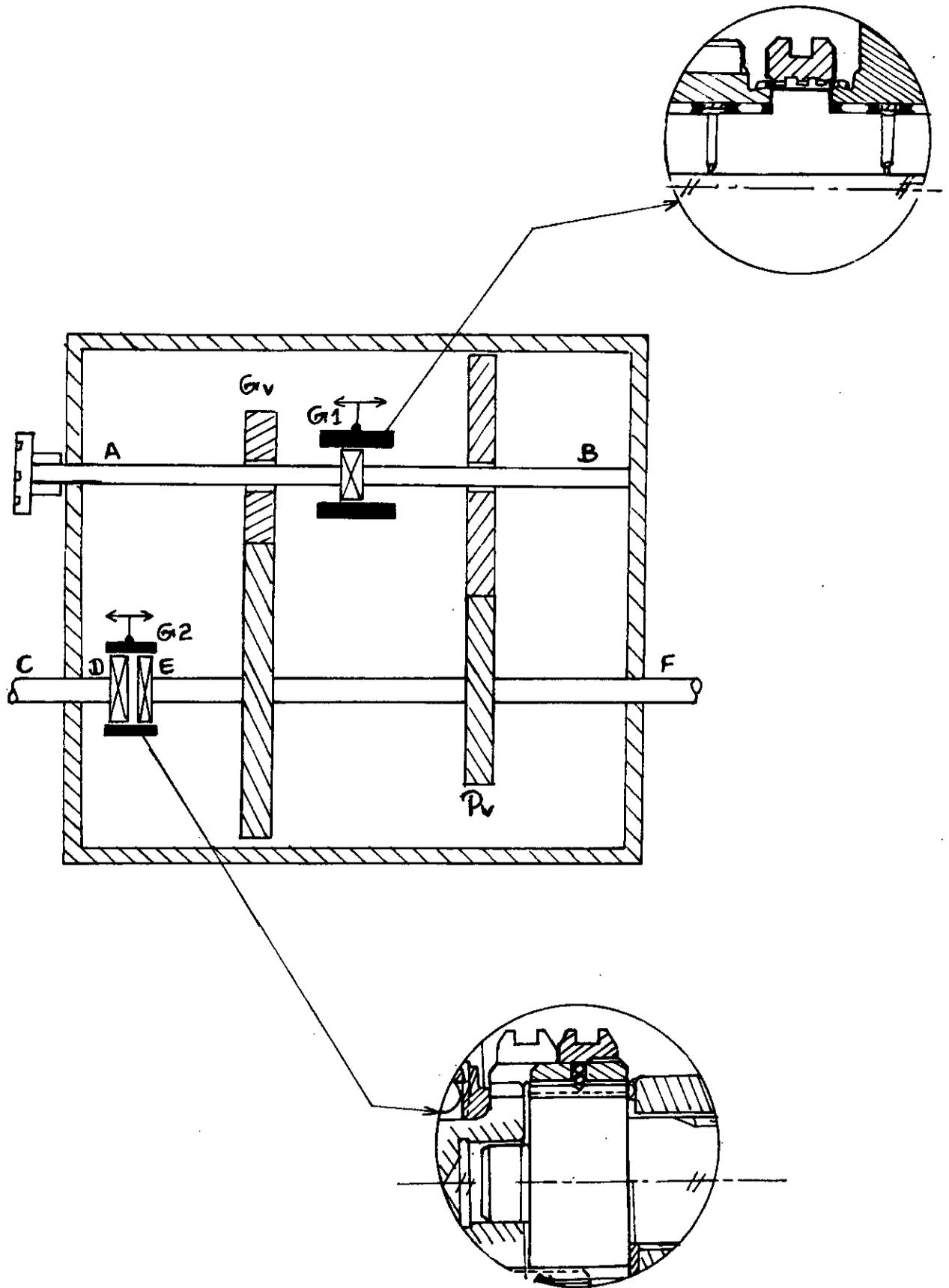


Figure III - 2 - Principe de fonctionnement de la boîte de transfert (BT20).

III - 2 - 4 - Constituants de la BT20 :

Les différentes pièces constituant la BT20 sont données dans le tableau suivant avec leur références :

	Référence	Désignation
01	164562	carter avant.
02	164563	carter arrière.
03	163576	pignon de commande petite vitesse.
04	163578	pignon de commande grande vitesse.
05	164540	arbre d'entrée.
06	164542	arbre de sortie arrière.
07	166498	prise de tachymètre.
08	166051	arbre intermédiaire.
09	166052	arbre de sortie avant.
10	163651	manchon.
11	166053	arbre de crabotage.
12	166098	Graissage -pompe à huile.
13	166051	moyeu support de récepteur.

Tableau III -1 - Les constituants de la BT20.

NB : Notons que toutes les pièces sont fabriquées au CVI, sauf la pompe à huile qui fait l'objet d'importation.

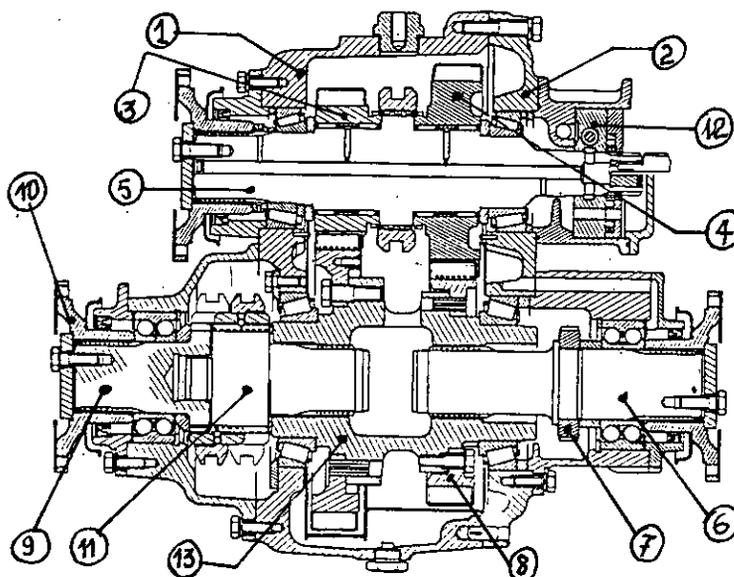


Figure III-3: Les différentes constituants de la boîte de transfert BT20.

**CHAPITRE IV :
DIAGNOSTIC EN MATIERE DE
QUALITE DE LA BOITE DE
TRANSFERT (BT 20).**

IV - 1 - INTRODUCTION:

Afin de diriger efficacement la qualité au niveau de l'entreprise, il faut posséder un moyen de mesure du niveau de la qualité atteint, ensuite, suivre les résultats des actions d'amélioration entreprises.

Pour la mesure du niveau de la qualité, on a procédé à un diagnostic en matière de qualité de la BT20.

Les informations et les données sont recueillies aux trois niveaux suivants :

- Le service après-vente
- Le service montage-camion
- le service montage-boîte.

Ainsi, il est utile d'illustrer ce circuit d'information dans le tableau ci-dessous, qui donne pour les différents services la nature de la non-qualité ainsi que la procédure de recueil d'information.

différents services	non - qualité	procédure de recueil
Service après-vente	taux de retour	rapport technique des centres de réparation
Service montage-camion	rebuts	compte-rendu du contrôle
Service montage-boîte	retouches	compte rendu du contrôle

Tableau IV-1 : différentes sources d'informations.

IV - 2 - LES NON-QUALITES CONSTATEES APRES LIVRAISON :

Parmi les non-qualités qui peuvent faire l'objet d'une exploitation statistiques : les réclamations, les remarques des clients et les réparations sous garantie.

IV - 2 - 1 - Taux de retour-client :

Le tableau présenté ci-dessous donne le nombre de boîtes de transfert (BT20) retournées durant quatre années consécutives.

année	1990	1991	1992	1993
nombre de BT20 livrées	420	283	422	53
nombre de BT20 retournées	6	5	15	16
taux de retour-client	1.42	1.76	3.55	30.18

Tableau IV-2: taux de retour-client de la BT20.

Sur la base des données du tableau (IV-2), nous traçons le graphique à colonne suivant :

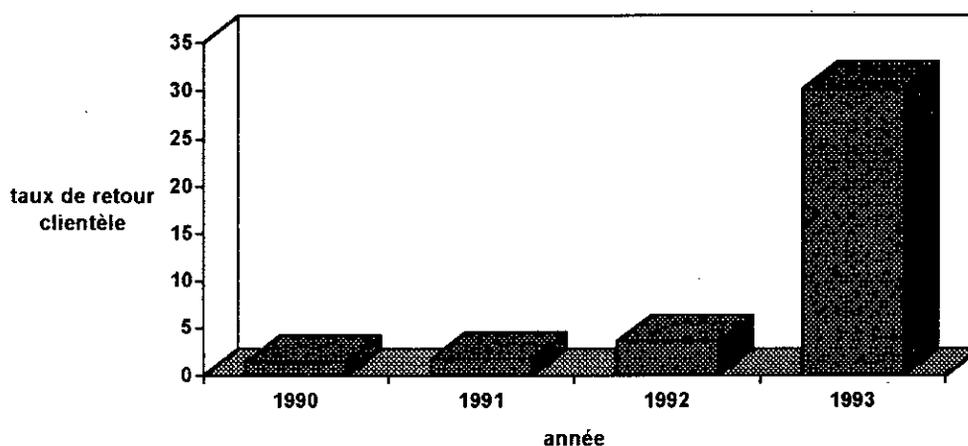


Figure IV-1 : graphique à colonnes de taux de retours-clients.

D'après le graphe précédemment tracé on constate que :

- une évolution du taux de retour est nettement constatée au cours des quatre années ;
- le taux de retour en 1993 est élevé par rapport au trois autres années du fait du large exploitation des véhicules dans cette période.

IV - 2 - 2 - Les différentes classes des incidents après-livraison :

Le tableau suivant indique les différentes classes d'incidents constatés après livraison et donne pour chaque classe le total des incidents sur les quatre années ainsi que le taux correspondant :

n° de classe	Classe des incidents	répartition des incidents				incidents sur 4 années	
		1990	1991	1992	1993	total	taux
1	BT inopérante-détérioration composants.	1	0	0	0	1	2.38
2	BT bruyante-grippage ensemble pompe à huile.	1	1	6	0	8	19.04
3	Bruit anormal-mauvais réglage.	1	0	0	0	1	2.38
4	Petite et grande vitesse ne maintiennent pas.	0	1	0	0	1	2.38
5	Levier de passage de vitesse bloqué en petite vitesse.	1	0	2	0	3	7.14
6	Usure prématuré du corps de la pompe à huile.	0	1	0	0	1	2.38
7	Levier inopérant	0	1	0	0	1	2.38
8	Usure du palier de la pompe à huile	0	1	0	0	1	2.38
9	BT20 bruyante-pompe+arbre grippé.	0	0	0	8	8	19.04
10	Rupture carter.	1	0	0	0	1	2.38
11	Fuite d'huile par le carter arrière	0	0	3	4	7	16.66
12	BT20 bruyante-grande vitesse inopérante.	0	0	3	0	3	7.14
13	Fuite d'air par le carter du cylindre arrière.	1	0	0	0	1	2.38
14	Fuite d'huile au niveaux pompe par couvercle.	0	0	1	0	1	2.38
15	BT20 bruyante -utilisation d'huile non conforme.	0	0	0	1	1	2.38
16	BT20 bruyante-jeu excessif aux arbres.	0	0	0	1	1	2.38
17	Pont avant reste engagé suite rupture goupille.	0	0	0	2	2	4.76
	TOTAL	6	5	15	16	42	100

Tableau IV-3 : Les classes d'incidents après livraison.

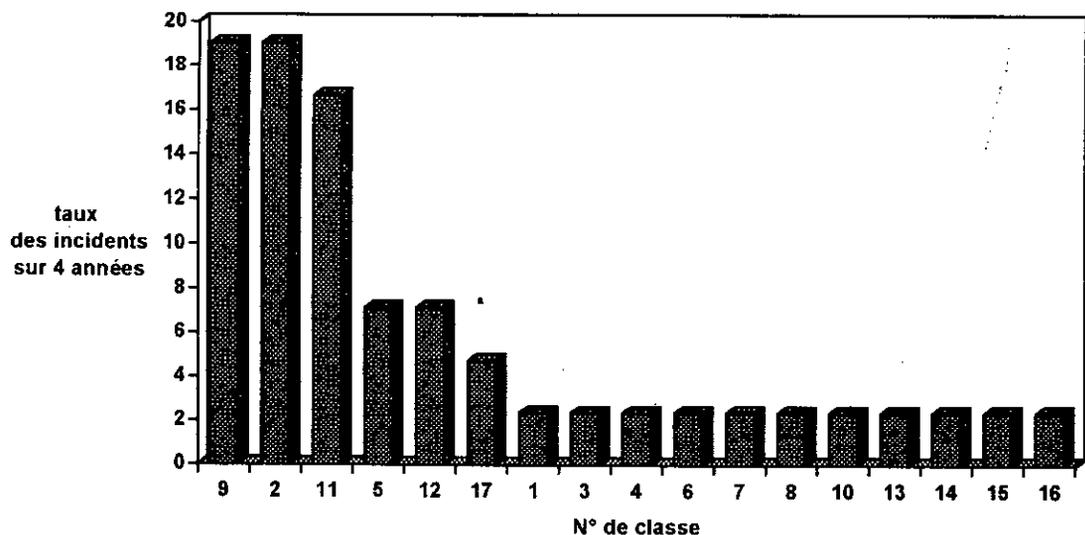


Figure IV-2: graphique à colonne des taux des incidents.

D'après le graphique, nous constatons que les classes N° 9, 2 et 11 présentent des taux élevés. Le tableau ci-après donne pour chacune des classes énumérées ci-dessus la nature de l'incident, le constatation et la cause.

N° de classe	Nature de l'avarie	constatation	cause de l'avarie
2	BT20 bruyante.	Grippage de l'ensemble pompe à huile et pignonerie.	Défaut de graissage de la pompe à huile.
9	BT20 bruyante.	Pompe et arbre grippés.	Défaut de graissage de la pompe à l'huile.
11	Fuite d'huile par le carter arrière.		

Parmi les causes de la fuite d'huile par le carter arrière (incident N°11), nous citons :

- usure prématuré du joint à lèvres AF ;
- durcissement des lèvres du joint AF entraînant le libre passage d'huile;
- joint mal monté ;
- mauvais état de surface (carter-couvercle).

Pour les incidents de la classe N° 2 et 9; le bureau d'étude affirme qu' il s'agit d'un défaut de graissage qui a pour effet, la détérioration de l'ensemble: pompe à huile arbre d'entrée. Ces incidents seront détaillés dans la partie "pompe à huile".

IV - 2 - 3 - Analyse de causes de grippage de la pompe à huile :

C'est une pompe à engrenage composée essentiellement d'un pignon et d'une couronne appairés tournants dans les deux sens. La figure [IV-3] schématise les différents éléments de la pompe à l'huile.

Elle a pour rôle la lubrification de l'arbre d'entrée et de l'ensemble pignonerie . Les éléments qui sont concernés par la lubrification sont présentés dans la figure [IV-4].

En marche avant, la pompe fonctionne normalement, elle aspire de l'huile du carter pour lubrifier l'arbre d'entrée . En marche arrière l'huile est refoulée vers le

carter, et en insistant, le palier avant chauffe provoquant la détérioration des roulements. Ces derniers engendrent le débattement de l'arbre d'entrée, ce qui entraîne le grippage de la pompe + ensemble (arbre-pignonerie).

Elles peuvent être aussi causes de l'anomalie 02 et 09 ce qui suit :

- baisse du niveau d'huile suite à la perte du bouchon de remplissage .
- utilisation d'huile non-conforme.

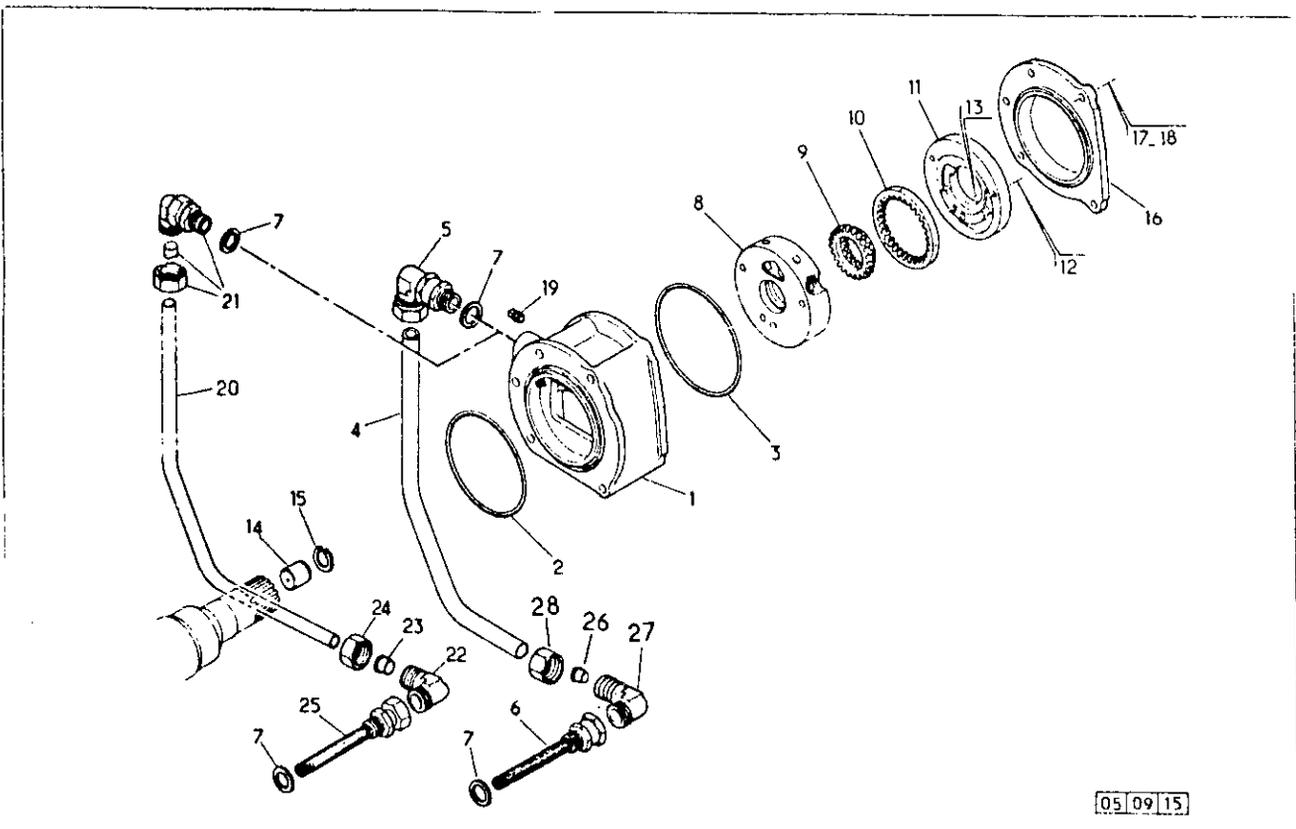


Figure IV - 3- Les différents éléments de la pompe à huile.

- 1-carter de pompe.
- 2,3,23et26-bagues
- 4-tube d'aspiration d'huile.
- 5,21,22et27-coudes.
- 6-crépine.
- 7-joint cuivre.
- 8-distributeur de pompe.
- 9-pignon pompe à huile 22 dents.
- 10-couronne 29 dents.
- 11-corps de pompe.
- 12,13et17-vis.
- 14et19-bouchons.
- 15-anneau joint.
- 16-couvercle.
- 18-rondelle.
- 20-tube aspiration.
- 24et28-écrous.

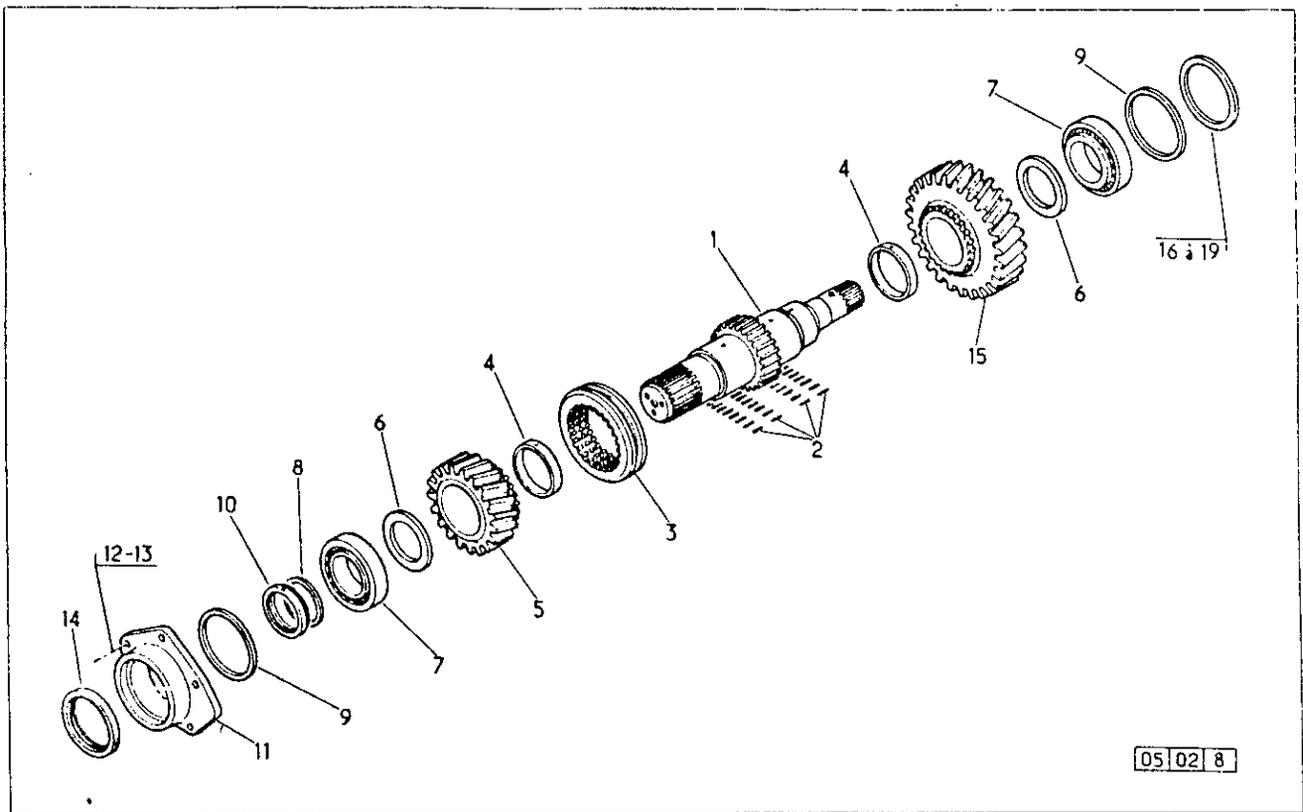


Figure IV - 4- Les différents éléments concernés par la lubrification.

- 1 - arbre.
- 2 - cages à aiguille.
- 3 - coulisseau.
- 4 - bague entretoise.
- 5 - pignon commande petite vitesse (Pv) 19 dents.
- 6 - rondelles de réaction.
- 7 - roulements 65.110.28.
- 8 et 9 - entretoises.
- 10 - entretoise sous manchon.
- 11 - bride entrée.
- 12 -vis HM 10.30.
- 13 - rondelle H10.
- 14 -bague.
- 15 -pignon commande grande vitesse (Gv) 27 dents.
- 16, 17,18 et 19 - cales.

IV - 2 - 4 - Contrôle de la pompe à huile :

La pompe est reçue démontée dans trois lots contenant chacun une pièce élémentaire, plus les deux couvercles et les accessoires.

Les pièces élémentaires de la pompe sont :

- 1- Distributeur de la pompe.
- 2- Pignon de la pompe à huile et couronne.
- 3- Corps de la pompe.

Les trois lots sont reçus à la réception où un échantillon de pièces est prélevé de chaque lot et un contrôle dimensionnel est effectué afin d'assurer la conformité des pièces à la gamme. L'essai de fonctionnement n'est effectué qu'une fois la pompe est montée sur organe.

IV - 3 - LES NON-QUALITES CONSTATEES AU MONTAGE-CAMION :

IV - 3 - 1 - Taux de retours montage-camion :

Les boîtes (BT20) montées sur camion et présentant des anomalies sont retournées au montage BT20 pour subir des retouches . Le tableau (IV-4) donne le nombre de boîte (BT20) montée et retournée durant six années, ainsi que le taux de retour .

Année	90	91	92	93	94	95
nombre de BT 20 montées	339	321	200	472	103	93
nombre de BT 20 retournées au montage BT 20	40	31	22	0	18	7
taux de retour-montage camion	11.79	9.65	11	0	17.47	7.52

Tableau (IV-4) : taux de retour montage-camion.

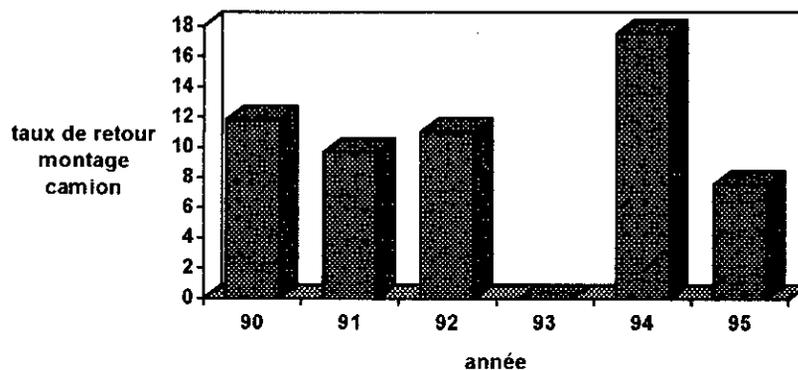


figure IV-5 : taux de retour montage-camion.

IV - 3 - 2 - Les différents types d'anomalies :

Le tableau (IV-5) donne les totaux des BT 20 retournées au montage BT20 durant six années par type d'anomalie :

Numéro d'anomalie	type d'anomalie	90	91	92	93	94	95	totaux	totaux des anomalies en pourcentage	cumules
01	fuite d'huile par manchon.	3	3	0	0	7	0	13	11.01	11.01
02	fuite d'huile par carter.	1	1	0	0	2	1	5	4.23	15.24
03	boite reste crabotée	32	21	18	0	1	2	74	62.71	77.95
04	petite et grande vitesse ne passe pas.	0	4	0	0	7	0	11	9.32	87.27
05	bruit anormal.	4	0	3	0	0	2	9	7.62	94.89
06	divers.	0	2	1	0	1	2	6	5.11	100
	total.	40	31	22	0	18	7	118	100	

tableau IV-5: Totaux de BT20 retournées au montage boîte par type d'anomalie.

Les données du tableau (IV-5) sont présentées sur le diagramme de Paréto comme suit:

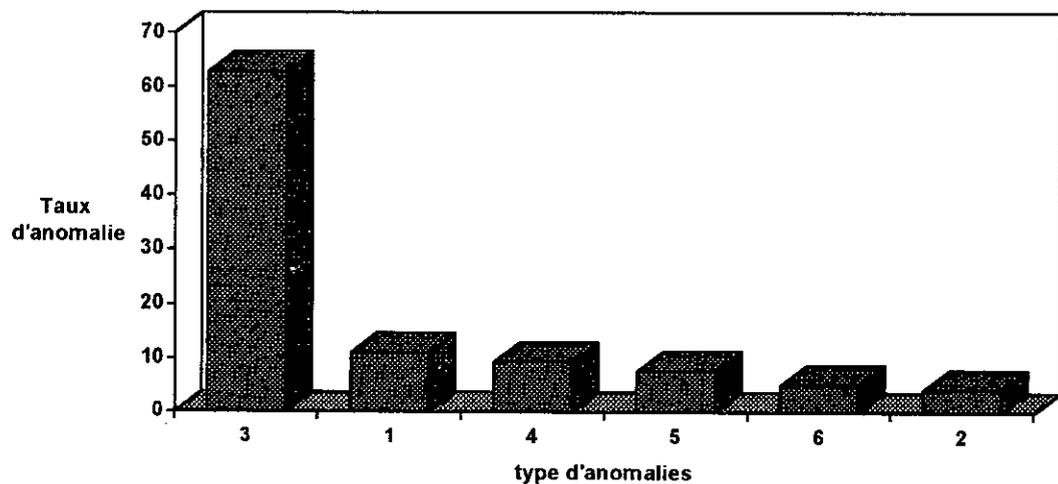


figure IV-6 : Graphique à colonnes des totaux d'anomalies en %.

On constate sur le graphique qu'environ 83,04% des anomalies sont de type 3, 1 et 4, l'ensemble des autres anomalies ne représente que moins de 20% des non-qualités.

Le graphe montre clairement que le type "boite reste crabotée" représente 62,71% de l'ensemble des anomalies, il est donc opportun d'étudier ce type d'anomalie.

IV - 4 - LES NON-QUALITES CONSTATEES AU MONTAGE BT 20 :

Une fois la BT20 est montée selon la gamme d'usinage, l'agent du contrôle commence par observer l'aspect général de la boîte (aspect général + propreté). Puis, la BT20 sera branchée au banc d'essai pour contrôler son fonctionnement .

Sur banc-d'essai on vérifie :

- Crabotage sur sortie avant (vérification chocs et cognement 5 à 8 fois) .
- Crabotage petite et grande vitesse (5 à 8 fois).
- fuite d'huile (carter, nez avant, manchon, joint spiral, carter-couvercle).

Il est à noter aussi que le contrôle se fait unitairement.

IV - 4 - 1 - Etude des taux de retouches :

L'exploitation des carnets de situation au poste montage BT20 (pendant les années 90-95) a relevé deux sortes d'étude : la première nous expose les taux de boîtes retouchées par années, et la deuxième donne après regroupement par famille des multitudes des causes affectants les retouches, la fréquence pour chaque famille.

IV - 4 - 1 - 1 - Taux de boîtes retouchées par année

Le tableau suivant donne pour chaque année le nombre de boîtes montées et retouchées.

Année	90	91	92	93	94	95
Nombre de BT20 montées.	355	306	252	140	146	116
Nombre de BT 20 retournées.	126	114	49	8	49	32
Taux de retouche(%).	35.49	37.25	19.44	5.71	33.56	27.58

tableau IV-6: taux de retouches par année

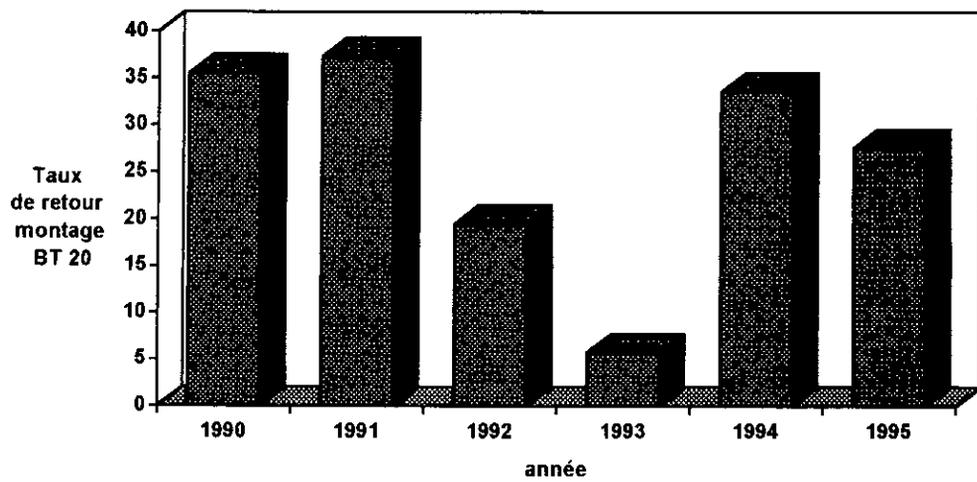


Figure : IV-7: Taux de retouches par année.

Nous remarquons que les taux de boîtes retouchées pour les cinq années (90-91-92-94 et 95) sont presque égaux à la moyenne de ces mêmes années (30,66 %). L'année 1993 représente un taux moindre par rapport aux autres années.

IV - 4 - 1 - 2 - Taux de boîtes retouchées par famille de cause:

Le tableau (IV-7) donne les familles des différentes causes des retouches:

Numéro de famille	différentes causes
01	Pont avant tourne constamment.
02	Bruit (en grande vitesse + en petite vitesse + à toutes vitesses)
03	Choc en grande et petite vitesse + vitesse dur à passer + vitesse ne passe pas + choc coté avant.
04	fuite d'huile (par bouchon + par carter + par manchon + par nez avant).
05	Pont ne crabote pas + pont ne fonctionne pas.
06	Frottement coté (manchon arrière + pont avant + fourchette) frottement en grande vitesse.
07	L'huile ne monte pas sur la pompe.
08	Boîte bloquée + boîte fermée.
09	Pompe ne fonctionne pas.
10	Pmt ne crabote pas.
11	Pmt tourne constamment.
12	Cognement en grande vitesse.
13	Echauffement anormal + dégagement de fumée.
14	Mauvais crabotage de la petite vitesse.
15	Sifflement (en grande vitesse + à toute vitesse).
16	Vis nom serré coté avant.
17	Manque verrouillage.
18	Manchon ne fonctionne pas.

Tableau IV-7 : familles des causes.

Nous présentons dans le tableau ci-dessous le nombre de retouches sur une période de six années (90-95) par famille de cause au niveau montage BT20.

Famille	Nombre de retouche	Taux de retouche	cumulés
01	128	29.76	29.76
02	131	30.46	60.22
03	49	11.39	71.61
04	24	5.58	77.19
05	23	5.34	82.53
06	14	3.25	85.78
07	08	1.86	87.64
08	07	1.62	89.26
09	18	4.18	93.44
11	06	1.39	94.83
18	9	2.09	96.92
divers	13	3.02	100
Total	430		

Tableau IV-8: Taux de retouche par famille de cause.

Les données du tableau(IV-8) sont présentées sur le diagramme de pareto comme suit :

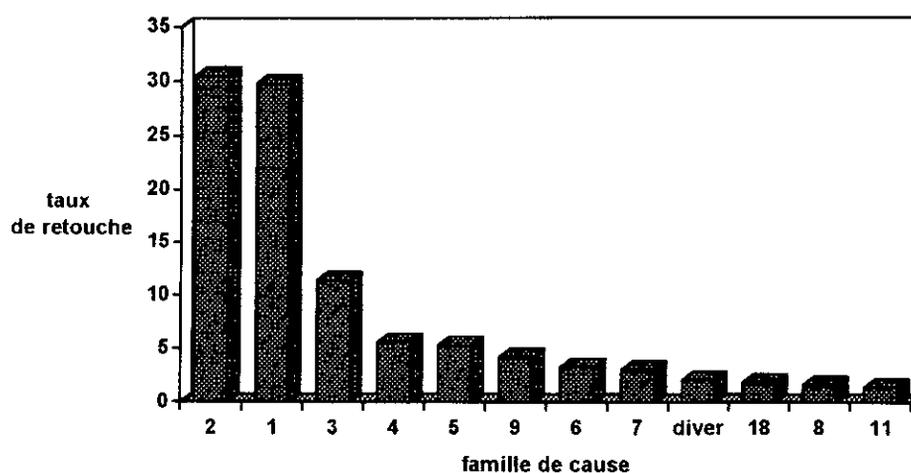


Figure IV-8 :Taux de retouches par famille de causes.

Le graphique montre que les causes (2-1,3,4 et 5) représentent plus de 80% de l'ensemble des causes. Le bruit (02) tout seul va palier à 30,46% du total des anomalies, le grippage du pont avant présente 29,76% des retouches de la boîte; le choc et la fuite d'huile prennent un pourcentage de 17%.

La multitude des causes qui restent ne fait qu'agir que de 20% seulement du total des causes.

Les principales causes de bruit sont :

- La non rectification des dentures après traitement thermique.
- La vitesse étant conçue élevée pour les gros module .
- L'adaptation du rasage (shaving) au lieu de la rectification .

D'après le bureau de méthode, pour remédier au bruit un investissement dans les machines de rectification de dentures est jugé suffisant .

Conclusion :

Le diagnostic nous montre que le bruit et le crabotage au niveau montage boîte (figure [IV-8]) représentent presque 60% de l'ensemble des anomalies (respectivement 30.46 et 29.76); par ailleurs, au montage camion, taux de crabotage est égale à 62.71% (figure IV-6).

Le taux de bruit est minimum à cause du bruit émis par le moteur. Par conséquent, nous allons nous intéresser dans ce qui suit à l'étude de type d'anomalie " Boîte reste crabotée" .

**CHAPITRE V:
ROLES, CARACTERISTIQUES
ET PRESENTATION DES
GAMMES D'USINAGE ET DE
CONTROLE DES ARBRES.**

V - 1 - Pièces qui causent l'anomalie "boite reste crabotée":

Les éléments qui causent l'anomalie sont les deux pièces données dans le tableau suivant :

référence	désignation
166052	arbre de sortie avant
166053	arbre de crabotage

V - 2 - Emplacement et rôle des deux arbres dans la BT 20 :

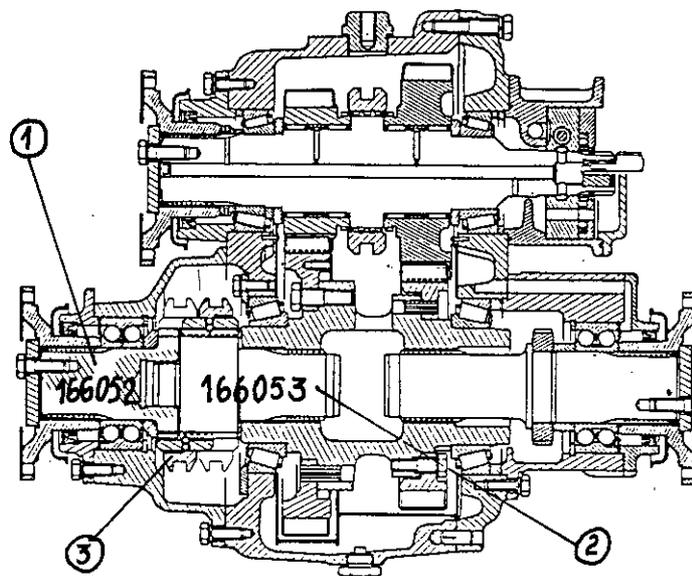


Figure V-1- Emplacement des deux arbres.

- 1- arbre de sortie avant (166052).
- 2- arbre de crabotage (166053).
- 3- coulisseau.

Pour transmettre le mouvement au pont avant, l'arbre de sortie avant (166052) et l'arbre de crabotage (166053) sont liés solidairement par l'intermédiaire d'un coulisseau baladeur.

V - 3 - Caractéristiques mécaniques et chimiques des arbres 166052 et 166053 :

Les deux arbres : de sortie avant et de crabotage sont fabriqués à partir d'un acier faiblement allié appelé: 20NC6. Afin de bien expliquer sa signification, nous allons exposer la désignation des aciers .

V - 3 - 1 - Désignation de l'acier 20 NC6 :

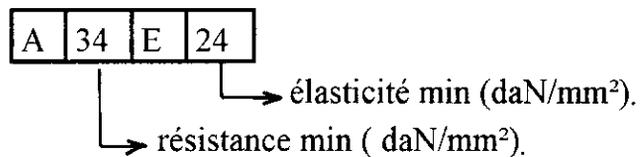
Définition des aciers (NFA 02-005, NFA 32-051, NFA 33-101, NFA 35-551):

a/ Les aciers non alliés :

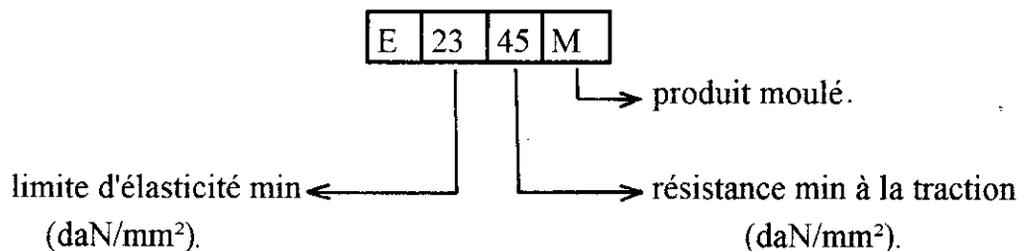
1- Acier d'usage général : La désignation se compose d'une lettre et d'un nombre.

- En général, deux lettres sont employées A et E ; le nombre qui suit A, donne la résistance minimale à la traction et celui qui suit E donne la limite d'élasticité minimale.

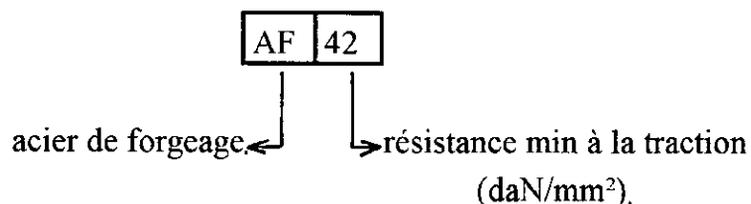
Exemple :



2- Acier de moulage : La désignation est telle que:

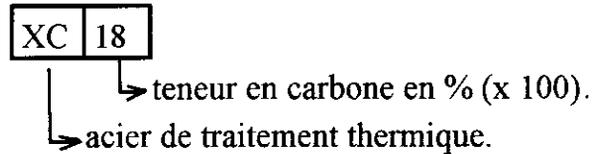


3- Acier de forgeage : La désignation est comme suit :



4- Acier de traitement thermique : On distingue deux séries X et XC

exemple :

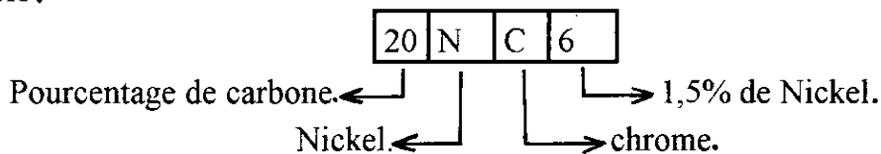


b/ Les aciers alliés :

1- Aciers faiblement alliés : La désignation comprend dans l'ordre :

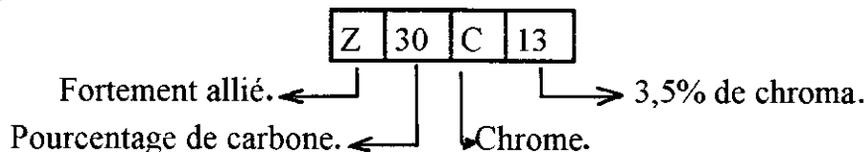
- un nombre entier indiquant la teneur moyenne, en carbone en % x 100.
- une lettre ou une série de lettres symbolisant les principaux éléments d'addition, dans l'ordre des teneurs décroissantes.
- un nombre indiquant la teneur de l'élément d'addition contenu dans la plus grande proportion.
- cette teneur est multipliée par quatre (4) pour C, K, M, N, S et par dix (10) pour les autres éléments.
- éventuellement, un autre nombre indiquant la teneur de l'élément d'addition suivant.

exemple :



2- Acier fortement alliés : même désignation que l'acier faiblement allié sauf que la désignation comprend en plus la lettre Z au début.

exemple :



V - 3 - 2 - Caractéristiques chimiques (NF A35 - 552) :

Alliages	C	Mn	Si	Cr	Ni	Autres impuretés	P	S
Pourcentage (%)	0.16-0.21	0.6-0.9	0.10-0.40	0.9-1.20	1.20-1.50	Pourcentages	0,035	0,035

Diamètre	40 Ø 100 (mm).
Résistance mécanique	700-850 (RN/mm).

V - 3 - 4 - Traitement thermique (NF A 35 -552) :

Procédé	température(c°)
Trempe	835 - 865
revenu	550 - 650

Milieu trempe : huile.

V - 4 - Procédé de fabrication des arbres (166052 et 166053) :

a - Procède de l'arbre 166052 :

Comme le montre la figure [V-2] des barres d'acier de Ø102 mm, viennent de la forge et passent au débitage pour être coupées en pièces cylindriques de longueur identiques de 127 mm.

Au poste tournage, l'usinage du premier côté consiste à réaliser l'alésages et le grand diamètre; l'usinage du deuxième côté comprend la réalisation du petit diamètre. Une fois que les pièces passent au poste taillage, les deux cannelures sont usinées ainsi que les trous taraudés. Ensuite, les pièces subissent un traitement thermique (cémentation + trempe + revenu).

Enfin, au poste final, on effectue la rectification de la portée Ø 65 mm, de l'alésage Ø 40H7 et la face ainsi que l'égolage des cannelures.

b - Procède de l'arbre 166053 :

D'après la figure(V-3) les pièces brutes de la forge passent au tournage pour le dressage et le chariotage des différents diamètres. Ensuite, les pièces passent au taillage, où sont usinés les deux cannelures et le méplat. Après, le traitement thermique, les pièces sont rectifiées au niveau des trous de centre, le diamètre Ø 40f7 et la face ainsi que le pignon.

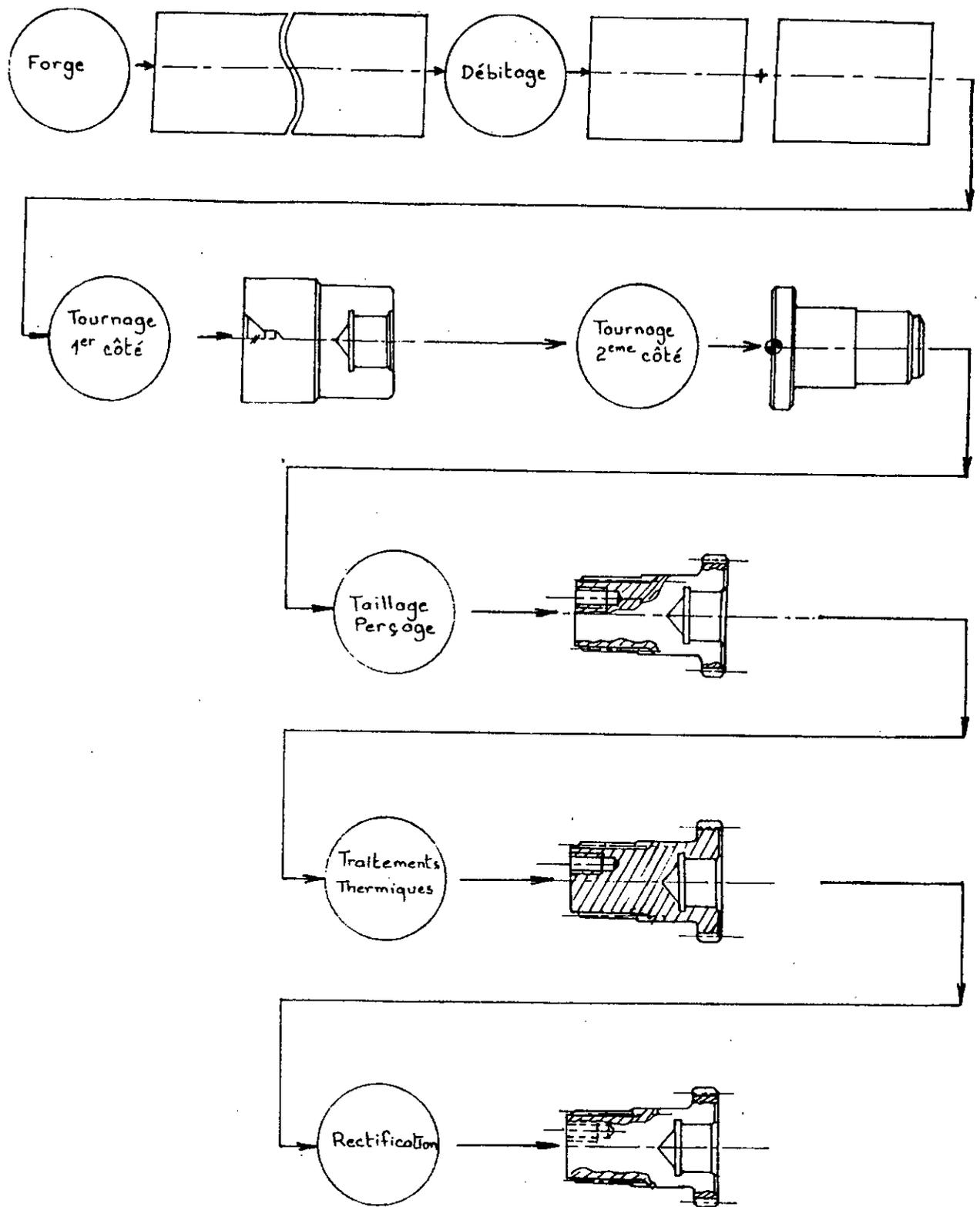


Figure V-2- procédé de fabrication de l'arbre de sortie avant (166052).

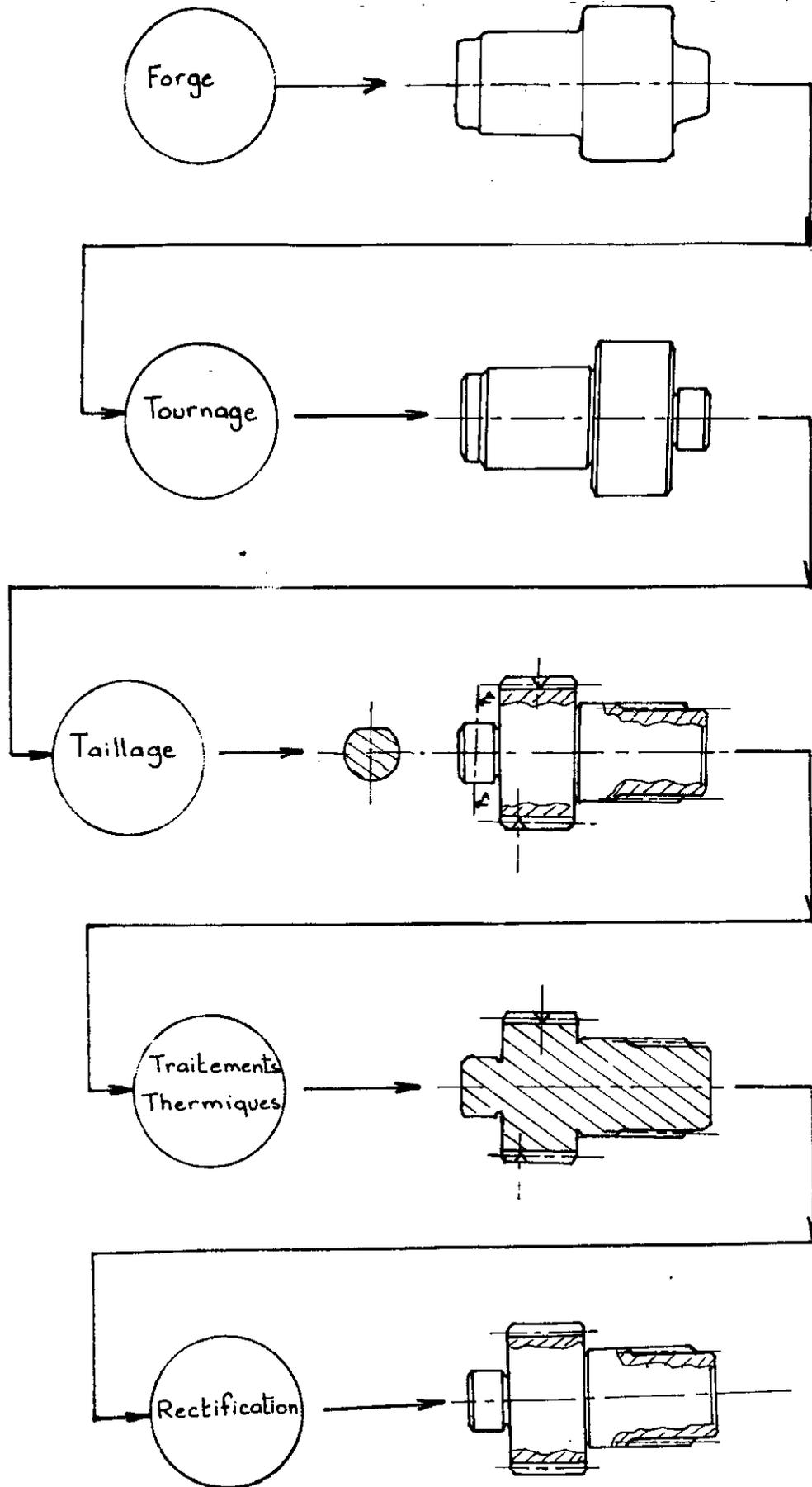


Figure V-3- Procédé de fabrication de l'arbre de crabotage (166053).

V - 5 - Présentation des gammes d'usinage des deux arbres (166052 et 166053) :**a - Gamme d'usinage de la 166053 :**

N°	nom d'opération	opération
1	Grenaillage sur demande	Cette opération consiste à enlever la rouille sur toute la surface de la pièce: elle est faite sur demande. vu qu'elle est déjà effectuée au niveau de la forge.
2	tronçonnage	Machine : centreuse. Cette opération consiste à usiner les deux trous de centre .
3	tournage	Machine : tour le tournage du premier côté comprend l'usinage des diamètres: $\varnothing 40_{j11}$ et $\varnothing 99,4_{j11}$ ainsi que la cote $141 \pm 0,4$. Pour le deuxième côté, le diamètre $\varnothing 61,5$ et la cote 51_{j10} sont usinés.
4	contrôle tour	
5	taillage cannelure	Machine : machine à tailler Au poste taillage, sont taillées les deux cannelures : $100 . 18 . 5$ et $65 . 24 . 2,5$
6	usinage rainure de graissage	Machine : Rouchaud FH40L
7	Usinage méplat	Machine : Rouchaud Le méplat est usiné sur le $\varnothing 40_{f7}$.
8	perçage logement de billes	Machine : perceuses à l'aide d'un forêt $\varnothing 7$, trois trous sont percés sur le $\varnothing 99,4_{j11}$. - Ebavurage - marquage.
9	Contrôle taillage	
10	Traitement thermique	Avant cémentation le lavage est effectué et les trois trous taraudés sont protégés. En premier lieu le traitement utilisé est la cémentation; cette opération consiste à augmenter le % du carbone sur la surface de la pièce à une épaisseur de 7 à 9/10; le deuxième traitement est la trempe consistant à chauffer la pièce jusqu'à 800° , puis la tremper dans l'huile.
11	Contrôle Traitement Thermique	
12	rectification	rectification du deuxième côté.
13	rectification	portée et face $\varnothing 40_{f7}$: à l'aide d'une meule.
14	rectification pignon	Machine rectifieuse. A ce niveau la grande cannelure est rectifiée à l'aide d'une meulé.
15	Contrôle final	

tableau V-1: Gamme d'usinage de l'arbre de crabotage(166053).

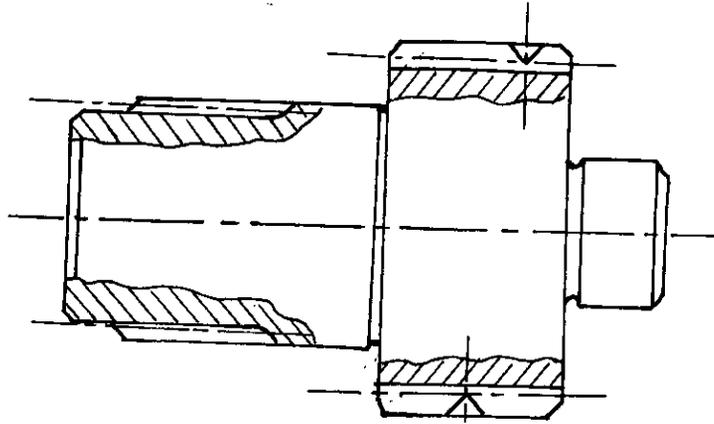


figure V-4: L'arbre de crabotage(166053).

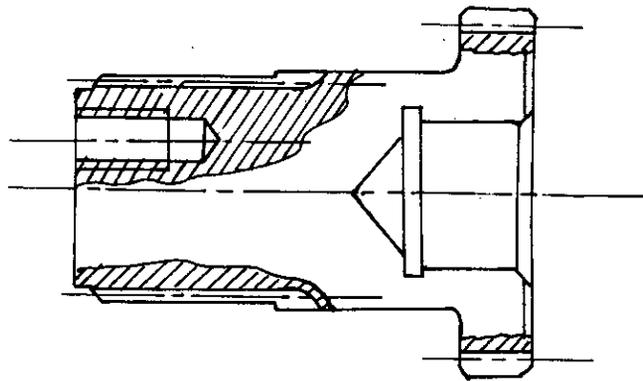


Figure V-5: L'arbre de sortie avant(166052).

V - 5 - MODE DE CONTROLE DES PIECES 166052 et 166053:

V - 5 - 1 - Analyse des vérifications effectuées sur une pièce mécanique:

La vérification complète d'une pièce comporte les phases suivantes:

1°/ - Vérification de l'aspect général : opération visuelle, permet d'éliminer les pièces présentant des défauts d'usinage ou d'aspect susceptibles de subsister après les usinages ultérieurs.

2°/ - Vérification de la forme géométrique : cette opération comprend la vérification des lignes et des surfaces (circularité, planéité...) ainsi que leur position (parallélisme, cylindricité, coaxialité.....)

3°/ - Vérification des dimensions qui a pour objet, la mesure des diamètres, des longueurs, des épaisseurs,.....

4°/ - Vérification de la rugosité ou l'état de surface.

V - 5 - 2 - Les moyens utilisés pour le contrôle des 166052 et 166053:

Les différents moyens de contrôle peuvent se classer en :

- Moyens de contrôle à traits à dimensions variables.
- Moyens de contrôle à dimensions fixes.
- Moyens de contrôle à mesure indirecte par comparaison.

Les principaux moyens utilisés pour la mesure et le contrôle de l'arbre de sortie avant (166052) et l'arbre de crabotage (166053) sont présentés selon leur classification comme suit:

a - Moyens de contrôle à traits à dimensions variables:

* **Pied à coulisse à vernier:** Un instrument de mesure d'épaisseur et de diamètres intérieur et extérieur. Il est caractérisé par des graduations gravées sur le vernier donnant la mesure avec une précision de 1/100 de mm.

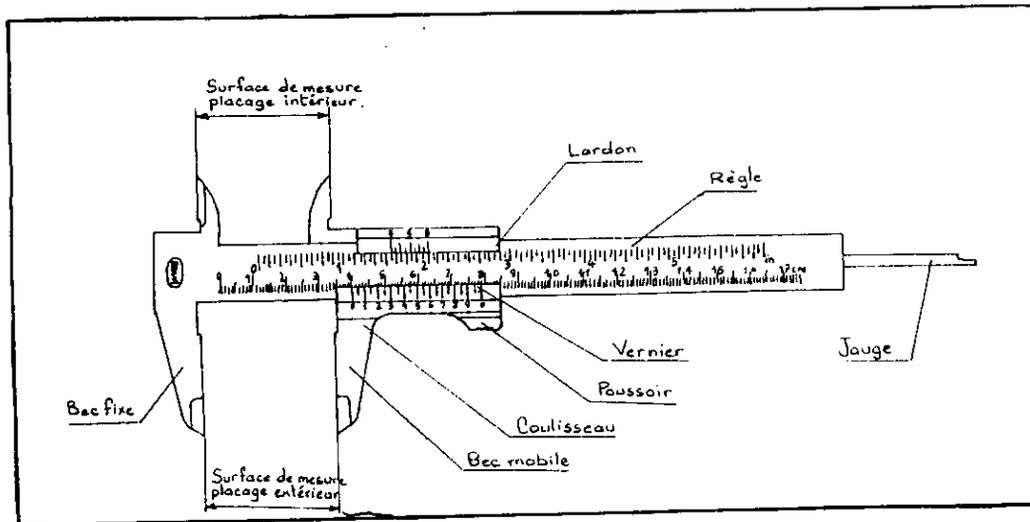


figure V-6: Pied à coulisse.

* **Micromètre à plateau:** Instrument de mesure équipé de plateau, rapportés à faces de mesure annulaire plate pour la mesure de l'écartement sur des engrenages, de distance entre rainure ou d'autre partie difficilement accessible.

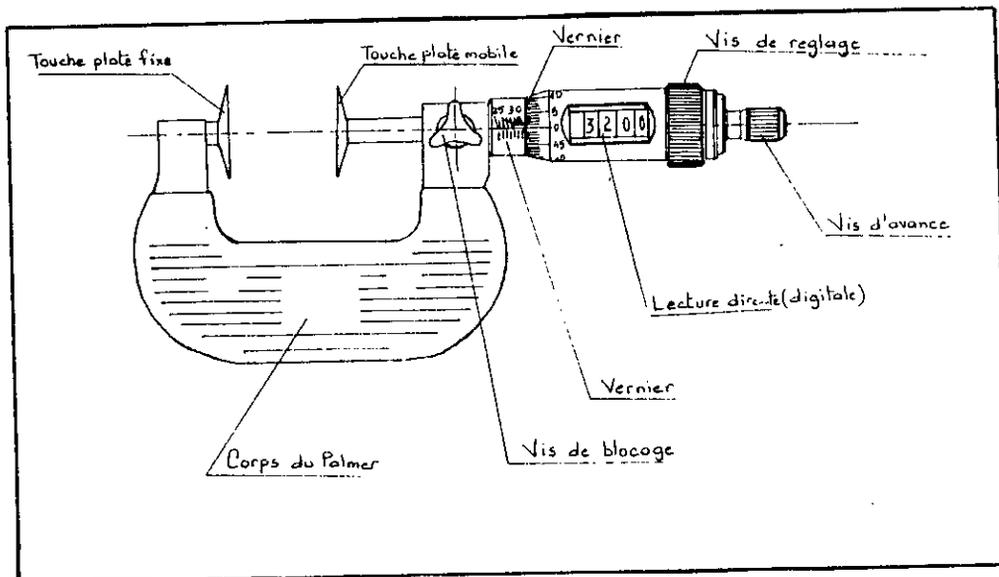
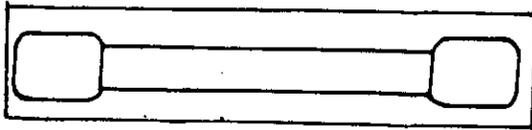
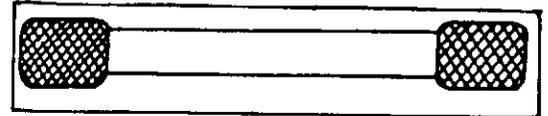


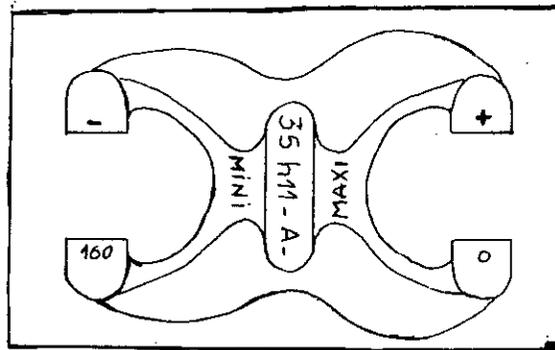
Figure V-7: Micromètre à plateau.

b - Moyens de contrôle à dimensions fixes:

* **Tampon:** Un calibre lisse ou fileté utilisé pour la vérification des dimensions d'un trou à paroi lisse (alésage) ou fileté (taraudage). Un tampon comporte deux extrémités représentant les tolérances. Une cote est jugé bonne si l'extrémité maximale du tampon ne rentre pas et la partie minimale rentre aisément.

**Figure V-8 : Tampon lisse.****Figure V-9: Tampon fileté.**

* **Calibre à limite (fer à cheval):** Un calibre à limite matérialise une grandeur avec une très grande précision. Il permet de s'assurer qu'une dimension déterminée est comprise dans sa zone de tolérance sans qu'il soit possible de connaître la mesure de cette dimension. Pour cela il suffit d'effectuer la vérification avec la partie mesurante "entre" et la partie mesurante "n'entre pas".

**Figure V-10: Fer à cheval.**

* **Bague cannelée:** Calibre de mesure des pièces cannelées.

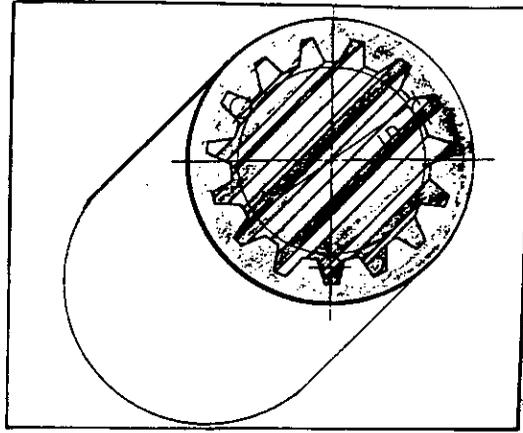


Figure V-11: Bague cannelée.

c - Moyens de contrôle à mesure indirecte par comparaison:

* **Banc de contrôle:** C'est un banc à deux poupées pour la prise de la pièce cylindrique entre pointe, l'une des deux poupées est mobile, l'autre étant fixe. Ce banc est équipé d'un cadran à aiguille sensible (comparateur à amplification) pour la mesure de la concentricité et l'état de surface.

* **Comparateur à amplification:** Il est de nombreuses utilisations tant à l'atelier qu'au service contrôle. Monté sur différents supports, le comparateur permet d'effectuer des vérifications diverses. Le positionnement des pièces et des organes d'une machine, le contrôle géométrique des pièces (faut rond, concentricité, parallélisme,.....).

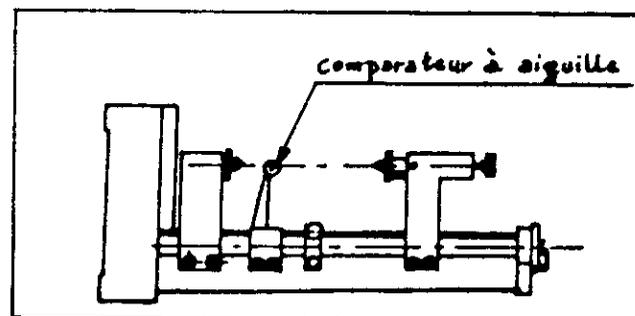


Figure V-11: Banc de contrôle.

V - 5 - 3 - Procédure de contrôle de la 166052:

A chaque poste intermédiaire, les deux arbres : de sortie avant (166052) et de crabotage (166053) subissent un contrôle.

Dans ce qui suit, nous allons seulement présenter la procédure de contrôle de la 166052 vu que les deux procédures sont similaires..

Les tableaux suivants présenteront pour chaque poste, les différentes phases de contrôle, le matériel utilisé ainsi que la méthode.

A/ Poste contrôle tournage:

Phase de contrôle des opérations	Intervalle de tolérance	Matériel utilisé	méthode de contrôle
<u>Aspect général</u>			
1 -Aspect de surface		visuel.	Unitaire.
2 -Chanfrein		visuel.	Unitaire.
<u>Forme géométrique</u>			
-Faux rond	0,06	banc de contrôle (entre-pointe).	échantillonnage.
<u>Dimensions</u>			
Diamètre \varnothing 57,5	[57,5...57,5001].	Fer à cheval.	Unitaire.
Diamètre \varnothing 64,5 _{h12}	[64,2...64,5].	Fer à cheval.	Unitaire.
Diamètre \varnothing 65,4 _{j11}	[65,305...65,495].	Fer à cheval.	Unitaire.
Diamètre \varnothing 99 _{h12}	[98,650...99].	Fer à cheval.	Unitaire.
Alésage \varnothing 39,7 _{H9}	[39,7...39,762].	tampon lisse.	Unitaire.
Profondeur alésage 35	[34,9995.....35,0005]	calibre.	Unitaire.
rayon 4		Jauge à rayon.	Unitaire.
épaisseur denture 19,7 _{j11}	[19,635....19,765].	Fer à cheval.	Unitaire.

Tableau V-3: phase de contrôle au poste tournage .

B / Poste de contrôle taillage

Phase de contrôle des opérations	tolérance	Matériel utilisé	méthode de contrôle
<u>Aspect général et conformité</u>			
1 - contrôle rainure de graissage		visuel	Unitaire
2 - contrôle ébavurage-marquage		visuel	Unitaire
<u>Forme géométrique</u>			
1 - contrôle concentricité cannelures	0,04	banc de contrôle	par échantillonnage
2 - contrôle concentricité cannelures	0,05	banc de contrôle	pas échantillonnage
<u>Dimension :</u>			
1- contrôle cannelures 65.24.2,5		bague	Unitaire
2 - contrôle cannelures 100.18.5			Unitaire
3 - contrôle côte tangentielles		Micromètre a plateau	par échantillonnage
4 - contrôle trou en bout - profondeur perçage 33.	[33,0...33,001].	calibre	par échantillonnage
5 - contrôle trou en bout - profondeur taraudage 25.	[25,0...25,002].	calibre	par échantillonnage
6 - contrôle jeu filetage.		tampon fileté	Unitaire
7 - contrôle longueur.		calibre	Unitaire

Tableau V-4: phase de contrôle au poste taillage .**C/ Poste contrôle traitement thermique .**

Phase de contrôle des opérations	tolérance	méthode de contrôle
Epaisseur de cémentation	de 7 à 9/10	par échantillonnage
<u>Après trempe et revenu</u>		
- dureté rockwell HCR, 60-64		par échantillonnage .
- empreinte brinell HD 10/300	29,5 - 35/10	par échantillonnage
<u>Après grenailage</u>		
Aucune trace de calamine.		par échantillonnage.

Tableau V-5 : phase de contrôle au poste traitement thermique

D / Poste de contrôle final :

Phase de contrôle des opérations	Intervalle de tolérance	Matériel utilisé	méthode de contrôle
<u>Forme géométrique</u>			
Contrôle concentricité	0,03	banc de contrôle	par échantillonnage
Contrôle concentricité	0,04	banc de contrôle	par échantillonnage
Contrôle concentricité	0,05	banc de contrôle	par échantillonnage
Contrôle parallélisme	0,03	entre pointe	par échantillonnage
Contrôle parallélisme	0,02	entre pointe	par échantillonnage
<u>Dimension et cannelures</u>			
1 - contrôle cannelures 1000.18.5		bague	Unitaire
2 - contrôle cannelures 65.24.2.5		bague	Unitaire
3 - contrôle de diamètre Ø 65m6	[65,011...65,03]	Fer à cheval	Unitaire
4 - contrôle épaisseur pignon 19.5j10	[19,458...19,543]	Fer à cheval	Unitaire
5 - contrôle alésage Ø 40H7	[40...40,25]	Tampon lisse + etamic	Unitaire
<u>Rugosité</u>			
- Contrôle de l'état de surface	1,6	rugosimètre	par échantillonnage
- Contrôle de l'état de surface	3,2	rugosimètre	par échantillonnage

Tableau V-6 :phase du contrôle au poste final .

**CHAPITRE VI:
IDENTIFICATION ET
ANALYSE DES CAUSES DU
DEFAUT: "BOITE RESTE
CRABOTEE".**

VI - 1 - Principe de fonctionnement de l'arbre de sortie avant 166052 et l'arbre de crabotage 166053 :

La figure(VI.1) Schématise le fonctionnement des deux arbres (166052 et 166053). On distingue les deux opérations suivantes:

Opération 1: Crabotage de pont avant

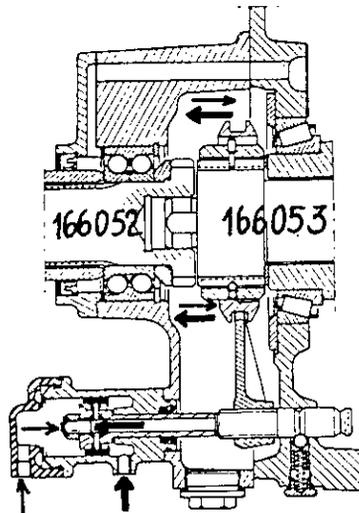
L'entrée d'air par le cylindre nez avant entraîne le déplacement du coulisseau vers la gauche permettant le crabotage du pont avant.

Opération 2: Décrabotage de pont avant.

Pour libérer le pont avant; l'air est injecté par un orifice qui déplace le coulisseau vers la droite; d'où le décrabotage.

VI - 2 - Explication de l'anomalie "Boite reste crabotée"

Par une commande pneumatique, l'arbre de sortie avant (166052) est mis en oeuvre (opération 1). Parfois ce dernier ne se libère pas après fonctionnement et reste craboté avec l'arbre de crabotage (166053) à cause du collage permanent des deux arbres (166052) et (166053).



→ Crabotage de pont avant .

→ Décrabotage de pont avant.

Figure VI-1: Principe de fonctionnement de l'arbre de sortie avant(166052) et l'arbre de crabotage (166053).

VI - 3 - Causes de l'anomalie "boite reste crabotée":

L'anomalie "boite reste crabotée" se présente sous les deux formes suivantes:

- soudage des deux surfaces de contact des deux arbres.
- grippage de l'alésage et l'arbre.

a - Soudage des surfaces en contact des deux arbres:

Si la rainure est usinée dans le creux de la dent du pignon de l'arbre 166052, le graissage des deux surfaces en contact est assuré par la création d'un film d'huile le long de ces surfaces (figure [VI-2]).

D'après les analyses du bureaux d'étude, l'usinage de la rainure en dehors du creux de la dent a pour effet le soudage des surfaces en contact.

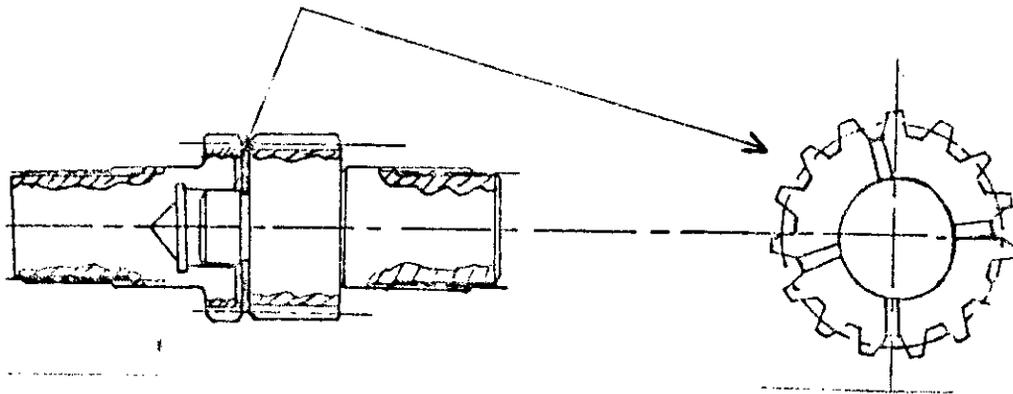


Figure VI.2 Soudage des surfaces en contact des deux arbres.

b - Grippage de l'alésage et l'arbre:

Le graissage est assuré par le méplat de l'arbre (1660 53) qui fait pénétrer la graisse dans l'alésage et l'entraîne sur toute la surface de celui-ci (figure [VI.3]). Lorsque la température augmente, la graisse devient huileuse et s'échappe de l'alésage à travers la rainure en provoquant le grippage.

Il peut être aussi cause de ce grippage le désaxage des deux arbres 1660 52 et 166053 (figure [VI-4]).

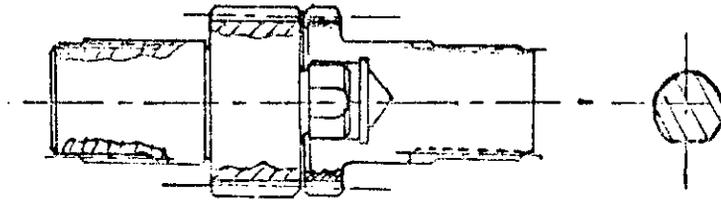


Figure VI-3: graissage de l'alésage de l'arbre 166052.

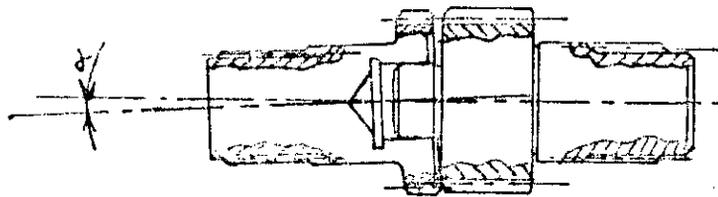


Figure VI-4: désaxage des deux arbres 166052 et 166053.

VI - 4 - Mesures préventives ;

a - Cas de la rainure de graissage:

La rainure de graissage doit être obligatoirement usinée dans le creux de la dent de la 166052 afin d'assurer le bon graissage des deux surfaces en contact.

b - Cas de graissage de l'alésage et l'arbre:

Un trou de graissage peut être réalisé dans l'arbre 166053 pour remplir la même fonction que le méplat.

Remarque: D'après les analyses menées par le bureau d'étude, les causes des problèmes (a) et (b) restent des hypothèses.

c - Cas de désaxage des deux arbres (166052-166053):

Le bureau d'étude affirme que le problème de désaxage des deux arbres est du à la mauvaise concentricité de ces derniers. Ceci étant un défaut de fabrication.

L'organigramme suivant schématise les différentes causes de l'anomalie "boite reste crabotée":

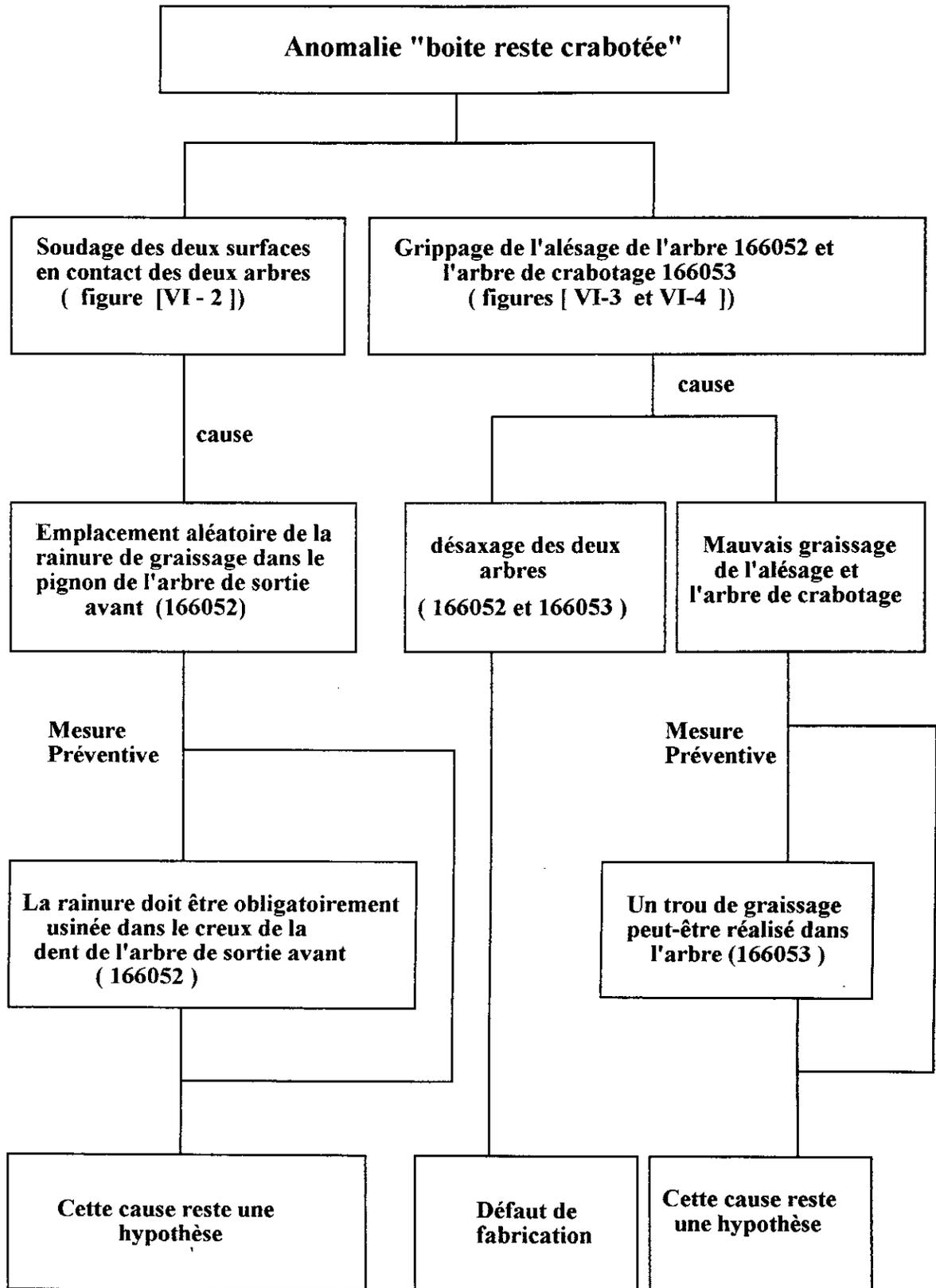


Figure VI-5 : Les différentes causes de l'anomalie " Boite reste crabotée".

Afin de suivre le problème de désaxage, nous allons exposer les côtes fonctionnelles des deux arbres : 166052 et 166053.

VI - 5 - Les côtes fonctionnelles des deux arbres:

VI - 5 - 1 - Les différentes tolérances dimensionnelles :

Les tolérances dimensionnelles des 166052 et 166053 sont inscrites dans les tableaux suivants:

côtes	tolérances
$\varnothing 40H_7$	[40...40,25]
$\varnothing 99H_{12}$	[98,65...99,00]
19.5j ₁₀	[18,66...19,50]
5.5j ₁₄	[5,35...5,65]
$\varnothing 65m_6$	[65,11...66,30]
$\varnothing 64.5h_{12}$	[65,20...64,50]

Tableau VI-1 : Tolérances dimensionnelles de la 166052.

côtes	Intervalle de tolérance
$\varnothing 64.5h_{12}$	[64,20...64,50]
$\varnothing 99j_8$	[98,73...99,27]
$\varnothing 40f_7$	[39,95...39,975]
51j ₁₀	[50,94...51,06]

Tableau VI-2 : Tolérances dimensionnelles de la 166053.

VI - 5 - 2 - Les différentes tolérances géométriques :

Les tableaux ci-dessous donnent les tolérances géométriques de l'arbre de sortie avant (166052) et l'arbre de crabotage (166053), leurs désignations, ainsi que la fonction à remplir par ces tolérances.

Afin de suivre le problème de désaxage, nous allons exposer les côtes fonctionnelles des deux arbres : 166052 et 166053.

VI - 5 - Les côtes fonctionnelles des deux arbres.

VI - 5 - 1 - Les différentes tolérances dimensionnelles :

Les tolérances dimensionnelles des 166052 et 166053 sont inscrites dans les tableaux suivants:

côtes	tolérances
Ø 40H ₇	[40...40,025]
Ø 99H ₁₂	[98,65...99,00]
19.5j ₁₀	[18,66...19,50]
5.5j ₁₄	[5,35...5,65]
Ø 65m ₆	[65,11...66,30]
Ø 64.5h ₁₂	[65,20...64,50]

Tableau VI-1: Tolérances dimensionnelles de la 166052

côtes	Intervalle de tolérance
Ø 64.5h ₁₂	[64,20...64,50]
Ø 99j ₈	[98,73...99,27]
Ø 40f ₇	[39,95...39,975]
51j ₁₀	[50,94...51,06]

Tableau VI-2: Tolérances dimensionnelles de la 166053

VI - 5 - 2 - Les différentes tolérances géométriques :

Les tableau ci-dessous donnent les côtes fonctionnelles de l'arbre de sortie avant (166052) et l'arbre de crabotage (166053),leur désignations, ainsi que la fonction à remplir par ces tolérances.

a - l'arbre de sortie avant:

soit : (A) surface de référence, dont le diamètre est $\varnothing 65 m_6$.

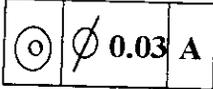
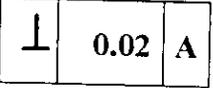
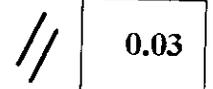
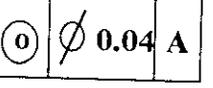
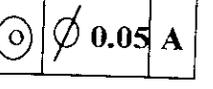
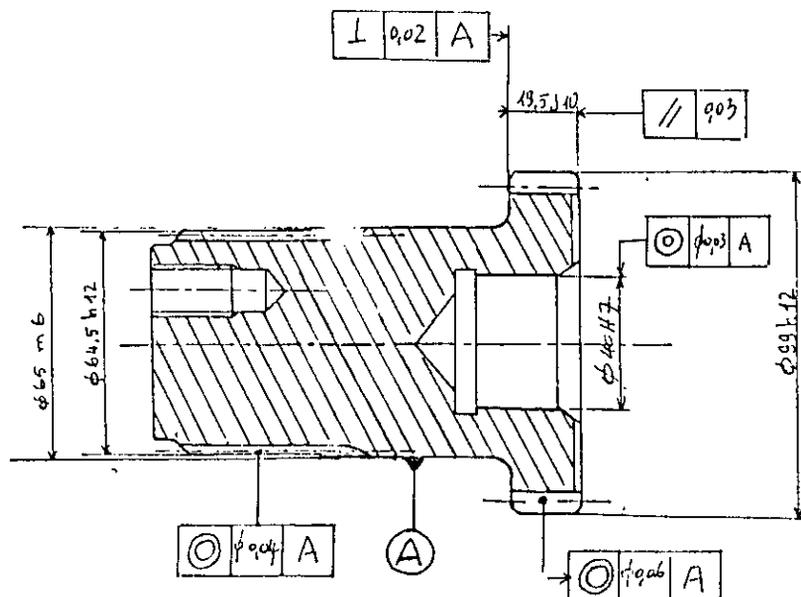
symbole	désignation	fonction à remplir
	l'axe du cylindre $\varnothing 40H7$ doit être compris dans une zone cylindrique de $\varnothing 0,03$ coaxiale à l'axe du cylindre de référence $\varnothing 65m_6$.	Cette concentricité assure le bon alignement des deux arbres (166052 et 166053).
	la surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0.02 et perpendiculaires à la surface de référence (A).	Cette exigence sert à donner une bonne surface de contact entre l'entretoise et la surface considérée.
	la surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0.03 et parallèle à la surface de référence (A).	Ce parallélisme diminue le frottement des surfaces des deux arbres.
	C'est la concentricité de la petite cannelure (65.24.2.5) avec une tolérance de 0.04 par rapport au cylindre de référence.	Cette concentricité assure la coaxialité de l'arbre de sortie avant avec le manchon.
	Le diamètre nominal de la grande cannelure(100.18.5) est coaxial au diamètre de référence avec une tolérance de 0.02.	Cette concentricité assure le bon guidage du coulisseau sur les deux arbres (166052 et 166053).

Tableau VI-3 : Tolérances géométriques de l'arbre de sortie avant (166052).



b - l'arbre de crabotage:

(A) : diamètre primitif de la cannelure " 100.18.5"

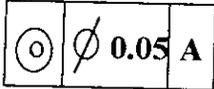
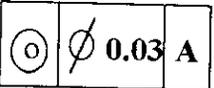
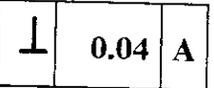
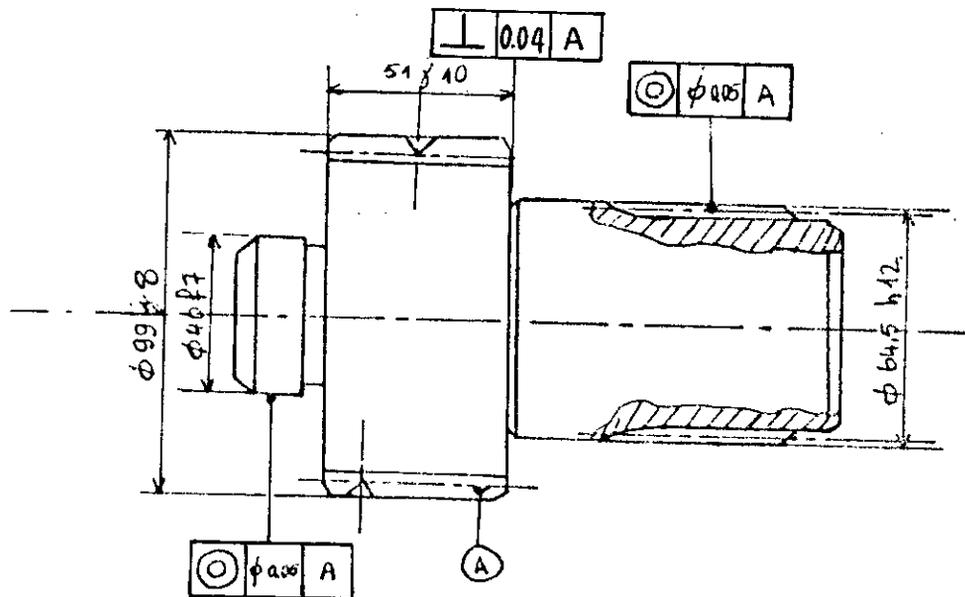
symbole	désignation	fonction à remplir
	L'axe du cylindre $\varnothing 40f7$ doit être compris dans une zone de $\varnothing 0,05$ coaxiale à l'axe du cylindre de référence (A).	Cette coaxialité assure le bon ajustement du cylindre $\varnothing 40f7$ avec l'alésage $\varnothing 40H7$.
	C'est la concentricité de la petite cannelure(65.24.2.5) à (A) avec une tolérance de 0.05.	Elle sert à guider la petite cannelure sur la coquille ,ce qui permet une bonne coaxialité avec la 166052.
	C'est la perpendicularité de la surface latérale du cylindre de référence au même cylindre avec une tolérance de 0.04.	Cette perpendicularité assure le bon contact entre les deux surfaces des deux arbres (166052 et 166053).

Tableau VI-4 : Tolérances géométriques de l'arbre de crabotage (166053).



La figure d'ensemble (figure [VI-6]) montre les éléments concernés par les différentes côtes fonctionnelles.

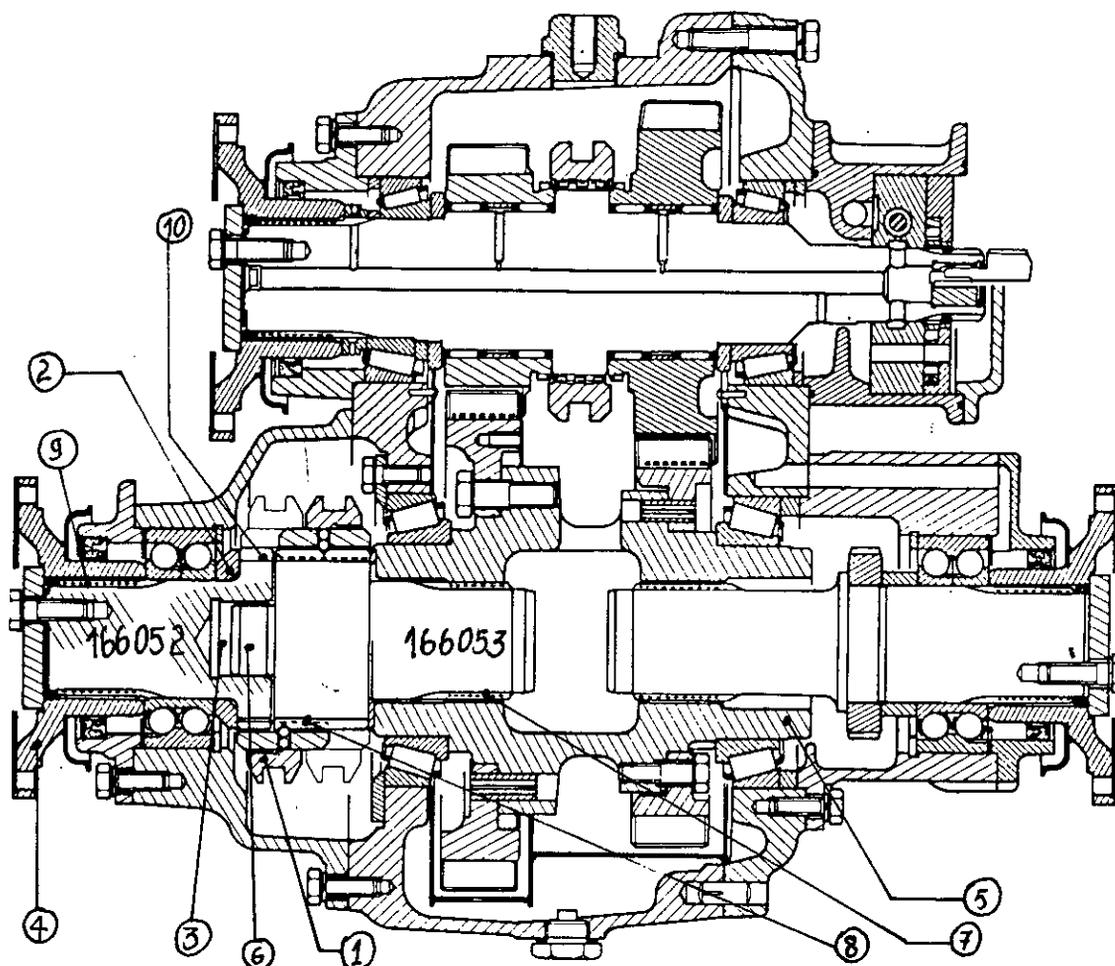


Figure VI-6 : Les éléments concernés par les cotes fonctionnelles.

- 1-Coulisseau.
- 2 - Entretoise.
- 3- Alésage.
- 4- Manchon.
- 5- Coquille.
- 6- Téton.
- 7- Petite cannelures de l'arbre de crabotage (166053).
- 8- Grande cannelures de l'arbre de crabotage(166053).
- 9- Petite cannelures de l'arbre de sortie avant(166052).
- 10- Grande cannelures de l'arbre de sortie avant(166052).

VI - 6 - Tracé des diagrammes d'ISHIKAWA relatifs à la mauvaise concentricité

D'après les tableaux [VI-3] et [VI-4] nous remarquons que la concentricité assure le bon alignement des axes des deux pièces (166052 et 166053).

En effet, la concentricité est une tolérance fonctionnelle dont la non conformité cause le désaxage des deux pièces concernées.

VI-6-1 Types de défauts constatés au poste contrôle final:

Le tableau ci-dessous, tiré du compte -rendu des contrôleurs au poste contrôle final donne le nombre de pièces défectueuses par type de défauts pour la série lancée au mois de Mars 1995.

Type de défaut	Nombre de pièces défectueuses
Ø 65 _{m6} , faible calibre entre avec jeu.	13
Faible cote de 19.5 _{j10} .	04
Alésage Ø 40H ₇ grand et ovale.	11
Mauvaise concentricité.	16
Pièces ayant divers défauts.	04

Tableau VI-5 : types de défauts constatés au poste contrôle final.

Nous constatons que le nombre de pièces défectueuses à cause de la mauvaise concentricité est élevé. Par ailleurs, pour la série de 96 pièces ,qui a été lancée le mois de Mars 1996 ,le contrôle final avait relevé 13 pièces défectueuses à cause de la mauvaise concentricité seulement. D'où notre intérêt porté sur l'étude de la mauvaise concentricité

Afin de pouvoir détailler (étudier) la concentricité nous allons présenter le diagramme d'ISHIKAWA: pour les deux types:

- Type analyse de dispersion.
- Type classification suivant le processus.

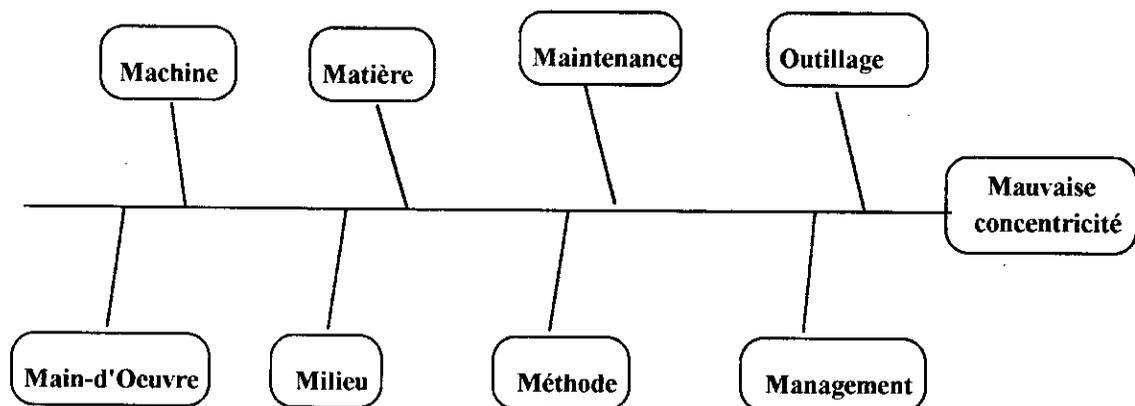
VI-6-2 - Diagramme d'ISHIKAWA :Type analyse de dispersion:

Il faut constamment se poser la question : pourquoi la dispersion apparaît-elle?, cela permet d'énumérer toutes de la dispersion .

Les principales causes affectants la concentricité appartiennent aux catégories suivantes :

- Matériel(machine + outillage).
- Main d'oeuvre(opérateur).
- Maintenance.
- Méthode montage.
- Moyens(mesure).
- Milieu.
- Matériau.
- Management.

On présente ci-dessous, le tracé simplifié du diagramme d'ISHIKAWA, avec les causes qui affectent directement la mauvaise concentricité.



Chaque cause étant ainsi placée sur le diagramme, nous allons énumérer les sous causes correspondants:

-Machine:

- * mauvais réglage.
- * vieille: - moyenne d'age >20 ans.
 - nom précise.
- * capacité: - étranglement des commande numérique.
- * entretien (maintenance) :
 - aléatoire : - manque formation du personnel.
 - manque de motivation du personnel.
 - curative(remplacement):-manque où inexistence des pièces de rechange.
 - préventive (périodique) : longue période.

- * non suivie : inexistence de carte de contrôle de la machine.
- **Outillage** : * non disponible.
 - * affûté.
 - * usé.
 - * vibration : - mauvais serrage.
 - jeu des axes.
- **M . O** : * formation : - recyclage.
 - qualification.
 - spécialisation.
 - * information:- motivation + sensibilisation.
 - affichage + publicité.
 - responsabilisation : - conscience.
 - auto- contrôle.
 - Routine : - habitude + monotonie
 - impulsivité.
 - dégoût.
- Matière** : * contrôle de réception.
 - * manutention.
 - * stockage : - à l'humidité.
 - à l'air libre.
 - * usinabilité (conformité) :
 - non respect de spécifications mécaniques.
 - non respect de spécifications chimiques.
 - changement de fournisseurs.
 - * traitement de matière :
 - forgeage.
 - écrouissage.
 - traitement thermique préalable (de stabilisation).
- Milieu** : * hygiène.
 - * sécurité collective (protection d'autrui).
 - * perturbation (mauvaise organisation des postes de travail).
 - * climatisation (température ambiante).
 - * éclairage.
- Mesures** : * qualification des contrôleurs.

- * stockage des moyens de contrôle.
- * fréquence de contrôle.
- * précision des moyens de contrôle.
- * inexistence des moyens de contrôle.
- * contrôle des moyens : - fréquence du contrôle.
- inexistence des moyens.

-Management : * manque d'investissement dans certains secteurs productifs.

- * manque d'informations entre services.
- * manque de communication entre cadres et fabricants.
- * programmation : (plutôt et plutard).

-Méthode : * plan ancien : -modification.

- * méthodes inadaptées : - montage.
- conceptionn.

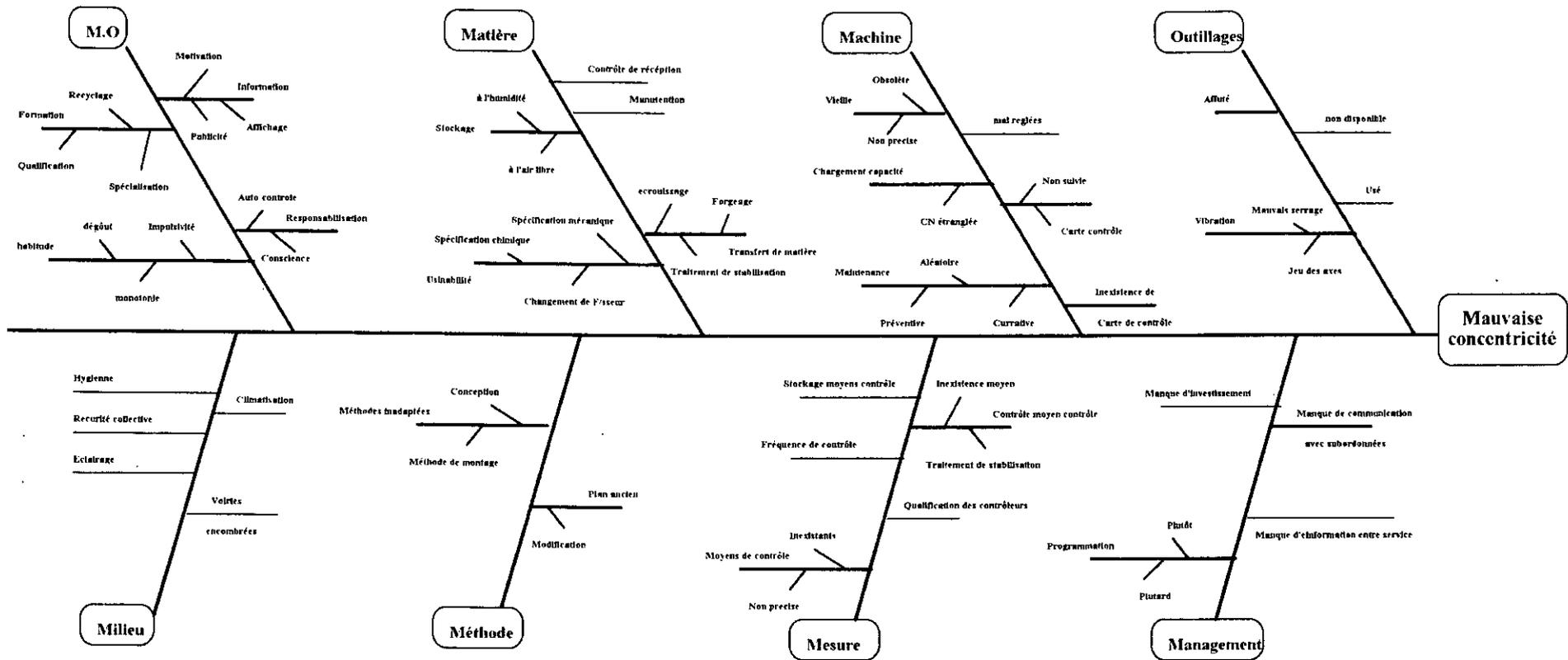
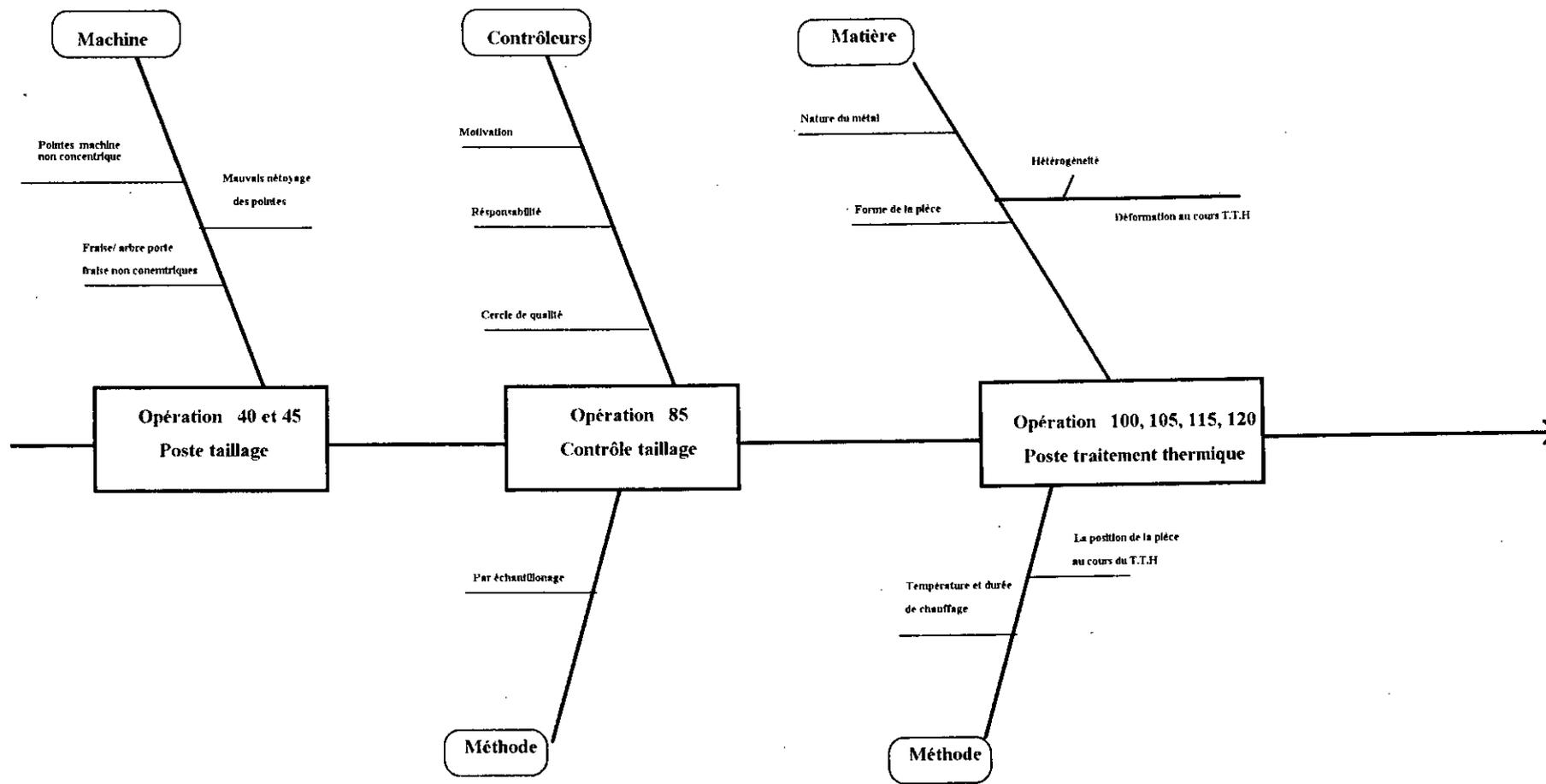


Figure VI-7 : Type analyse de dispersion.

VI - 6 - 3 - Diagramme d' ISHIKAWA : type Classification suivant le processus:

Ce type de diagramme donne les différentes causes affectant la concentricité à chaque poste de fabrication et de contrôle.



Suite figure VI-8.

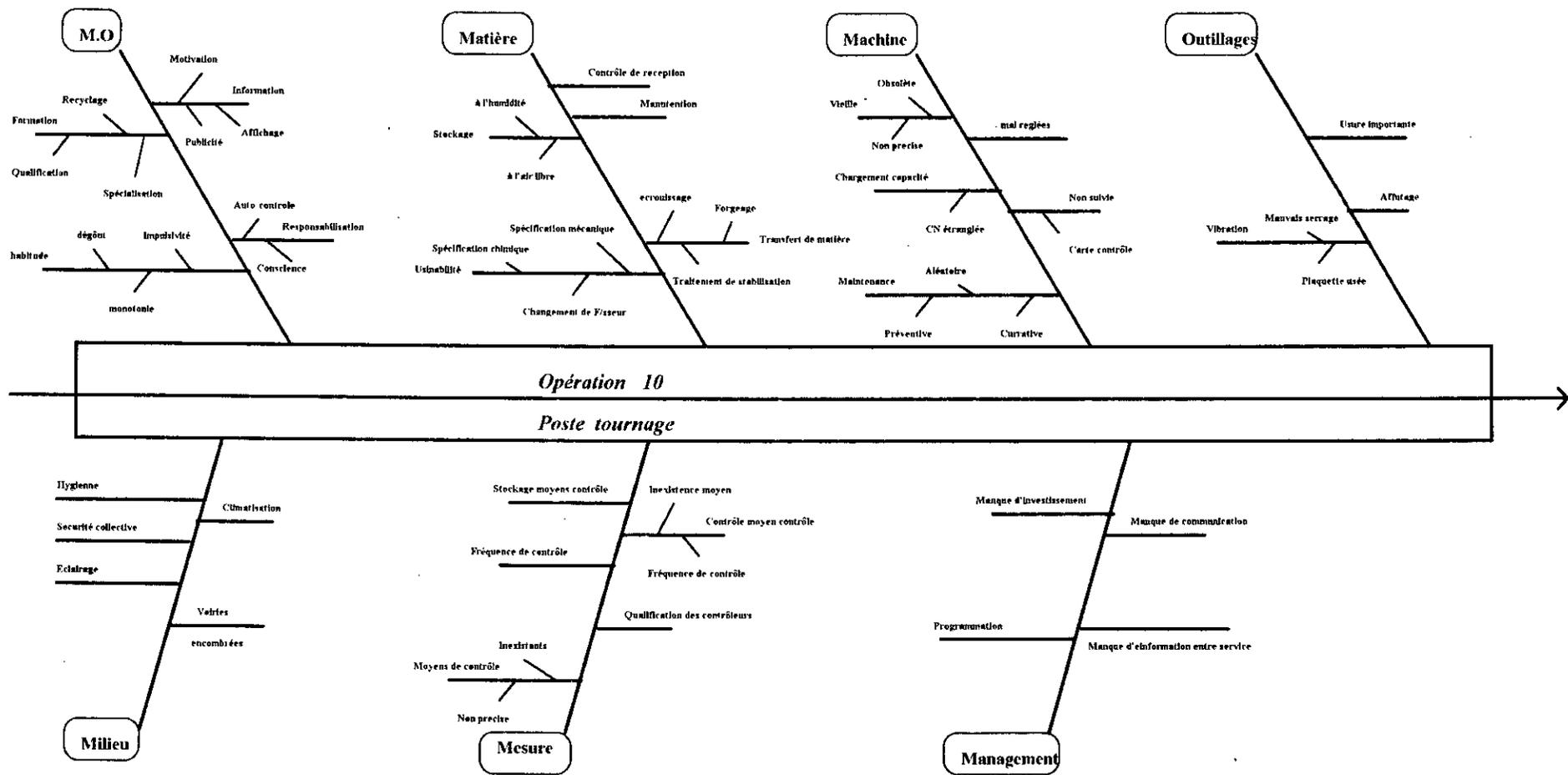
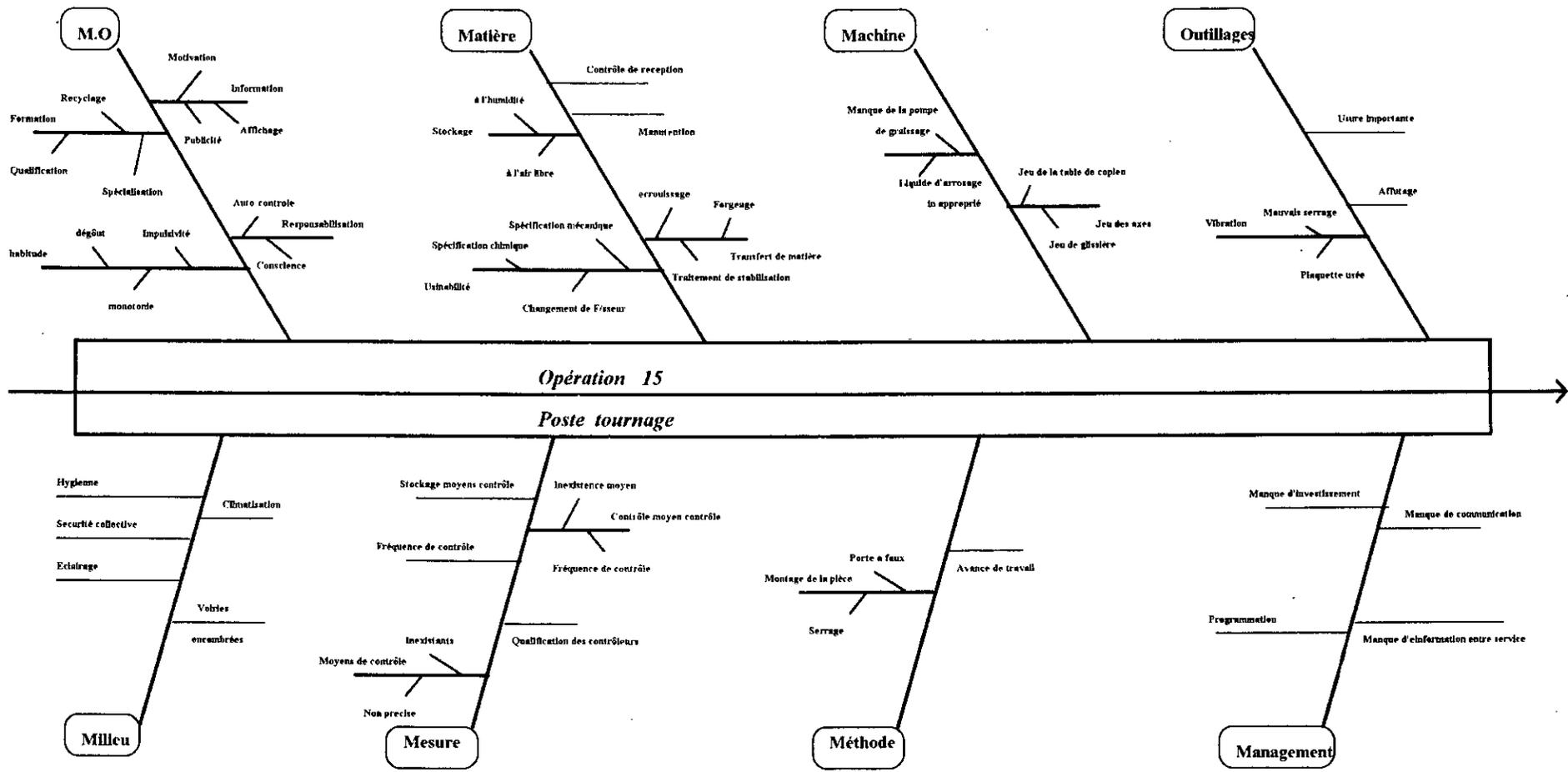
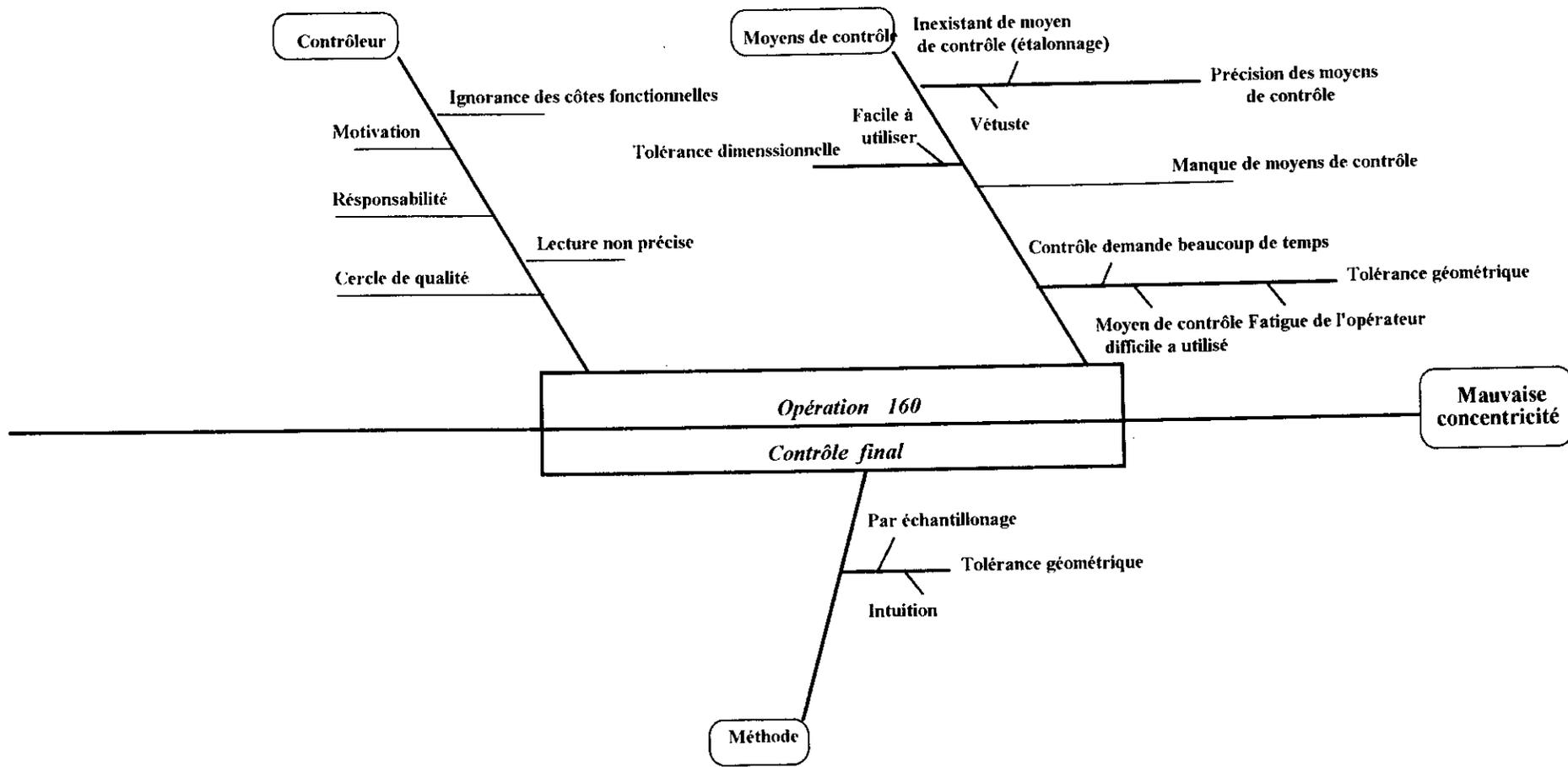


Figure VI-8 : Type classification suivant le processus de fabrication.



Suite figure VI-8.



Suite figure VI-8.

VI - 7 - Discussion des diagrammes d' ISHIKAWA:

Les diagrammes d' ISHIKAWA établis précédemment, nous ont permis d'aller aux sources des causes contribuant directement ou indirectement à la création de la mauvaise concentricité.

Toutefois, certaines causes influent d'une manière directe sur la non-conformité des produits. Ces derniers peuvent appartenir aux catégories suivantes:

- La matière.
- Les machines.
- La main-d'oeuvre.

*** La matière:**

Plusieurs facteurs peuvent provoquer la non - conformité des produits tel que:

- La rouille.
- La détérioration en cours de manutention.
- Le forgeage ou le traitement thermique,....

Afin de vérifier leur conformité aux spécification, la matière fournie par l'extérieur doit subir un contrôle de réception.

***Les machines:**

Des avances et des vitesses incorrectes peuvent provoquer une usure excessive des outils nécessitant un affûtage fréquent, un excès de copeaux peut rayer la surface et la surchauffe de l'outil donne une mauvaise finition....

D'autres paramètres cités précédemment (diagramme d'ISHIKAWA), provoquent la mise hors tolérance les pièces, tel que:

- Mauvais nettoyage.
- Montage inapproprié ou mal réglé.
- Mauvais graissage + liquide d'arrosage. inapproprié.
- Jeu des axes:

Par ailleurs, un facteur joue un rôle important dans la production de la non - qualité: la vieillesse des machines. Ainsi, afin de juger la fiabilité du parc machine, une liste des différentes machines existant aux trois sections: 103, 105 et 106 a été exploitée pour tirer le tableau suivant donnant la situation des machines en fonction de leur date de mise en marche.

Section	Moyenne d'age des machines	Date du dernier investissement
103	21 ans (depuis 1975)	- 1 machine(CN) en 1992
105	22 ans (depuis 1974)	-1 machine en 1980 -1 machine en 1982
106	22 ans (depuis 1974)	-2 machines en 1981

Tableau VI-6 :Situation des machines dans les sections 103, 105 et 106.

Le tableau [VI-6] montre que le parc machine a plus de 21 ans de service. Ce qui explique, l'imprécision des machines et leur incapacité de répondre aux exigences d'un programme d'amélioration de la qualité.

3/- La main d'oeuvre:

L'attitude des employés est importante dans la production de la qualité.

En effet, la régularité dans le travail, ainsi que la conscience professionnelle entraînent les employés à utiliser les machines et la matière d'une manière efficace. Ainsi, la formation et la spécialisation des travailleurs sont des paramètres jouant un grand rôle dans la bonne marche du processus de fabrication.

Le secteur d'usinage des pièces 166052 et 166053, comprend trois sections: 103,105 et 106, chacune d'elles occupe en moyenne un effectif de 34 ouvriers dont la répartition est présentées dans les tableaux suivants:

Classification	Prévu	Réalisé	Ecart
Chef d'atelier	1	1	0
Contremaître	1	1	0
Chef d'équipe	2	3	1
Régleur machine	10	10	0
Opérateur professionnel	21	14	-7
Opérateur spécialisé	10	3	-7
Manoeuvre	3	0	-3

Tableau VI-7 : Effectif de la section 103.

Classification	Prévu	Réalisé	Ecart
Chef d'atelier	1	1	0
Contremaître	1	1	0
Chef d'équipe	2	2	0
Régleur machine	6	6	0
Opérateur professionnel	26	20	-6
Opérateur spécialisé	0	0	0
Manoeuvre	2	2	0

Tableau VI-8 : Effectif de la section 106.

Classification	Prévu	Réalisé	Ecart
Chef d'atelier	1	1	0
Contremaître	1	1	0
Chef d'équipe	2	2	0
Régleur machine	9	11	2
Opérateur professionnel	08	5	-3
Opérateur spécialisé	26	18	-8
Manoeuvre	2	1	-1

Tableau VI-9 : effectif de la section 105.

D'après les tableaux VI-7, VI-8 et VI-9 présentant, les nombre d'effectifs prévus par le budget et réalisés dans les trois sections: 103, 105 et 106; nous tirons les remarques suivantes:

01)- La surcharge du poste "105" de deux régleurs machine, par rapport au nombre d'effectif prévu; alors que pour augmenter la productivité ou le niveau de qualité, on n'a pas besoin d'augmenter le nombre de régleurs - machine.

02)- Les trois sections connaissent un manque d'opérateurs professionnels et d'opérateurs spécialisés; ces derniers contribuant d'une manière importante à la fabrication.

03)-Manque des manoeuvres, aux niveaux des sections: 103 et 105, ce qui est d'une importance égale à celle des d'opérateurs professionnels et des d'opérateurs spécialisés.

La manoeuvre étant celui qui s'occupe de l'apport des outils et des matières, son absence perturbe l'opérateur et l'oblige à faire en parallèle que son travail, celui du manoeuvre.

D'autre part, il est absolument nécessaire d'avoir la coopération du personnel de la fabrication et du contrôle, pour que le produit obtenu répond aux exigences de conformité préétablies (gamme). Parfois la fabrication travaille isolement du contrôle, et le jugement de la conformité de la pièce est laissé à l'appréciation du contrôleur.

Afin de juger l'efficacité du contrôle des deux pièces: 166052 et 166053, nous avons fait sortir deux lots des pièces considérées du magasin et nous avons effectué un deuxième contrôle des concentricités (tolérances fonctionnelles) pour enfin décider de leur conformité.

Les deux tableaux suivants donnent pour les différentes concentricités, les tolérances remesurées par nous au poste contrôle final.

Une pièce est considérée bonne si les différentes conditions de conformité sont vérifiées.

Soit A et B les conditions de conformité. La pièce (P) est considérée bonne si $(A \cap B)$ sont vérifiées. C'est sur cette base que les pièces dont les tolérances sont présentées dans les tableaux ci-dessous, sont jugées de bonnes ou de mauvaises.

N° de la pièce	$\text{⊙} \ \phi \ 0.03 \ A$	$\text{⊙} \ \phi \ 0.05 \ A$	Pièce
01	0,03	0,04	Bonne
02	0,03	0,05	Bonne
03	0,02	0,06	Mauvaise
04	0,01	0,08	Mauvaise
05	0,01	0,05	Bonne
06	0,03	0,03	Bonne
07	0,02	0,02	Bonne
08	0,03	0,07	Mauvaise
09	0,01	0,03	Bonne
10	0,02	0,02	Bonne
11	0,02	0,06	Mauvaise
12	0,01	0,07	Mauvaise
13	0,01	0,05	Bonne
14	0,02	0,08	Mauvaise
15	0,02	0,09	Mauvaise
16	0,01	0,04	Bonne
17	0,02	0,03	Bonne
18	0,02	0,07	Mauvaise
19	0,03	0,03	Bonne
20	0,04	0,05	Mauvaise
21	0,02	0,04	Bonne
22	0,02	0,08	Mauvaise
23	0,01	0,10	Mauvaise
24	0,02	0,02	Bonne
25	0,03	0,05	Bonne

Tableau VI-10 : Tolérances recontrôlées de la 166052.

N° de la pièce	⊙ ϕ 0.05 A			⊙ ϕ 0.05 A			Pièce
01	0,05			0,12			Mauvaise
02	0,04			0,13			Mauvaise
03	0,07			0,08			Mauvaise
04	0,03			0,07			Mauvaise
05	0,05			0,13			Mauvaise
06	0,03			0,12			Mauvaise
07	0,03			0,10			Mauvaise
08	0,02			0,13			Mauvaise
09	0,04			0,10			Mauvaise
10	0,07			0,13			Mauvaise
11	0,05			0,08			Mauvaise
12	0,05			0,12			Mauvaise
13	0,08			0,15			Mauvaise
14	0,04			0,09			Mauvaise
15	0,04			0,03			Bonne
16	0,05			0,08			Mauvaise
17	0,07			0,09			Mauvaise
18	0,05			0,14			Mauvaise
19	0,03			0,08			Mauvaise
20	0,04			0,09			Mauvaise
21	0,01			0,05			Bonne
22	0,04			0,13			Mauvaise
23	0,03			0,13			Mauvaise
24	0,02			0,10			Mauvaise
25	0,04			0,09			Mauvaise

Tableau VI-11 : Tolérances recontrôlées de la 166053.

Nous remarquons du tableau [VI-11] donnant les mesures de la concentricité prises pour la 166053 que 92 % des pièces sont mauvaises, et celle de la 166052 (tableau [VI-10]), 44 % des pièces mauvaises. Sachant que les pièces ont été retirées du magasin et ont été considérées bonnes.

L'existence de pièces mauvaises dans le magasin est essentiellement due:

- Au manque d'identification des tolérances fonctionnelles, c'est le cas de la concentricité qui est une tolérance géométrique répondant à des conditions fonctionnelles sévères comparaison avec les autres tolérances dimensionnelles. Ayant ignoré l'importance de la concentricité, le contrôleur déclare la pièce bonne pour un léger dépassement de la tolérance maximale de celle-ci.

- A la non responsabilité des contrôleurs, ce qui est confirmé par la livraison des pièces mauvaises au magasin.

- A la méthode de contrôle inappropriée.

En effet, les tableaux [V-3],[V-4] et [V-6] montrent clairement que certaines tolérances faciles à vérifier sont contrôlées unitairement sans qu'elles soient fonctionnelles, contrairement à d'autres qui contribuent d'une manière importante dans le bon fonctionnement du système (cas de la concentricité) où les contrôleurs procèdent à un contrôle par échantillonnage et dont l'échantillon est déterminé intuitivement, en raison de la difficulté du contrôle.

VI-8 conclusion

Notre étude du crabotage permanent des deux arbres (166052 et 166053) nous a conduit à tirer les causes essentielles de cette anomalie.

Pour remédier à ce problème , nous emmettant les suggestions suivantes:

1- Motivation des exécutants: cela présente , par la responsabilisation de l'opérateur au niveau des trois sections , en procédant à:

- des contrôles répétitifs et aléatoire des pièces et des outils (contrôle volant).
- des audits de qualité périodique afin de localiser les erreurs les plus fréquent de l'opérateur.

Il serait utile d'inciter l'opérateur à faire remonter jusqu'aux dirigeants les information relatifs aux problèmes rencontrés et donner des propositions en vue d'améliorer la qualité.

2- Formation des opérateurs : apprendre aux exécutants à utiliser les outils spécifiques associés au processus ;voire la lecture des comparateurs à aiguille (banc de contrôle) et l'utilisation des plans d'échantillonnage .

3-IL est important de faire une étude sur l'opportunité du renouvellement de parc machine.

VI-8 conclusion

Notre étude du crabotage permanent des deux arbres (166052 et 166053) nous a conduit à tirer les causes essentielles de cette anomalie.

Pour remédier à ce problème , nous emmettant les suggestions suivantes:

1- Motivation des exécutants: cela présente , par la responsabilisation de l'opérateur au niveau des trois sections , en procédant à:

- des contrôles répétitifs et aléatoire des pièces et des outils (contrôle volant).
- des audits de qualité périodique afin de localiser les erreurs les plus fréquent de l'opérateur.

Il serait utile d'inciter l'opérateur à faire remonter jusqu'aux dirigeants les informations relatifs aux problèmes rencontrés et donner des propositions en vue d'améliorer la qualité.

2- Formation des opérateurs : apprendre aux exécutants à utiliser les outils spécifiques associés au processus ;voire la lecture des comparateurs à aiguille (banc de contrôle) et l'utilisation des plans d'échantillonnage .

3- Une éventuelle étude de renouvellement de parc machine au niveau des sections 103, 105 et 106 ,vu la vieillesse des machines et leur imprécision .

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

Garantir au client la qualité , c'est diminuer les rebuts au maximum.

En effet , prendre en charge la qualité d'un produit (cas de la BT20 au CVI) , implique l'amélioration de la productivité et par la même l'élimination des facteurs induisant sa non conformité .

Un audit qualité est devenu nécessaire pour remédier aux défauts de la boite de transfert rencontrés chez les clients comme à la fabrication .

Le diagnostic de la situation de la BT20 , a été effectué à trois niveaux :

-Le premier étant le service garantie , l'établissement des taux de retour - client nous ont conduit à l'étude de la pompe à huile dont la défaillance s'avère un problème de conception .

-Pour les autres niveaux (montage-boite et montage -camion) , les statistiques effectuées nous ont permis de choisir le défaut à l'étude :boite reste crabotée dont les éléments mécaniques responsables sont l 'arbre de crabotage 166052 et l'arbre de sortie avant 166052.

Une ^{étude} plus approfondie des causes de cette anomalie nous a conduit à suivre les procédés de fabrication des pièces concernées , leurs gammes d 'usinage ainsi que leur contrôle à savoir la méthode de contrôle et les moyens utilisés .

D' après l'enquête menée (auprès des experts) , nous avons pu mettre l 'accent sur la cause du défaut précédemment cité : il s'agit du désaxage effet de la mauvaise concentricité.

Cette concentricité étant une tolérance fonctionnelle , nous avons trouvé utile de tracer les diagrammes d' ISHIKAWA relatifs à la mauvaise concentricité.

Dans ces diagrammes , nous avons énuméré une multitude de causes dont certaines ont été vérifiées.

Certaines causes du défaut étant connues ; l'amélioration de la qualité de la BT 20 ,ne reste qu'une politique d'action .

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- [BOW, 64] : BOWKER . A. H, "Méthodes statistique de l'ingénieur"
Dunod, 1964.
- [CHE, 79] : Chevalier . A, "Guide du dessinateur industriel",
HACHETTE, 1979
- [CAV, 70] : Cavé.rené, "Le contrôle statistique de fabrication »
DUNOD,1970.
- [CHO, 79]: M. Menardon, chotard; « Mécanique automobile »
Chotard et associés éditeurs, 1979.
- [DOC, 86] : Doucet. C, "la maîtrise de la qualité"
Entreprise Moderne d'édition, 1986.
- [LYO, 91] : p. Lyonnet, « Les outils de la qualité totale ».
Edition AFNOR, 1991.
- [NOY, 93] : Noyé. D, "Guide pratique pour maîtriser la qualité,
principes, méthodes, outil", INSEP EDITION, 1993.
- [MON, 85] : Monteil . B, "Les outils des cercles et de l'amélioration de la qualité"
- [OUI, 74] : "Ency clopédie des sciences industrielles"
.Mécanique général application 1974 ouillet.
- [SOU, 86] : Souvay . P, "La statistique outil de la qualité", AFNOR 86.
- [JUR, 83] :JURAN. J. M, "Gestion de la qualité",
Afnor Edition, 1983.
- [VAN, 85] : VANDEVILLE. P, "Gestion et contrôle de la qualité",
Edition de l'AFNOR, 1985.
- [ISH, 85] : ISHIKAWA," La gestion de la qualité; outils et application pratique",
DUNOD Entreprise, 1985.

ANNEXES

TYPES DE CARTES DE CONTROLE

• La loi normale ou gaussienne [SOV, 86]

Existence :

La loi de distribution, dite loi normale ou de la place gauss, est la loi qui régit les variations de nombreux paramètres physiques. Elle est applicable lorsque les dispersions de la variable sont dues à l'influence de nombreux paramètres indépendants les uns des autres et dont les effets s'additionnent (théorème de BOREL).

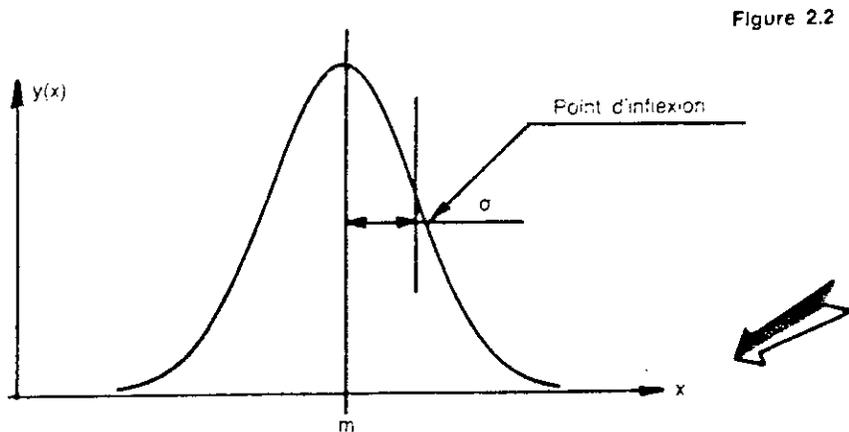
Les variables influençantes peuvent avoir des distributions normales, mais aussi quelconques.

• Fonction de distribution d'une loi normale :

- **Fonction de distribution d'une loi normale :**

La fonction d'une loi normale est :

$$y(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)^2}$$



avec :

$e = 2,718$

x = valeur de la variable

m = moyenne des valeurs de la variable

σ = sigma = écart - type (paramètre de dispersion).

- **Fonction de distribution de la loi normale centrée - réduite :**

Pour des raisons de simplification, on utilise généralement les propriétés de la loi normale réduite.

Cette loi normale est telle que son origine se situe sur la moyenne et que l'unité de la variable est égale à σ . Cette unité s'appelle u .

Donc $m = 0$ et $\sigma = 1$, avec $u_i = \frac{x_i - m}{\sigma}$

La fonction d'une loi normale réduite est :

$$y = f(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}}$$

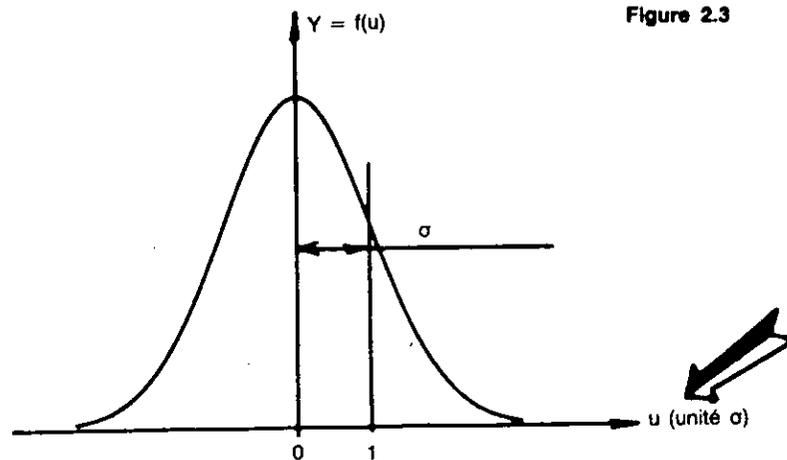


Figure 2.3

A) CARTE DE CONTROLE PAR MESURE :

- Carte de contrôle de \bar{X} et R

En ce qui concerne le choix des caractéristiques de tendance centrale et de dispersion des échantillons, la première idée qui vient à l'esprit est évidemment de retenir m et σ . Mais à partir du moment où le contrôle de fabrication se situe nécessairement en atelier, et où il doit, pour être d'emploi commode, se présenter comme une routine à la portée d'un personnel peu qualifié, il paraît difficile d'utiliser σ , son calcul étant bien compliqué. Heureusement, pour de petits échantillons, l'étendue R peut s'utiliser comme mesure satisfaisante de la dispersion.

Pour la construction des cartes de contrôle de \bar{X} et R, le principe est le suivant: on prélève k échantillons de taille 4,5 ou 6 chacun. On calcule la moyenne des moyennes de ces échantillons

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k}$$

et la moyenne des étendues

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k}$$

Puis on calcule les limites de contrôle:

A) CARTE DE CONTROLE PAR MESURE :

- Carte de contrôle de \bar{X} et R

En ce qui concerne le choix des caractéristiques de tendance centrale et de dispersion des échantillons, la première idée qui vient à l'esprit est évidemment de retenir m et σ . Mais à partir du moment où le contrôle de fabrication se situe nécessairement en atelier, et où il doit, pour être d'emploi commode, se présenter comme une routine à la portée d'un personnel peu qualifié, il paraît difficile d'utiliser σ , son calcul étant bien compliqué. Heureusement, pour de petits échantillons, l'étendue R peut s'utiliser comme mesure satisfaisante de la dispersion.

Pour la construction des cartes de contrôle de \bar{X} et R, le principe est le suivant: on prélève k échantillons de taille 4,5 ou 6 chacun. On calcule la moyenne des moyennes de ces échantillons

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k}$$

et la moyenne des étendues

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k}$$

Puis on calcule les limites de contrôle:

BOREL

-pour la carte de \bar{X}

- la ligne centrale est:
- la limite inférieure : $\bar{X} - A_2 \cdot \bar{R}$
- la limite supérieure : $\bar{X} + A_2 \cdot \bar{R}$

-pour la carte de \bar{R}

- la limite centrale est
- la limite inférieure : $D_3 \cdot \bar{R}$
- la limite supérieure : $D_4 \cdot \bar{R}$

Les facteurs utilisés pour le calcul des limites de contrôle sont donnés par le tableau[1]. La proportion de \bar{X} montre essentiellement toutes modification de la valeur moyenne du procédé, tandis que l'étendue R définit toute variation de la dispersion du processus.

Remarque:

Si parmi les échantillons qui ont servi au calcul des limites de contrôle initiales, il y a des points en dehors des limites, on les élimine et on recalcule les limites. On dit qu'on met le processus sous contrôle.

Tableau [1] : Coefficients utilisés dans la définition des limites de contrôle .

B) CARTE DE CONTROLE PAR ATTRIBUT :

La mise en oeuvre des techniques de carte de contrôle (carte de \bar{X} , R) implique d'une part que le contrôle opéré porte sur des éléments mesurables, d'autre part que l'on dispose d'appareil de mesure. En pratique industrielle, ces deux conditions ne sont pas toujours respectées.

On peut avoir affaire à des éléments qualitatifs ; on peut également en présence d'éléments mesurables, ne pas disposer d'appareil de mesure. Dans ces circonstances, le contrôle par carte n'en reste pas moins possible, mais sous une autre forme: il consiste à vérifier la stabilité de la proportion de déchets (ou de défauts fabriqués).

•Carte de contrôle du nombre de défauts [BOW, 64] :

Chaque caractéristique qui ne satisfait pas une spécification est un défaut. Il suffit donc qu'une pièce contienne un seul défaut pour qu'elle soit considérée comme mauvaise.

On peut se proposer de contrôler le nombre de défauts par pièce ou groupe de pièces. Après examen, on reportera le nombre de défauts constaté sur une carte de contrôle que l'on désigne habituellement par carte de contrôle C. Si pour chaque unité, il existe de multiples causes possibles de défauts et si la probabilité de constater un défaut à un emplacement déterminé est faible le nombre c de défaut suivra approximativement une loi de poisson.

Domaine d'application :

A titre d'exemple d'utilisation de ce type de carte de contrôle, on peut citer:

- le nombre de rivet défectueuses sur une aile d'avion.
- le nombre de défaut sur une pièce de tissus.
- le nombre de pailles ou tâches sur une pièce de métal.

Justification théorique :

La probabilité que l'on trouve c défaut par article:

$$p(X = C) = e^{-m} \frac{m^c}{c!}$$

ou m : représente le nombre moyen de défaut par article.

la moyenne et la variance d'une distribution de poisson sont égales de sorte que:

$$\sigma_c = \sqrt{m}$$

Les limites de contrôle : $m \pm 3\sqrt{m}$.

• **Carte de contrôle de la proportion de pièces mauvaises :**

- Détermination des limites de contrôle quand la proportion p' de défectueux est connue.

Si nous prélevons dans une fabrication n produits au hasard, la probabilité d'obtenir K pièces défectueuses dans un prélèvement de n est :

$$P(K) = C_n^k P^k (1 - p')^{n-k}$$

La moyenne et l'écart type de cette loi binomiale ont respectivement :

$$E[b(n, P')] = np'$$

$$\text{et } s = \sqrt{np'(1 - p')}$$

Soit p : proportion constatée de pièces mauvaises

$$P = \frac{\text{nombre de pièces mauvaises}}{\text{taille de l'échantillon}} = \frac{d}{n}$$

Cette proportion aura comme :

espérance mathématique : $E(p) = p'$

variance :

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{p'(1 - p')}{n}}$$

Si n suffisamment grand alors $p \Rightarrow n \left(p' \sqrt{\frac{p'(1 - p')}{n}} \right)$

- Dans la pratique, p' sera estimé par :

$$\bar{p} = \frac{\sum K(i)}{\sum n(i)} \quad i = 1, 2, 3, \dots, r \text{ échantillons}$$

$\sum K(i)$ = nombre total de défectueux trouvés dans r échantillons.

$\sum n(i)$ = nombre total de pièce de r échantillons.

Les limites de contrôle seront déterminées par :

$$LC = \bar{P} \pm \sqrt{3 \frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Remarque : Il faut noter que cet intervalle dépend de p' même quand le processus est sous contrôle.

* Cas où la taille de l'échantillon n est variable [BOW, 64] :

Il arrive assez souvent dans le contrôle de la proportion des pièces mauvaises que la taille de l'échantillon soit variable. Trois solutions sont possibles :

Première solution :

Consiste à déterminer de nouvelles limites de contrôle dans chaque cas.

Deuxième solution :

Lorsque la taille de l'échantillon est peu variable :

- on calculera des limites de contrôle relatives à une taille moyenne.
- faire un calcul rigoureux pour les points qui seraient des limites de contrôle établies.

Troisième solution :

- * On trace les limites de contrôle relatives à plusieurs niveaux de taille différente.
- * Puis, les calculs exacts ne seraient faits que pour les points qui seraient voisins des limites approchées qui leur correspondent.

LES COTES FONCTIONNELLES

• Définition de la cotation fonctionnelle: [CHEV, 79]

Coter fonctionnellement un dessin, c'est faire un choix raisonné entre ses divers dimensions géométriquement équivalentes, et ne coter et tolérer que celles d'entre elles (dites côtes fonctionnelles) qui expriment directement les conditions d'aptitude du produit à l'emploi prévu (dites conditions fonctionnelles).

En général, ce sont des côtes dont les tolérances sont sévères.

• Tolérances dimensionnelles des pièces: [CHEV, 79]

Objet des tolérances dimensionnelles:

L'imprécision inévitables d'usinage fait qu'une pièce ne peut pas être réaliser rigoureusement conforme aux dimensions fixées au préalable. Il a fallu tolérer que la dimension effectivement réalisée soit comprise entre deux dimensions limites.

La différence entre ces deux dimensions constitue la tolérance.

-la dimension fixée préalablement s'appelle dimension nominale.

Alésage	Ecart supérieur	$ES = D_{max} - D_{nom}$.
	Ecart inférieur	$EI = D_{min} - D_{nom}$.
Arbre	Ecart supérieur	$es = d_{max} - d_{nom}$.
	Ecart inférieur	$ei = d_{min} - d_{nom}$.

Désignation des tolérances

40 H 7

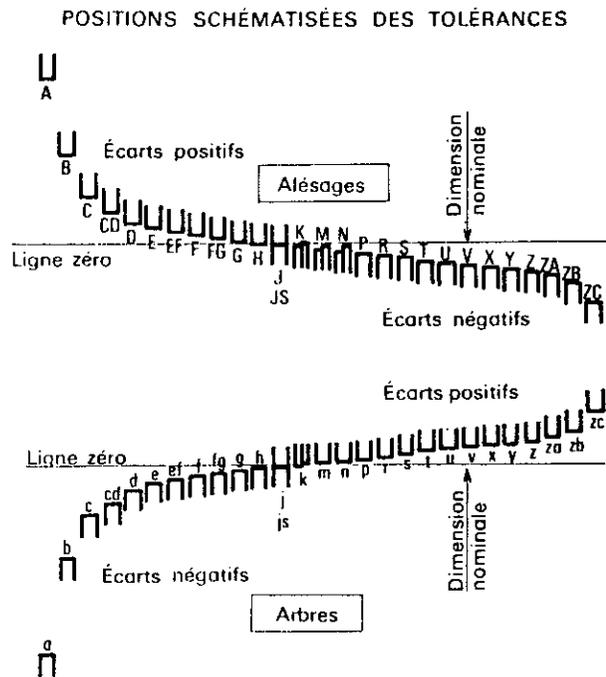
dimension nominale ← ↓ | symbole de la valeur de la tolérance
 symbole de la position de
 la tolérance pour l'alésage.

40 f 7

dimension nominale ← ↓ | symbole de la valeur de la tolérance.
 symbole de la position de
 la tolérance de l'arbre.

Positions schématisées des tolérances dimensionnelles

La figure ci-dessous schématise les différentes positions possibles pour une même tolérance .(de A à Z pour les alésages, de a à z pour les arbres).



• Tolérances géométriques des pièces:[CHEV, 79]

Les différentes tolérances géométriques concernant la forme et la position d'un élément se distinguent des tolérances dimensionnelles par le fait qu'elles n'affectent pas directement une dimension linéaire ou angulaire .

Quelques tolérances de forme

Symbole								
Désignation	planéité	cylindricité	circularité	parallélisme	perpendicularité	localisation	symétrie	concentricité

ALÉSAGES

ANNEXE 6

Qualités 12 à 16

Alésages	H12		H13		H14		H15		H16		
	J _s 12	J _s 13	J _s 14	J _s 15	J _s 16						
Écart en microns (1 μ = 0,001 mm)	jusqu'à 3	+100 0	+50 -50	+140 0	+70 -70	+250 0	+125 -125	+400 0	+200 -200	+600 0	+300 -300
	au-delà de 3 jusqu'à 6	+120 0	+60 -60	+180 0	+90 -90	+300 0	+150 -150	+480 0	+240 -240	+750 0	+375 -375
	au-delà de 6 jusqu'à 10	+150 0	+75 -75	+220 0	+110 -110	+360 0	+180 -180	+580 0	+290 -290	+900 0	+450 -450
	au-delà de 10 jusqu'à 14	+180 0	+90 -90	+270 0	+135 -135	+430 0	+215 -215	+700 0	+350 -350	+1100 0	+550 -550
	au-delà de 14 jusqu'à 18	+180 0	+90 -90	+270 0	+135 -135	+430 0	+215 -215	+700 0	+350 -350	+1100 0	+550 -550
	au-delà de 18 jusqu'à 24	+210 0	+105 -105	+330 0	+165 -165	+520 0	+260 -260	+840 0	+420 -420	+1300 0	+650 -650
	au-delà de 24 jusqu'à 30	+210 0	+105 -105	+330 0	+165 -165	+520 0	+260 -260	+840 0	+420 -420	+1300 0	+650 -650
	au-delà de 30 jusqu'à 40	+250 0	+125 -125	+390 0	+195 -195	+620 0	+310 -310	+1000 0	+500 -500	+1600 0	+800 -800
	au-delà de 40 jusqu'à 50	+250 0	+125 -125	+390 0	+195 -195	+620 0	+310 -310	+1000 0	+500 -500	+1600 0	+800 -800
	au-delà de 50 jusqu'à 65	+300 0	+150 -150	+460 0	+230 -230	+740 0	+370 -370	+1200 0	+600 -600	+1900 0	+950 -950
	au-delà de 65 jusqu'à 80	+300 0	+150 -150	+460 0	+230 -230	+740 0	+370 -370	+1200 0	+600 -600	+1900 0	+950 -950
	au-delà de 80 jusqu'à 100	+350 0	+175 -175	+540 0	+270 -270	+870 0	+435 -435	+1400 0	+700 -700	+2200 0	+1100 -1100
	au-delà de 100 jusqu'à 120	+350 0	+175 -175	+540 0	+270 -270	+870 0	+435 -435	+1400 0	+700 -700	+2200 0	+1100 -1100
	au-delà de 120 jusqu'à 140	+400 0	+200 -200	+630 0	+315 -315	+1000 0	+500 -500	+1600 0	+800 -800	+2500 0	+1250 -1250
	au-delà de 140 jusqu'à 160	+400 0	+200 -200	+630 0	+315 -315	+1000 0	+500 -500	+1600 0	+800 -800	+2500 0	+1250 -1250
	au-delà de 160 jusqu'à 180	+400 0	+200 -200	+630 0	+315 -315	+1000 0	+500 -500	+1600 0	+800 -800	+2500 0	+1250 -1250
	au-delà de 180 jusqu'à 200	+460 0	+230 -230	+720 0	+360 -360	+1150 0	+575 -575	+1850 0	+925 -925	+2900 0	+1450 -1450
	au-delà de 200 jusqu'à 225	+460 0	+230 -230	+720 0	+360 -360	+1150 0	+575 -575	+1850 0	+925 -925	+2900 0	+1450 -1450
	au-delà de 225 jusqu'à 250	+460 0	+230 -230	+720 0	+360 -360	+1150 0	+575 -575	+1850 0	+925 -925	+2900 0	+1450 -1450
	au-delà de 250 jusqu'à 280	+520 0	+260 -260	+810 0	+405 -405	+1300 0	+650 -650	+2100 0	+1050 -1050	+3200 0	+1600 -1600
au-delà de 280 jusqu'à 315	+520 0	+260 -260	+810 0	+405 -405	+1300 0	+650 -650	+2100 0	+1050 -1050	+3200 0	+1600 -1600	
au-delà de 315 jusqu'à 355	+570 0	+285 -285	+890 0	+445 -445	+1400 0	+700 -700	+2300 0	+1150 -1150	+3600 0	+1800 -1800	
au-delà de 355 jusqu'à 400	+570 0	+285 -285	+890 0	+445 -445	+1400 0	+700 -700	+2300 0	+1150 -1150	+3600 0	+1800 -1800	
au-delà de 400 jusqu'à 450	+630 0	+315 -315	+970 0	+485 -485	+1550 0	+775 -775	+2500 0	+1250 -1250	+4000 0	+2000 -2000	
au-delà de 450 jusqu'à 500	+630 0	+315 -315	+970 0	+485 -485	+1550 0	+775 -775	+2500 0	+1250 -1250	+4000 0	+2000 -2000	

Schéma des écarts pour le palier de diamètres de 24 à 30 mm	+1200									
	+1000									
	+800									
	+600									
	+400									
	+200									
	0									
	-200									
	-400									
	-800									

Les qualités 14 à 16 ne sont prévues qu'au-delà de 1 mm.

ARBRES

ANNEXE 11

Qualités 10 et 11

Arbres	d10	h10	j _s 10	a11*	b11*	c11	d11	h11	j _s 11
jusqu'à 3	- 20	0	+20	- 270	- 140	- 60	- 20	0	+30
	- 60	- 40	-20	- 330	- 200	-120	- 80	- 60	-30
au-delà de 3 jusqu'à 6	- 30	0	+24	- 270	- 140	- 70	- 30	0	+37
	- 78	- 48	-24	- 345	- 215	-145	-105	- 75	-37
au-delà de 6 jusqu'à 10	- 40	0	+29	- 280	- 150	- 80	- 40	0	+45
	- 98	- 58	-29	- 370	- 240	-170	-130	- 90	-45
au-delà de 10 jusqu'à 14	- 50	0	+35	- 290	- 150	- 95	- 50	0	+55
	-120	- 70	-35	- 400	- 260	-205	-160	-110	-55
au-delà de 14 jusqu'à 18	- 50	0	+35	- 290	- 150	- 95	- 50	0	+55
	-120	- 70	-35	- 400	- 260	-205	-160	-110	-55
au-delà de 18 jusqu'à 24	- 65	0	+42	- 300	- 160	-110	- 65	0	+65
	-149	- 84	-42	- 430	- 290	-240	-195	-130	-65
au-delà de 24 jusqu'à 30	- 65	0	+42	- 300	- 160	-110	- 65	0	+65
	-149	- 84	-42	- 430	- 290	-240	-195	-130	-65
au-delà de 30 jusqu'à 40	- 80	0	+50	- 310	- 170	-120	- 80	0	+80
	-180	-100	-50	- 470	- 330	-280	-240	-160	-80
au-delà de 40 jusqu'à 50	- 80	0	+50	- 320	- 180	-130	- 80	0	+80
	-180	-100	-50	- 480	- 340	-290	-240	-160	-80
au-delà de 50 jusqu'à 65	-100	0	+60	- 340	- 190	-140	-100	0	+95
	-220	-120	-60	- 530	- 380	-330	-290	-190	-95
au-delà de 65 jusqu'à 80	-100	0	+60	- 360	- 200	-150	-100	0	+95
	-220	-120	-60	- 550	- 390	-340	-290	-190	-95
au-delà de 80 jusqu'à 100	-120	0	+70	- 380	- 220	-170	-120	0	+110
	-260	-140	-70	- 600	- 440	-390	-340	-220	-110
au-delà de 100 jusqu'à 120	-120	0	+70	- 410	- 240	-180	-120	0	+110
	-260	-140	-70	- 630	- 460	-400	-340	-220	-110
au-delà de 120 jusqu'à 140	-145	0	+80	- 460	- 260	-200	-145	0	+125
	-305	-160	-80	- 710	- 510	-450	-395	-250	-125
au-delà de 140 jusqu'à 160	-145	0	+80	- 520	- 280	-210	-145	0	+125
	-305	-160	-80	- 770	- 530	-460	-395	-250	-125
au-delà de 160 jusqu'à 180	-145	0	+80	- 580	- 310	-230	-145	0	+125
	-305	-160	-80	- 830	- 560	-480	-395	-250	-125
au-delà de 180 jusqu'à 200	-170	0	+92	- 650	- 340	-240	-170	0	+145
	-355	-185	-92	- 950	- 630	-530	-460	-290	-145
au-delà de 200 jusqu'à 225	-170	0	+92	- 740	- 380	-260	-170	0	+145
	-355	-185	-92	-1030	- 670	-550	-460	-290	-145
au-delà de 225 jusqu'à 250	-170	0	+92	- 820	- 420	-280	-170	0	+145
	-355	-185	-92	-1110	- 710	-570	-460	-290	-145
au-delà de 250 jusqu'à 280	-190	0	+105	- 920	- 480	-300	-190	0	+160
	-400	-210	-105	-1240	- 800	-620	-510	-320	-160
au-delà de 280 jusqu'à 315	-190	0	+105	-1050	- 540	-330	-190	0	+160
	-400	-210	-105	-1370	- 860	-650	-510	-320	-160
au-delà de 315 jusqu'à 355	-210	0	+115	-1200	- 600	-360	-210	0	+180
	-440	-230	-115	-1560	- 960	-720	-570	-360	-180
au-delà de 355 jusqu'à 400	-210	0	+115	-1350	- 680	-400	-210	0	+180
	-440	-230	-115	-1710	-1040	-760	-570	-360	-180
au-delà de 400 jusqu'à 450	-230	0	+125	-1500	- 760	-440	-230	0	+200
	-480	-250	-125	-1900	-1160	-840	-630	-400	-200
au-delà de 450 jusqu'à 500	-230	0	+125	-1650	- 840	-480	-230	0	+200
	-480	-250	-125	-2050	-1240	-880	-630	-400	-200

+ 100									
0									
- 100									
- 200									
- 300									
- 400									

Schéma des écarts pour le palier de diamètres de 24 à 30 mm

* Les écarts a et b ne sont prévus qu'au-delà de 1 mm.

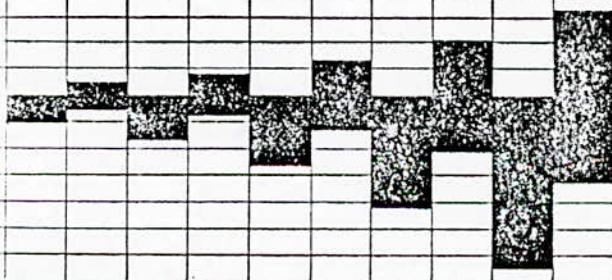
ARBRES

ANNEXE 12

Qualités 12 à 16

Arbres		h12	J _s 12	h13	J _s 13	h14	J _s 14	h15	J _s 15	h16	J _s 16	
Écart en microns (1 μ = 0,001 mm)	jusqu'à 3	0	+ 50	-140	+ 70	0	+125	0	+ 200	0	+ 300	
	au-delà de 3 jusqu'à 6	-100	- 50	-180	- 70	- 250	-125	- 400	- 200	- 600	- 300	
	au-delà de 6 jusqu'à 10	0	+ 60	-180	+ 90	0	+150	0	+ 240	0	+ 375	
	au-delà de 10 jusqu'à 14	-120	- 60	-220	- 90	- 300	-150	- 480	- 240	- 750	- 375	
	au-delà de 14 jusqu'à 18	0	+ 75	-220	+110	0	+180	0	+ 290	0	+ 450	
	au-delà de 18 jusqu'à 24	-150	- 75	-270	-110	- 360	-180	- 580	- 290	- 900	- 450	
	au-delà de 24 jusqu'à 30	0	+ 90	-270	+135	0	+215	0	+ 350	0	+ 550	
	au-delà de 30 jusqu'à 40	-180	- 90	-330	-135	- 430	-215	- 700	- 350	-1100	- 550	
	au-delà de 40 jusqu'à 50	0	+ 90	-330	+135	0	+215	0	+ 350	0	+ 550	
	au-delà de 50 jusqu'à 65	-180	- 90	-390	-135	- 430	-215	- 700	- 350	-1100	- 550	
	au-delà de 65 jusqu'à 80	0	+105	-390	+165	0	+260	0	+ 420	0	+ 650	
	au-delà de 80 jusqu'à 100	-210	-105	-460	-165	- 520	-260	- 840	- 420	-1300	- 650	
	au-delà de 100 jusqu'à 120	0	+105	-460	+165	0	+260	0	+ 420	0	+ 650	
	au-delà de 120 jusqu'à 140	-210	-105	-540	-165	- 520	-260	- 840	- 420	-1300	- 650	
	Cote nominale en mm	au-delà de 140 jusqu'à 160	0	+125	-540	+195	0	+310	0	+ 500	0	+ 800
		au-delà de 160 jusqu'à 180	-250	-125	-630	-195	- 620	-310	-1000	- 500	-1600	- 800
au-delà de 180 jusqu'à 200		0	+125	-630	+195	0	+310	0	+ 500	0	+ 800	
au-delà de 200 jusqu'à 250		-250	-125	-740	-195	- 620	-310	-1000	- 500	-1600	- 800	
au-delà de 250 jusqu'à 300		0	+150	-740	+230	0	+370	0	+ 600	0	+ 950	
au-delà de 300 jusqu'à 350		-300	-150	-870	-230	- 740	-370	-1200	- 600	-1900	- 950	
au-delà de 350 jusqu'à 400		0	+150	-870	+230	0	+370	0	+ 600	0	+ 950	
au-delà de 400 jusqu'à 450		-300	-150	-1000	-230	- 740	-370	-1200	- 600	-1900	- 950	
au-delà de 450 jusqu'à 500		0	+175	-1000	+270	0	+435	0	+ 700	0	+1100	
au-delà de 500 jusqu'à 550		-350	-175	-1150	-270	- 870	-435	-1400	- 700	-2200	-1100	
au-delà de 550 jusqu'à 600		0	+175	-1150	+270	0	+435	0	+ 700	0	+1100	
au-delà de 600 jusqu'à 650		-350	-175	-1300	-270	- 870	-435	-1400	- 700	-2200	-1100	
au-delà de 650 jusqu'à 700		0	+200	-1300	+315	0	+500	0	+ 800	0	+1250	
au-delà de 700 jusqu'à 750		-400	-200	-1500	-315	-1000	-500	-1600	- 800	-2500	-1250	
au-delà de 750 jusqu'à 800		0	+200	-1500	+315	0	+500	0	+ 800	0	+1250	
au-delà de 800 jusqu'à 850		-400	-200	-1700	-315	-1000	-500	-1600	- 800	-2500	-1250	
au-delà de 850 jusqu'à 900	0	+230	-1700	+360	0	+575	0	+ 925	0	+1450		
au-delà de 900 jusqu'à 950	-460	-230	-1900	-360	-1150	-575	-1850	- 925	-2900	-1450		
au-delà de 950 jusqu'à 1000	0	+230	-1900	+360	0	+575	0	+ 925	0	+1450		
au-delà de 1000 jusqu'à 1050	-460	-230	-2100	-360	-1150	-575	-1850	- 925	-2900	-1450		
au-delà de 1050 jusqu'à 1100	0	+260	-2100	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600		
au-delà de 1100 jusqu'à 1150	-520	-260	-2300	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600		
au-delà de 1150 jusqu'à 1200	0	+260	-2300	+405	0	+650	0	+1050	0	+1600		
au-delà de 1200 jusqu'à 1250	-520	-260	-2500	-405	-1300	-650	-2100	-1050	-3200	-1600		
au-delà de 1250 jusqu'à 1300	0	+285	-2500	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800		
au-delà de 1300 jusqu'à 1350	-570	-285	-2700	-445	-1400	-700	-2300	-1150	-3600	-1800		
au-delà de 1350 jusqu'à 1400	0	+285	-2700	+445	0	+700	0	+1150	0	+1800		
au-delà de 1400 jusqu'à 1450	-570	-285	-2900	-445	-1400	-700	-2300	-1150	-3600	-1800		
au-delà de 1450 jusqu'à 1500	0	+315	-2900	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000		
au-delà de 1500 jusqu'à 1550	-630	-315	-3100	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000		
au-delà de 1550 jusqu'à 1600	0	+315	-3100	+485	0	+775	0	+1250	0	+2000		
au-delà de 1600 jusqu'à 1650	-630	-315	-3300	-485	-1550	-775	-2500	-1250	-4000	-2000		

Schéma des écarts pour le palier de diamètres de 24 à 30 mm



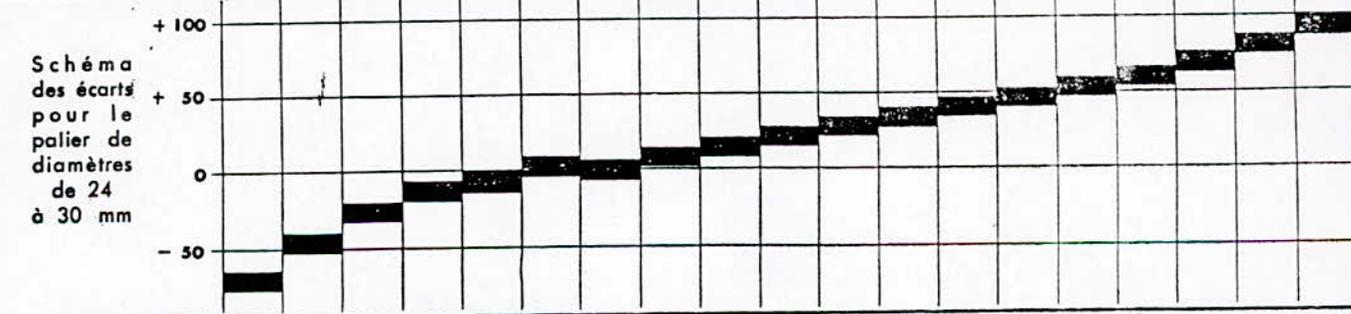
Les qualités 14 à 16 ne sont prévues qu'au-delà de 1 mm.

ARBRES

ANNEXE 8

Qualité 6

Arbres	d6	e6	f6	g6	h6	j6	J _s 6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	v6	x6	y6	z6	
Écart en microns (1 μ = 0,001 mm)	jusqu'à 3	-20 -26	-14 -20	-6 -12	-2 -8	0 -6	+4 -2	+3 -3	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	-	+24 +18	-	+26 +20	-	+32 +26
	au-delà de jusqu'à 3	-30 -38	-20 -28	-10 -18	-4 -12	0 -8	+6 -2	+4 -4	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +19	+27 +21	-	+31 +23	-	+36 +28	-	+43 +35
	au-delà de jusqu'à 6	-40 -48	-25 -34	-13 -22	-5 -14	0 -9	+7 -2	+4,5 -4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	-	+37 +28	-	+43 +34	-	+51 +42
	au-delà de jusqu'à 10	-50 -61	-32 -43	-16 -27	-6 -17	0 -11	+8 -3	+5,5 -5,5	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	-	+44 +33	-	+51 +40	-	+61 +50
	au-delà de jusqu'à 14	-50 -61	-32 -43	-16 -27	-6 -17	0 -11	+8 -3	+5,5 -5,5	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	-	+44 +33	+50 +39	+56 +45	-	+71 +60
	au-delà de jusqu'à 18	-65 -78	-40 -53	-20 -33	-7 -20	0 -13	+9 -4	+6,5 -6,5	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	-	+54 +41	+60 +47	+67 +54	+76 +63	+86 +73
	au-delà de jusqu'à 24	-65 -78	-40 -53	-20 -33	-7 -20	0 -13	+9 -4	+6,5 -6,5	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	+54 +41	+61 +48	+68 +55	+77 +64	+88 +75	+101 +88
	au-delà de jusqu'à 30	-80 -96	-50 -66	-25 -41	-9 -25	0 -16	+11 -5	+8 -8	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48	+76 +60	+84 +68	+96 +80	+110 +94	+128 +112
	au-delà de jusqu'à 40	-80 -96	-50 -66	-25 -41	-9 -25	0 -16	+11 -5	+8 -8	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+70 +54	+86 +70	+97 +81	+113 +97	+130 +114	+152 +136
	au-delà de jusqu'à 50	-100 -119	-60 -79	-30 -49	-10 -29	0 -19	+12 -7	+9,5 -9,5	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41	+72 +53	+85 +66	+106 +87	+121 +102	+141 +122	+163 +144	+191 +172
	au-delà de jusqu'à 65	-100 -119	-60 -79	-30 -49	-10 -29	0 -19	+12 -7	+9,5 -9,5	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+62 +43	+78 +59	+94 +75	+121 +102	+139 +120	+165 +146	+193 +174	+229 +210
	au-delà de jusqu'à 80	-120 -142	-72 -94	-36 -58	-12 -34	0 -22	+13 -9	+11 -11	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+73 +51	+93 +71	+113 +91	+146 +124	+168 +146	+200 +178	+236 +214	+280 +258
	au-delà de jusqu'à 100	-120 -142	-72 -94	-36 -58	-12 -34	0 -22	+13 -9	+11 -11	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+76 +54	+101 +79	+126 +104	+166 +144	+194 +172	+232 +210	+276 +254	+332 +310
	au-delà de jusqu'à 120	-145 -170	-85 -110	-43 -68	-14 -39	0 -25	+14 -11	+12,5 -12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+88 +65	+117 +100	+147 +134	+195 +190	+227 +228	+273 +280	+325 +340	+390 +415
	au-delà de jusqu'à 140	-145 -170	-85 -110	-43 -68	-14 -39	0 -25	+14 -11	+12,5 -12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+90 +65	+125 +100	+159 +134	+215 +190	+253 +228	+305 +280	+365 +340	+440 +415
	au-delà de jusqu'à 160	-145 -170	-85 -110	-43 -68	-14 -39	0 -25	+14 -11	+12,5 -12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+93 +68	+133 +108	+171 +146	+235 +210	+277 +252	+335 +310	+405 +380	+490 +465
au-delà de jusqu'à 180	-170 -199	-100 -129	-50 -79	-15 -44	0 -29	+16 -13	+14,5 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+106 +77	+151 +122	+195 +166	+265 +236	+313 +284	+379 +350	+454 +425	+549 +520	
au-delà de jusqu'à 200	-170 -199	-100 -129	-50 -79	-15 -44	0 -29	+16 -13	+14,5 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+109 +80	+159 +130	+209 +180	+287 +258	+339 +310	+414 +385	+499 +470	+604 +575	
au-delà de jusqu'à 225	-170 -199	-100 -129	-50 -79	-15 -44	0 -29	+16 -13	+14,5 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+113 +84	+169 +140	+225 +196	+313 +284	+369 +340	+454 +425	+549 +520	+669 +640	
au-delà de jusqu'à 250	-190 -222	-110 -142	-56 -88	-17 -49	0 -32	+16 -16	+16 -16	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126 +94	+190 +158	+250 +218	+347 +315	+417 +385	+507 +475	+612 +580	+742 +710	
au-delà de jusqu'à 280	-190 -222	-110 -142	-56 -88	-17 -49	0 -32	+16 -16	+16 -16	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+130 +98	+202 +170	+272 +240	+382 +350	+457 +425	+557 +525	+682 +650	+822 +790	
au-delà de jusqu'à 315	-210 -246	-125 -161	-62 -98	-18 -54	0 -36	+18 -18	+18 -18	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144 +108	+226 +190	+304 +268	+426 +390	+511 +475	+626 +590	+766 +730	+900 +860	
au-delà de jusqu'à 355	-210 -246	-125 -161	-62 -98	-18 -54	0 -36	+18 -18	+18 -18	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+150 +114	+244 +208	+330 +294	+471 +435	+568 +530	+696 +660	+856 +820	+1038 +1000	
au-delà de jusqu'à 400	-230 -270	-135 -175	-68 -108	-20 -60	0 -40	+20 -20	+20 -20	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+166 +126	+272 +232	+370 +330	+530 +490	+635 +595	+780 +740	+960 +920	+1140 +1100	
au-delà de jusqu'à 450	-230 -270	-135 -175	-68 -108	-20 -60	0 -40	+20 -20	+20 -20	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+172 +132	+292 +252	+400 +360	+580 +540	+700 +660	+860 +820	+1040 +1000	+1290 +1250	



Pour les diamètres ne comportant pas d'arbres t6, v6 et y6, remplacer ceux-ci respectivement par u6, x6 et z6.

ARBRES

ANNEXE 10

Qualités 8 et 9

Arbres	b8*	c8	d8	e8	f8	h8	j _s 8	u8	x8	a9*	b9*	c9	d9	e9	f9	h9	j _s 9
	Ecart en microns (1 μ = 0,001 mm)																
jusqu'à 3	-140	-60	-20	-14	-6	0	+7	+32	+34	-270	-140	-60	-20	-14	-6	0	+12
	-154	-74	-34	-28	-20	-14	-7	+18	+20	-295	-165	-85	-45	-39	-31	-25	-12
au-delà de 3 jusqu'à 6	-140	-70	-30	-20	-10	0	+9	+41	+46	-270	-140	-70	-30	-20	-10	0	+15
	-158	-88	-48	-38	-28	-18	-9	+23	+28	-300	-170	-100	-60	-50	-40	-30	-15
au-delà de 6 jusqu'à 10	-150	-80	-40	-25	-13	0	+11	+50	+56	-280	-150	-80	-40	-25	-13	0	+18
	-172	-102	-62	-47	-35	-22	-11	+28	+34	-316	-186	-116	-76	-61	-49	-36	-18
au-delà de 10 jusqu'à 14	-150	-95	-50	-32	-16	0	+13	+60	+67	-290	-150	-95	-50	-32	-16	0	+21
	-177	-122	-77	-59	-43	-27	-13	+33	+40	-333	-193	-138	-93	-75	-59	-43	-21
au-delà de 14 jusqu'à 18	-150	-95	-50	-32	-16	0	+13	+60	+72	-290	-150	-95	-50	-32	-16	0	+21
	-177	-122	-77	-59	-43	-27	-13	+33	+45	-333	-193	-138	-93	-75	-59	-43	-21
au-delà de 18 jusqu'à 24	-160	-110	-65	-40	-20	0	+16	+74	+87	-300	-160	-110	-65	-40	-20	0	+28
	-193	-143	-98	-73	-53	-33	-16	+41	+54	-352	-212	-162	-117	-92	-72	-52	-28
au-delà de 24 jusqu'à 30	-160	-110	-65	-40	-20	0	+16	+81	+97	-300	-160	-110	-65	-40	-20	0	+26
	-193	-143	-98	-73	-53	-33	-16	+48	+64	-352	-212	-162	-117	-92	-72	-52	-26
au-delà de 30 jusqu'à 40	-170	-120	-80	-50	-25	0	+19	+99	+118	-310	-170	-120	-80	-50	-25	0	+31
	-209	-159	-119	-89	-64	-39	-19	+60	+80	-372	-232	-182	-142	-112	-87	-62	-31
au-delà de 40 jusqu'à 50	-180	-130	-80	-50	-25	0	+19	+109	+136	-320	-180	-130	-80	-50	-25	0	+31
	-219	-169	-119	-89	-64	-39	-19	+70	+97	-382	-242	-192	-142	-112	-87	-62	-31
au-delà de 50 jusqu'à 65	-190	-140	-100	-60	-30	0	+23	+133	+168	-340	-190	-140	-100	-60	-30	0	+37
	-236	-186	-146	-106	-76	-46	-23	+87	+122	-414	-264	-214	-174	-134	-104	-74	-37
au-delà de 65 jusqu'à 80	-200	-150	-100	-60	-30	0	+23	+148	+192	-360	-200	-150	-100	-60	-30	0	+37
	-246	-196	-146	-106	-76	-46	-23	+102	+146	-434	-274	-224	-174	-134	-104	-74	-37
au-delà de 80 jusqu'à 100	-220	-170	-120	-72	-36	0	+27	+178	+232	-380	-220	-170	-120	-72	-36	0	+43
	-274	-224	-174	-126	-90	-54	-27	+124	+178	-467	-307	-257	-207	-159	-123	-87	-43
au-delà de 100 jusqu'à 120	-240	-180	-120	-72	-36	0	+27	+198	+264	-410	-240	-180	-120	-72	-36	0	+43
	-294	-234	-174	-126	-90	-54	-27	+144	+210	-497	-327	-267	-207	-159	-123	-87	-43
au-delà de 120 jusqu'à 140	-260	-200	-145	-85	-43	0	+31	+233	+311	-460	-260	-200	-145	-85	-43	0	+50
	-323	-263	-208	-148	-106	-63	-31	+170	+248	-560	-360	-300	-245	-185	-143	-100	-50
au-delà de 140 jusqu'à 160	-280	-210	-145	-85	-43	0	+31	+253	+343	-520	-280	-210	-145	-85	-43	0	+50
	-343	-273	-208	-148	-106	-63	-31	+190	+280	-620	-380	-310	-245	-185	-143	-100	-50
au-delà de 160 jusqu'à 180	-310	-230	-145	-85	-43	0	+31	+273	+373	-580	-310	-230	-145	-85	-43	0	+50
	-373	-293	-208	-148	-106	-63	-31	+210	+310	-680	-410	-330	-245	-185	-143	-100	-50
au-delà de 180 jusqu'à 200	-340	-240	-170	-100	-50	0	+38	+308	+422	-660	-340	-240	-170	-100	-50	0	+57
	-412	-312	-242	-172	-122	-72	-38	+236	+350	-775	-455	-355	-285	-215	-165	-115	-57
au-delà de 200 jusqu'à 225	-380	-260	-170	-100	-50	0	+38	+330	+457	-740	-380	-260	-170	-100	-50	0	+57
	-452	-332	-242	-172	-122	-72	-38	+258	+385	-855	-495	-375	-285	-215	-165	-115	-57
au-delà de 225 jusqu'à 250	-420	-280	-170	-100	-50	0	+38	+356	+497	-820	-420	-280	-170	-100	-50	0	+57
	-492	-352	-242	-172	-122	-72	-38	+284	+425	-935	-535	-395	-285	-215	-165	-115	-57
au-delà de 250 jusqu'à 280	-480	-300	-190	-110	-56	0	+40	+396	+556	-920	-480	-300	-190	-110	-56	0	+65
	-561	-381	-271	-191	-137	-81	-40	+315	+475	-1050	-610	-430	-320	-240	-186	-130	-65
au-delà de 280 jusqu'à 315	-540	-330	-190	-110	-56	0	+40	+431	+606	-1050	-540	-330	-190	-110	-56	0	+65
	-621	-411	-271	-191	-137	-81	-40	+350	+525	-1180	-670	-460	-320	-240	-186	-130	-65
au-delà de 315 jusqu'à 355	-600	-360	-210	-125	-62	0	+44	+479	+679	-1200	-600	-360	-210	-125	-62	0	+70
	-689	-449	-299	-214	-151	-89	-44	+390	+590	-1340	-740	-500	-350	-265	-202	-140	-70
au-delà de 355 jusqu'à 400	-680	-400	-210	-125	-62	0	+44	+524	+749	-1350	-680	-400	-210	-125	-62	0	+70
	-769	-489	-299	-214	-151	-89	-44	+435	+660	-1490	-820	-540	-350	-265	-202	-140	-70
au-delà de 400 jusqu'à 450	-760	-440	-230	-135	-68	0	+48	+587	+837	-1500	-760	-440	-230	-135	-68	0	+77
	-857	-537	-327	-232	-165	-97	-48	+490	+740	-1655	-915	-595	-385	-290	-223	-155	-77
au-delà de 450 jusqu'à 500	-840	-480	-230	-135	-68	0	+48	+637	+917	-1650	-840	-480	-230	-135	-68	0	+77
	-937	-577	-327	-232	-165	-97	-48	+540	+820	-1805	-995	-635	-385	-290	-223	-155	-77

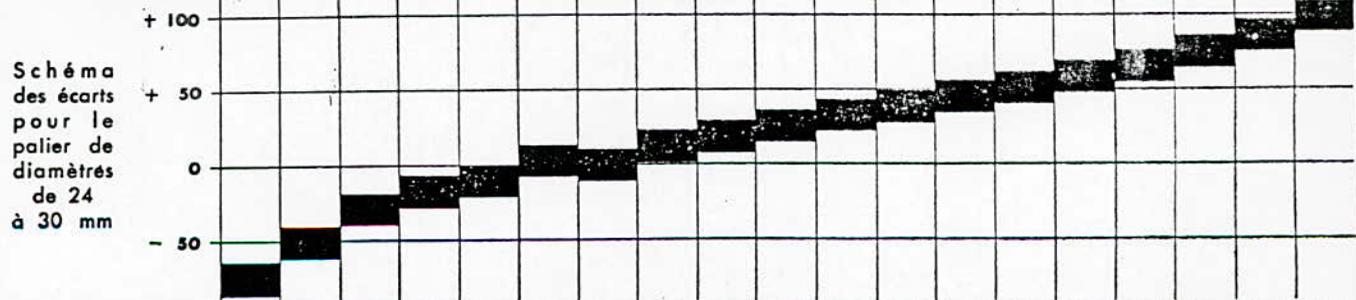
* Les écarts a et b ne sont prévus qu'au-delà de 1 mm.

ARBRES

ANNEXE 9

Qualité 7

Arbres	d7	e7	f7	g7	h7	j7	js7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7	v7	x7	y7	z7	
Ecart en microns (1 μ = 0,001 mm)	jusqu'à 3	-20 -30	-14 -24	-6 -16	-2 -12	0 -10	+6 -4	+5 -5	+10 0	-	+14 +4	+16 +6	+20 +10	+24 +14	-	+28 +18	-	+30 +20	+36 +26	
	au-delà de 3 jusqu'à 6	-30 -42	-20 -32	-10 -22	-4 -16	0 -12	+8 -4	+6 -6	+13 +1	+16 +4	+20 +8	+24 +12	+27 +15	+31 +19	-	+35 +23	-	+40 +28	+47 +35	
	au-delà de 6 jusqu'à 10	-40 -55	-25 -40	-13 -28	-5 -20	0 -15	+10 -5	+7 -7	+16 +1	+21 +6	+25 +10	+30 +15	+34 +23	+38 +28	-	+43 +28	-	+49 +34	+57 +42	
	au-delà de 10 jusqu'à 14	-50 -68	-32 -50	-16 -34	-6 -24	0 -18	+12 -6	+9 -9	+19 +1	+25 +7	+30 +12	+36 +18	+41 +23	+46 +28	-	+51 +33	-	+58 +40	+68 +50	
	au-delà de 14 jusqu'à 18	-50 -68	-32 -50	-16 -34	-6 -24	0 -18	+12 -6	+9 -9	+19 +1	+25 +7	+30 +12	+36 +18	+41 +23	+46 +28	-	+51 +33	-	+58 +40	+68 +50	
	au-delà de 18 jusqu'à 24	-65 -86	-40 -61	-20 -41	-7 -28	0 -21	+13 -8	+10 -10	+23 +2	+29 +8	+36 +15	+43 +22	+49 +28	+56 +35	-	+62 +41	+68 +47	+75 +54	+84 +63	+93 +74
	au-delà de 24 jusqu'à 30	-65 -86	-40 -61	-20 -41	-7 -28	0 -21	+13 -8	+10 -10	+23 +2	+29 +8	+36 +15	+43 +22	+49 +28	+56 +35	+62 +41	+69 +48	+76 +55	+85 +64	+96 +75	+109 +88
	au-delà de 30 jusqu'à 40	-80 -105	-50 -75	-25 -50	-9 -34	0 -25	+15 -10	+12 -12	+27 +2	+34 +9	+42 +17	+51 +26	+59 +34	+68 +43	+73 +54	+85 +70	+93 +81	+105 +97	+119 +114	+137 +136
	au-delà de 40 jusqu'à 50	-80 -105	-50 -75	-25 -50	-9 -34	0 -25	+15 -10	+12 -12	+27 +2	+34 +9	+42 +17	+51 +26	+59 +34	+68 +43	+73 +54	+85 +70	+93 +81	+105 +97	+119 +114	+137 +136
	au-delà de 50 jusqu'à 65	-100 -130	-60 -90	-30 -60	-10 -40	0 -30	+18 -12	+15 -15	+32 +2	+41 +11	+50 +20	+62 +32	+71 +43	+83 +59	+96 +75	+117 +102	+132 +120	+152 +146	+174 +174	+202 +210
au-delà de 65 jusqu'à 80	-100 -130	-60 -90	-30 -60	-10 -40	0 -30	+18 -12	+15 -15	+32 +2	+41 +11	+50 +20	+62 +32	+71 +43	+83 +59	+96 +75	+117 +102	+132 +120	+152 +146	+174 +174	+202 +210	
au-delà de 80 jusqu'à 100	-120 -155	-72 -107	-36 -71	-12 -47	0 -35	+20 -15	+17 -17	+38 +3	+48 +13	+58 +23	+72 +37	+86 +51	+106 +71	+126 +91	+159 +124	+181 +146	+213 +178	+249 +214	+293 +258	
au-delà de 100 jusqu'à 120	-120 -155	-72 -107	-36 -71	-12 -47	0 -35	+20 -15	+17 -17	+38 +3	+48 +13	+58 +23	+72 +37	+86 +51	+106 +71	+126 +91	+159 +124	+181 +146	+213 +178	+249 +214	+293 +258	
au-delà de 120 jusqu'à 140	-145 -185	-85 -125	-43 -83	-14 -54	0 -40	+22 -18	+20 -20	+43 +3	+55 +15	+67 +27	+83 +43	+103 +63	+132 +92	+162 +122	+210 +170	+242 +202	+288 +248	+340 +300	+405 +365	
au-delà de 140 jusqu'à 160	-145 -185	-85 -125	-43 -83	-14 -54	0 -40	+22 -18	+20 -20	+43 +3	+55 +15	+67 +27	+83 +43	+103 +65	+132 +100	+162 +134	+210 +190	+242 +228	+288 +280	+340 +340	+405 +415	
au-delà de 160 jusqu'à 180	-145 -185	-85 -125	-43 -83	-14 -54	0 -40	+22 -18	+20 -20	+43 +3	+55 +15	+67 +27	+83 +43	+108 +68	+148 +108	+186 +146	+250 +210	+292 +252	+350 +310	+420 +380	+505 +465	
au-delà de 180 jusqu'à 200	-170 -216	-100 -146	-50 -96	-15 -61	0 -46	+25 -21	+23 -23	+50 +4	+63 +17	+77 +31	+96 +50	+123 +77	+168 +122	+212 +166	+282 +236	+330 +284	+396 +350	+471 +425	+566 +520	
au-delà de 200 jusqu'à 225	-170 -216	-100 -146	-50 -96	-15 -61	0 -46	+25 -21	+23 -23	+50 +4	+63 +17	+77 +31	+96 +50	+126 +80	+176 +130	+226 +180	+304 +258	+356 +310	+431 +385	+516 +470	+621 +575	
au-delà de 225 jusqu'à 250	-170 -216	-100 -146	-50 -96	-15 -61	0 -46	+25 -21	+23 -23	+50 +4	+63 +17	+77 +31	+96 +50	+130 +84	+186 +140	+242 +196	+330 +284	+386 +340	+471 +425	+566 +520	+686 +640	
au-delà de 250 jusqu'à 280	-190 -242	-110 -162	-56 -108	-17 -69	0 -52	+26 -26	+26 +4	+56 +4	+72 +20	+86 +34	+108 +56	+146 +94	+210 +158	+270 +218	+367 +315	+437 +385	+527 +475	+632 +580	+762 +710	
au-delà de 280 jusqu'à 315	-190 -242	-110 -162	-56 -108	-17 -69	0 -52	+26 -26	+26 +4	+56 +4	+72 +20	+86 +34	+108 +56	+150 +98	+222 +170	+292 +240	+402 +350	+477 +425	+577 +525	+702 +650	+842 +790	
au-delà de 315 jusqu'à 355	-210 -267	-125 -182	-62 -119	-18 -75	0 -57	+29 -28	+28 -28	+61 +4	+78 +21	+94 +37	+119 +62	+165 +114	+247 +208	+325 +284	+447 +435	+532 +530	+647 +660	+787 +820	+957 +1000	
au-delà de 355 jusqu'à 400	-210 -267	-125 -182	-62 -119	-18 -75	0 -57	+29 -28	+28 -28	+61 +4	+78 +21	+94 +37	+119 +62	+171 +114	+265 +208	+351 +294	+492 +435	+587 +530	+717 +660	+877 +820	+1057 +1000	
au-delà de 400 jusqu'à 450	-230 -293	-135 -198	-68 -131	-20 -83	0 -63	+31 -32	+31 -31	+68 +5	+86 +23	+103 +40	+131 +68	+189 +126	+295 +232	+393 +330	+553 +490	+658 +595	+803 +740	+983 +920	+1163 +1100	
au-delà de 450 jusqu'à 500	-230 -293	-135 -198	-68 -131	-20 -83	0 -63	+31 -32	+31 -31	+68 +5	+86 +23	+103 +40	+131 +68	+195 +132	+315 +252	+423 +360	+603 +540	+723 +660	+883 +820	+1063 +1000	+1313 +1250	



Pour les diamètres ne comportant pas d'arbres m7, t7, v7 et y7, remplacer ceux-ci respectivement par n7, u7, x7 et z7.

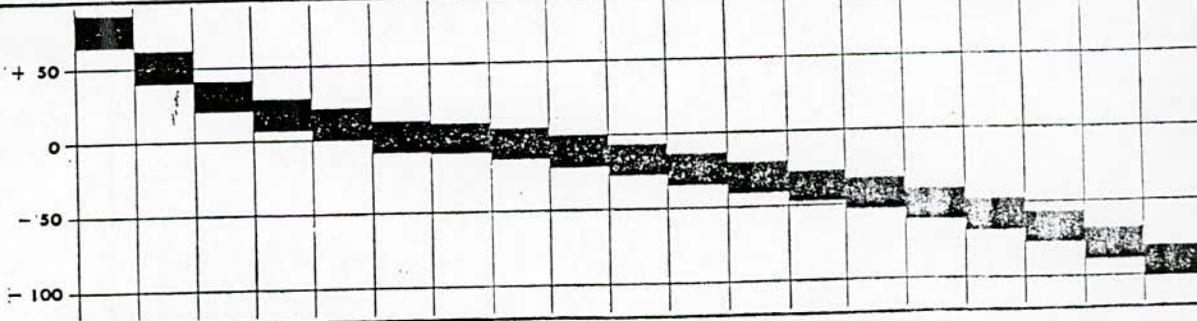
ALÉSAGES

ANNEXE 2

Qualité 7

Alésages	Écart en microns (1 μ = 0,001 mm)																
	D7	E7	F7	G7	H7	J7	J _s 7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7	U7	V7	Z7
jusqu'à 3	+30	+24	+16	+12	+10	+4	+5	0	-2	-4	-6	-10	-14	-	-18	-	-20
	+20	+14	+6	+2	0	-6	-5	-10	-12	-14	-16	-20	-24	-	-28	-	-30
au-delà de 3 jusqu'à 6	+42	+32	+22	+16	+12	+6	+6	+3	0	-4	-8	-11	-15	-	-19	-	-24
	+30	+28	+10	+4	0	-6	-6	-9	-12	-16	-20	-23	-27	-	-31	-	-36
au-delà de 6 jusqu'à 10	+55	+40	+28	+20	+15	+8	+7	+5	0	-4	-9	-13	-17	-	-22	-	-28
	+40	+25	+13	+5	0	-7	-7	-10	-15	-19	-24	-28	-32	-	-37	-	-43
au-delà de 10 jusqu'à 14	+68	+50	+34	+24	+18	+10	+9	+6	0	-5	-11	-16	-21	-	-26	-32	-38
	+50	+32	+16	+6	0	-8	-9	-12	-18	-23	-29	-34	-39	-	-44	-50	-58
au-delà de 14 jusqu'à 18	+80	+60	+41	+28	+21	+12	+10	+6	0	-7	-14	-20	-27	-	-33	-39	-46
	+65	+40	+20	+7	0	-9	-10	-15	-21	-28	-35	-41	-48	-	-54	-60	-67
au-delà de 18 jusqu'à 24	+86	+61	+41	+28	+21	+12	+10	+6	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-56
	+65	+40	+20	+7	0	-9	-10	-15	-21	-28	-35	-41	-48	-54	-61	-68	-77
au-delà de 24 jusqu'à 30	+105	+75	+50	+34	+25	+14	+12	+7	0	-8	-17	-25	-34	-39	-51	-59	-71
	+80	+50	+25	+9	0	-11	-12	-18	-25	-33	-42	-50	-59	-64	-76	-84	-96
au-delà de 30 jusqu'à 40	+120	+85	+55	+39	+28	+16	+14	+7	0	-8	-17	-25	-34	-45	-56	-67	-83
	+90	+60	+30	+10	0	-12	-12	-18	-25	-33	-42	-50	-59	-70	-81	-92	-113
au-delà de 40 jusqu'à 50	+140	+100	+65	+45	+30	+18	+15	+9	0	-9	-21	-30	-42	-55	-68	-81	-101
	+100	+70	+40	+10	0	-12	-15	-21	-30	-39	-51	-60	-72	-85	-106	-121	-141
au-delà de 50 jusqu'à 60	+160	+120	+75	+55	+35	+20	+17	+10	0	-10	-24	-33	-45	-60	-75	-91	-111
	+120	+80	+50	+10	0	-15	-18	-25	-35	-45	-59	-73	-93	-113	-146	-168	-200
au-delà de 60 jusqu'à 80	+180	+140	+90	+65	+40	+22	+19	+11	0	-11	-26	-36	-49	-66	-83	-101	-125
	+140	+100	+70	+10	0	-13	-17	-25	-35	-45	-59	-76	-101	-126	-166	-194	-232
au-delà de 80 jusqu'à 100	+200	+160	+105	+75	+45	+25	+22	+12	0	-12	-28	-38	-51	-70	-89	-109	-135
	+160	+120	+85	+10	0	-14	-20	-28	-40	-52	-68	-90	-125	-159	-215	-253	-305
au-delà de 100 jusqu'à 120	+220	+180	+120	+85	+50	+28	+25	+13	0	-13	-30	-40	-53	-73	-93	-119	-149
	+180	+140	+95	+10	0	-14	-20	-28	-40	-52	-68	-90	-125	-159	-215	-253	-305
au-delà de 120 jusqu'à 140	+240	+200	+135	+95	+55	+30	+27	+14	0	-14	-33	-43	-56	-77	-107	-147	-195
	+200	+160	+115	+10	0	-14	-20	-28	-40	-52	-68	-90	-125	-159	-215	-253	-305
au-delà de 140 jusqu'à 160	+260	+220	+150	+105	+60	+32	+29	+15	0	-15	-36	-46	-59	-81	-111	-151	-205
	+220	+180	+130	+10	0	-15	-21	-29	-41	-53	-69	-91	-126	-160	-216	-264	-325
au-delà de 160 jusqu'à 180	+280	+240	+165	+115	+65	+34	+31	+16	0	-16	-39	-49	-62	-84	-114	-154	-208
	+240	+200	+145	+10	0	-15	-21	-29	-41	-53	-69	-91	-126	-160	-216	-264	-325
au-delà de 180 jusqu'à 200	+300	+260	+180	+125	+70	+36	+33	+17	0	-17	-42	-52	-65	-87	-117	-157	-211
	+260	+220	+165	+10	0	-16	-22	-30	-42	-54	-70	-92	-127	-161	-217	-265	-325
au-delà de 200 jusqu'à 225	+320	+280	+195	+135	+75	+38	+35	+18	0	-18	-45	-55	-68	-90	-120	-160	-214
	+280	+240	+185	+10	0	-16	-22	-30	-42	-54	-70	-92	-127	-161	-217	-265	-325
au-delà de 225 jusqu'à 250	+340	+300	+210	+145	+80	+40	+37	+19	0	-19	-48	-58	-71	-93	-123	-163	-217
	+300	+260	+200	+10	0	-16	-22	-30	-42	-54	-70	-92	-127	-161	-217	-265	-325
au-delà de 250 jusqu'à 280	+360	+320	+225	+155	+85	+42	+39	+20	0	-20	-51	-61	-74	-96	-126	-166	-220
	+320	+280	+215	+10	0	-16	-22	-30	-42	-54	-70	-92	-127	-161	-217	-265	-325
au-delà de 280 jusqu'à 315	+380	+340	+240	+165	+90	+44	+41	+21	0	-21	-54	-64	-77	-99	-129	-169	-223
	+340	+300	+230	+10	0	-16	-22	-30	-42	-54	-70	-92	-127	-161	-217	-265	-325
au-delà de 315 jusqu'à 355	+400	+360	+255	+175	+95	+46	+43	+22	0	-22	-57	-67	-80	-102	-132	-172	-226
	+360	+320	+245	+10	0	-16	-22	-30	-42	-54	-70	-92	-127	-161	-217	-265	-325
au-delà de 355 jusqu'à 400	+420	+380	+270	+185	+100	+48	+45	+23	0	-23	-60	-70	-83	-105	-135	-175	-229
	+380	+340	+255	+10	0	-16	-22	-30	-42	-54	-70	-92	-127	-161	-217	-265	-325
au-delà de 400 jusqu'à 450	+440	+400	+285	+195	+105	+50	+47	+24	0	-24	-63	-73	-86	-108	-138	-178	-232
	+400	+360	+275	+10	0	-16	-22	-30	-42	-54	-70	-92	-127	-161	-217	-265	-325
au-delà de 450 jusqu'à 500	+460	+420	+300	+205	+110	+52	+49	+25	0	-25	-66	-76	-89	-111	-141	-181	-235
	+420	+380	+285	+10	0	-16	-22	-30	-42	-54	-70	-92	-127	-161	-217	-265	-325

Schéma des écarts pour le palier de diamètres de 24 à 30 mm



Pour les diamètres ne comportant pas d'alésages T7, V7 et Y7, remplacer ceux-ci respectivement par U7, X7 et Z7.