

CHAPITRE 04

OPERATIONS ELEMENTAIRES ET ANTERIORITES DUES AUX CONSTRAINTES D'USINAGE

4.1. Introduction

L'usinage par enlèvement de matière est réalisé toujours en regroupant les opérations par catégorie.

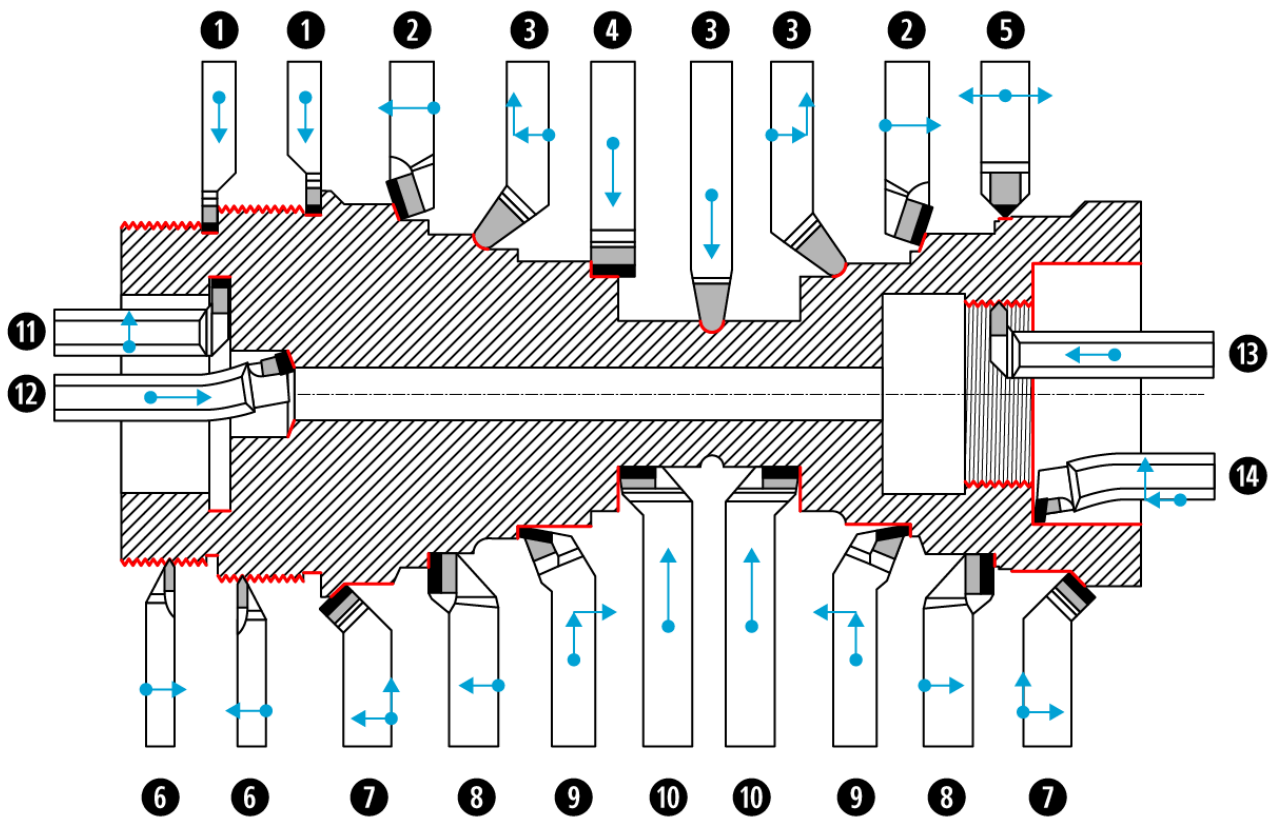
On distingue quatre classes importantes en usinage traditionnel : le tournage, le fraisage, le perçage-alésage-taraudage et la rectification.

4.2. Principales opérations de tournage

En tournage les outils ne comportent qu'une seule arête tranchante dont l'engagement dans la matière provoque la coupe de celle-ci. Le déplacement de l'outil se fait en une ou deux directions principales de travail, selon l'angle de direction de l'arrête de coupe K_r . Si cet angle est droit, un seul déplacement sera possible, quand il a des valeurs inférieures à cette valeur on peut l'utiliser pour travailler dans les deux sens, longitudinal et transversal, des déplacements permis sur la machine.

Le mouvement de coupe M_c est réalisé par la pièce qui est serrée dans un porte-pièce appelé mandrin. Il est possible de réaliser des opérations de tournage extérieur et intérieur.

Sur la figure 4.1 suivante sont reproduites les diverses opérations d'usinage pouvant être mises en place sur les machines outils de type tours.



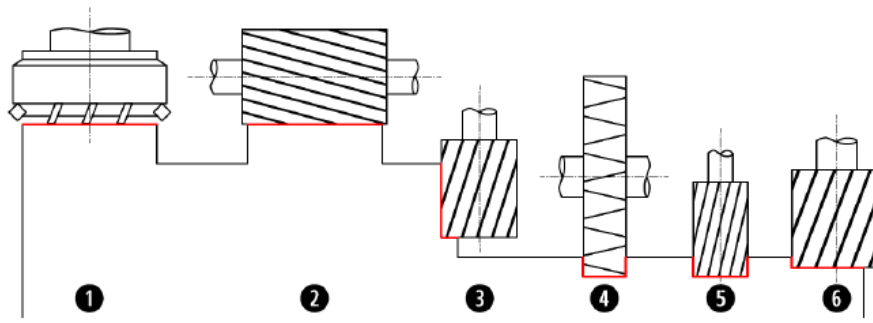
1 : Outil à saigner 2 : Outil à charioter droit 3 : Outil à retoucher 4 : Outil pelle 5 : Outil à retoucher
 6 : Outil à fileter (extérieur) 7 : Outil à charioter coudé 8 : Outil couteau
 9 : Outil à dresser d'angle 10 : Outil à dresser les faces 11 : Outil à chambrer 12 : Outil à aléser
 13 : Outil à fileter (intérieur) 14 : Outil à aléser et dresser.

Figure 4.1 : Quelques opérations de tournage.

4.3. Principales opérations de fraisage

En fraisage les outils comportent plusieurs arêtes tranchantes. Par rapport au tournage le déplacement selon les axes principales de la machine (trois directions de travail) n'est plus réalisé par l'outil mais par la pièce qui est fixée dans un porte-pièce appelé étau. Le mouvement de coupe M_c est réalisé par la outil.

Sur la figure 4.2 suivante, les diverses opérations d'usinage pouvant être mises en place sur les machines outils de type fraiseuses.



1 : Surfaçage de face 2 : Surfaçage de profil 3 : Surfaçage - dressage prédominant profil
 4 : Rainurage 3 tailles 5 : Rainurage 2 tailles 6 : Surfaçage - dressage prédominant face.

Figure 4.2 : Quelques opérations de fraisage.

4.4. Principales opérations de perçage

En perçage l'outil appelé foret comporte 3 arrêtes dont les 2 lèvres frontales provoquent la formation du copeau. Le déplacement de l'outil est réalisé selon l'axe longitudinal de la machine si on travaille sur un tour, et selon l'axe vertical si on utilise une perceuse à colonne. L'outil exercera respectivement le mouvement d'avance (tournage) et de coupe M_c dans le cas classique du travail sur des machines spécifiques.

Sur la figure 4.3, les diverses opérations d'usinage pouvant être mises en place sur les machines outils de type fraiseuses.

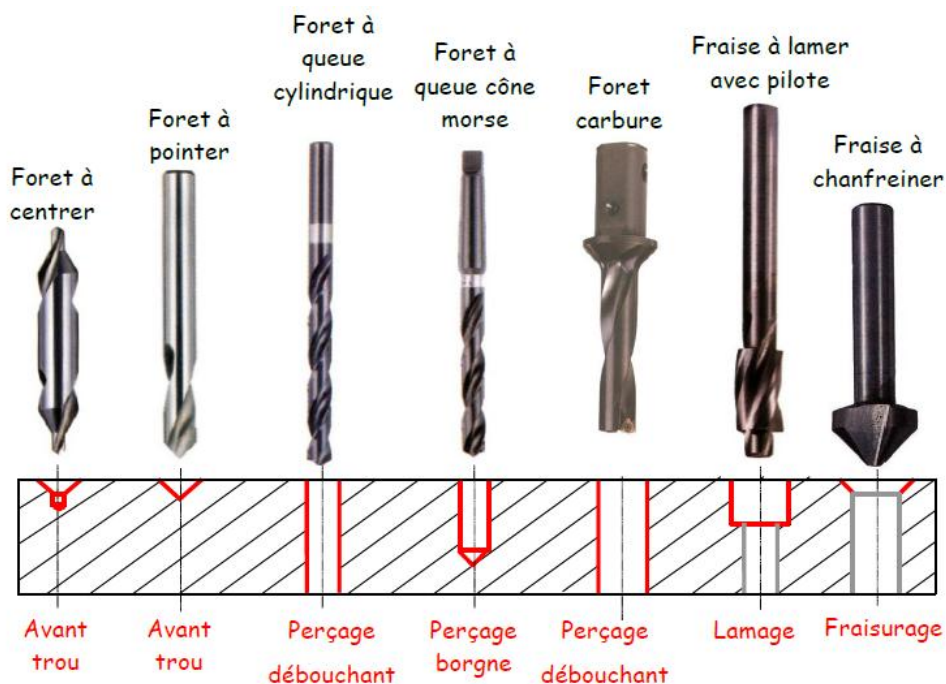
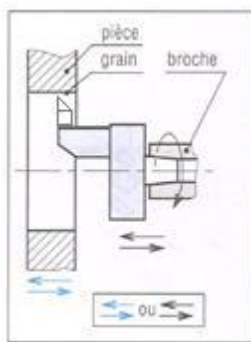


Figure 4.3 : Quelques opérations de perçage.

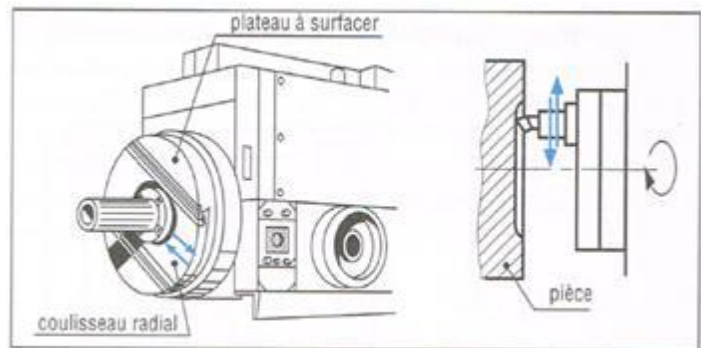
4.5. Opération d'alésage

L'alésage consiste à mettre aux cotes désirées les diamètres des trous généralement cylindriques tels que ceux des chemises pistons. L'opération d'alésage sur les machines à aléser et à fraiser est réalisée couramment à l'aide d'outils à tranchant unique (grains) ; figure 4.4a et la figure 4.4b. Outre ces derniers, il est possible de monter en bout de la broche : un foret aléseur d'ébauche, un alésoir de finition (réglable ou non) NF E66-001 à 031 ou une fraise deux tailles. Au détriment de l'opération d'alésage sur tour, sur les machines à aléser, c'est le porte-outil (ou barre d'alésage), monté en bout de broche, qui est animé d'un mouvement circulaire de coupe. Le mouvement d'avance est donné :

- Soit par déplacement de la pièce ;
- Soit par déplacement de la broche.



(a)



(b)

Figure 4.4 : Opération de l'alésage.

4.6. Opérations de taillage des pignons

L'opération de taillage des dentures des engrenages se fait par divers précédés qu'on peut classer sous deux catégories :

- **Taillage par génération** : Par outil crémaillère, outil pignon ou par outil fraise-mère.
- **Taillage sans génération** : Par fraise de forme, fraise disque à grande productivité, brochage, forgeage, frittage ou par reproduction. Le mot sans génération veut dire sans utiliser un usinage reprenant les mouvements d'engrènement entre un outil (pignon, crémaillère, ou fraise) et la roue à tailler.

Le procédé de taillage par fraise module (de forme) sur fraiseuse horizontale ou verticale par le biais d'un plateau diviseur (Figure 4.5).

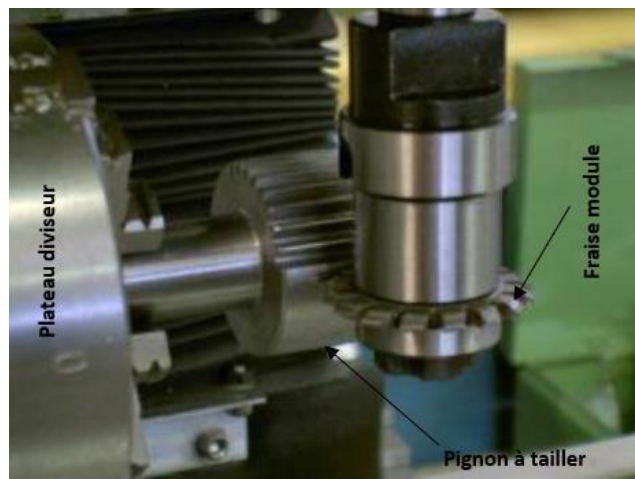


Figure 4.5 : Taillage d'une roue par fraise-module.

4.7. Opérations de rectification

La rectification est un procédé d'usinage par abrasion à la meule sur pièces généralement ébauchées et traitées thermiquement (Vitesse de coupe ≈ 25 m/s).

4.7. 1. Rectification plane : La meule est animée d'un mouvement de rotation, le mouvement d'avance est généralement donné à la pièce (figure 4.6a).

4.7. 2. Rectification de révolution : la meule et la pièce sont animées d'un mouvement de rotation ; le mouvement d'avance est donné à la meule ou à la pièce (figure 4.6b).



(a)



(b)

Figure 4.6 : Machines à rectifier.

4.8. Opérations élémentaires

Les opérations élémentaires sont des reprises imposées par la cotation (cotes, spécifications, état de surface, etc.) (tableau 4.1). Les différentes opérations de réalisation sont :

- Ebauche (E), permet d'approcher la cote en enlevant le maximum de matière ;

- Demi-finition (F/2), permet d'obtenir la forme et la précision géométrique ;
- Finition (F), permet d'obtenir la cote et l'état de surface ;
- Finition spéciale (2F), état de surface particulier (rodage, pierrage, grattage, etc.) ;
- l'ordre des phases imposé dans le processus (Place d'un traitement thermique, bavures, etc.).

La prise désigne le départ sur une surface brute cependant la reprise désigne le départ sur une surface usinée.

Procédés d'usinage	Cote par rapport à une surface brute	Cote entre surfaces usinées		Cotes de finition
		Ebauche	Demi-finition	
Fraisage	Varie de ± 0.1	0.3 à 0.5	0.1 à 0.2	Doit respecter l'IT fixé par le dessin
Tournage	à 1 selon la	0.3 à 0.5	0.1 à 0.2	
Perçage	qualité et la	0.2 à 0.5	0.15 à 0.2	
Alésage grain	correction	0.2 à 0.4	0.1 à 0.2	
Alésage	géométrique	0.15 à 0.2	0.05 à 0.15	
alésoir	de la surface brute	0.1 à 0.3	0.05 à 0.1	
Rectification		0.05 à 0.15	0.02 à 0.04	
Brochage				

Tableau 4. 1 : IT sur les côtes de fabrication.

4.9. Antériorités dues aux contraintes d'usinage

On appelle antériorité une action qui a eu lieu avant une autre et indispensable à la suite des actions. Certaines opérations peuvent être réalisées en parallèle pour gagner du temps, d'autres doivent suivre l'ordre logique.

On peut distinguer trois contraintes d'antériorité d'usinage.

4.9.1. Contraintes d'ordre métrologique

Spécifications:

- Dimensionnelles
- Géométriques

4.9.2. Contraintes d'ordre technologique

Spécifications:

- Outils
- Moyens de fabrication

4.9.3. Contraintes d'ordre économique

-Coût de fabrication

4.10. Contraintes de spécifications dimensionnelles (de cotation)

Les principales contraintes s'établissent au niveau de :

4.10.1. La liaison entre une surface brute et une surface usinée

Une cote dite de liaison au brut situe une surface usinée (F1) par rapport à une surface brute (FB). La surface (F1) est réalisée d'après l'élément du référentiel de départ (FB). Il y'a une contrainte d'antériorité entre FB et F1 (figure 4.7).

4.10. 2. La liaison entre surfaces usinées

La surface (F2) est réalisée en liaison avec (FB), et la surface (F1) sera réalisée par rapport à la surface (F2), de cote U₂. Les contraintes d'antériorité entre les surfaces sont représentées par un graphe dit « des liaisons », (figure 4.8).

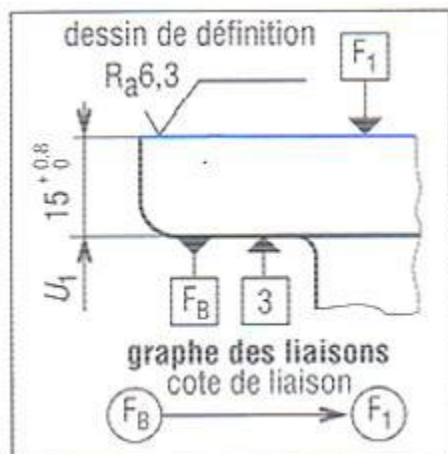


Figure 4.7 : Cotes de liaison au brut

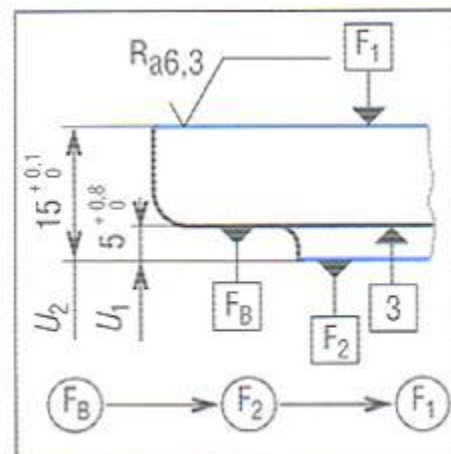


Figure 4.8 : Cotation entre surfaces usinées

4.11. Contraintes de spécifications géométriques (d'ordre)

4.11.1. Tolérances de forme

Rectitude, planéité, circularité, cylindricité, Profil d'une ligne et profil d'une surface (Fig.4.9).

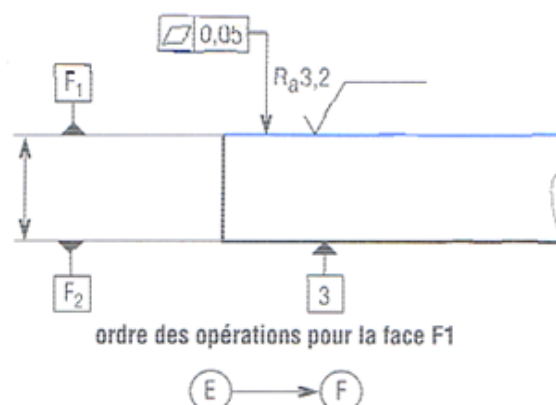


Figure 4.9: Contrainte de forme-Planéité.

4.11.2. Tolérances d'orientation

Parallélisme (Pièce A) et perpendicularité (Pièce C). La relation est imposée (pièces A et C) : La surface F1 est réalisée avant F2. La relation est réciproque (Pièces B et D) : l'ordre de réalisation n'est pas imposé (Figure 4.10).

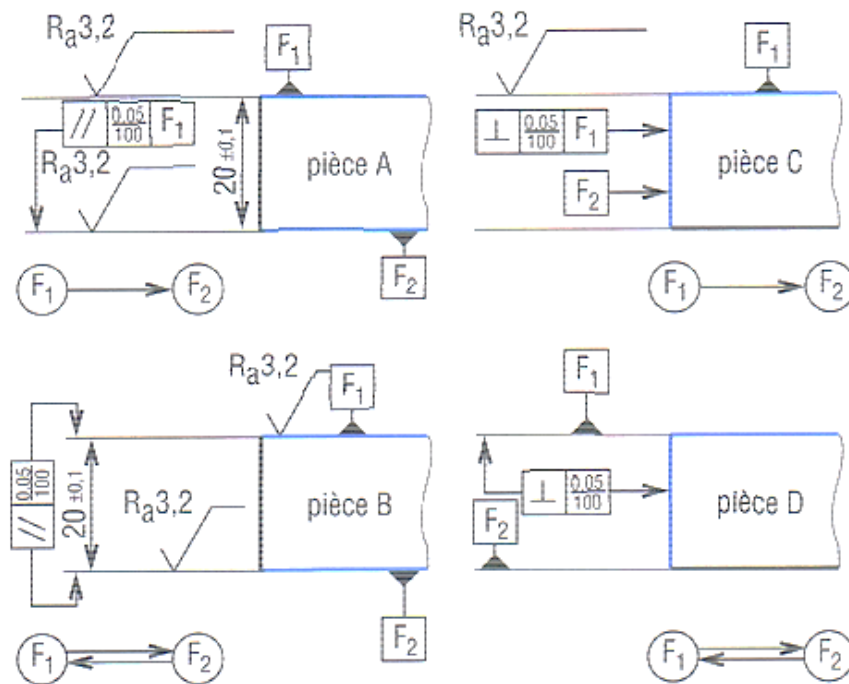


Figure 4.10 : Ordre imposés par tolérances d'orientation.

4.11.3. Tolérances de position

Localisation, concentricité, coaxialité et symétrie. Les spécifications sont des cotes- conditions et interviennent comme telles dans les chaines de cotes.

Exemple : La cote-condition est la demi-symétrie, soit $C=0,04$ mais l'IT sur cette cote-condition (résultante) est de 0,08.

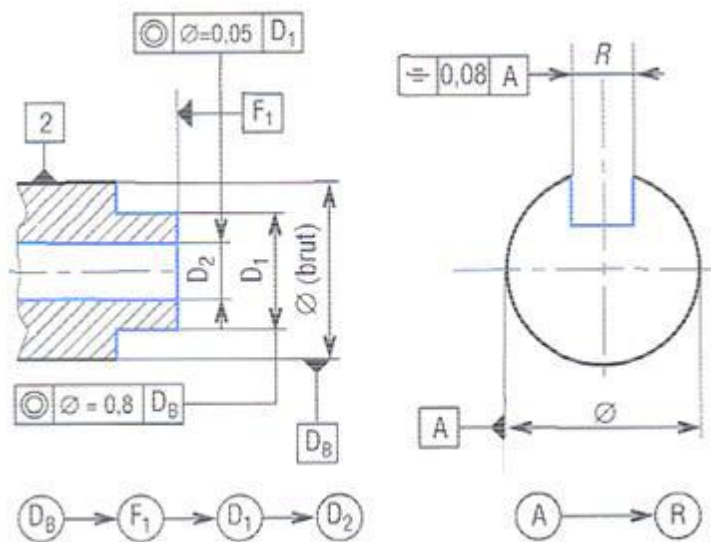


Figure 4.11: Ordres des opérations imposés par tolérances de position.

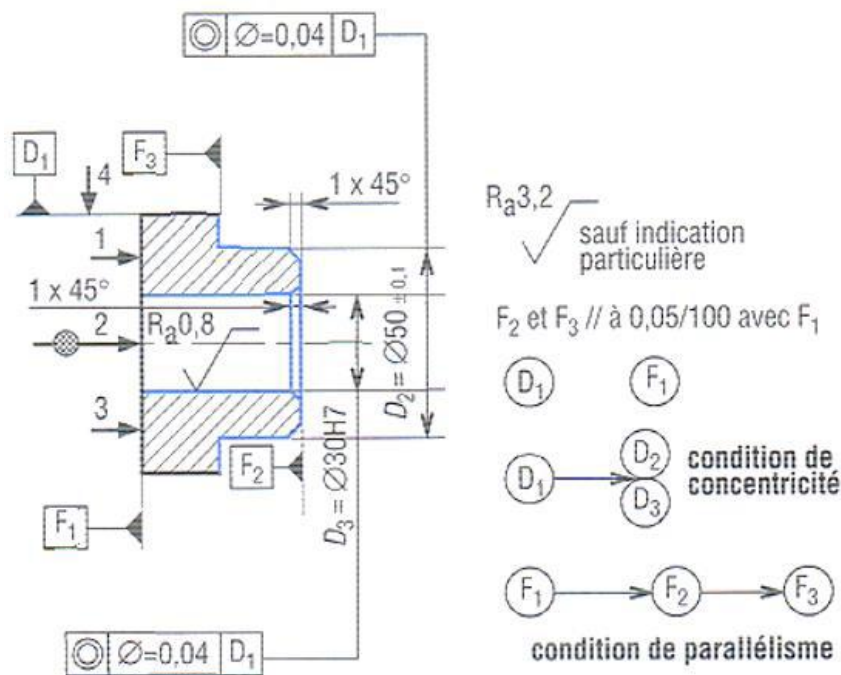


Figure 4.12: Contraintes géométriques : Concentricité et parallélisme.

4.12. Exemples d'ordres des opérations dans la phase imposés par les spécifications (Figure 4.13)

- D1 et F1 réalisées antérieurement.
- D2 et D3 réalisées d'après D1 (Condition de concentricité).
- F2 et F3 réalisées d'après F1 (Condition de parallélisme).
- Ra=0.8 rodé impose : D3 (E), D3 (F/2), D3 (F), D3 (2F).
- Ra=3.2 impose : D2 (E), D2 (F).

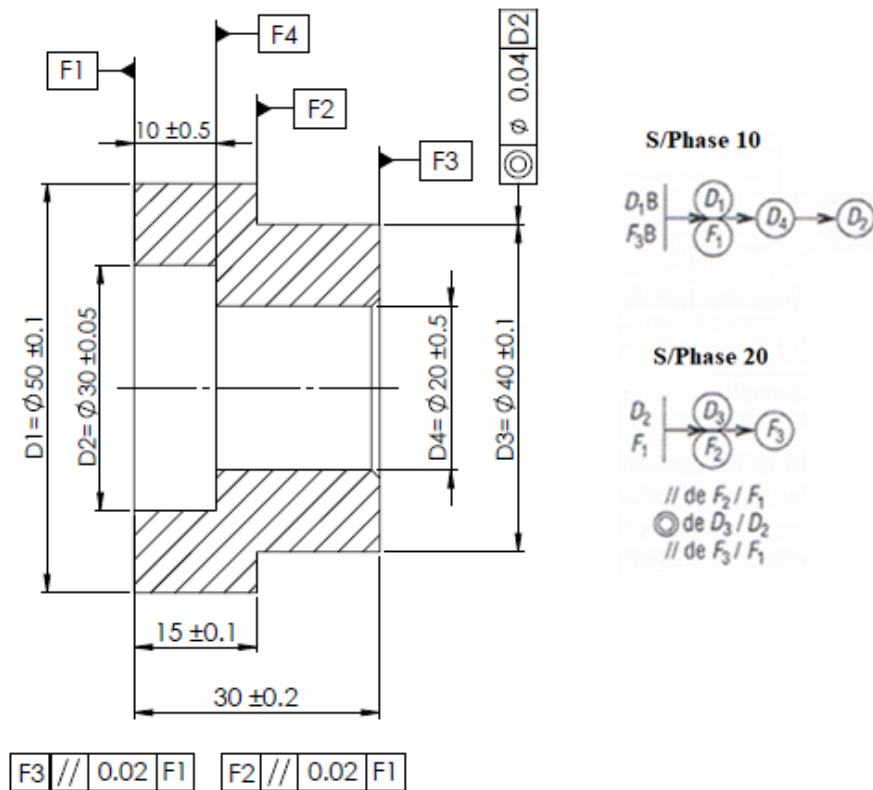


Figure 4.13: Processus des opérations.

IV.2.4 Contraintes technologiques (de séquence)

IV.2.4.1 Opérations élémentaires

Certaines spécifications métrologiques (état de surface et qualité) nécessitent plusieurs opérations successives d'usinage sur la même surface. Pour réaliser l'alésage $\varnothing 18H7$ il faut : E (Ebauche), F/2 (Semi-finition), F (Finition) (Figure 4.14).

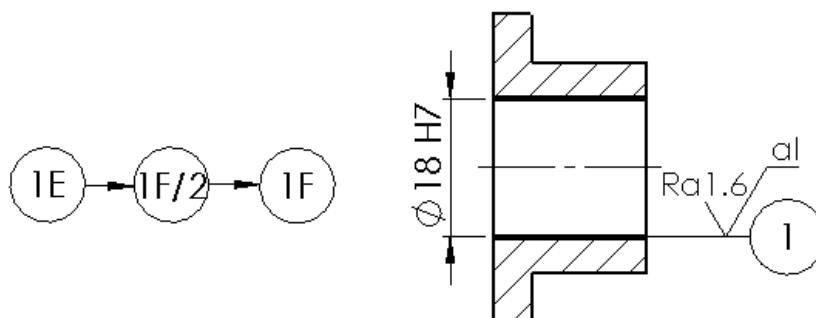


Figure 4.14: Contraintes technologiques : Opérations élémentaires.

IV.2.4.2 Rainure de la clavette

Les trois surfaces 2, 2' et 2'' de la rainure de la clavette de la Figure IV.19

sont réalisées simultanément, on peut les associer en groupe ④. On réalise d'abord l'alésage ① puis les trois surfaces associées de la rainure de la clavette (groupe A)

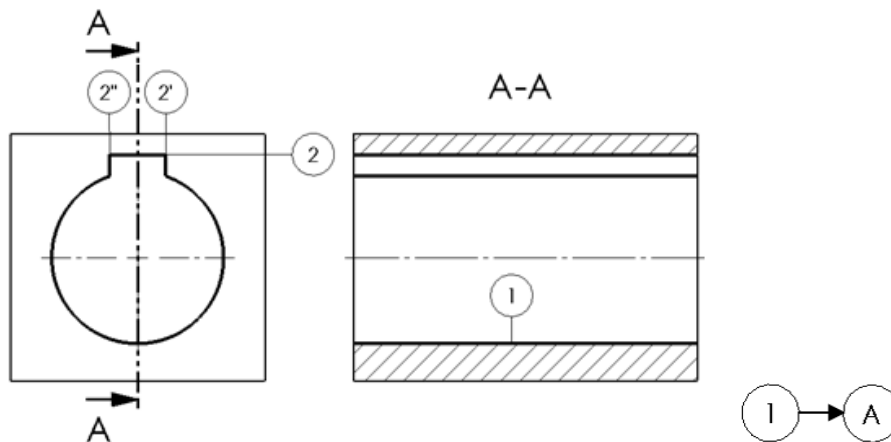


Figure 4.15 : Contraintes technologiques : Rainure d'un moyeu.

IV.2.4.2 Alésages sécants

Deux cas peuvent se présenter pour les alésages sécants :

Cas 1 : Alésages ① et ② de diamètres différents. Si ① est le grand diamètre et ② est le petit diamètre) : ② puis ①

Cas 2 : Alésages ① et ② sensiblement de même diamètre. Si ① (ØH7) et ② ($\text{ØD}\pm 0,2$) : ① puis ②.

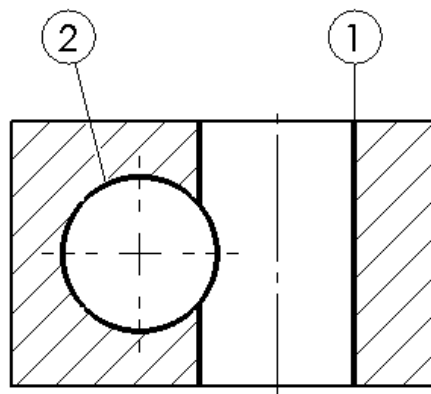


Figure 4.16: Contraintes technologiques -Trous sécants.

IV.2.4.3 Trou lamé et taraudé

La Figure 4.17 illustre deux cas de contraintes technologiques entre surfaces imposées par les outils.

Cas a) : Les surfaces sont réalisées dans l'ordre suivant : Perçage, lamage, taraudage.

Cas b) : Dans le cas d'utilisation d'un foret étagé : Perçage et lamage, taraudage.

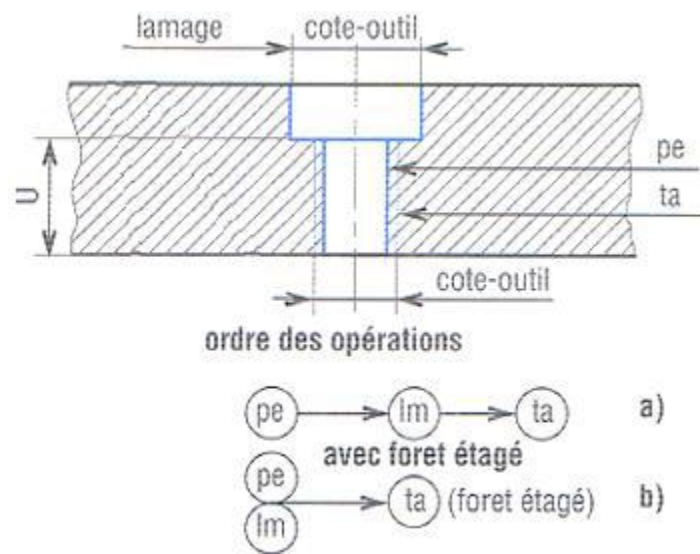
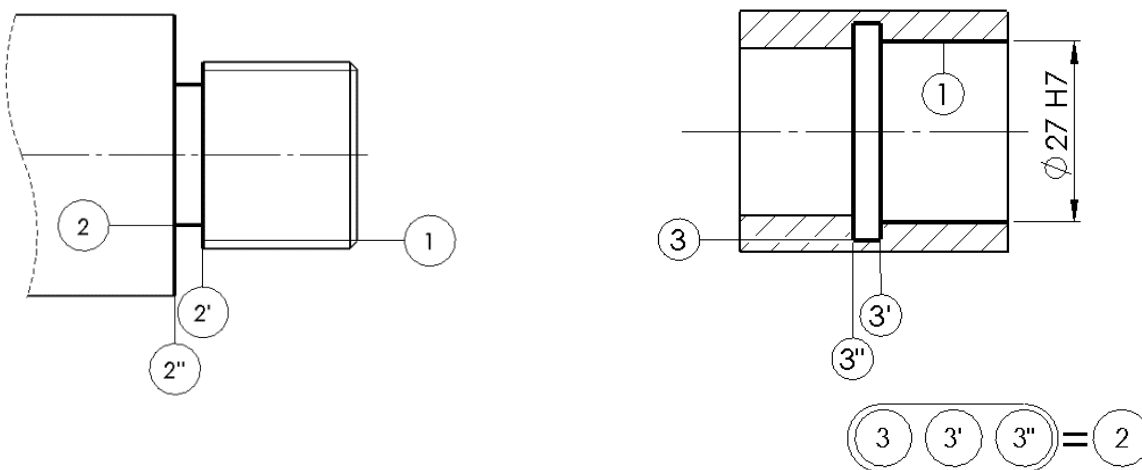


Figure 4.17 : Contraintes technologiques - d'outils.

IV.2.4.4 Gorges de dégagement 2, 2' et 2''



La réalisation est comme suit :



Figure 4.18 : Contraintes technologiques Gorges de dégagement.