

People's Democratic Republic of Algeria  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
Mohamed Boudiaf University of M'sila  
Faculty of Technology



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة المسيلة  
كلية التكنولوجيا

Département de Génie Mécanique

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

### MASTER

En Génie Mécanique

**Option : Fabrication mécanique et production**

Présenté par :

Belouadah Aymen & Hadibi Kamal Eddine Said

### Thème

---

## ETABLISSEMENT D'UN PROCESSUS DE FABRICATION DES PIECES MECANIQUES

---

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Qualité
DEBIH Ali	MCA	Président
ELHADI Abdelmalek	MCA	Encadreur
BEN YETTOU Riyadh	Docteur	Examineur

*Année Universitaire : 2022 / 2023*

N° d'ordre : GM/...../2023



## **REMERCIEMENTS**

*Louange à Allah par la grâce duquel les bonnes choses se réalisent.*

*Nous remercions toute la famille pour avoir toujours été présent  
à mes côtés durant toutes ces années, plus particulièrement mon père et  
ma mère pour leur précieux soutien et encouragements.*

*Nos sincères remerciements vont à monsieur l'encadreur*

***ELHADI ABDELMALEK***

*pour la qualité du sujet et ses précieux conseils et orientations durant  
toute la période de réalisation de ce travail.*

*Nous remercions également les membres du jury qui ont bien  
voulu accepter de juger ce travail.*

## DEDICACES

*Nous dédions notre travail à :*

*Mon cœur et mon âme, ma lune dans les nuits, mon bonheur, mon amour et ma joie qui se sont sacrifiés pour me donner l'espoir*

*dans la vie, à ceux qui m'ont donné l'amour sans limite,*

*À vous ma mère et mon père.*

*Sans oublier :*

*Ma sœur, Mon frère, Mes chers amis, et toute ma famille.*

*A tous les étudiants des promotions Master2022/2023*

*de Génie Mécanique.*

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I L'ENTREPRISE PRODUCTIVE : CONSTITUANTS ET ROLES.</b>	<b>4</b>
I.1 Introduction.....	5
I.2 Organigramme d'une entreprise de fabrication mécanique.....	5
I.2.1 Bureau d'études (BE) .....	6
I.2.2 Bureau des méthodes (BDM) .....	7
I.3 Types de tolérances dans la fabrication mécanique.....	9
I.3.1 Tolérances dimensionnelles (spécifications dimensionnelles).....	9
I.3.2 Cotes fonctionnelles.....	9
I.3.3 Tolérances géométriques (spécifications géométriques).....	10
I.3.4 Choix des vues .....	16
I.3.5 Cotation fonctionnelle .....	17
I.3.6 Cotes fonctionnelles.....	17
I.3.7 Tolérances géométriques et l'état de surface (rugosité).....	18
I.3.8 Dessin de définition de la pièce.....	18
I.3.9 Analyse d'une tolérance géométrique.....	19
<b>CHAPITRE II ISOSTATISME ET COTES DE FABRICATION .....</b>	<b>20</b>
II.1 Isostatisme.....	21
II.1.1 Introduction .....	21
II.1.2 Degrés de liberté.....	21
II.1.3 Principe fondamental.....	22
II.1.4 Prise de la pièce .....	22
II.1.4.1 Liaison ponctuelle .....	23
II.1.4.2 Liaison linéaire.....	23
II.1.4.3 Liaison plane .....	23
II.1.5 Règles pour choisir la mise en position .....	25
II.1.6 Symbolisations technologiques et géométriques .....	26
II.1.6.1 Composition des symboles : .....	27

II.1.6.2	Type de technologie .....	27
II.1.6.3	Nature de la surface de la pièce .....	28
II.1.6.4	Fonction de l'élément technologique .....	28
II.1.6.5	Nature du contact avec la pièce.....	29
II.1.6.6	Les liaisons isostatiques élémentaires .....	29
II.1.6.6.1	La mise en position par liaison ponctuelle (LP).....	29
II.1.6.6.2	La mise en position par liaison linéaire rectiligne (LR).....	29
II.1.6.6.3	La mise en position par liaison linéaire annulaire (LA).....	30
II.1.6.6.4	La mise en position par liaison appui plan (AP) .....	30
II.1.6.6.5	La mise en position par liaison rotule .....	31
II.1.6.6.6	La mise en position par liaison pivot glissant (verrou) .....	31
II.1.6.6.7	La mise en position par liaison pivot.....	31
II.1.7	Choix des surfaces de mise en position.....	32
II.1.7.1	Principe fondamental .....	32
II.1.7.2	Règles de choix.....	32
II.2	Cotes de fabrication .....	35
II.2.1	Introduction .....	35
II.2.2	Définition.....	35
II.1.1	Types des Cotes de fabrication.....	36
II.1.1.1	Cm: Cote machine.....	36
II.1.1.2	Cote outil "Co" .....	37
II.1.1.3	Cote appareillage "Ca" .....	38
<b>Chapitre III ETABLISSEMENT D'UN PROCESSUS DE FABRICATION MECANIQUE .....</b>		<b>40</b>
III.1	Introduction.....	41
III.2	Méthodologie .....	41
III.2.1	Exemple .....	42
III.2.1.1	Détermination du nombre des opérations d'usinage .....	43
III.2.1.2	Détermination des antériorités des opérations d'usinage .....	46
III.2.1.3	Méthode matricielle d'établissement de l'ordre d'usinage :.....	46
III.2.1.4	Regroupement des opérations d'usinage en phase et sous phase .....	47
III.2.1.5	Processus de la gamme d'usinage.....	48

<b>Chapitre IV FEUILLES D'ANALYSE ET CONTRATS DE PHASE .....</b>	<b>49</b>
IV.1 Définition d'une feuille d'analyse de fabrication .....	50
IV.2 Contrat de phase.....	50
IV.2.1 Définitions .....	50
IV.2.2 Informations relatives à la coupe de la matière .....	51
IV.3 Feuilles d'analyse de fabrication .....	52
IV.4 Contrats de différentes phases d'usinage .....	55
IV.5 Calcul du temps technologique $T_t$ .....	60
IV.5.1 Cas du tournage (chariotage avec un outil couteau) .....	60
IV.5.2 Cas du dressage avec un outil coudé à 45 .....	60
IV.5.3 Cas du fraisage.....	61
IV.5.4 Cas du perçage.....	62
IV.5.5 Calcul du temps technologique de la phase 200 de la pièce (support-palier) .	63
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>65</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>67</b>
<b>RÉSUMÉ.....</b>	<b>69</b>

## LISTE DES FIGURES

### CHAPITRE I

Figure I. 1: Organigramme entreprise fabrication mécanique .....	6
Figure I. 2: Cotation de la profondeur d'un trou taraudé .....	9
Figure I. 3: Cas de tolérancement. ....	10
Figure I. 4 : Coulisseau du support de comparateur .....	15
Figure I. 5: Les vues doivent définir complètement le produit .....	16
Figure I. 6: Chaînes de cotes relatives .....	17
Figure I. 7 : Cotes fonctionnelles .....	17
Figure I. 8 : Tolérances géométriques et l'état de surface .....	18
Figure I. 9 : Dessin de définition de la pièce.....	18
Figure I. 10 : Analyse d'une tolérance géométrique.....	19

### CHAPITRE II

Figure II. 1 : degrés de liberté d'un objet libre dans l'espace .....	22
Figure II. 2: Liaison ponctuelle.....	23
Figure II. 3: Liaison linéaire.....	23
Figure II. 4 : Liaison plane.....	24
Figure II. 5: Prise de pièce (mise en position) pour limiter les vibrations.....	25
Figure II. 6: Composition des symboles .....	27
Figure II. 7: Liaison ponctuelle.....	29
Figure II. 8: Liaison linéaire rectiligne.....	30
Figure II. 9: La liaison linéaire annulaire.....	30
Figure II. 10: La liaison appui plan.....	30
Figure II. 11: La liaison rotule .....	31
Figure II. 12 : Liaison pivot glissant.....	31
Figure II. 13: Liaison pivot.....	32
Figure II. 14 : La cote fabriquée Cf1 relie la surface usinée et celle de mise en position .....	32
Figure II. 15: la mise en position doit assurer une bonne stabilité à la pièce .....	33
Figure II. 16 : Supprimer une seule fois le même degré de liberté.....	33
Figure II. 17 : l'emplacement des normales dans le même plan .....	34
Figure II. 18 : Profilage d'une rainure. (Toupie) (Cm: Cote machine) .....	36
Figure II. 19: Pièce usinée en tournage.....	36
Figure II. 20 : Cote outil obtenue par un seul outil.....	37
Figure II. 21: Cote obtenue par association de plusieurs outils.....	38
Figure II. 22 : Utilisation des canons de perçage pour obtenir des cotes appareillage ...	38
Figure II. 23 : Exemples des cotes- appareillages.....	39

## CHAPITRE III

Figure III. 1: dessin de définition d'une pièce : chape-support .....	43
Figure III. 2 : Regroupement des opérations d'usinage en phases.....	48

## **LISTE DES TABLEAUX**

### **CHAPITRE I**

Tableau I. 1 : Tolérances de forme.....	11
Tableau I. 2 : Tolérances d'orientation. ....	13
Tableau I. 3 : Tolérances de position. ....	15

### **CHAPITRE II**

Tableau II. 1: Symboles de base. ....	26
Tableau II. 2: Exemples equivalents. ....	26
Tableau II. 3: Type de technologie.....	27
Tableau II. 4: Nature de la surface de la pièce.....	28
Tableau II. 5: Fonction de l'élément technologique.....	28
Tableau II. 6: Nature du contact avec la pièce.....	29

### **CHAPITRE III**

Tableau III. 2: Nombre d'opérations élémentaires en fonction de la spécification.....	44
Tableau III. 4: Tableau des opérations élémentaires du support palier. ....	45
Tableau III. 5: Groupement des surfaces. ....	45
Tableau III. 6 : Contraintes d'antériorité.....	46
Tableau III. 7 : Méthode matricielle d'établissement d'ordre d'usinage (Niveaux d'exécution). ....	47
Tableau III. 8 : Tableau des niveaux d'exécution. ....	47

# **INTRODUCTION GENERALE**

### **INTRODUCTION GENERALE**

La fabrication des pièces mécaniques est un processus essentiel dans l'industrie manufacturière. Les pièces mécaniques sont utilisées dans divers/différents domaines tels que l'automobile, l'aérospatiale, l'énergie, l'électronique et bien d'autres. La fabrication de ces pièces nécessite des compétences techniques, des machines spécialisées et une attention minutieuse aux détails.

L'objectif essentiel de la mise en place d'un processus de fabrication consiste à déterminer les étapes requises pour convertir une matière première en une pièce mécanique achevée, tout en respectant les spécifications techniques et les normes de qualité. Cela implique d'obtenir une pièce avec des dimensions précises, une surface finie de qualité, tout en réduisant à la fois le temps et les coûts impliqués dans le processus.

Cela implique l'identification des opérations d'usinage nécessaires, la détermination de l'ordre optimal des opérations, la sélection des outils et des machines appropriées, ainsi que la définition des paramètres de fabrication tels que les vitesses de coupe, les avances, etc.

Tout d'abord, il est nécessaire de comprendre en détail les caractéristiques de la pièce à fabriquer, y compris sa géométrie, ses tolérances dimensionnelles et ses spécifications techniques. Cela permet d'identifier les contraintes d'usinage et d'évaluer les différentes possibilités d'approche pour atteindre les objectifs de fabrication.

Notre mémoire s'articule sur quatre chapitres.

Dans le premier chapitre, nous représentons l'organisation d'une entreprise productive grâce à son organigramme. Nous mettons en évidence le rôle clé de la direction technique, du bureau d'étude et des bureaux des méthodes dans la gestion et l'optimisation des activités de production. Nous soulignons également l'importance de l'analyse du dessin de définition pour garantir la conformité des pièces aux spécifications techniques, en mettant l'accent sur les tolérances dimensionnelles et les spécifications géométriques.

## ***INTRODUCTION GENERALE***

---

Le deuxième chapitre se concentre sur l'isostatisme et les cotes de fabrication. Nous aborderons les concepts d'isostatisme et les degrés de liberté, en visant la mise en position des pièces. Nous étudierons les différentes méthodes de mise en position, notamment la mise en position par liaison ponctuelle linéaire et surfacique, pour les pièces prismatiques et révolutionnaires. De plus, nous discuterons des cotes de fabrication et de leur importance dans le processus de fabrication des pièces mécaniques.

Dans le troisième chapitre, nous examinerons les différentes étapes impliquées dans l'établissement d'un processus de fabrication des pièces mécaniques. Nous prendrons un exemple concret de pièce pour illustrer ces étapes. Parmi les sujets abordés, nous trouverons le tableau des opérations élémentaires, le groupement des surfaces, les contraintes d'usinage, la méthode matricielle d'établissement de l'ordre d'usinage (tableaux de niveaux), le regroupement des opérations d'usinage en phase et le processus de la gamme d'usinage.

Le dernier chapitre se concentrera sur la rédaction des feuilles d'analyse de fabrication et des contrats de phase. Nous étudierons en détail comment rédiger ces documents importants pour le processus de fabrication des pièces mécaniques. Nous aborderons les différentes informations et éléments à inclure dans les feuilles d'analyse de fabrication et les contrats de phase ainsi que la détermination du temps technologique, et nous soulignerons leur rôle dans la communication et la coordination entre les différents acteurs impliqués dans le processus de fabrication.

Ce mémoire se termine par une conclusion générale.

# **CHAPITRE I**

**L'ENTREPRISE PRODUCTIVE : CONSTITUANTS  
ET ROLES**

**I.1 Introduction**

Dans le domaine de la construction mécanique, différents éléments qui font partie de systèmes mécaniques divers, ainsi que des équipements et des consommables, sont fabriqués en utilisant une série d'opérations qui comprennent notamment :

- l'élaboration du matériau
- la mise en forme (transformation), permettant d'obtenir des pièces brutes
- l'usinage par enlèvement de matière (pour obtenir des pièces finies).

Les fonctions essentielles impliquées dans la fabrication réussie d'une pièce sont, dans l'ordre :

La conception-construction,

La préparation et l'étude de la fabrication,

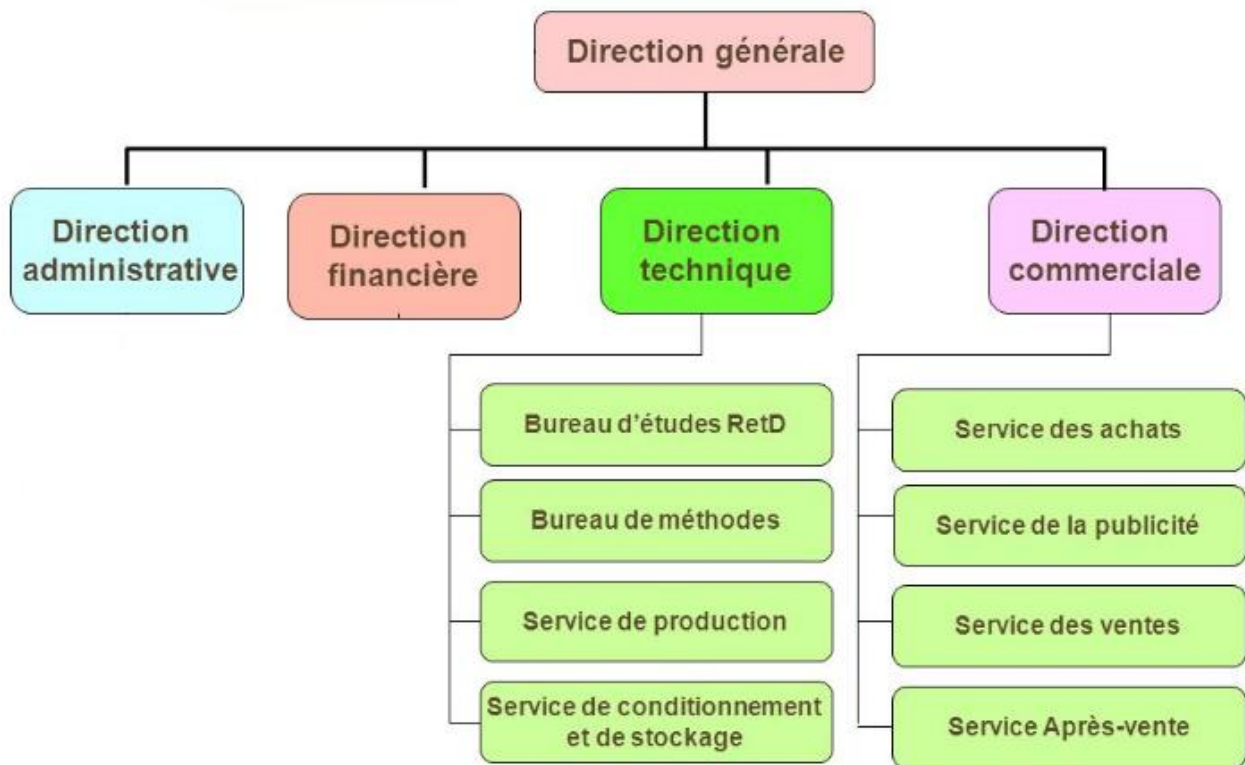
La fabrication effective des pièces mécaniques.

Le temps et les ressources alloués à chaque fonction dépendent de la complexité du produit, du nombre d'exemplaires à fabriquer (qu'il s'agisse de petites, moyennes ou grandes séries) et d'autres facteurs liés à sa production. Les services clés impliqués dans ces fonctions incluent :

- le bureau d'études (BE).
- le bureau de méthodes (BM).
- les ateliers de fabrication.

**I.2 Organigramme d'une entreprise de fabrication mécanique**

L'organigramme d'une entreprise de fabrication recueille la structure organisationnelle hiérarchique traditionnelle. Cette structure peut être définie comme l'ensemble des dispositifs par lesquels une entreprise répartit, organise, coordonne et contrôle ses activités. Elle se compose d'un Conseil d'administration, d'un directeur général, d'un directeur de l'exploitation, des départements principaux et ensuite des employés. Les fonctions clés d'une entreprise de fabrication comprennent la production, les achats, le marketing, le compte et le service clientèle. La figure I.1 indique l'organigramme d'une entreprise de fabrication.



**Figure I. 1:** Organigramme d'une entreprise de fabrication mécanique [1].

Ce qui nous intéresse dans notre étude est la direction technique. Elle est chargée d'assurer la production dans les meilleures conditions techniques et économiques (délais, qualités et prix de revient) [2]. Cette direction est composée principalement de :

### I.2.1 Bureau d'études (BE)

Un Bureau d'études forme une équipe des ingénieurs et des techniciens en construction mécanique au premier lieu. Ce bureau a pour mission d'intervenir dans le cadre du développement ou fabrication d'un produit. Par définition, on entend l'ensemble des plans nécessaires à la réalisation qui répond aux besoins du client. Celui-ci peut comporter différents types de spécifications : performances, robustesse, fiabilité, design. Donc, le rôle du bureau d'études est de récupérer le besoin et les attentes du client et de lui livrer à l'issue de la prestation l'ensemble du dossier de définition du système, modification du produit suivant la demande du client, du service de vente ou de la fabrication et mise au point et amélioration de celui -ci.

Un bureau d'études joue un rôle crucial dès les premiers stades d'un projet. La première étape consiste à définir précisément les besoins du client, ce qui nécessite l'établissement d'un cahier des charges servant de référence tout au long du processus. À l'aide d'outils tels que la CAO (Conception assistée par ordinateur), la phase de conception permet ensuite de donner vie virtuellement au produit.

Les étapes suivantes impliquent une progression graduelle de l'imagination vers la concrétisation. Le prototypage, en particulier, est une étape clé où des prototypes du produit souhaité sont réalisés pour valider les étapes de conception antérieures. Enfin, le bureau d'études accompagne la phase d'industrialisation en supervisant la fabrication du projet, en élaborant des plans techniques détaillés.

Ainsi, le bureau d'études se charge de l'établissement des plans techniques, qui comprennent les dessins de définition nécessaires pour concrétiser le produit en réponse aux spécifications du client en termes de performances, de robustesse, de fiabilité et de design. Ces plans techniques servent de guide essentiel tout au long du processus de développement et de fabrication du produit [3].

### **I.2.2 Bureau des méthodes (BDM)**

Le bureau des méthodes ou service des méthodes est, dans une entreprise, l'interface ou l'intermédiaire entre la ligne de production et le bureau d'étude. Il est chargé de concevoir et d'apporter les outils utiles à la production afin de perfectionner la productivité globale de l'entreprise, de perfectionner les conditions de travail et d'apporter les outils d'analyse indispensables aux études de coûts standard, c'est-à-dire :

Vérifier, avec le bureau d'étude, la faisabilité et la fabricabilité d'un produit, de mettre en œuvre les moyens de production nécessaires (machines, opérateurs, matériels et équipements, ...), définir les temps nécessaires à la production, définir les coûts de production, optimiser les temps/coûts de production.

Ce service est en relation directe avec : le bureau d'étude, la production, les achats et les commerciaux.

.Un dessin de définition doit comporter :

– Le dessin de produit fini.

- Les cotes fonctionnelles (cotation fonctionnelle).
- Les tolérances géométriques.
- Les conditions d'état de surface (la rugosité).
- La matière et les traitements thermiques éventuels.

### **I.2.2.1 Différents niveaux dans la structure d'une entreprise**

#### **➤ Niveau 1**

Le directeur général se situe tout en haut de la hiérarchie.

#### **➤ Niveau 2**

Des personnes qui sont responsables chacune d'un domaine propre. Elles portent en général le titre de directeur du service commercial, directeur du service technique, etc.

Ces personnes sont les cadres de l'entreprise. Ils doivent être très compétents.

#### **➤ Niveau 3**

Au niveau 3, on retrouve à la tête de chaque atelier, de chaque service, une personne qui en est directement responsable. Elle porte souvent le titre de chef d'atelier, chef de service, etc. Ce sont des personnes très qualifiées.

#### **➤ Niveau 4**

Des personnes qui travaillent à la fabrication (dans les ateliers) ou qui réalisent des tâches administratives (dans les services). Certaines sont très qualifiées, possèdent des diplômes, d'autres n'ont aucune qualification précise ; elles sont formées durant le travail.

### **I.2.2.2 Analyse du dessin de définition**

L'analyse consiste à étudier dans l'ordre :

- Le nombre de pièces à réaliser,
- La matière,
- Les formes globales de la pièce,
- Tracer les surfaces usinées.
- Analyser les spécifications suivant les trois axes : Valeurs des IT, spécifications géométriques, surfaces fonctionnelles.

- Choisir la prise de pièce pour chaque phase.

Cette analyse contribue à la diminution des coûts de production.

Donc, les principaux facteurs qui interviennent dans l'étude de fabrication sont : la qualité, l'importance de la série de pièces, le délai et le prix [5].

### **I.3 Types de tolérances dans la fabrication mécanique**

#### **I.3.1 Tolérances dimensionnelles (spécifications dimensionnelles)**

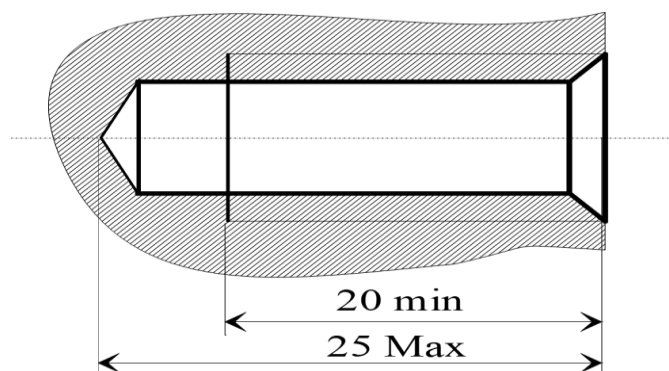
Une dimension est la valeur de la mesure effectuée dans une direction donnée, entre deux points appartenant à la même pièce.

Les spécifications dimensionnelles portées sur un dessin de définition de produit sont appelées cotes.

Cette cotation contribue à la diminution des coûts de production en donnant les plus larges tolérances possibles à l'exécution.

#### **I.3.2 Cotes fonctionnelles**

Connaissance de la valeur minimale ou maximale de la cote fonctionnelle

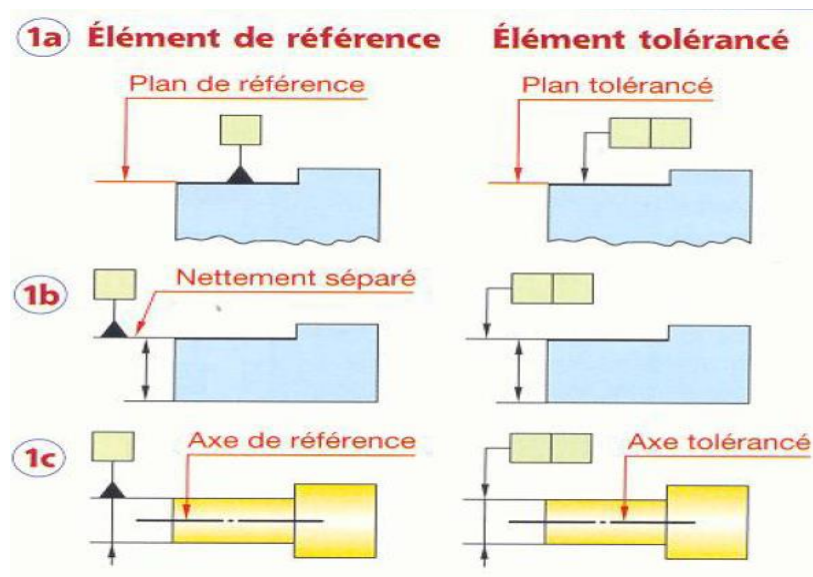


**Figure I. 2:** Cotation de la profondeur d'un trou taraudé.

### I.3.3 Tolérances géométriques (spécifications géométriques)

Les tolérances géométriques limitent les écarts admissibles de forme ; d'orientation ; de position ou de battement d'un élément (point, ligne, surface) en définissant une zone de tolérance à l'intérieur de laquelle l'élément doit être compris.

L'élément de référence est précisé par un triangle noirci ou non. L'élément tolérancé est indiqué par une flèche (Figure I.3).



**Figure I. 3:** Cas de tolérancement.

### La différence entre tolérances dimensionnelles et tolérances géométriques

#### ➤ les tolérances dimensionnelles :

Elles sont utilisées pour spécifier les variations admissibles des dimensions linéaires d'une pièce, telles que la longueur, la largeur, la hauteur, le diamètre, etc.

#### ➤ les tolérances géométriques :

Elles permettent de contrôler des aspects tels que la perpendicularité, la circularité, la concentricité, l'angularité, etc.

Il existe trois types de spécifications géométriques :

I.3.3.1 Tolérance de formes



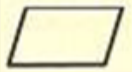
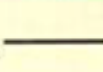


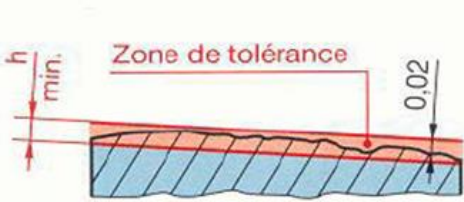
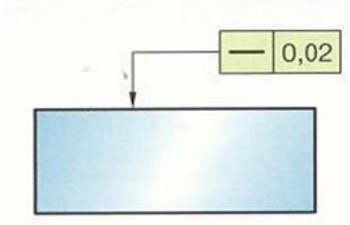
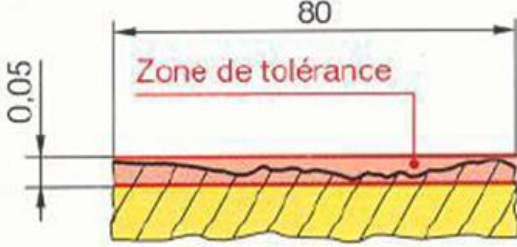
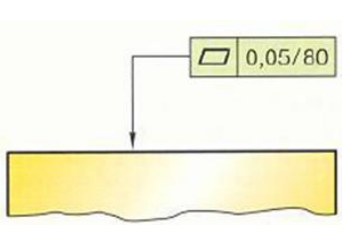
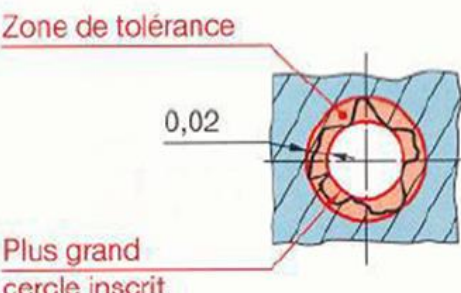
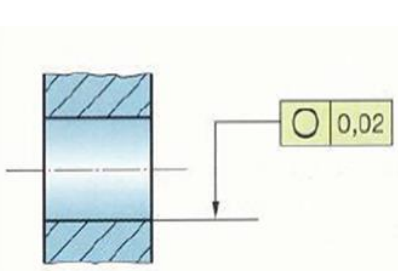
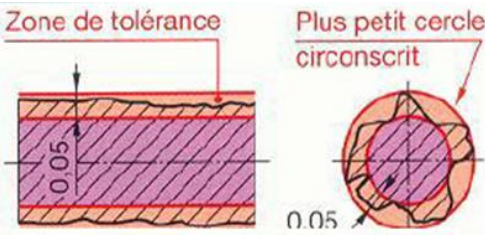
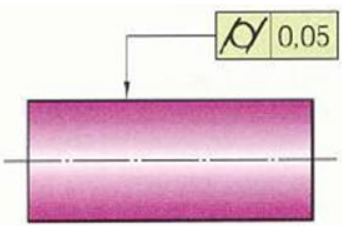
SYMBOLE						
SIGNIFICATION	Profil d'une surface	Profil d'une ligne	Planéité	Rectitude	Cylindricité	circulaire
Tolérance large	-	-	0.1 mm/m	0.1 mm/m	0.04 mm/m	
Tolérance réduite						
Valeurs données a titre de première estimation pour les applications usuelles.						
Exemple	Illustration de la tolérance		Application			
<b>Rectitude</b>						
Une ligne quelconque du plan suivante la direction donnée, doit être comprise entre deux droites parallèles distantes de 0.02. Pour une ligne convexe, les droite sont orientées pour que la valeur h soit minimale.						
<b>Planéité</b>						
Une partie quelconque de la surface, sur une longueur de 80, doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0.05 Orientation des plans : voir rectitude						
<b>Circularité</b>						
Le profil de chaque section droite doit être compris entre deux cercles coplanaires concentriques dont les rayons diffèrent de 0.02 Le cercle intérieur est le plus grand cercle inscrit.						
<b>Cylindricité</b>						
La surface doit être comprise entre deux cylindres coaxiaux dont les rayons diffèrent de 0.05. Le cylindre extérieur est le plus petit cylindre circonscrit.						

Tableau I. 1 : Tolérances de forme

I.3.3.2 Tolérances d'orientation

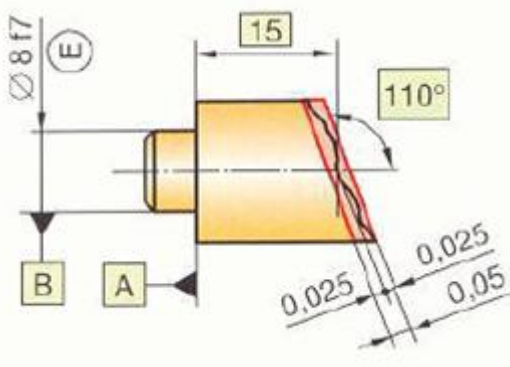
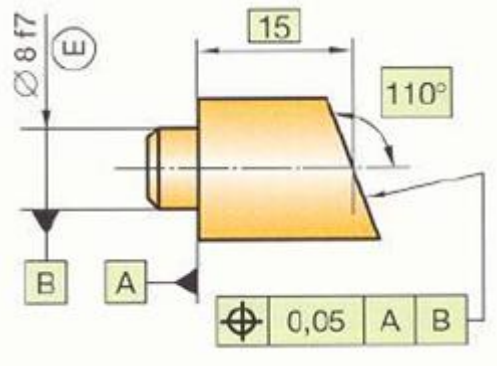
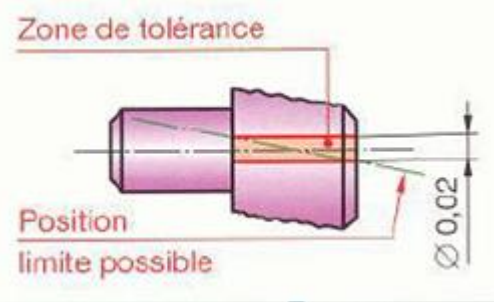
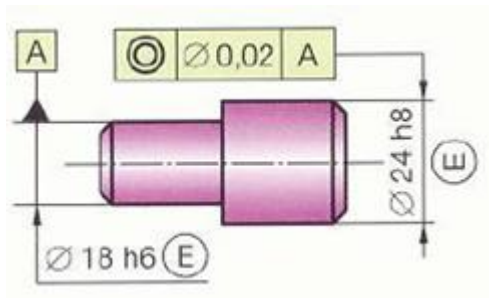
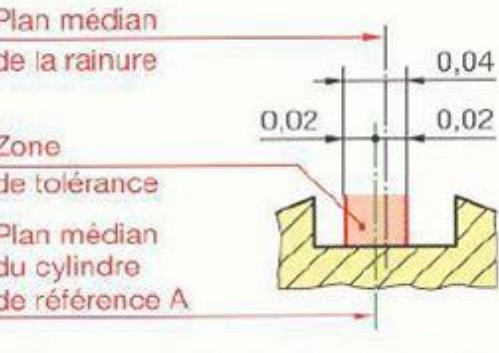
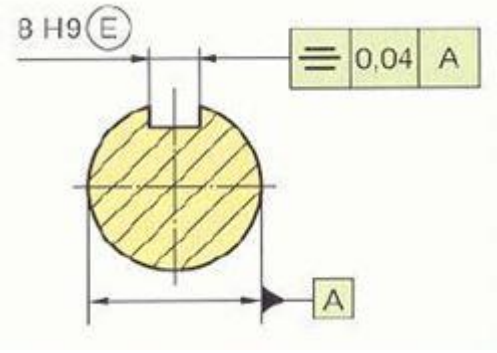
<p>- Une tolérance d'orientation d'un élément est donnée obligatoirement par rapport à un autre élément pris comme référence.</p> <p>- Pour l'inclinaison, il est nécessaire d'indiquer, en plus, l'angle par rapport à l'élément de référence.</p>	<b>Elements associés à une référence</b>					
	<b>SYMBOLE</b>	//	⊥	∠	⤴	⤵
	<b>SIGNIFICATION</b>	<b>Parallélisme</b>	<b>Perpendicularité</b>	<b>Inclinaison</b>	<b>Profil d'une surface</b>	<b>Profil d'une ligne</b>
	Tolérance large	IT 9	0.4 mm/m	0.4 mm/m	-	-
	Tolérance réduite	IT 5	0.1 mm/m	0.1 mm/m	-	-
Valeurs données à titre de première estimation pour les applications usuelles.						
<b>Exemple</b>	<b>Illustration de tolérance</b>	<b>Application</b>				
<p><b>Parallélisme</b></p> <p>La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0.05 et parallèles au plan de référence A.</p>						
<p><b>Perpendiculaire</b></p> <p>La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0.05 perpendiculaires au plan de référence A.</p>						
<p><b>Inclinaison</b></p> <p>La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0.08 et inclinés de 45° par rapport à l'axe du cylindre référence A.</p>						

<p><b>Profil d'une surface par rapport à une référence</b></p>		
<p>La surface tolérancée doit être comprise entre deux sphères équidistantes qui enveloppent l'ensemble des sphères de <math>\varnothing 0,1</math> centrées sur une sphère ayant une forme et une position théoriquement exactes (surface nominale)</p>		

Tableau I. 2 : Tolérances d'orientation.

I.3.3.3 Tolérance de position

<p>- La localisation théorique de l'élément est définie, par rapport au système de référence, au moyen de cotes encadrées. - La zone de tolérance est répartie également de part et d'autre de cette position théorique exacte.</p>	<p align="center"><b>Elements associés a une reference</b></p>					
	<p>SYMBOLE</p>					
	<p>SIGNIFICATION</p>	<p>Localisation</p>	<p>Coaxialité* Concentricité**</p>	<p>Symétrie</p>	<p>Profil d'une surface</p>	<p>Profil d'une ligne</p>
	<p>Tolérance large</p>	<p>IT 11</p>	<p>0.02</p>	<p>IT 11</p>	<p align="center">Voir exemple</p>	
<p>Tolérance réduite</p>	<p>0.02</p>	<p>0.005</p>	<p>0.02</p>			
<p align="center">Valeurs données à titre de première estimation pour les applications usuelles.</p>						
<p><b>Exemple</b></p>	<p align="center">Illustration de tolérance</p>			<p align="center">Application</p>		
<p><b>Localisation I</b> L'axe d'un trou doit être compris dans une zone cylindrique de <math>\varnothing 0.1</math> dont l'axe est dans la position théorique exacte. A : référence primaire (appui</p>						

<p>plan)                  B : référence secondaire (orientation)                  C : référence tertiaire (butée)</p>		
<p><b>Localisation 2</b>                  La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0.05 et dispose symétriquement par rapport a la position théorique exacte.                  A : référence primaire (plan).                  B : référence secondaire (axe d'un cylindre court)</p>		
<p><b>Coaxialité</b>                  L'axe du cylindre 24 h8 doit être compris dans une zone cylindrique de <math>\varnothing 0.02</math> coaxiale a l'axe du cylindre de référence <math>\varnothing 18 h6</math>.</p>		
<p><b>Symétrie 1</b>                  Le plan médian de la rainure de la rainure doit être compris entre deux plans parallèles distants de 0,04 et disposés symétriquement par rapport au plan médian du cylindre es donnée par le plan médian de la rainure.</p>		

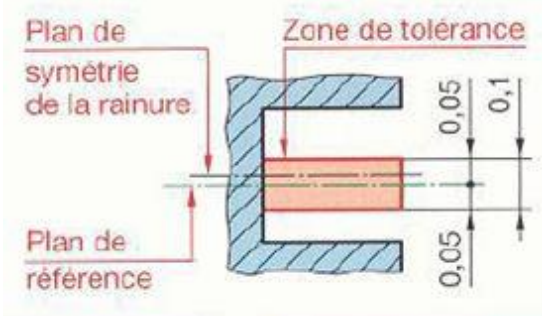
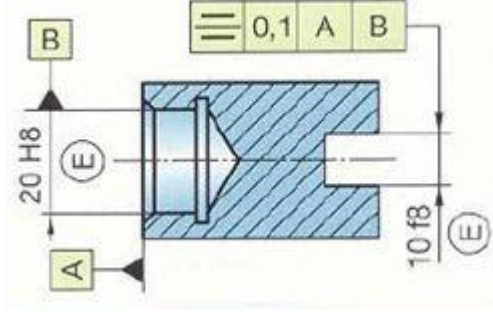
<p><b>Symétrie 2</b> le plan médian de la rainure doit être compris entre deux plans parallèles distants de 0,1 et disposés symétriquement par rapport à un plan de référence perpendiculaire au plan A et passant par l'axe du cylindre court B.</p>	 <p>Plan de symétrie de la rainure Zone de tolérance Plan de référence</p> <p>0,05 0,1 0,05</p>	 <p>0,1 A B 20 H8 10 f8 E</p>
---	--	--

Tableau I. 3 : Tolérances de position.

Réalisation d'un dessin de définition d'un coulisseau (3) du support de Comparateur.

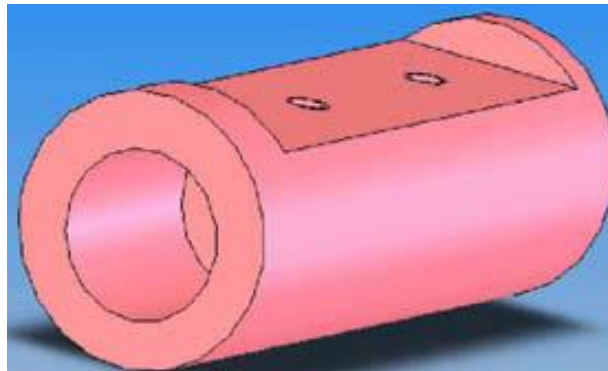


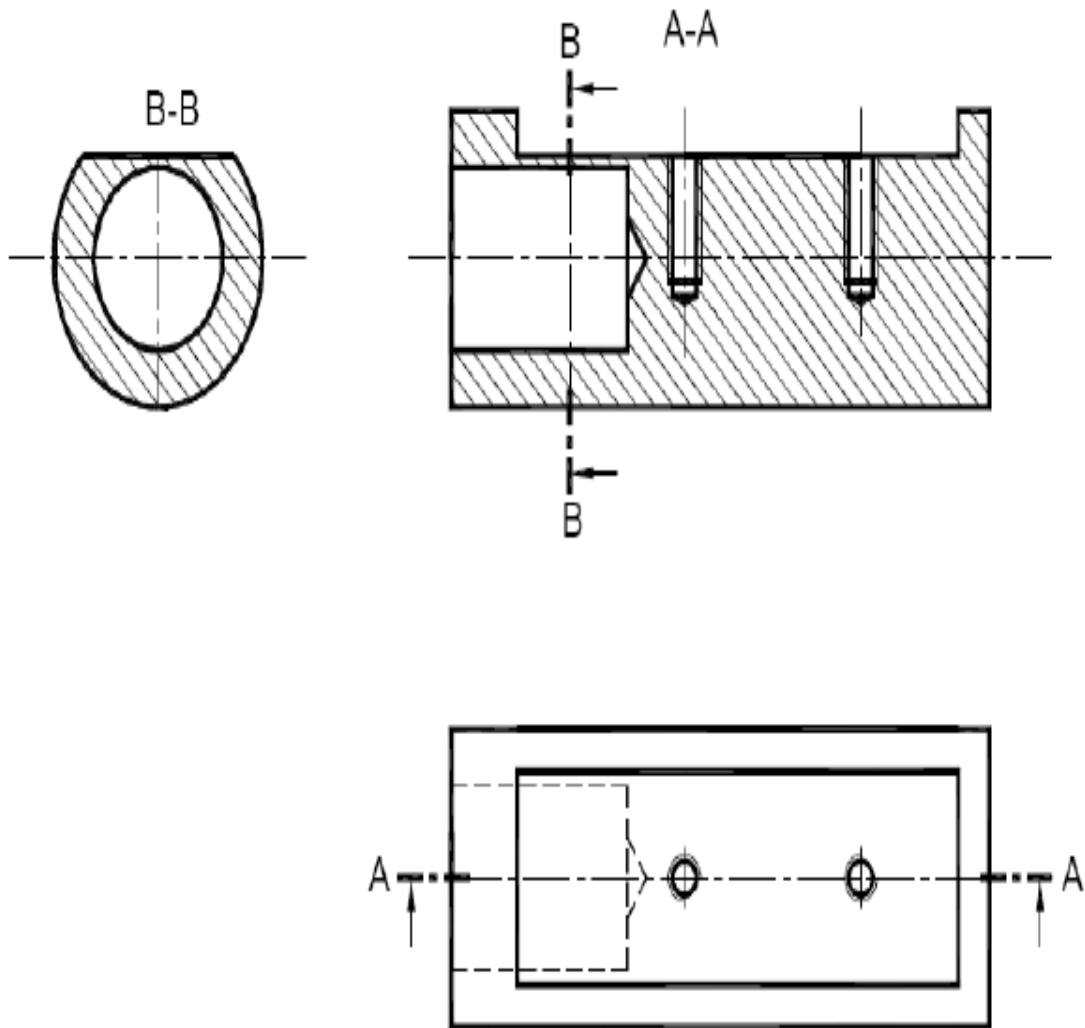
Figure I. 4 : Coulisseau (3) du support de comparateur [6].

**I.3.4 Choix des vues**

Les vues doivent définir complètement le produit (Figure I. 5).

Vue de face : Coupe (A-A)

Vue de dessus : Section sortie (B-B)



**Figure I. 6:** Les vues doivent définir complètement le produit [6]

I.3.5 Cotation fonctionnelle

Chaînes de cotes relatives aux conditions : Ja , Jb et Jc

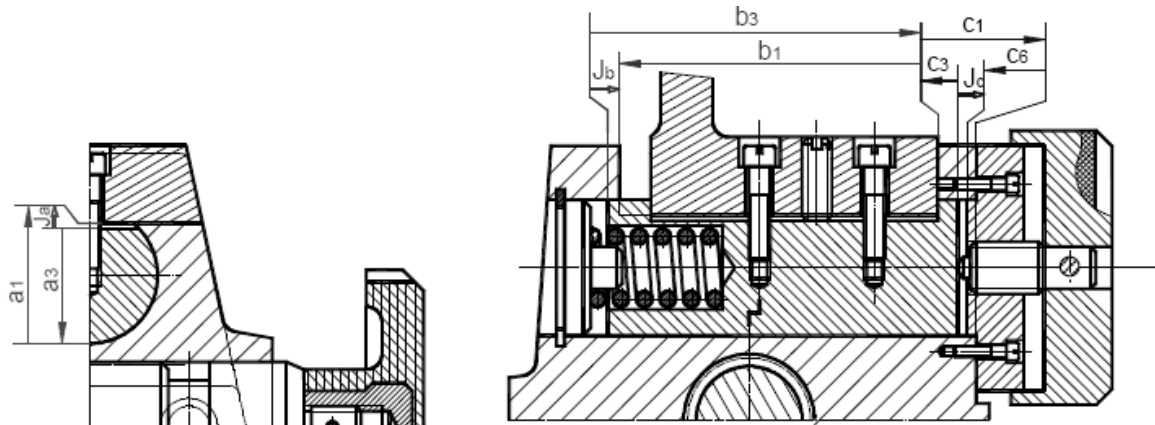


Figure I. 7: Chaînes de cotes relatives

I.3.6 Cotes fonctionnelles

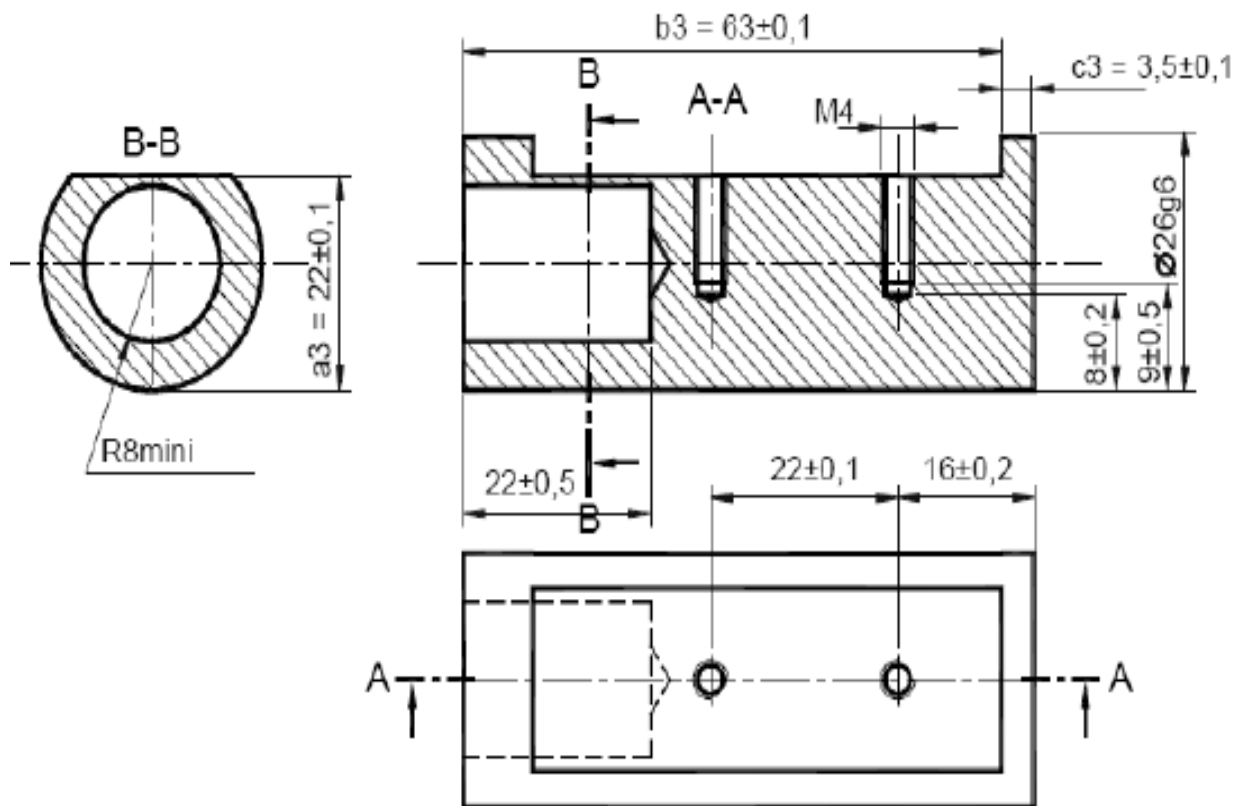


Figure I. 8 : Cotes fonctionnelles.

I.3.7 Tolérances géométriques et l'état de surface (rugosité)

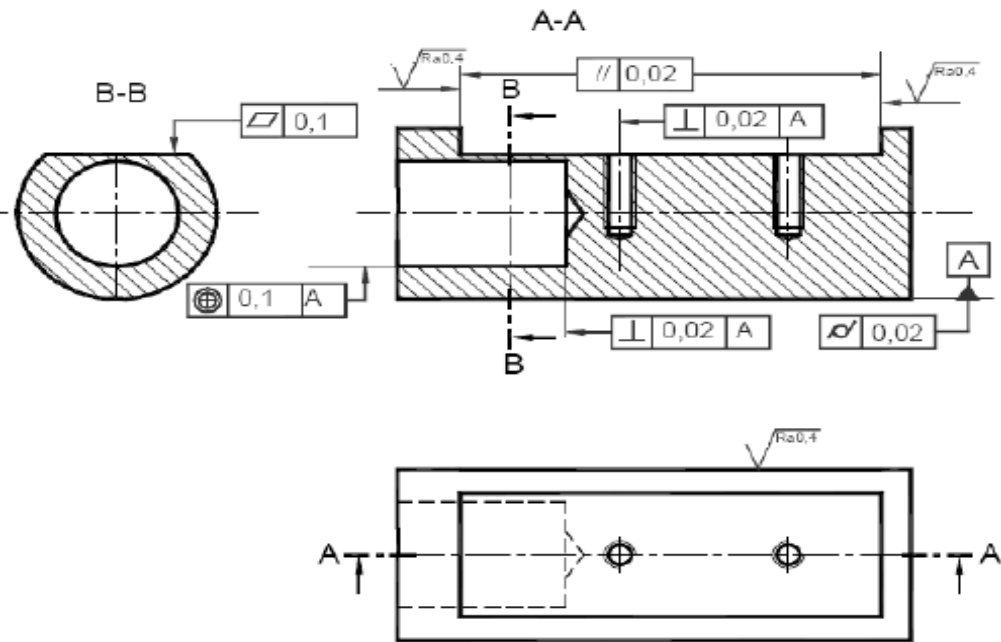


Figure I. 9 : Tolérances géométriques et l'état de surface [6].

I.3.8 Dessin de définition de la pièce

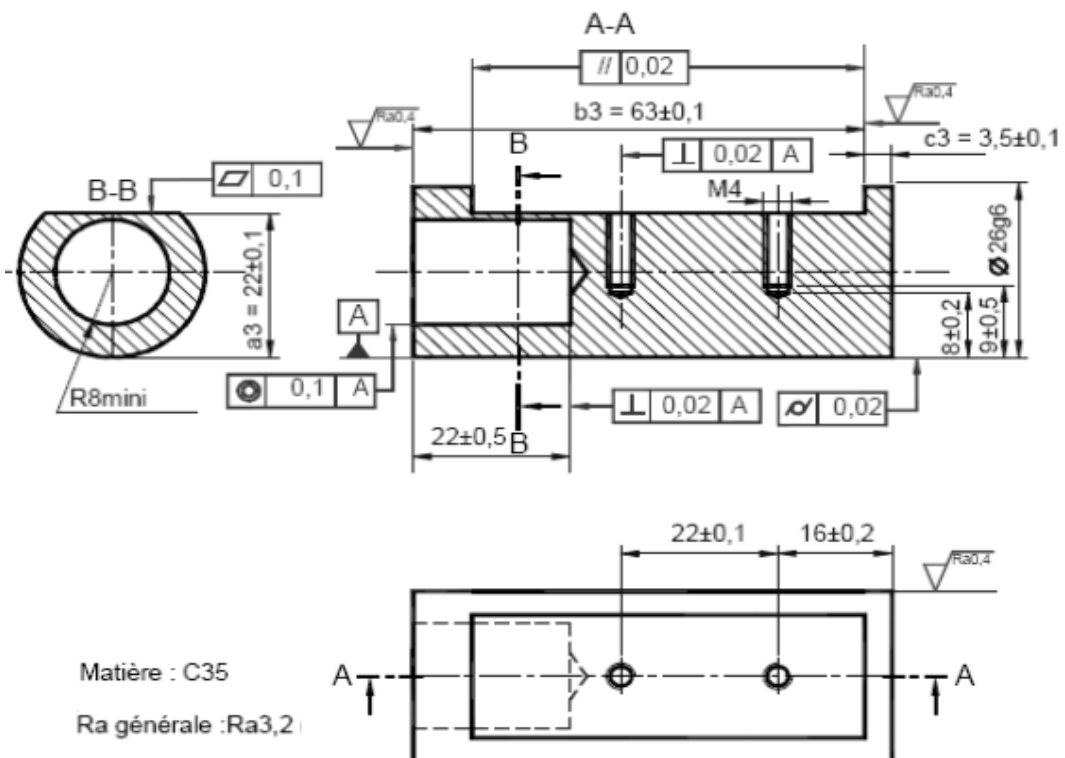
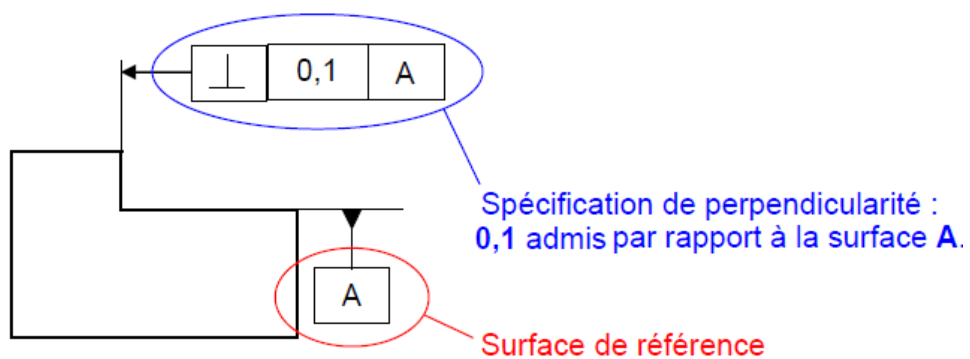


Figure I. 10 : Dessin de définition de la pièce.

### I.3.9 Analyse d'une tolérance géométrique

Les tolérances géométriques limitent les écarts admissibles de forme ; d'orientation ; de position ou de battement d'un élément (point, ligne, surface) en définissant une zone de tolérance à l'intérieur de laquelle l'élément doit être compris.

Une spécification géométrique caractérise la tolérance géométrique d'une surface (tolérance de forme), ou entre deux surfaces (tolérance de position, d'orientation).



**Figure I. 11 :** Analyse d'une tolérance géométrique

# CHAPITRE II

**ISOSTATISME ET COTES DE FABRICATION**

## **II.1 Isostatisme**

### **II.1.1 Introduction**

La réalisation de pièces unitaires ou en série et le respect des cotes et des conditions d'utilisation nécessitent un montage d'usinage précis et stable qui peut rendre la pièce à être en état de fabrication et couvrir et assurer les nécessités du dessin de définition de la pièce à usiner.

On parle d'une pièce mise en position ISO(Statique) STATISME (Position) lorsque tous les degrés de liberté sont supprimés.

En fabrication, l'isostatisme, c'est l'étude de la suppression des degrés de liberté d'un solide. Il est en effet préférable que la pièce soit bien mise en place pendant les opérations d'usinage.

Afin d'assurer strictement l'équilibre des pièces sur les machines, il est nécessaire d'appliquer l'isostatisme matérialisé sur les équipements avec des supports placés de manière à respecter le dimensionnement.

L'agent des méthodes fait appel à l'isostatisme pour assurer cette mise en position rigoureuse des pièces lors de l'usinage [7].

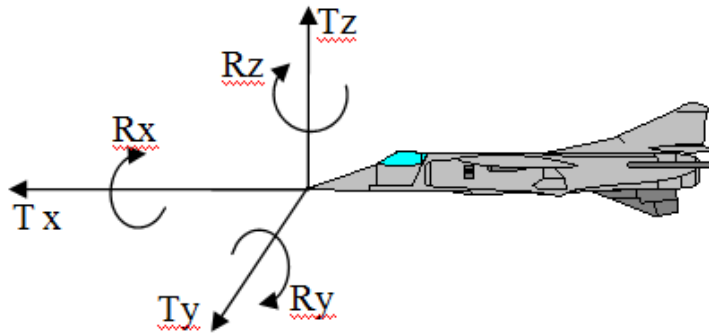
### **II.1.2 Degrés de liberté**

Pour un objet libre dans l'espace, il existe six (6) degrés de liberté, comme illustré dans la figure II.1 :

3 translations le long des axes x, y et z.

3 rotations autour des axes x, y et z.

Ou sous la forme linéaire : (Tx, Ty, Tz; Rx, Ry, Rz)



**Figure II. 1** : degrés de liberté d'un objet libre dans l'espace [8].

### II.1.3 Principe fondamental

Une mise en position est isostatique :

- Si le nombre des normales de repérage est égal au nombre des degrés à supprimer ;
- Si chacune des normales contribue à éliminer un degré de liberté ;
- Si chaque normale est matérialisée par un appui ponctuel ;
- On obtient un repérage isostatique complet si les 6 degrés de liberté du solide sont supprimés par 6 normales.

Une normale ne doit pas supprimer un degré de liberté déjà interdit par une autre normale.

Dans tous les autres cas, la mise en position n'est pas isostatique mais hypostatique si le repérage est incomplet ou hyperstatique si le repérage est surabondant [9].

#### Remarque

Il ne faut pas confondre la mise en position (qui correspond à l'isostatisme) et le maintien de la pièce par un serrage.

Pour supprimer les degrés de liberté, il suffit d'utiliser une ou plusieurs liaisons qui s'opposent aux mouvements.

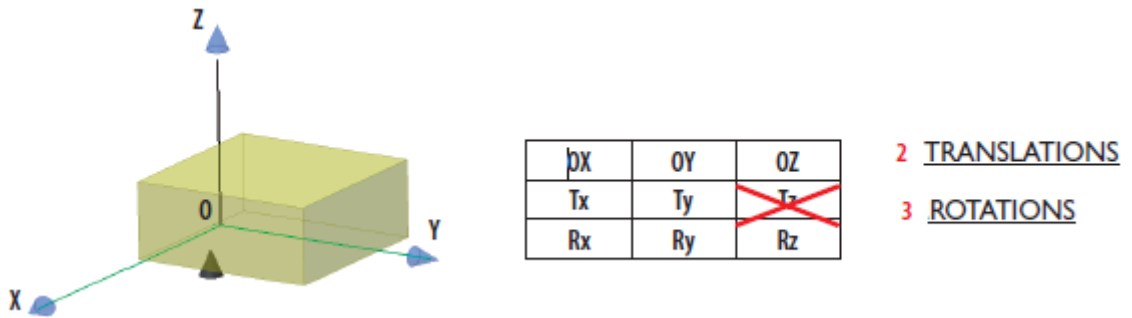
### II.1.4 Prise de la pièce

Les liaisons et les appuis permettant de supprimer un ou plusieurs degrés de liberté.

Il y a liaison dès qu'un des six mouvements n'est plus possible dans un sens ou dans l'autre.

**II.1.4.1 Liaison ponctuelle**

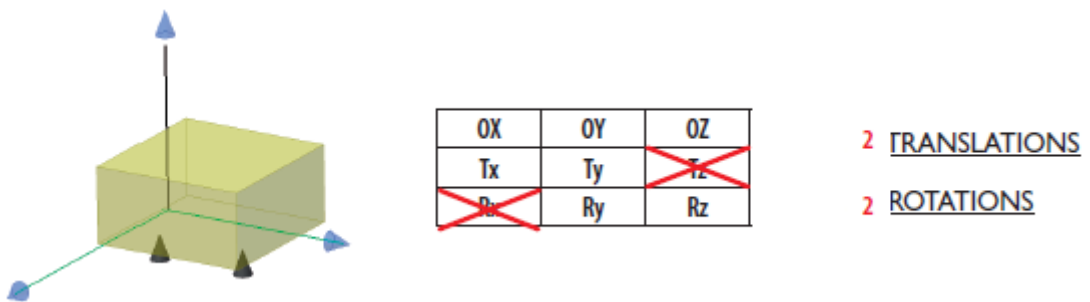
S'appelle aussi contact ponctuel, supprime 1 degré de liberté (1 Translation ou 1 Rotation).



**Figure II. 2:** Liaison ponctuelle.

**II.1.4.2 Liaison linéaire**

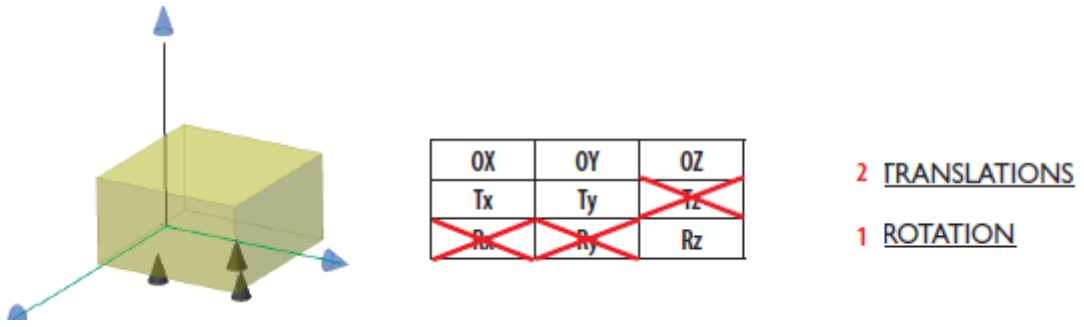
S'appelle aussi contact linéaire ou rectiligne, supprime 2 degrés de liberté (1 Translation et 1 Rotation)



**Figure II. 3:** Liaison linéaire

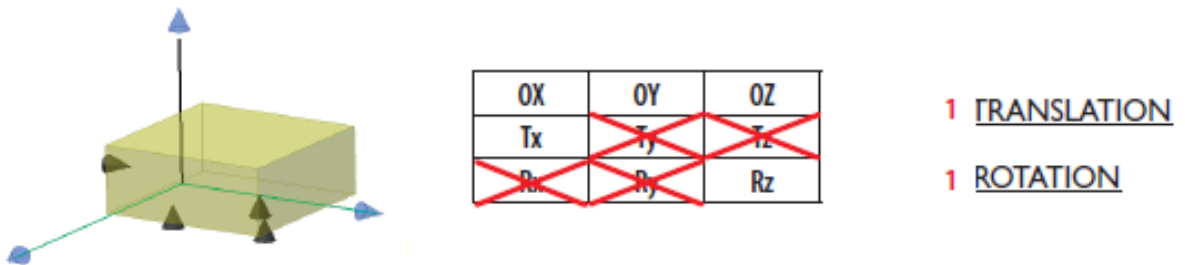
**II.1.4.3 Liaison plane**

S'appelle aussi contact plan, supprime 3 degrés de liberté (1 Translation et 2 Rotation)

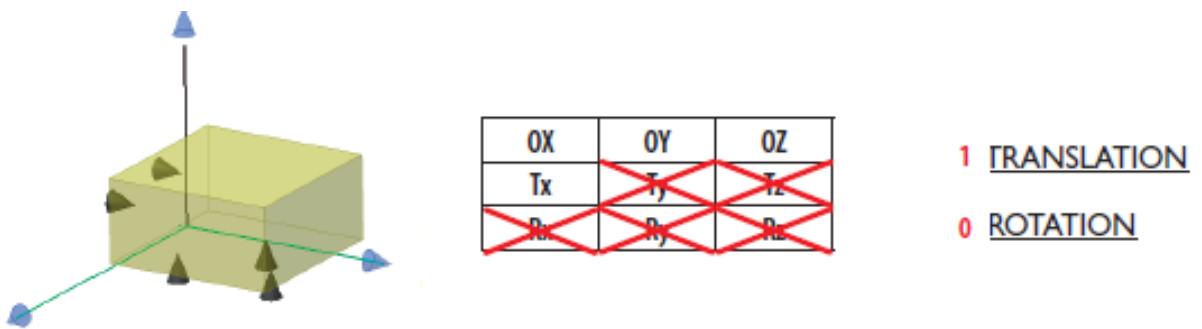


**Figure II. 4 :** Liaison plane.

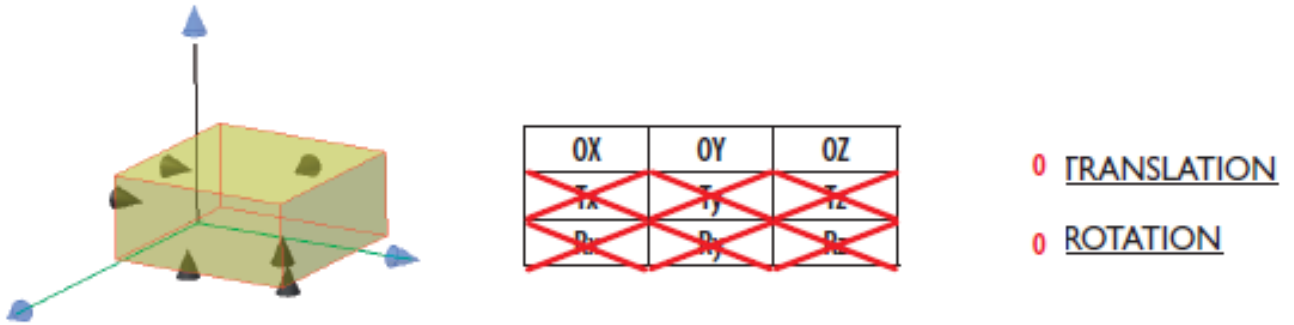
Une liaison plane et un appui ponctuel suppriment 4 degrés de liberté (2 Translations et 2 Rotations)



Une liaison plane et une liaison linéaire suppriment 5 degrés de liberté (2 Translations et 3 Rotations)



Il y a 6 appuis (ou liaisons) donc 6 degrés de libertés éliminés, la pièce est mise en position isostatique

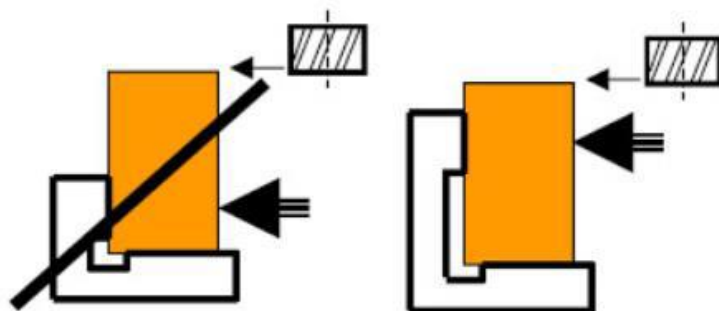


Pour immobiliser correctement un solide, il faut éliminer ses 6 degrés de libertés par 6 appuis (ou liaisons).

### II.1.5 Règles pour choisir la mise en position

La mise en position doit faciliter la réalisation des côtes du dessin de définition. Elle doit donc :

- S'appuyer au maximum sur des surfaces usinées.
- Faire coïncider la mise en position de la pièce avec la cotation du dessin de définition : cela évite les transferts de cote.
- Choisir des surfaces suffisamment grandes pour pouvoir positionner correctement la pièce
- Limiter les déformations et vibrations de la pièce : être proche de la zone usinée [10].



**Figure II. 5:** Prise de pièce (mise en position) pour limiter les vibrations

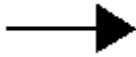

**II.1.6 Symbolisations technologiques et géométriques**

➤ **1ère partie de la norme (NF E 04-013)**

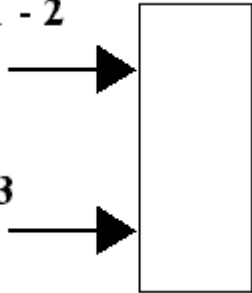
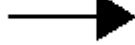
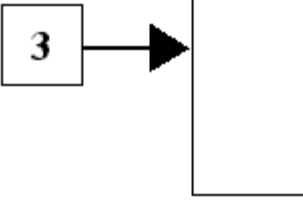
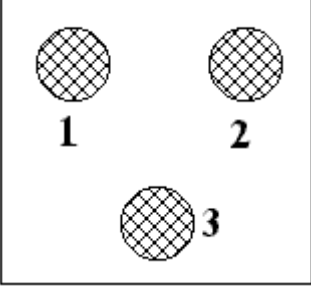
Elle concerne les symboles de base utilisés dans la définition d'une mise en position géométrique d'une pièce. Elle ne permet pas de connaître les technologies utilisées pour la mise en position.

Elle s'applique lors de la réalisation d'APEF.

**Symboles de base :**

Symboles de base	
	

**Tableau II. 1:** Symboles de base.

Exemples équivalents		
Symbolisations frontales équivalentes		Symbolisation projetée
Représentation normale	Représentation simplifiée	
<p><b>1 - 2</b></p>  <p><b>3</b></p> 		

**Tableau II. 2:** Exemples équivalents.

➤ **2ème partie de la norme (NF E 04-013)**

Elle concerne les symboles utilisés sur les contrats de phase pour représenter les éléments d'appui et de maintien des pièces au cours de l'usinage.

Chaque symbole se construit à l'aide de quatre éléments.

II.1.6.1 Composition des symboles :

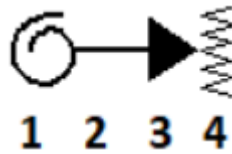


Figure II. 6: Composition des symboles

- 1 - Type de technologie.
- 2 - Nature de la surface de la pièce.
- 3 - Fonction de l'élément technologique.
- 4 - Nature du contact avec la pièce.

II.1.6.2 Type de technologie

Le tableau II.3 représente les Symbolisations technologiques et géométriques utilisés en isostatisme.

Type de technologie		
Appui fixe		
Centrage fixe		
Système à serrage		
Système à serrage concentrique		
Système à réglage irréversible		
Système de soutien irréversible		
Centrage réversible		

Tableau II. 3: Type de technologie

II.1.6.3 Nature de la surface de la pièce

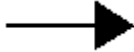
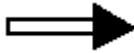
Nature de la surface de la pièce	
Surface usinée (1 trait)	
Surface brute (2 traits)	

Tableau II. 4: Nature de la surface de la pièce

II.1.6.4 Fonction de l'élément technologique

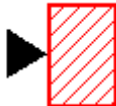



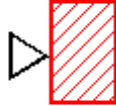

Fonction de l'élément technologique			
Fonction		Symbolisation frontale	Symbolisation projetée
MIP	Mise en position rigoureuse	Appui 	
	Centrage	Centreur complet 	
		Centreur dégagé 	
MAP	Immobilisation de la pièce	Serrage 	

Tableau II. 5: Fonction de l'élément technologique.

II.1.6.5 Nature du contact avec la pièce

Nature du contact avec la pièce				
<b>Contact ponctuel</b>	<b>Touche plate</b>	<b>Contact strié</b>	<b>Pointe fixe</b>	<b>Pointe tournante</b>
<b>Touche dégagée</b>	<b>Cuvette</b>	<b>Vé</b>	<b>Palonnier</b>	<b>Orienteur</b>

Tableau II. 6: Nature du contact avec la pièce

II.1.6.6 Les liaisons isostatiques élémentaires

II.1.6.6.1 La mise en position par liaison ponctuelle (LP)

La liaison ponctuelle est une liaison permettant d'enlever à un solide un degré de liberté (1 translation) [11].

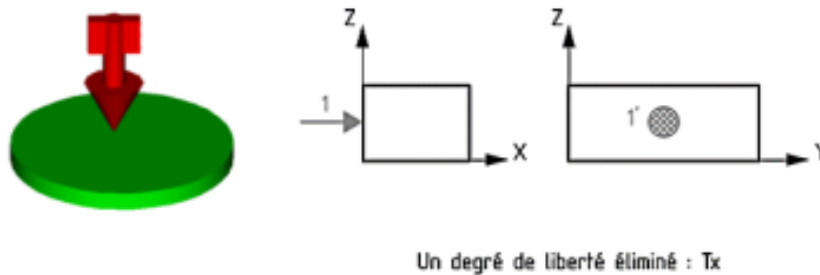


Figure II. 7: Liaison ponctuelle.

II.1.6.6.2 La mise en position par liaison linéaire rectiligne (LR)

Ce type de liaison permet de supprimer à un solide deux degrés de liberté : une translation et une rotation.

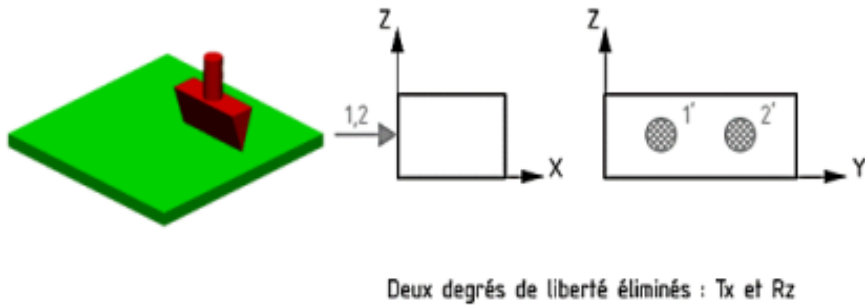


Figure II. 8: Liaison linéaire rectiligne.

**II.1.6.6.3 La mise en position par liaison linéaire annulaire (LA)**

La liaison linéaire annulaire est une liaison utilisée pour bloquer sur un solide 2 degrés de liberté de type translation.

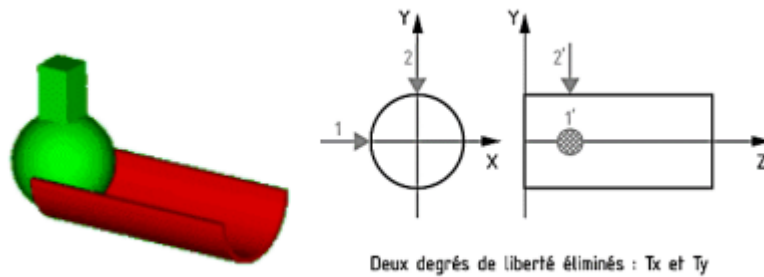


Figure II. 9: La liaison linéaire annulaire.

**II.1.6.6.4 La mise en position par liaison appui plan (AP)**

La liaison appui plan permet de supprimer sur une surface une translation et deux rotations

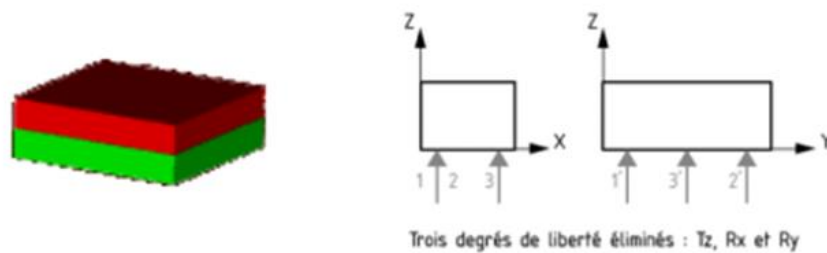


Figure II. 10: La liaison appui plan.

**II.1.6.6.5 La mise en position par liaison rotule**

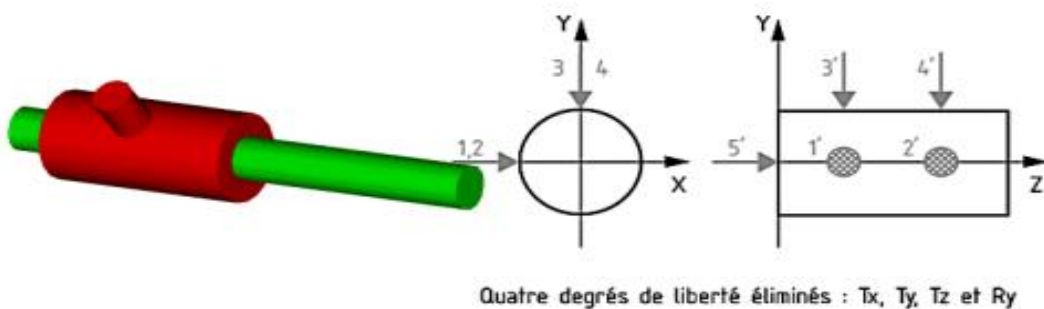
La liaison rotule est utilisée pour bloquer sur une sphère 3 translations.



**Figure II. 11:** La liaison rotule

**II.1.6.6.6 La mise en position par liaison pivot glissant (verrou)**

Le pivot glissant est une liaison constituée de 2 liaisons linéaires annulaires ou de 2 liaisons linéaires rectilignes. Leur utilisation simultanée permet de supprimer 2 translations et 2 rotations.



**Figure II. 12 :** Liaison pivot glissant.

**II.1.6.6.7 La mise en position par liaison pivot**

Cette liaison est composée d'une liaison pivot glissant et d'une liaison ponctuelle. Elle permet de bloquer 5 degrés de liberté sur une pièce : 3 translations e 2 rotations.

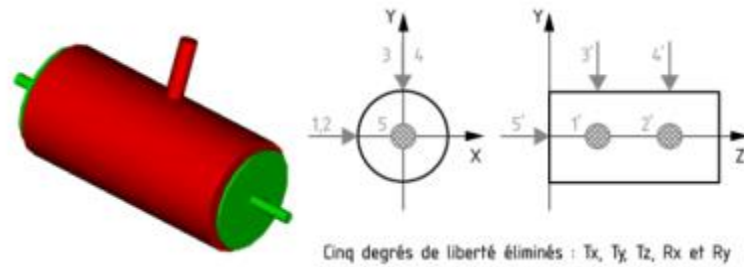


Figure II. 13: Liaison pivot.

## II.1.7 Choix des surfaces de mise en position

### II.1.7.1 Principe fondamental

Une mise en position est isostatique si :

Le nombre de degrés de liaisons (normales) est égal au nombre de degrés de libertés supprimés,

Chacune des normales contribue à éliminer un degré de liberté.

### II.1.7.2 Règles de choix

Cette problématique sera traitée principalement en fonction de la cotation.

La cote fabriquée CF1 relie la surface usinée à la surface de mise en position

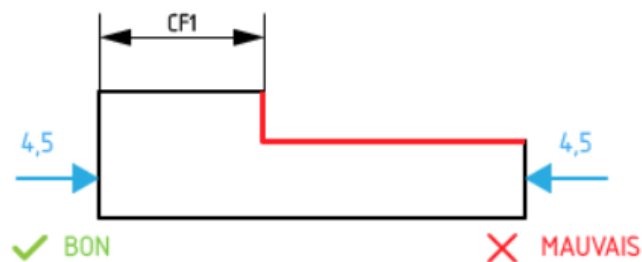


Figure II. 14 : La cote fabriquée Cf1 relie la surface usinée et celle de mise en position

Les normales de repérages doivent être les plus espacées possibles afin d'assurer une meilleure stabilité de la pièce durant l'usinage. La MIP (Mécanique Industrielle de Précision) doit assurer une bonne stabilité à la pièce.



Figure II. 15: la mise en position doit assurer une bonne stabilité à la pièce

L'emplacement d'une normale de repérage est déterminé afin que le degré de liberté qu'elle supprime ne soit pas déjà interdit par une autre normale. Supprimer une seule fois le même degré de liberté.

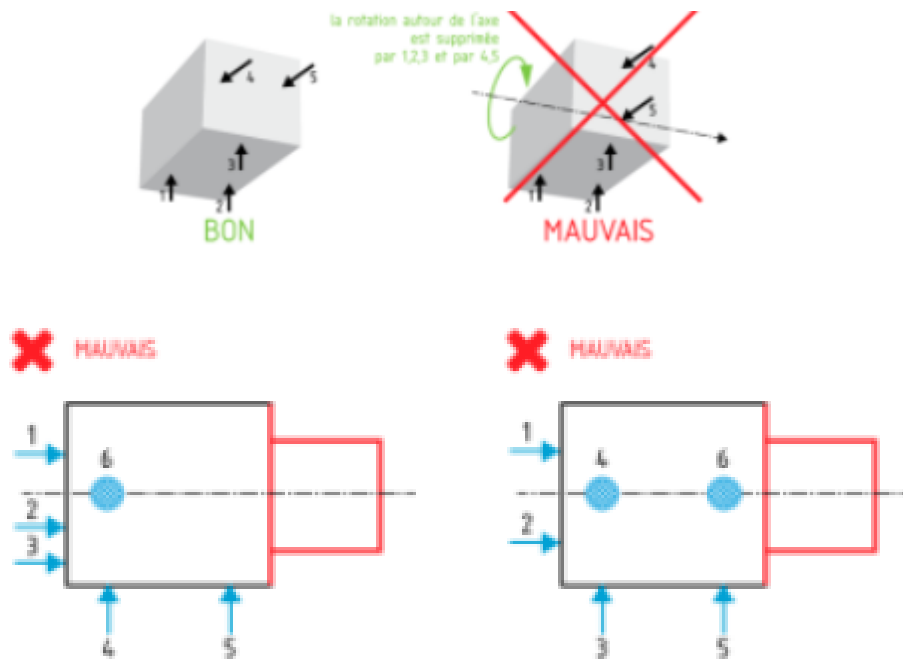
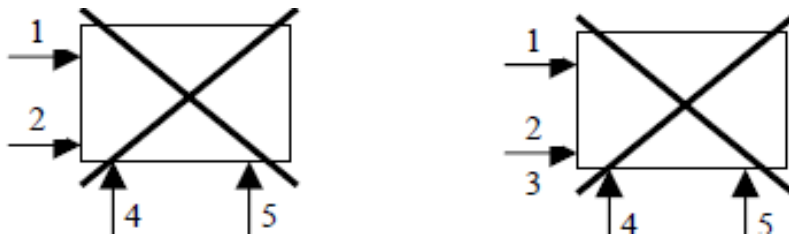


Figure II. 16 : Supprimer une seule fois le même degré de liberté

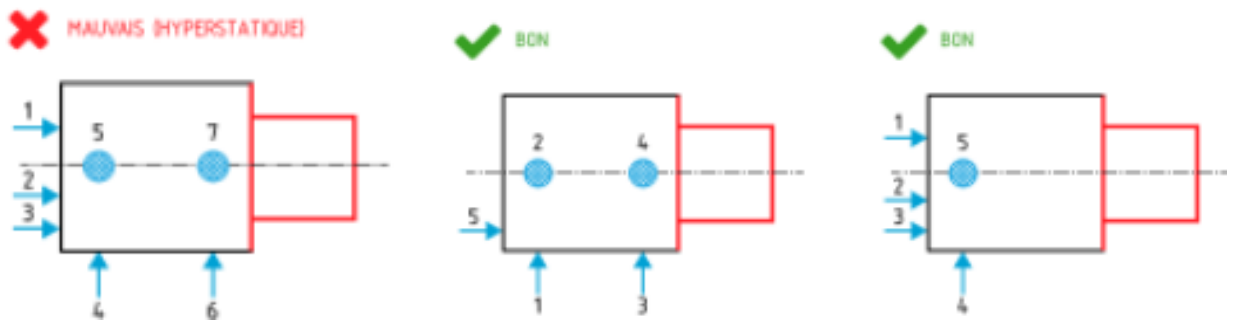
Ne jamais placer plus de trois normales parallèles ; dans ce cas, les points de contact ne doivent pas être en ligne droite.



Figure II. 17 : l'emplacement des normales dans le même plan



Ne jamais placer plus de six normales pour obtenir une mise en position isostatique, on aura une mise en position hyperstatique.



## **II.2 Cotes de fabrication**

### **II.2.1 Introduction**

Le processus d'usinage est établi par une sélection raisonnable ou par toutes les dimensions effectivement réalisées et calcul des tolérances dimensionnelles et géométriques partiellement et entièrement mentionné sous le terme devis de fabrication (CF).

Cela n'apparaît que sur les documents expliquant le processus d'usinage (étape ou schéma de fonctionnement) et ne constitue qu'une étape de l'évolution.

La source de la pièce d'origine et la pièce usinée de la destination finale (selon le schéma de définition).

### **II.2.2 Définition**

Les cotes de fabrication d'une pièce sont liées au processus d'usinage qui sera utilisé.

Elles peuvent être différentes en fonction des paramètres suivants :

- Isostatisme
- Machines utilisées
- Outils de coupe
- Réglage machine

Donc les cotes fabriquées sont réalisées pendant un usinage sans démontage de la pièce.

Elles relient :

- soit une surface de mise en position avec une surface usinée.
- soit deux surfaces usinées dans la même phase.

3 catégories de cotes de fabrication :

Les cotes machines (Cm).

Les cotes outils (Co).

Les cotes appareillage (Ca).

II.1.1 Types des Cotes de fabrication

II.1.1.1 Cm: Cote machine

Cote mesurable entre une surface usinée et la surface de la référence de cet usinage. Cette cote fabriquée doit correspondre à une cote du dessin de fabrication (cote comprise entre une surface de référence et une surface usinée) [12].

Exemple 1 :

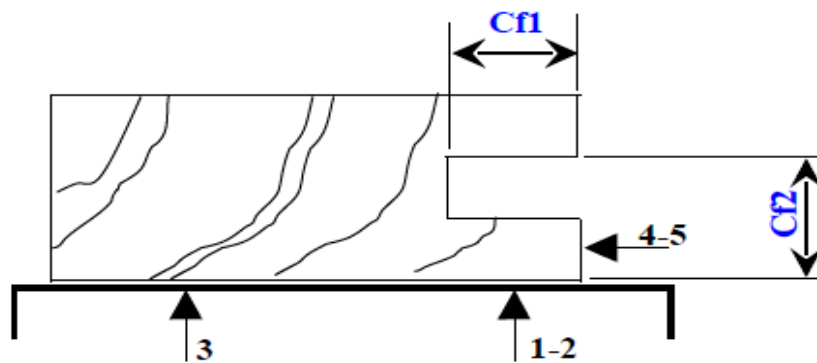


Figure II. 18 : Profilage d'une rainure. (Toupe) (Cm: Cote machine)

Cf1= cote fabriquée 1= cote machine 1

Cf2= cote fabriquée 2= cote machine 2

Exemple 2 : les cotes C1, C2, C3 et C4 sont des cotes machines.

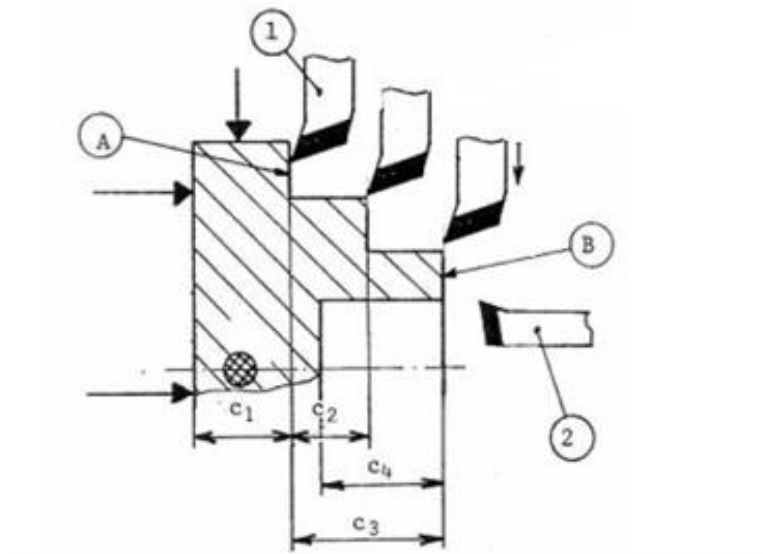


Figure II. 19: Pièce usinée en tournage.

II.1.1.2 Cote outil "Co"

La cote outil correspond à la distance entre deux surfaces générées par les arrêtes tranchantes d'un outil ou deux outils associés [13].

Exemple 1 :

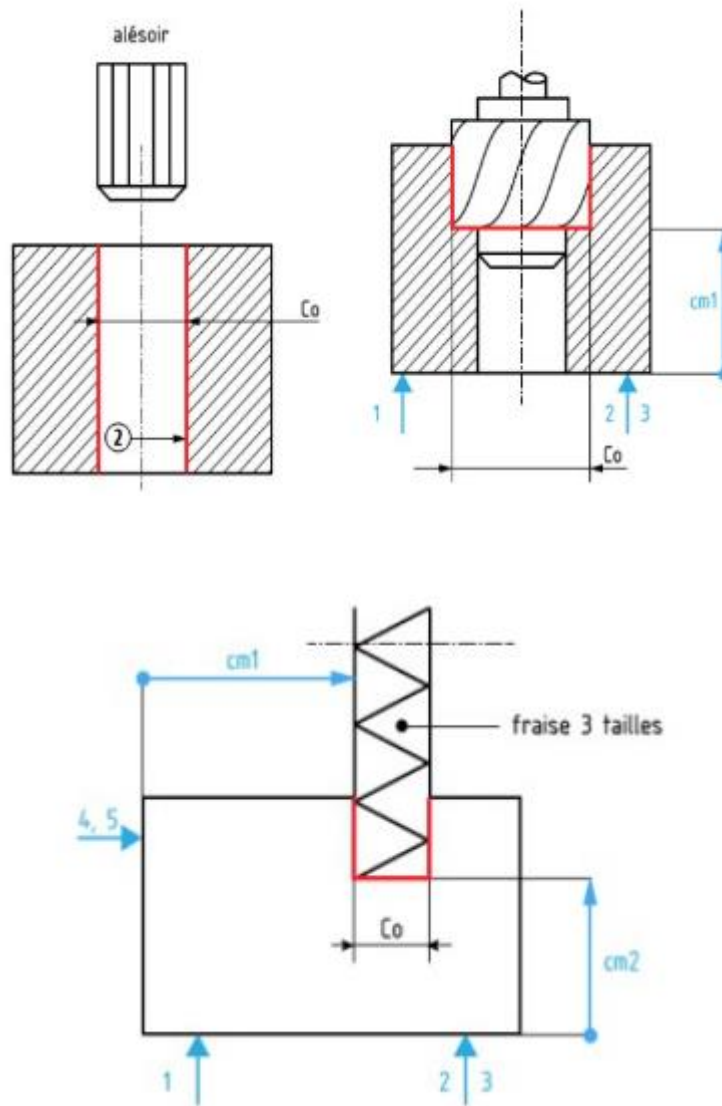


Figure II. 20 : Cote outil obtenue par un seul outil.

Exemple 2

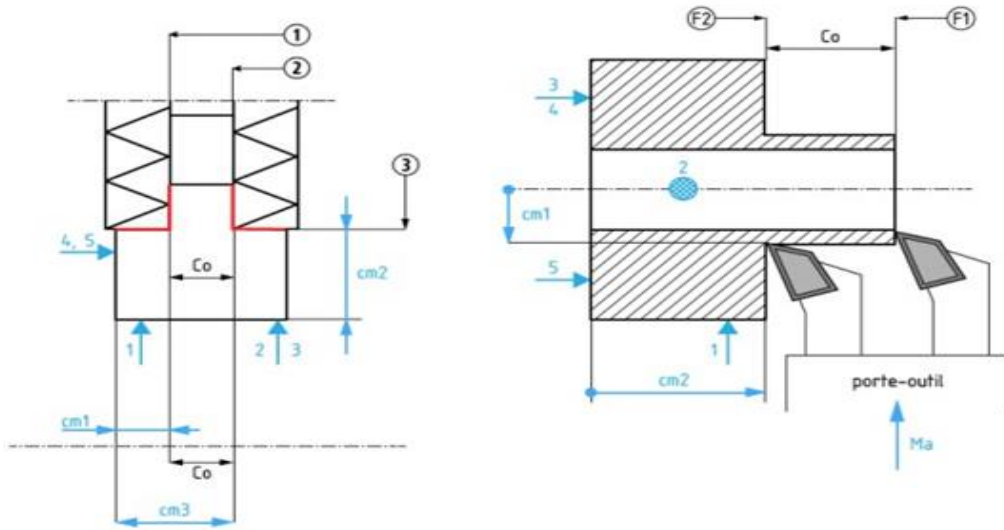


Figure II. 21: Cote obtenue par association de plusieurs outils.

II.1.1.3 Cote appareillage "Ca"

Cote de fabrication obtenue sur la pièce grâce à un appareillage auxiliaire de la machine tel que règle avec butée, dispositif de copiage ou de guidage, montage d'usinage, gabarit de perçage.

Exemple 1

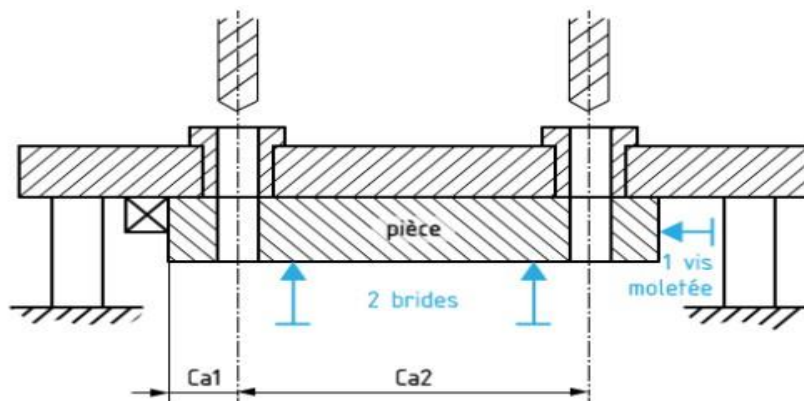


Figure II. 22 : Utilisation des canons de perçage pour obtenir des cotes appareillage

Exemple 2

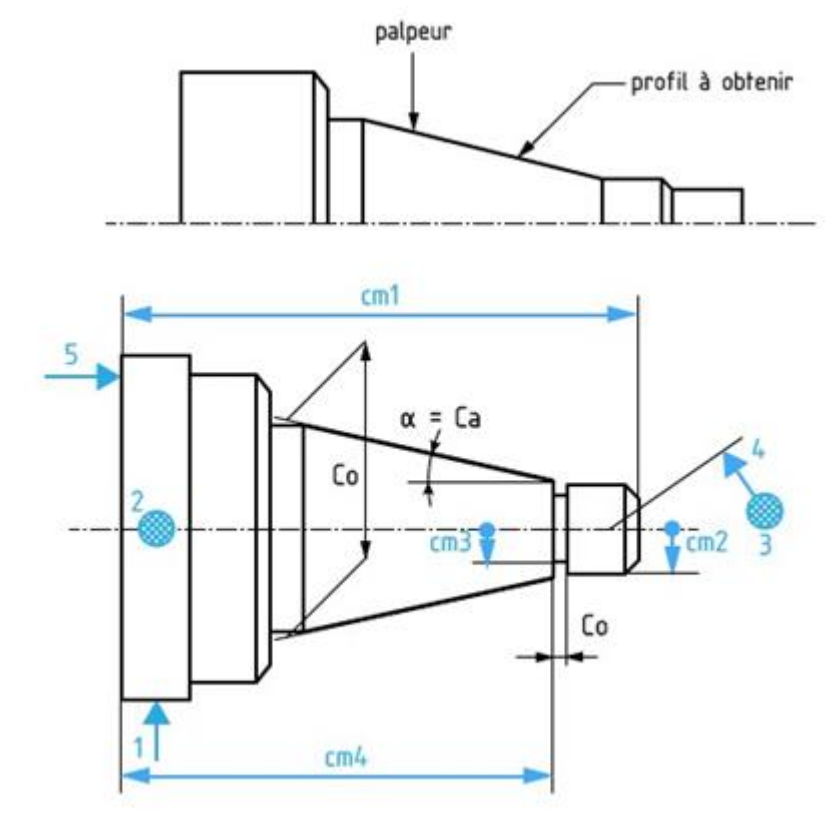


Figure II. 23 : Exemples des cotes- appareillages

# **Chapitre III**

**ETABLISSEMENT D'UN PROCESSUS DE FABRICATION  
MECANIQUE**

### **III.1 Introduction**

Dans un premier temps, l'objectif à atteindre est la rédaction de la gamme d'usinage d'un projet. Ensuite, l'élaboration complète de la gamme est réalisée, incluant une étude détaillée des phases, la description des outillages, la détermination des temps technologique.

Pour élaborer un projet de gamme, il est nécessaire de procéder à une analyse et à une compréhension de toutes les exigences du dessin de définition. Cela implique de traduire ces exigences en langage technique de réalisation, en comparant les possibilités des moyens existants, et de mettre au point un ordre d'intervention des moyens retenus.

L'ordonnancement des interventions est déterminé par un certain nombre de contraintes d'antériorité, qui définissent l'ordre de réalisation des surfaces. Pour mener à bien cette analyse puis cette synthèse avec ordre et logique, une méthodologie spécifique est développée dans ce chapitre.

### **III.2 Méthodologie**

Pour élaborer un processus d'usinage pour une pièce donnée, il est essentiel d'organiser une suite logique et chronologique de toutes les opérations et groupements d'opérations nécessaires et suffisants à sa réalisation, en prenant en compte les éléments suivants :

- d'un contrat dimensionnel (dessin de définition),
- des limites techniques et technologiques des moyens pouvant être mis en œuvre,
- des contraintes d'antériorité mécaniques, physiques ou technologiques,
- du programme de production,
- du budget prévisionnel,
- des moyens humains disponibles.

La méthodologie utilisée conduit à :

- recenser et repérer les surfaces usinées de la pièce,
- établir un graphe ordonné défini par les liaisons dimensionnelles, entre les surfaces,
- analyser et coder les opérations successives à réaliser sur les surfaces élémentaires,
- associer ou grouper les opérations élémentaires,

- définir un processus d'usinage et rédiger un projet de gamme.

### III.2.1 Exemple

Soit le dessin de définition d'une pièce : chape-support (figure III.1)

➤ **Hypothèses relatives à :**

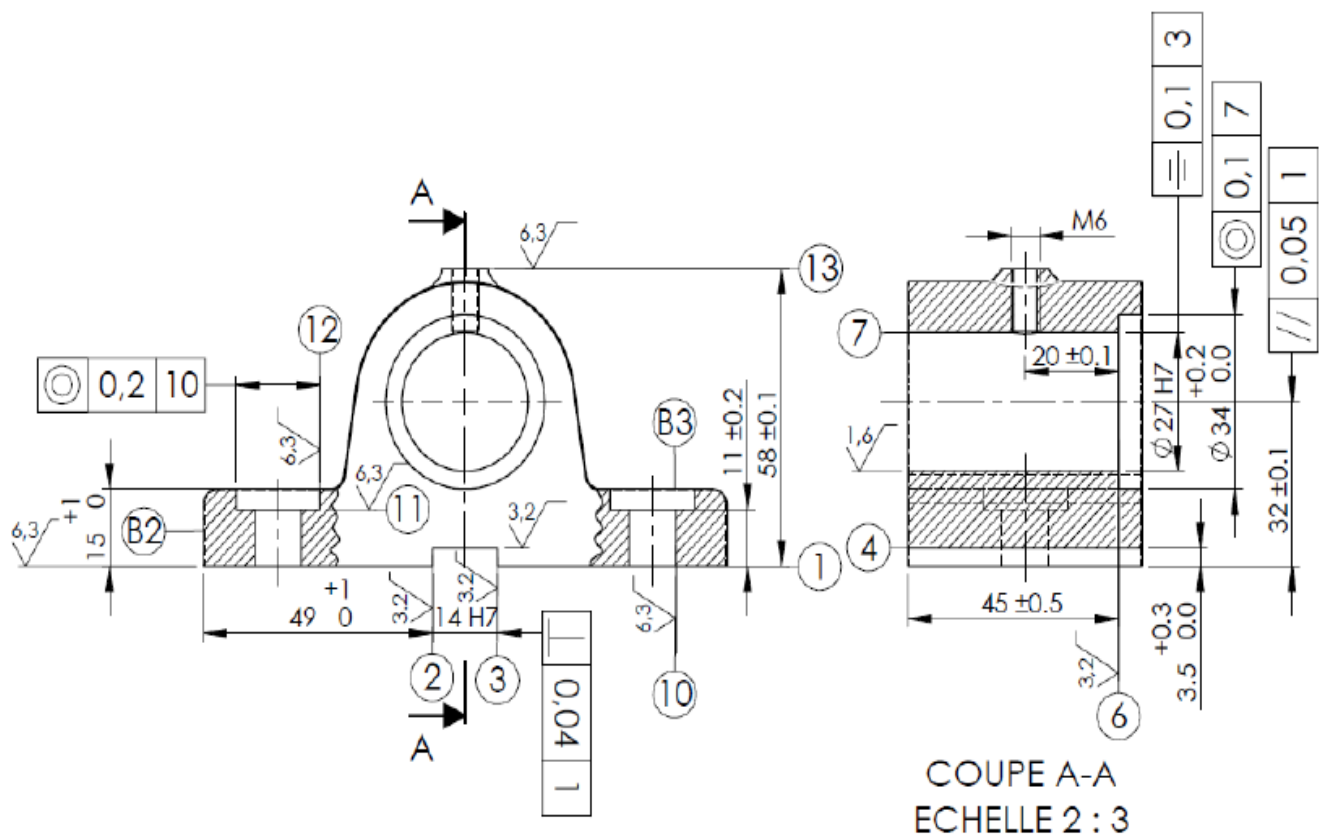
➤ La pièce : obtenue par moulage au sable en fonte Ft18. Surépaisseurs d'usinage : 3 mm.

Le diamètre 8 vient à 15 mm et la rainure vient à 14 mm de fonderie.

➤ **A la fabrication :** besoins mensuels de 400 pièces pendant cinq ans. L'usinage est considéré sériel.

➤ **A l'équipement des ateliers :** les ateliers sont équipés de M.O pour la fabrication des pièces par moyenne série.

On veut rédiger le processus de fabrication de la pièce.



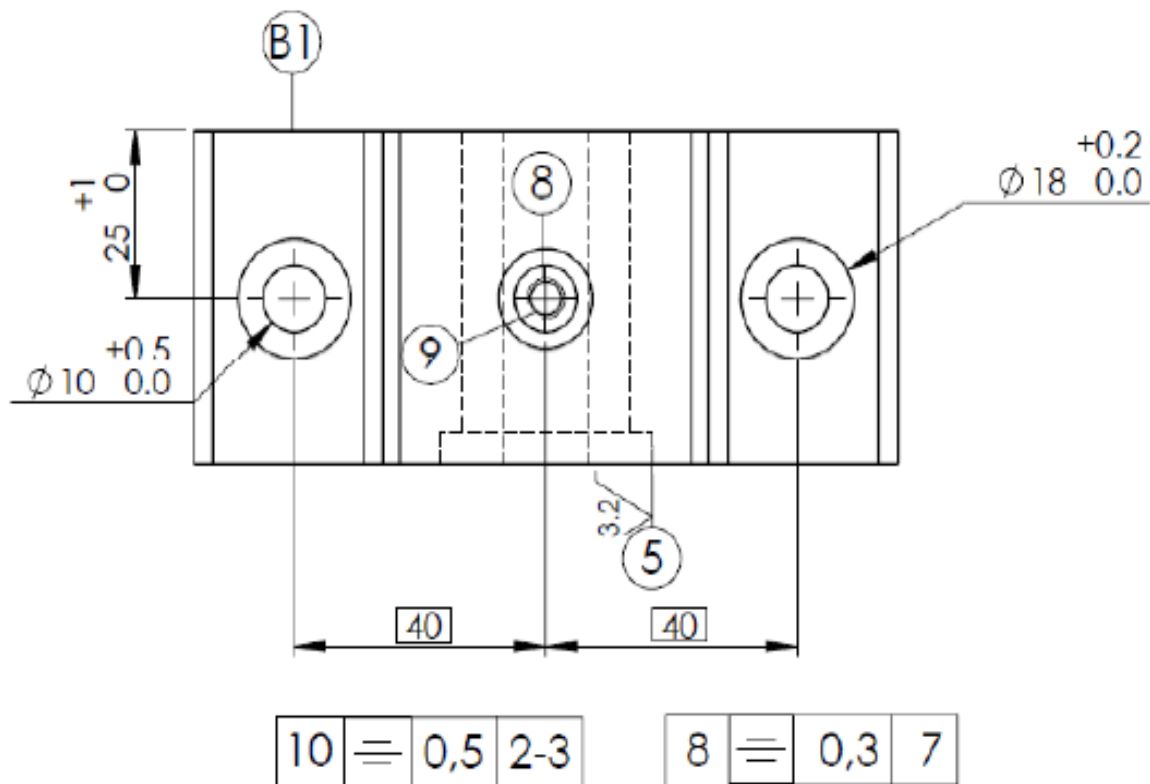


Figure III. 1: dessin de définition d'une pièce : chape-support

### III.2.1.1 Détermination du nombre des opérations d'usinage

Avant d'aborder les étapes de la détermination du processus d'usinage de la pièce, il faut savoir quelques notions sur la qualité et l'état de la surface usinée.

Selon l'écart arithmétique moyen  $R_a$  de l'état de la surface usinée, le nombre minimal d'opérations élémentaires est défini comme suit :

$R_a \geq 6.3$  : Finition directe,

$R_a < 6.3$  : Deux cas possibles :

Qualité 8 et 9 : Ebauche (E) puis finition (F).

Qualité 6 et 7 : Ebauche (E), demi-finition (F/2) puis finition (F) (Tableau III.1).

Opérations	Spécification								
	Intervalle de tolérance			Qualité			Rugosité		
	$IT \geq 0.5$	$0.05 < IT < 0.5$	$IT \leq 0.05$	11 – 13	8 – 9	6 – 7	$Ra \geq 6.3 \mu m$	$1.6 \mu m < Ra < 6.3$	$Ra \leq 1.6 \mu m$
Ebauche		X	X		X	X		X	X
½ Finition			X			X			X
Finition	X	X	X	X	X	X	X	X	X

**Tableau III. 1:** Nombre d’opérations élémentaires en fonction de la spécification.

Plus la spécification est précise plus le nombre d’opérations élémentaires augmente. Le nombre d’opérations élémentaires est défini en fonction du type de spécification (intervalle de tolérance, qualité ou rugosité).

Pour établir un processus de fabrication d’un produit et concevoir sa gamme d’usinage, il faut d’abord repérer les surfaces brutes et usinées. On repère les surfaces usinées par des chiffres : 1, 2, 3, ... et les surfaces brutes par la lettre B suivi d’indice.

On rédige le tableau des opérations élémentaires III. 3 après avoir fait l’inventaire de toutes les données relatives aux surfaces brutes et usinées à savoir :

- Les cotes de liaison aux autres surfaces usinées ou brutes,
- Les spécifications métrologiques : intervalle de tolérance, tolérances de forme et de position, et indice de rugosité.

Surfaces	Cotes de liaison aux surfaces		Spécifications métrologiques				Opérations élémentaires	Symboles	
	Usinées	Brutes	IT	Orientation	Position	$Ra\sqrt{\quad}$			
1		$B_3 - 15^{+1}_0$	1				6,3	Finition directe	1F
2	3 - 14H9	$B_2 - 49^{+1}_0$	H9-1	$\perp 0,04 1$			3,2	Ebauche, Finition	2E,2F
3	2 - 14H9		H9	$\perp 0,04 1$			3,2	Ebauche, Finition	3E,3F
4	1 - $3,5^{+0,3}_0$		0,3				3,2	Ebauche, Finition	4E,4F
5	1 - $32^{\pm 0,1}$		0,2		$\odot 0,1 7$		3,2	Ebauche, Finition	5E,5F
6		$B_1 - 45^{\pm 0,5}$	1				3,2	Ebauche, Finition	6E,6F
7	1 - $32^{\pm 0,1}$		0,2	$// 0,05 1$	$\equiv 0,2 3$		1,6	Ebauche, 1/2 Finition, finition	7E,7F/,7F
8					$\odot 9$		6,3	Finition directe	8F
9	6 - $20^{\pm 0,1}$		0,2		$\equiv 0,3 7$		6,3	Finition directe	9F
10	7 - 40	$B_1 - 25^{+1}_0$	1		$\equiv 0,5 2-3$		6,3	Finition directe	10F
11	1 - $11^{\pm 0,2}$		0,4				6,3	Finition directe	11F
12	7 - 40	$B_1 - 25^{+1}_0$	1		$\odot 0,2 10$		6,3	Finition directe	12F
13	1 - $58^{\pm 0,1}$		0,2				6,3	Finition directe	13F

**Tableau III. 2:** Tableau des opérations élémentaires du support palier.

Repère groupement	Surfaces groupées	Outillages utilisés et motifs du groupement	Symbole
G	2, 3 et 4	Ebauche et finition à l'aide d'une fraise 3 tailles expansible.	GE, GF
G <sub>1</sub>	11 et 12	Finition directe à l'aide d'une fraise à lamer avec pilote ou foret étagé.	G <sub>1</sub> F

**Tableau III. 3:** Groupement des surfaces.

**III.2.1.2 Détermination des antériorités des opérations d'usinage**

La détermination des antériorités des opérations d'usinage est liée aux contraintes d'antériorité géométriques, technologiques et économiques. Le Tableau III.4 récapitule les contraintes d'antériorité des opérations d'usinage du support palier.

Opérations	Contraintes géométriques						Contraintes Technologiques			Contraintes Économiques	
	↔	//	⊥	⊙	⊕	≡	Opération	Reprise	Divers	Moindre usinage	Condition de coupe
B <sub>1</sub>											
B <sub>2</sub>											
B <sub>3</sub>											
1F	B <sub>3</sub>										
GE	B <sub>2</sub> 1F		1F								
GF	B <sub>2</sub> 1F		1F				GE				
5E	1F			7F							
5F	1F			7F			5E				
6E	B <sub>1</sub>								7E		
6F	B <sub>1</sub>						6E				
7E	1F	1F				GF					
7F/	1F	1F				GF	7E				
7F	1F	1F				GF	7F/		6F		
8F				9F			9F				
9F	6F					7F					
10F	B <sub>1</sub> 7F					GF					
G <sub>1</sub> F	B <sub>1</sub> 1F, 7F			10F			10F				
13F	1F						9F				

**Tableau III. 4 : Contraintes d'antériorité.**

**III.2.1.3 Méthode matricielle d'établissement de l'ordre d'usinage :**

Il s'agit d'une méthode matricielle qui permet de rédiger le tableau des niveaux. Le tableau des niveaux est carré ; il possède en entrées et en sorties toutes les opérations élémentaires fixées sur le tableau des antériorités.

		Entrées														Niveaux													
		B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	1F	GE	GF	5E	5F	6E	6F	7E	7F/	7F	8F	9F	10F	G <sub>1</sub> F	13F	Total	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sorties	B <sub>1</sub>	1																		0									
	B <sub>2</sub>	1	1																	0									
	B <sub>3</sub>	1	1	1																0									
	1F				1															1	0								
	GE				1	1														2	1	0							
	GF				1	1	1													3	2	1	0						
	5E				1	1	1	1							1					2	2	1	1	1	1	1	1	0	
	5F				1	1	1	1	1					1						3	3	2	2	2	2	2	2	1	0
	6E	1											1							2	1	1	1	1	0				
	6F	1									1									2	1	1	1	1	1	0			
	7E												1							2	2	1	1	0					
	7F/												1							3	3	2	2	1	0				
	7F												1	1						4	4	3	3	2	2	1	0		
	8F																1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	9F																1			2	2	2	2	2	2	2	1	0	
10F	1															1			3	2	2	2	1	1	1	1	0		
G <sub>1</sub> F	1															1			4	3	2	2	2	2	2	2	1	0	
13F																1	1		2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	

Tableau III. 5 : Méthode matricielle d'établissement d'ordre d'usinage (Niveaux d'exécution).

Le tableau des niveaux d'exécution est :

Niveaux d'exécutions									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B1	1F	GE	GF	7E	6E-7F/	6F	7F	5E	5F-8F
B2								9F	G1F
B3								10F	13F

Tableau III. 6 : Tableau des niveaux d'exécution.

### III.2.1.4 Regroupement des opérations d'usinage en phase et sous phase

On place horizontalement les niveaux d'exécutions et en ordonnées les opérations élémentaires tel qu'on a sur la Figure III. 2. Sur cette matrice, on place les éléments de la matrice en conformité au tableau des niveaux d'exécutions. Puis, on regroupe les opérations élémentaires en phase et sous phase en fonction des contraintes et conditions économiques (Parc machines, outillages et appareillage). Après le regroupement, on présente le processus de fabrication.

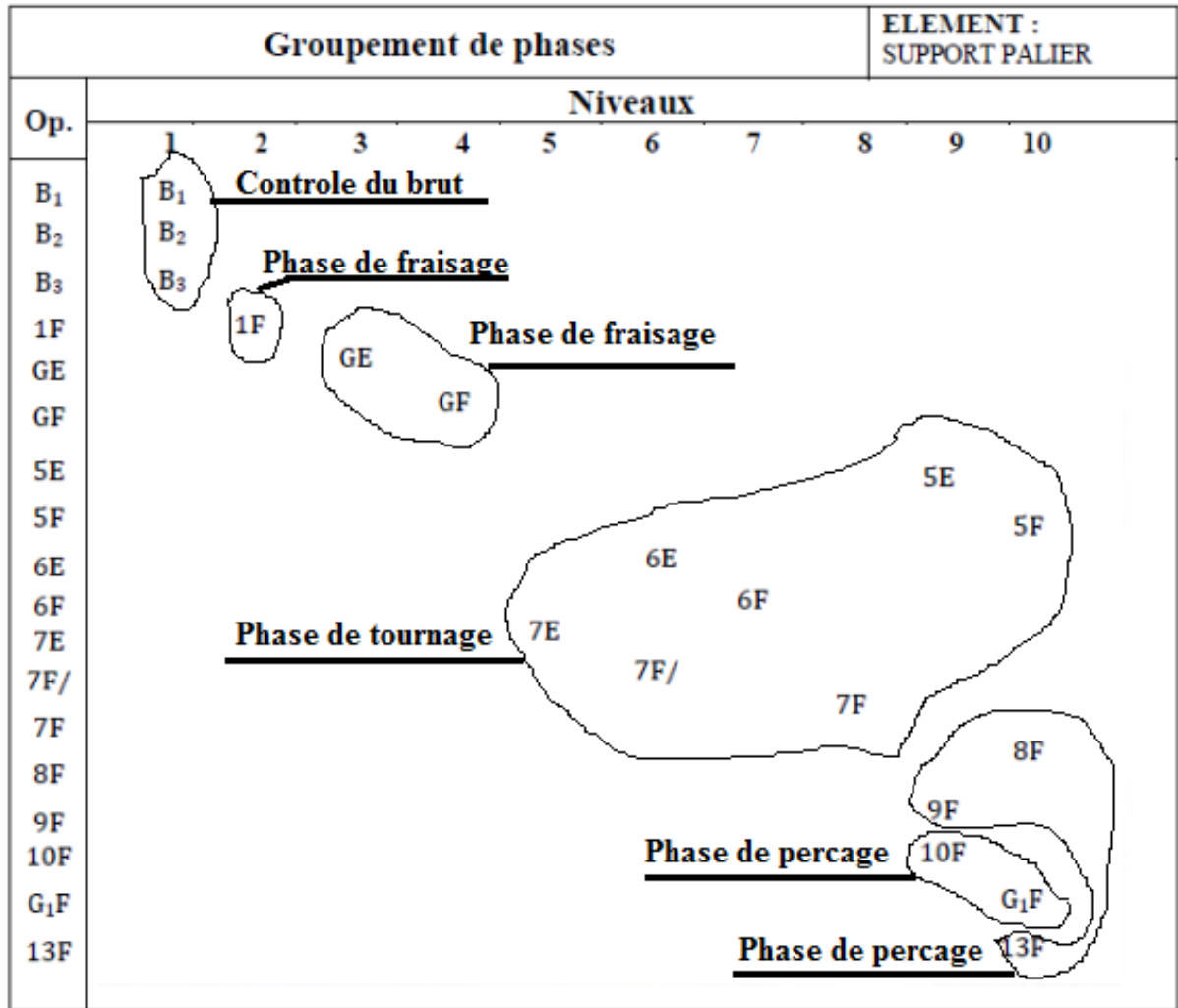


Figure III. 2 : Regroupement des opérations d'usinage en phases.

### III.2.1.5 Processus de la gamme d'usinage

D'après le regroupement des phases, le processus de fabrication est comme suit :

Phase 100 : **Contrôle du brut**

Phase 200 Fraisage : **1F**

Phase 300 Fraisage : **GE-GF**

Phase 400 Tournage : **7E-5E-6E-5F-6F-7F/-7F**

Phase 500 Perçage : **10F-G1F**

Phase 600 Perçage : **9F-13F- 8F**

Phase 700 : **Contrôle final du produit**

# Chapitre IV

**FEUILLES D'ANALYSE ET CONTRATS DE  
PHASE**

### **IV.1 Définition d'une feuille d'analyse de fabrication**

Une feuille d'analyse de fabrication est un document utilisé dans le processus de fabrication d'un produit. Elle contient des informations détaillées sur les différentes étapes de fabrication, les matériaux utilisés, les instructions spécifiques, les spécifications techniques, les normes de qualité, et d'autres détails importants.

La feuille d'analyse de fabrication sert de guide pour les opérateurs chargés de la production. Elle leur permet de suivre les instructions précises pour fabriquer le produit conformément aux exigences spécifiées. Elle peut inclure des schémas, des diagrammes, des tableaux et d'autres supports visuels pour faciliter la compréhension et la mise en œuvre des étapes de fabrication.

La feuille d'analyse de fabrication peut également servir de document de référence pour le contrôle de la qualité. Elle permet de vérifier si toutes les étapes de fabrication ont été correctement suivies et si les normes de qualité ont été respectées. Elle peut être utilisée pour effectuer des contrôles et des tests à différents stades du processus de fabrication afin de garantir la conformité du produit final.

En résumé, une feuille d'analyse de fabrication est un document essentiel dans le processus de fabrication d'un produit. Elle fournit des instructions détaillées, des spécifications techniques et des normes de qualité pour guider les opérateurs et assurer la conformité du produit final.

### **IV.2 Contrat de phase**

#### **IV.2.1 Définitions**

- **Phase** : est un ensemble des opérations élémentaires exécutées au même poste de travail [14].

Le contrat de phase est un document établi par le BDM pour chaque phase d'usinage. Consiste à définir avec précision tous les renseignements nécessaires pour la réalisation d'une ou plusieurs surfaces de la pièce.

- **Opération** : est un ensemble d'actions de transformation mettant en œuvre un seul moyen qui a pour but de rapprocher le produit de son état final. Tout changement d'outil correspond à un changement d'opération.
- **Opération d'ébauche Eb** : elle permet d'enlever un maximum de matière tout en se rapprochant de la surface finale.
- **Opération de finition F**: Cette opération permet d'obtenir l'état de surface et la précision géométrique et dimensionnelle requises sur le dessin de définition.

### **Contenu d'un contrat de phase**

Renseignements relatifs à :

- **Poste de travail**

Numérotation de la phase considérée, désignation de la phase, nom de la machine-outil utilisée.

- **Pièce**

Matière de la pièce, nombre de pièces à fabriquer

- **Croquis de la phase**

Dessin de la pièce à usiner pendant la phase étudiée en indiquant :

Surfaces usinées en trait fort ou colorées, rugosité, cotation de fabrication, repérage des surfaces, l'outil de coupe et les mouvements de coupe et mouvement d'avance  $M_c$  et  $M_f$ .

### **IV.2.2 Informations relatives à la coupe de la matière**

En précisant les éléments de coupe :

Vitesse de coupe ( $V_c$ ) en mètre par minute, fréquence de rotation ( $n$  ou  $N$ ) en tours par minute, profondeur de passe ( $p$ ) en millimètre, vitesse d'avance ( $V_f$ ) en mètre par minute et le pas d'usinage : Avance par coupe en millimètre.

- **Vitesse de coupe ( $V_c$ )**

La vitesse est exprimée en m/min. Sa valeur est déterminée expérimentalement par des laboratoires spécialisés dans les essais de coupe. Le choix de la vitesse de coupe dépend

de nombreux paramètres liés au système de fabrication : Fraisage, tournage, perçage...etc.

La puissance et la qualité de la machine ;

La nature de la matière de la pièce (acier, fonte, alliages...etc.) et de l'outil (acier rapide ou carbure métallique)

Types d'opération : Ébauche ou finition et la lubrification.

- **Fréquence de rotation (N)** : Exprimée en tr/min, Cette fréquence est déterminée à partir de  $V_c$  et du diamètre  $d$  considéré sur la pièce ou l'outil

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d}$$

**d** : diamètre en mm de la pièce (cas de tournage) ou de l'outil (cas de fraisage)

- **Vitesse d'avance ( $V_f$ )** : La vitesse est déterminée à partir d'une valeur d'avance de base dont l'expression varie selon le procédé d'usinage :

Tournage : ( $f$ ) avance exprimée en millimètre par tour (mm/tr);

Fraisage : ( $f_z$ ) avance exprimée en millimètre par tour et par dent (mm/tr/dt).

Cas de tournage :

$$V_f = f \cdot N$$

Cas de fraisage :

$$V_f = f_z \cdot N \cdot Z$$

Avec  $Z$  : le nombre de dents

**Pénétration  $p$  (profondeur de passe)** : Lors de l'usinage, le volume de matière enlevé dépend de l'engagement de l'outil dans la pièce. Cet engagement est appelé pénétration ( $p$ ). Elle s'exprime en mm.

### IV.3 Feuilles d'analyse de fabrication

Les feuilles d'analyse de fabrication de la pièce étudiée est comme suit :

Ensemble :		Nombre : 500		FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION		Folio	
Organe :		Matière : Ft 18				1/3	
Elément : Support palier		Brut : de fonderie					
N° Phases	Désignation des phases, sous phases & opérations	Machine utilisée	Appareillages outils-coupants Verificateurs	Croquis et ordonnancement isostatisme			
100	<b>CONTRÔLE DU BRUT</b> Vérifier cotes et specifications	Atelier Contrôle	Appareillages	D'après le plan de fonderie, vérifier si le brut est capable de contenir la pièce			
200	<b>FRAISAGE</b> 1 pièce au montage Référentiel de départ défini par: Appui plan sur (B3) en 3N (1-2-3) Appui linéaire sur (B1) en 2N (4-5) Appui ponctuel sur (B2) en 1N (6) serrage opposé aux appuis 201: Surfacier en finition (1) Cm = $\begin{matrix} +1 \\ 0 \end{matrix}$ Rugosité: $\sqrt{6,3}$	FV	Montage F200 avec touche de réglage  Fraise $\varnothing 140$ à plaquettes rap en carbure $\begin{matrix} +1 \\ 0 \end{matrix}$ K10 CMD 15 Pàc Rugotest				
300	<b>FRAISAGE</b> 1 pièce au montage Référentiel de départ défini par: Appui plan sur (1) en 3N (1-2-3) Appui linéaire sur (B2) en 2N (4-5) Appui ponctuel sur (B1) en 1N (6) serrage opposé aux appuis 301: Rainurer en ébauche (2), (3) et (4) Cm = $\begin{matrix} +1 \\ 0 \end{matrix}$ $\begin{matrix} +0,3 \\ 0 \end{matrix}$ Cm = $\begin{matrix} 3 \\ 0 \end{matrix}$ Co = $\begin{matrix} 13,7 \\ -0,2 \end{matrix}$ 302: Rainurer en finition (2), (3) et (4) Cm = $\begin{matrix} +1 \\ 0 \end{matrix}$ $\begin{matrix} +0,3 \\ 0 \end{matrix}$ Cm = $\begin{matrix} 3,5 \\ 0 \end{matrix}$ Co = 14 H9 Rugosité: $\sqrt{3,2}$	FH	Montage F300 Montage plafond  Fraise 3T expansible ep.14 $\varnothing 120$ en ARS $\begin{matrix} +1 \\ 0 \end{matrix}$ CMD 49 Jauge plate double 14 H9 jauge de profondeur $\begin{matrix} +0,3 \\ 0 \end{matrix}$ 3.5 Rugotest				

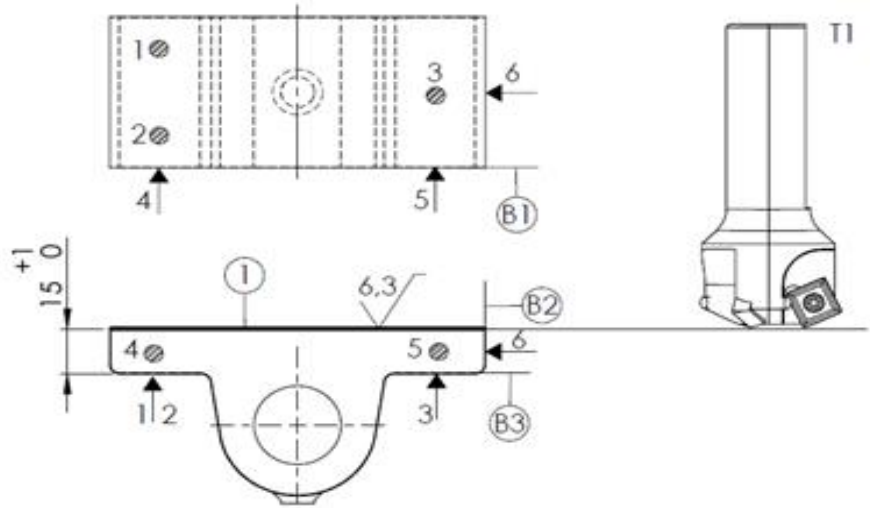
N° Phases	Désignation des phases, sous phases & opérations	Machine utilisée	Appreillages outils-coupants Vérificateurs	Croquis et ordonnancement isostatisme	Folio 2/3
400	<p><b>ALESAGE</b></p> <p>1 pièce au montage</p> <p>Référentiel défini par:</p> <p>Appui plan sur ① en 3N (1-2-3)</p> <p>Appui linéaire sur ③ en 2N (4-5)</p> <p>Appui ponctuel sur ⑧ en 1N (6)</p> <p>serrage opposé aux appuis</p> <p>401: Aléser en ébauche simultanément ⑤, ⑥ et ⑦ Cm= 32 ±0.1 Cm= 45,5 , 2Cm= <math>\phi 33,5 \begin{smallmatrix} +0,2 \\ 0 \end{smallmatrix}</math> 2Cm= 26,5.</p> <p>402: Aléser en F ⑤, ⑥ et F/ ⑦ Cm= 45 ±0,5 Co= R17 <math>\begin{smallmatrix} +0,2 \\ 0 \end{smallmatrix}</math> 2Cm= 26,8</p> <p>403: Aléser en F ⑦, 2Cm= <math>\phi 27 H7</math></p> <p>Rugosité: <math>\sqrt{1,6}</math>, <math>\sqrt{3,2}</math></p>	<p>AL.H</p> <p>1 broche</p>	<p>Montage AL 400 monatge sur table avec lardon d'orientation et posit.</p> <p>Barre + 2 gains prérégés à mise en carbure.</p> <p>Barre + 1 gain prérégé à mise en carbure.</p> <p>Barre + 1 grain prérégé à mise en carbure.</p> <p>Rugotest.</p>		
500	<p><b>PERCAGE</b></p> <p>1 pièce au montage</p> <p>Référentiel défini par:</p> <p>Appui plan sur ① en 3N (1-2-3)</p> <p>Appui linéaire sur ③ en 2N (4-5)</p> <p>Appui ponctuel sur ⑧ en 1N (6)</p> <p>serrage opposé aux appui</p> <p>501: Perçer au monatge 2 trous ⑩ Cm= 25 <math>\begin{smallmatrix} +1 \\ 0 \end{smallmatrix}</math>, Co= <math>\phi 10 \begin{smallmatrix} +0,5 \\ 0 \end{smallmatrix}</math> Ca = 80</p> <p>502: Lamer en finition 2 trous simultanément ⑪ et ⑫ Cm = 11 ±0,2 Co = <math>\phi 18 \begin{smallmatrix} +0,2 \\ 0 \end{smallmatrix}</math> Ca = 80</p> <p>Rugosité: <math>\sqrt{6,3}</math></p> <p>Respect des conditions géométriques</p>	<p>Pe 4 br en ligne MB 2 à 2</p>	<p>Montage P500 avec canons guides de perçage amovibles</p> <p>2 forets <math>\phi 10</math> en ARS</p> <p>2 fraises à lamer en ARS <math>\phi 18 \begin{smallmatrix} +0,2 \\ 0 \end{smallmatrix}</math> avec pilote <math>\phi 10, \begin{smallmatrix} +0,5 \\ 0 \end{smallmatrix}</math> TLD: <math>\phi 10 \begin{smallmatrix} +0,2 \\ 0 \end{smallmatrix}</math> et <math>\phi 18 \begin{smallmatrix} +0,2 \\ 0 \end{smallmatrix}</math></p> <p>Jauge 11 ±0.2</p> <p>Rugotest.</p> <p>Montage de contrôle fréquentiel ≡ ⊙</p>		

N° Phases	Désignation des phases, sous phases & opérations	Machine utilisée	Appareillages outils-coupants Vérificateurs	Croquis et ordonnancement isostatisme	Folio 3/3
600	<p><b>PERCAGE</b></p> <p>1 pièce au montage</p> <p>Référentiel défini par:</p> <p>Appui plan sur (1) en 3N (1-2-3)</p> <p>Appui linéaire sur (7) en 2N (4-5)</p> <p>Appui ponctuel sur (6) en 1N (6)</p> <p>serrage opposé aux appuis</p> <p>601: Perçer en finition (9)</p> <p>Co = 5, Cm = 20 ±0.1</p> <p>602: Dresser en finition (13)</p> <p>Cm = 58 ±0.1</p> <p>Rugosité : <math>\sqrt{6.3}</math></p> <p>603: Tarauder (8) Co = M6</p>	Pe 3 br en ligne	<p>Montage P600 avec canons guides de perçage amovibles</p> <p>Foret Ø 5 en ARS</p> <p>Fraise Ø20 à plaquettes rap en carbure CoroMill 390</p> <p>Taraud machine M6 avec appareil à taruder.</p> <p>CMD : 58 ±0.1</p> <p>Jauge : 20 ±0.1 ,Rugotest.</p> <p>Montage de contrôle fréquentiel : <math>\equiv</math></p>		
700	<p><b>CONTRÔLE FINAL</b></p> <p>710 Dimensions</p> <p>720 Spécifications</p> <p>730 Etats de surfaces</p>	Poste de contrôle			

#### IV.4 Contrats de différentes phases d'usinage

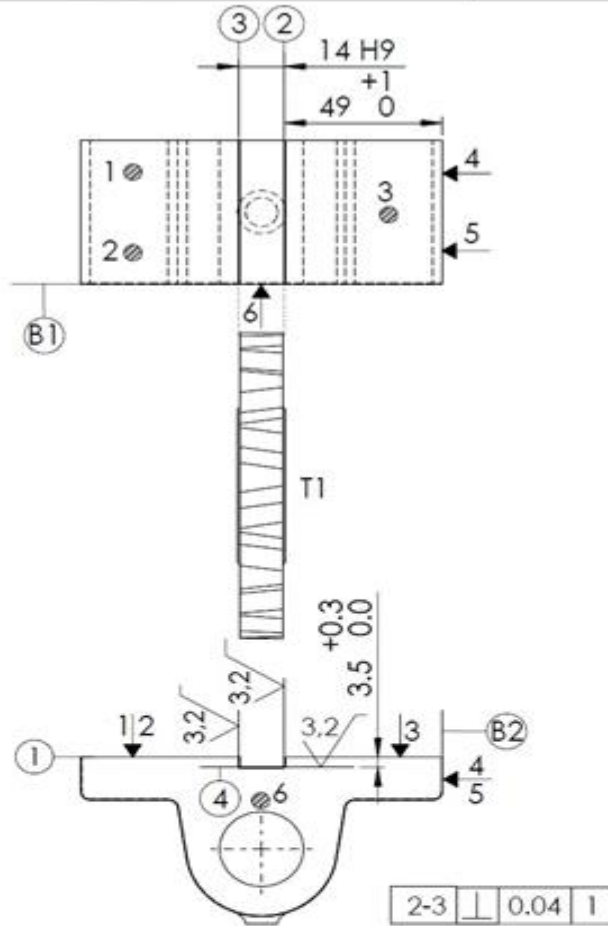
Les contrats de phases 200,300,400,500 et 600 sont donnés dans ce qui suit. La détermination des paramètres de coupe ; voir la vitesse de coupe  $V_c$  [m/min], la vitesse d'avance  $f_z$  [mm/tr] et la fréquence de rotation  $N$  [tr/min] a été faite par le biais de l'application Coupe tout en choisissant le matériau à usiner « Fonte dans notre cas », le matériau de l'outil de coupe et le diamètre  $D$  de l'outil ou le diamètre à usiner s'il s'agit du tournage, l'opération d'usinage et l'opération élémentaire d'usinage.

Phase : 200	<b>Contrat de phase</b>
Ensemble : -	
Pièce : Support palier	
Matière : Ft20	
Nombre : 500	
	Machine : Support palier
	Porte pièce :
	Brut : Fonderie



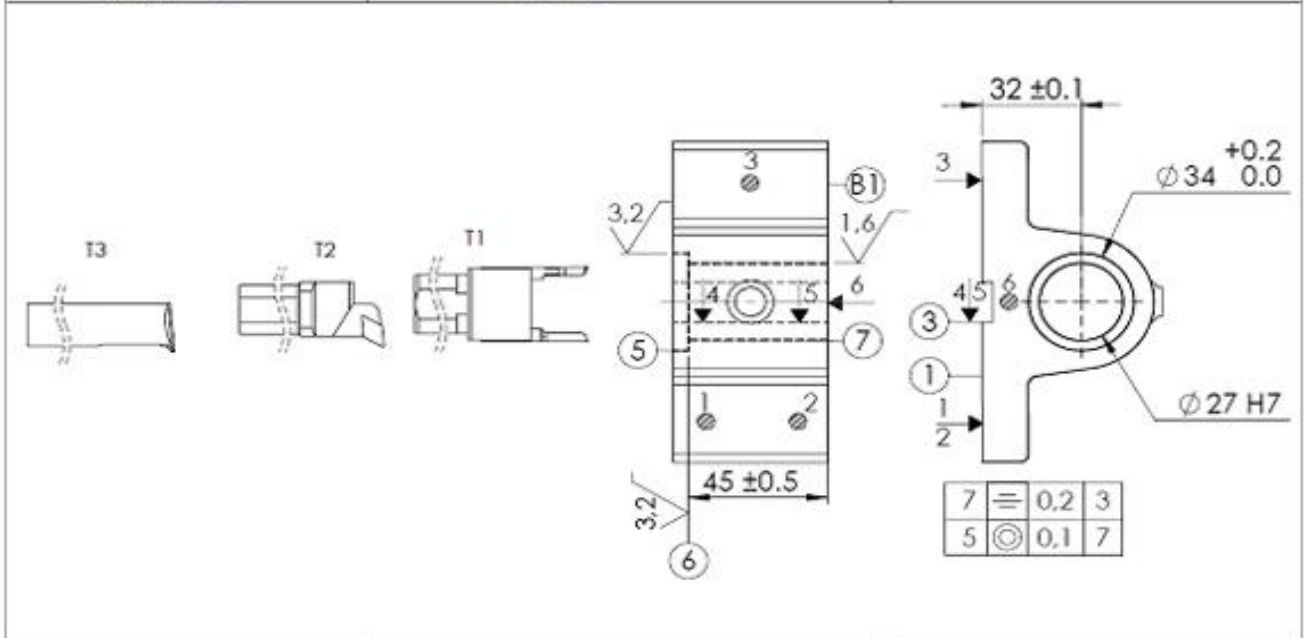
Opérations			Conditions de coupe						Outillages et vérificateurs	
N°	Rep	Désignation	Vc m/min	a mm/tr	N tr/min	P mm	np	Lub	Outil	Contrôle
201	T1	Surfacier en finition ① Cm= 15 0 <sup>+1</sup> Rugosité: 6.3	120	0.059	238	1.3	1	Huile	Fraise Ø160 à plaquettes rap en carbure K10 (T1)	CMD 15 0 <sup>+1</sup> Rugotest.

Phase : 300	<b>Contrat de phase</b>
Ensemble : -	
Pièce : Support palier	
Matière : F120	
Nombre : 500	
	Machine : Support palier
	Porte pièce : F120
	Brut : 500



Opérations			Conditions de coupe					Outillages et vérificateurs		
N°	Rep	Désignation	Vc m/min	a mm/tr	N tr/min	P mm	np	Lub	Outil	Contrôle
301	T1	Rainurer en ébauche (2), (3) et (4) Cm = 49 <sup>+1</sup> / <sub>0</sub> Cm = 3 <sup>+0.3</sup> / <sub>0</sub> Co = 13,7 -0,2	16	0,24	40	1,5	2	Oui	Fraise 3T expansible ep.14 Ø 120 en ARS (T1)	CMD 49 <sup>+1</sup> / <sub>0</sub> . Jauge plate double. 14 H9 . Jauge de profodeur. 3,5 <sup>+0.3</sup> / <sub>0</sub> .
302	T1	Rainurer en finition (2), (3) et (4) Cm = 49 <sup>+1</sup> / <sub>0</sub> Cm = 3,5 <sup>+0.3</sup> / <sub>0</sub> Co = 14 H9  Rugosité: $\sqrt{3,2}$	23	0,179	58	0,5	1	Oui		CMD 49 <sup>+1</sup> / <sub>0</sub> . Jauge plate double. 14 H9 . Jauge de profodeur. 3,5 <sup>+0.3</sup> / <sub>0</sub> . Rugotest. Prévoir un montage de controle fréquentiel $\perp$

Phase : 400	<b>Contrat de phase</b>	
Ensemble : -		
Pièce : Support palier		Machine : Support palier
Matière : F120		Porte pièce : F120
Nombre : 500		Brut : 500



Opérations			Conditions de coupe					Outillages et vérificateurs		
N°	Rep	Désignation	Vc m/min	a mm/tr	N tr/min	P mm	np	Lub	Outil	Contrôle
411		Aléser en ébauche simultanément (5), (6) et (7)	198	0.15	1854	0.5	15	Oui	Bare d'alésage avec 2 grains préreglés à mise en carbure (T1) & une barre à un grain préreglé à mise en carbure (T2).	TLD: 27H7, TLD: 34, Calibres: 32 ± 0.1 et 45 ± 0.5. Rugotest, Montage de contrôles fréquents de : // ≡ ⊙
			198	0.15	2335	0.5	1	Oui		
421		Aléser en F (5), (6) et F/ (7)	257	0.2	3031	0.5	1	Oui		
			217	0.15	2032	0.3	1	Oui		
431		Aléser en F (7), 2Cm= Ø27 H7	257	0.15	3031	0.2	1	Oui	Bare + 1 grain préreglé à mise en carbure (T3).	

Phase : 500			Contrat de phase							
Ensemble : -										
Pièce : Support palier			Machine : Support palier							
Matière : F120			Porte pièce : F120							
Nombre : 500			Brut : 500							
Opérations			Conditions de coupe						Outillages et vérificateurs	
N°	Rep	Désignation	Vc m/min	a mm/tr	N tr/min	P mm	np	Lub	Outil	Contrôle
501		Perçer au montage 2 trous ⑩ Cm = 25 <sup>+1</sup> 0. Co = $\varnothing 10$ <sup>+0.5</sup> 0 Ca = 40	30	0.02	955	-	-	Ouil	2 Forets $\varnothing 10$ en ARS (T1)	TLD: $\varnothing 10$ <sup>+0.5</sup> 0 et $\varnothing 18$ <sup>+0.2</sup> 0 Jauge 11 ± 0.2.
502		Lamer en finition 2 trous simultanément ⑪ et ⑫ Cm = 11 ± 0.2 Co = $\varnothing 18$ <sup>+0.2</sup> 0 Rugosité: $\sqrt{6.3}$ Respect des conditions géométriques	25	0.03	110	-	-	Ouil	2 Fraises à lamer en ARS (T2) $\varnothing 18$ <sup>+0.2</sup> 0 avec pilote $\varnothing 10$ .	Rugotest. Montage de contrôle fréquentiel $\equiv \odot$

**IV.5 Calcul du temps technologique Tt**

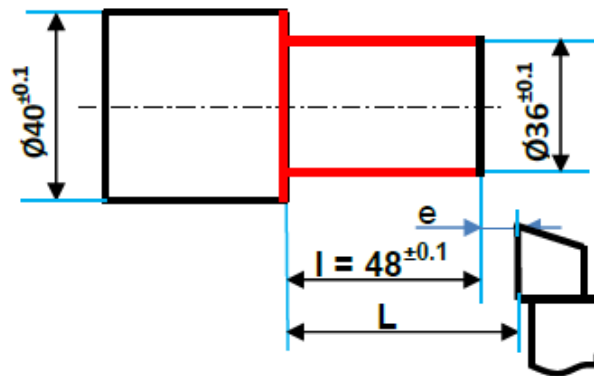
C'est le temps d'usinage ou de coupe

$$T_t = L / V$$

L : Longueur ou distance parcourue par l'outil (mm).

V : vitesse d'avance (mm/min).

**IV.5.1 Cas du tournage (chariotage avec un outil couteau)**



e : engagement / dégagement de l'outil e=2 à 4 mm

Vc = 35 m/mn ; f = 0.1 mm/tr

$$T_t = L/V_f \quad L = l + e = 48 + 2 = 50 \text{ mm}$$

$$V_f = N.f \quad N = 1000.V_c / (\pi.d)$$

$$N = 1000 \times 35 / \pi \times 40 = 278 \text{ tr/mn}$$

$$V_f = 278 \times 0.1 = 27.8 \text{ mm/mn}$$

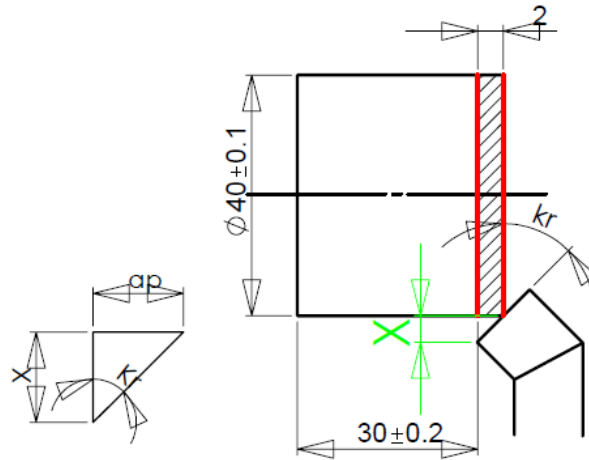
$$T_t = 50 / 27.8 \approx \mathbf{1.80 \text{ mn} = 1\text{mn}48\text{s}}$$

**IV.5.2 Cas du dressage avec un outil coudé à 45**

Vc = 36 m/mn ; f = 0.1 mm/tr

ap = 2 mm

$Kr = 45^\circ$



$Tt = L/V_f$ ;  $L = l + X + e$  ;  $tg Kr = ap/X$

Soit  $X = ap/tg Kr = 2/tg45 = 2$  mm

$L = 40/2 + 2 + 2 = 24$  mm

Soit  $V_f = 28.6$  mm/mn.

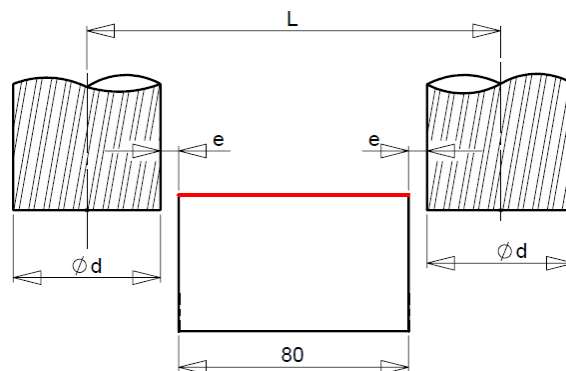
$V_f = N . f = [1000 \times 36 / 3.14 \times 40] \times 0.1$

D'où  $Tt = 24 / 28.6 = \mathbf{0.83mn = 50 s}$

**IV.5.3 Cas du fraisage**

Outil : fraise 2 Tailles  $\varnothing d = 40$ mm et  $Z = 6$

$f = 0.1$ mm/dent  $Vc = 36$  m/mn



$Tt = L/V_f$  ;  $L = l + \varnothing d + 2.e$

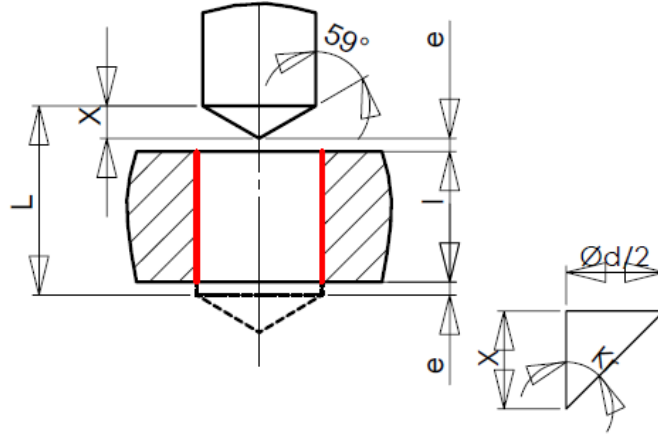
Soit  $L = 80 + 40 + 4 = 124$  mm  $V_f = N . f . Z$

AN :  $V_f = [1000 \times 36 / 3.14 \times 40] \times 0.1 \times 6$   $V_f = 172$  mm/mn.

d'ou  $Tt = 124 / 172 = \mathbf{0.72mn = 43 s}$

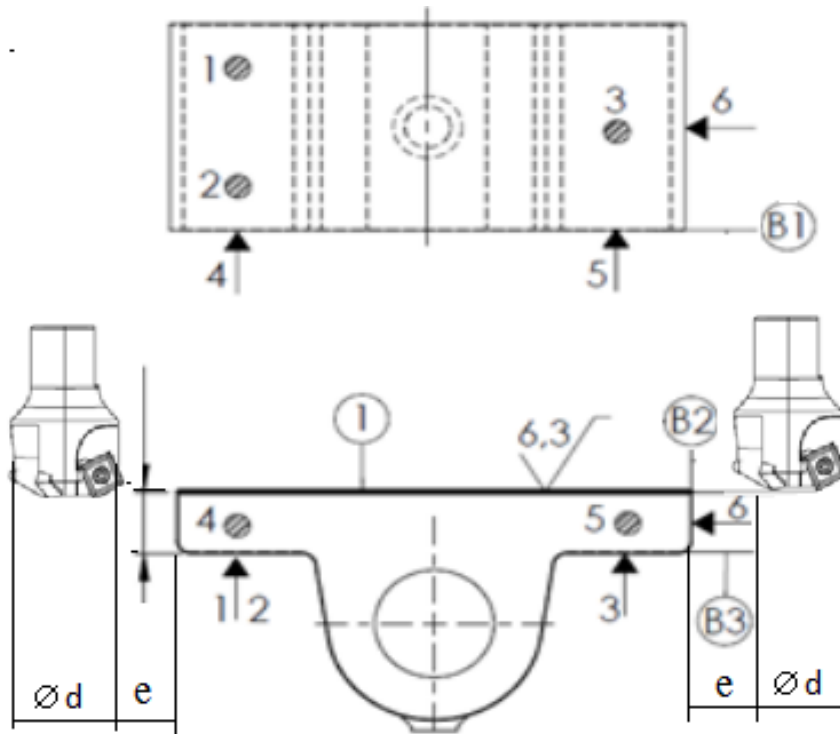
**IV.5.4 Cas du perçage**

Outil : foret Ø 12 mm    Longueur percée  $l = 20$  mm     $V_c = 25$  m/mn     $f = 0.1$  mm/tr



$T_t = L/V_f$  ;  $L = l + X + 2.e$  ;  $\text{tg } K_r = \frac{\text{Ø}d}{2.X}$   
 soit  $X = \frac{\text{Ø}d}{2} \cdot \text{tg } K_r = \frac{12}{2} \cdot \text{tg } 59 = 3.6$  mm  
 $L = 20 + 3.6 + 4 = 27.6$  mm  
 $V_f = N \cdot f = [1000 \times 25 / 3.14 \times 12] \times 0.1$   
 Soit  $V_f = 66.3$  mm/mn.  
 d'ou  $T_t = 27.6 / 66.3 = 0.42 \text{ mn} = 25$  s

IV.5.5 Calcul du temps technologique de la phase 200 de la pièce (support-palier)



$$T_t = L/V_f ; L = l + \varnothing d + 2.e$$

Soit  $L = 112 + 140 + 4 = 256 \text{ mm}$       $V_f = N \cdot f \cdot Z$

AN :  $V_f = 238 \cdot 0.059 \cdot 10$       $V_f = 140 \text{ mm/mn.}$

d'ou  $T_t = 256/140 = 1.82 \text{mn} = 1 \text{mn } 49 \text{s}$

# **CONCLUSION GENERALE**

### **CONCLUSION GENERALE**

Le travail que nous avons réalisé dans ce mémoire a pour objet d'approfondir notre compréhension de l'importance de chaque étape du processus de fabrication des pièces mécaniques, de la conception initiale à la réalisation finale. Nous avons examiné en détail les différents éléments impliqués dans ce processus, tels que les dessins techniques, les méthodes de fabrication, les contraintes d'usinage et les spécifications requises.

Ce mémoire a également souligné l'importance de la coordination et de la collaboration entre les différents départements et fonctions au sein de l'entreprise. L'interaction entre la direction technique, le bureau d'étude et les bureaux des méthodes est cruciale pour assurer la qualité et l'efficacité du processus de fabrication des pièces mécaniques.

En conclusion, ce mémoire offre une vue d'ensemble complète et détaillée de l'établissement d'un processus de fabrication des pièces mécaniques. Il met en évidence l'importance de l'organisation, de l'analyse du dessin de définition et de la coordination entre les différents acteurs impliqués. Ce travail de recherche fournit des connaissances précieuses et des recommandations pratiques pour améliorer et optimiser ce processus crucial dans le domaine de la fabrication mécanique.

**REFERENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUES**

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

[1] Studylib, Notion de filières, 2023/04/12 voir le site :

<https://studylibfr.com/doc/3455855/notion-de-fili%C3%A8res>

[2] Saber A, « L'analyse de fabrication le préparateur, bureau des méthodes », Alger

[3] Philippe QUAEGEBEUR, cours Préparation de Production en Productique Mécanique - Étude de Fabrication et Analyse d'Usinage (3PM-EFAU), enseignant-chercheur, Ecole Centrale de Lille, 23 février 2015.

[4] Abdelhakim, B., Pairel, E., Pillet, M., & Sergent, A. (2012). Utilisation du tolérancement géométrique pour le réglage des machine-outils: Le pilotage inertiel total. Congrès Intercut-MUGV.

[5] BOUTEGHMES Djamel, COURS BUREAU DE METHODE UNIVERSITE DE BATNA 2. 2020,

[6] Abdallah Marouan, Cours génie mécanique dessin de définition, lycée KORBA, 2004

Chapitre 2

[7] Roland Maranzana, Éléments de fabrication mécanique 3 GPA-210, École de technologie supérieure.

[8] B.Vieille, Méthodes et fabrications, Conservatoire National des arts et métiers .

[9] R.Butin et M.Pinot Fabrications mécaniques Technologie ; les éditions FOUCHER ; Paris 1981.

[10] Philippe DEPEYRE, fabrication mécanique, Année 2004-2005, Université de la Réunion.

[11] Layachi Abdelheq, Cours Bureau Des Méthodes (BDM), Université des Frères Mentouri Constantine 1

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

[12] Jean Mermoz, la cotation à la fabrication , Cours de construction, 2022, Montpellier, France.

[13] Ion-Cosmin GRUESCU, cours Préparation de Production en Productique Mécanique - Étude de Fabrication et Analyse d'Usinage (3PM-EFAU), IUT A Université Lille1.

[14] M. Chorfi Sofiane, Cours FAB 4 – Préparation d'une Production MOCN,2020, ISTA Constantine.

## Résumé

Le processus d'établissement d'un processus de fabrication des pièces mécaniques est essentiel pour assurer la qualité et l'efficacité de la production. Ce thème explore les différentes étapes de ce processus, de la conception à la réalisation finale. Il met en évidence l'importance de l'organisation de l'entreprise et des rôles clés tels que la direction technique, le bureau d'étude et les bureaux des méthodes. Ce mémoire fournit le processus logique de la gamme d'usinage et la rédaction des feuilles d'analyse de fabrication, en se basant sur une méthode agréée.

## ملخص

تعتبر عملية إنشاء عملية تصنيع للأجزاء الميكانيكية ضرورية لضمان الجودة وكفاءة الإنتاج. يستكشف هذا الموضوع المراحل المختلفة لهذه العملية، من الحمل إلى الإكمال النهائي. يسلط الضوء على أهمية تنظيم الشركة والأدوار الرئيسية مثل الإدارة الفنية ومكتب التصميم ومكاتب المناهج. توفر هذه المذكرة معرفة تسلسل مراحل التصنيع وصياغة أوراق تحليل التصنيع اعتماداً على طريقة معتمدة.

## Abstract

The process of establishing a manufacturing process for mechanical parts is essential to ensure quality and production efficiency. This theme explores the different stages of this process, from conception to final completion. It highlights the importance of the company's organization and key roles such as technical management, the design office and the methods offices. This thesis provides in-depth knowledge on the optimization of manufacturing methods, the establishment of machining orders and the drafting of manufacturing analysis sheets. It offers practical recommendations to improve coordination between different departments and ensure compliance with quality standards.