وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**
جامعة عبدالحميد ابن باديس مستغانم
**Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem**
كلية العلوم و التكنولوجيا
**Faculté des Sciences et de la Technologie**

**N° d'ordre : M...../GM/2019**

# MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE
# MASTER ACADEMIQUE

**Filière : Génie Mécanique**

**Spécialité : Construction**

*Thème*

# Etude d'une boite a vitesse d'une fraiseuse de type 6P13

**Présenté par :**

1. Hamdane Imane

***Soutenu le --/ --/ 2019devant le jury composé de :***

Président : Pr ZENASNI Ramdane UMAB - Mostaganem
Examinateur : Dr BENKABOUCHE Salah-Eddine UMAB - Mostaganem
Encadreur : Dr KHAIT Mohammed Amine UMAB - Mostaganem

**Année Universitaire : 2018 / 2019**

**Résume**

En mécanique industrielle, la fabrication d'une pièce à partir d'une quantité de matière livrée sous forme de produits semi-finis (tôles, barres, etc.) requiert la mise en œuvre d'un ensemble de techniques. L'une d'entre elles est l'usinage, c'est-à-dire un enlèvement de matière par un outil coupant. L'usinage d'une pièce se décompose en une succession d'opérations, définie par la gamme d'usinage établie par le bureau des méthodes à partir du dessin de définition issu du bureau d'études. L'usinage traditionnel s'effectue, en respectant les règles de la coupe des métaux, sur des machines-outils classiques ou automatisées. Ces machines outils sont conçues pour atteindre des performances cinématiques et dynamiques plus élevées, l'amélioration de performance de ces machines outils demande une bonne métrise et un bon fonctionnement de la machine.
Mon travail consiste une approche de modélisation cinématique sur les changements de vitesses et les combinaisons des baladeurs adopté sur notre fraiseuse classique. Puis une gamme variée sur les différentes vitesses utilisées, ainsi que d'autres calculs sur les caractéristiques de la boite à vitesse. Et nous avons conclu notre travail par l'élaboration d'une gamme d'entretien adopté sur notre fraiseuse classique.
***Mots clés :*** Fraiseuse classique, Usinage a grande vitesse, chaine cinématique, boite à vitesse d'une fraiseuse et maintenance industrielle.
**Abstract:**

In industrial mechanics, the manufacture of a part from a quantity of material delivered in the form of semi-finished products (sheets, bars, etc.) requires the implementation of a set of techniques. One of them is machining, that is to say a removal of material by a cutting tool. The machining of a part is broken down into a succession of operations, defined by the machining range established by the method office from the definition drawing from the design office. Traditional machining is carried out, respecting the rules of the metal cutting, on conventional or automated machine tools. These machine tools are designed to achieve higher kinematic and dynamic performances; the improvement of performance of these machine tools requires a good metrics and a good functioning of the machine. My work consists of a kinematic modeling approach on gear shifts and combinations of the different speeds used, as well as other calculations on the characteristics of the gearbox. And we concluded our work by developing a maintenance range adopted on our conventional milling machine.
**Keywords:** conventional milling machine, high speed machining and power train, gear box, milling machine and industrial maintenance.

**الملخص**

في الميكانيكا الصناعية ,يتطلب جزء من كمية من المواد التي يتم تسليمها في شكل منتجات شبه جاهزة (اوراق, قضبان, الخ ) تنفي ذ مجموعة من التقنيات, واحد منهم هو بالقطع و ه ذا يعني ازالة المواد عن طريق اداة القطع, يتم تقسيم تصنيع الجزء الى سلسلة متتالي من العمليات والتي يحددها نطاق التشغيل من قبل مكتب الطريقة من الرسم المستخلص من مكتب التصميم .يتم تنفيذ الالات التقليدية مع احترام قواعد القطع المعدنية على ادوات الالات التقليدية او الالية .تم تصميم ادوات الالات ه ذه لتحقيق اداء حرك اعلى وديناميكي ويتطلب تحسين اداء ادوات الماكينات.
يتكون عملي من منهج النمذجة الحركية على التحولات والعتاد ومجموعات من اجهزة استماع تم اعتمادها على الة التفريز التقليدية الخاصة بنا .ثم مجموعة متنوعة على السرعات المختلفة المستخدمة ولكذالك الحسابات الاخرى على خصائص علبة التروس.لقد انتهينا من عملنا من خلال تطوير نطاق صيانة معتمدة على الة التفريز التقليدية الخاصة بنا.
**الكلمات الاساسية:** الة التفريز التقليدية , الات عالية السرعة, توليد القوة , الة التفريز ,صندوق التروس و الصيانة الصناعية .

# Dédicace

A nos parents,

A nos familles,

A nos amis.

# Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout Puissant et Miséricordieux, qui nous a donnés la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En premier lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Dr. KHIAT Sidi Mohammed Amine pour ses conseils précieux et sa disponibilité durant toute la période de la réalisation de ce travail.

Toute notre gratitude à Monsieur Ould Said Belkacem Chef de département et à l'ensemble du personnel du département de Génie Mécanique de l'université Abd Alhamid Ibn Badis de Mostaganem pour leurs encouragements.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury M.ZENASNI Ramdane et Dr BENKABOUCHE Salah-Eddine pour l'intérêt qu'ils ont porté en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modes te travail.

Hamdane Imane.

# Sommaire

Introduction générale .....1

**Chapitre I** **Généralité**

I.1 La machine-outil ..... 4
I.1.1 Définition .....4
I.1.2 Procédés d'usinage .....4
I.1.3 Tournage .....4
I.1.3.1 Les tours traditionnelles .....4
I.1.3.2 Les tours modernes .....4
I.1.4 perçage .....5
I.1.5 Rectification .....5
I.1.6 Rabotage .....6
I.1.7 Motraisage .....7
I.2 Fraisage .....7
I.2.1 Introduction .....7
I.2.2.Définition .....7
I.2.3 Les différents mouvements de rotation .....8
I.2.4.Les composants d'une fraiseuse .....9
I.2.5 Principe .....10
I.2.6 Différents types de fraiseuses .....11
I.2.6.1 Fraiseuse horizontale .....11
I.2.6.1.1 Les composants d'une fraiseuse horizontale .....11
I.2.6.2 Fraiseuse horizontale transformable .....12
I.2.6.3 Fraiseuse verticale .....12
I.2.6.4 Fraiseuse universelle .....12
I.2.6.4.1 Les composition d'une fraiseuse universelle .....13
I.2.6.5 Fraiseuse d'établi .....14
I.2.6.6 fraiseuse à double montant .....14
I.2.6.7 Fraiseuse duplex .....14
I.2.6.8 Fraiseuse multibroches .....15
I.2.6.9 Fraiseuse à Commande Numérique .....15
I.2.7 les opérations de fraisage .....15
I.2.8 Le différents mouvements .....17
I.2.9 Procédés de fraisage .....17

I.2.9.1 Fraisage en bout ..... 17
I.2.9.2 Fraisage en roulant ..... 17
I.2.10 Caractéristiques des fraises ..... 18
I.2.11 Classification des fraises ..... 19
I.2.12 Montage de l'arbre porte-fraise et de la fraise ..... 19
I.2.13 Démontage de la fraise et de l'arbre porte-fraise ..... 20
I.2.14 Fraise à surfacer ..... 20
I.2.15 Modes de coupe ..... 20
I.2.15.1 Fraisage en avalant ..... 20
I.2.15.2 Fraisage en opposition (ou conventionnel) ..... 21
I .2.15.2.1 Principe ..... 21
I.2.15.2.2 Formation du copeau ..... 21
I.2.15.2.3 Les avantage ..... 21
I.3.1 Les éléments de coupe ..... 22

**Chapitre II** **Boite de vitesses des machines tournantes**

II.1 Introduction sur la boite vitesse ..... 24
II.2 Définition ..... 24
II.3 Fonctionnement de la boite de vitesses ..... 24
II.4 Situation de la boite de vitesses ..... 26
II.5 Les types de la boite de vitesses ..... 26
II.5.1 Boite de vitesse à commande manuelle ..... 27
II.6 Choix De La Boite De Vitesse ..... 28
II.6.1 Boite de vitesse à commande manuelle ..... 28
II.7 Domaine d'utilisation de la boite de vitesse ..... 28
II. 8 Le But de la boite de vitesse ..... 28
II.9 Les engrenages ..... 29
II.9.1 Introduction ..... 29
II.9.2 Définition ..... 30
II.9.3 Principe ..... 30
II.9.4 Types d'engrenage : ..... 31
II.9.5 Classification des engrenages ..... 34
II.9.5.1 roue cylindrique à denture droit ..... 34
II.9.5.2 Roues cylindrique à denture hélicoïdale : ..... 35
II.9.5.3 roue conique ..... 38

II.9.5.4 Systèmes à roue et vis sans fin .....38
II.9.6 relation générales .....40
II.9.6.1 Rapport de transmission entre deux roues dentées 1 et 2 .....40
II.9.6.2 Cascade d'engenage .....40
II.9.6.3 etage de réduction multiple:.....41
II.10. les arbres .....41
II.10.1. Les effort sur l'arbre .....42
II.10.2 Action du moyeu sur l'arbre:.....42
II.10.3.Choix des matériaux des arbres:.....42
II.11 les paliers :.....42
II.12 les synchroniseurs.....42
II.13 la commande à boite:.....43
II.14 Le carter:.....43
II.15 Lubrifant:.....43
II.16 Des conseils pour bien préserver la boite de vitesses.....44

**Chapitre III Étude de la boite à vitesse d'une fraiseuse universelle type 6P13**

III.1 Boite de vitesse à commande manuelle .....46
III. 2 schémas d'ensemble de la machine .....47
III. 3 Généralité .....49
III. 3.1 schéma cinématique de la boite à vitesse.....49
III. 3.1.1 Principe de fonctionnement de la fraiseuse.....49
III. 4 Les conditions de coupe.....50
III. 5 Calcule d'engrènement: .....51
III. 5.1. Règles de transmission par engrènement .....51
III. 5.2. Calcule les vitesses de sorties : : .....52
III. 5.3 Calcule des rapports des transmissions :.....53
III.6 Efforts de coupe et puissance:.....54
III. 6.1 Cas du fraisage centré :.....54
III. 6.2 Cas du fraisage décalé:.....55
III.7. épaisseur moyenne du copeau:.....55
III.8 La résistance des dentures :.....59
III.8. 1. Effort sur la denture :.....59

III. 8.2 Résistance de la dent à la flexion: .....59

**Chapitre IV** **Entretien de la Fraiseuse universelle type 6P13**

IV.1 Introduction.....**Erreur ! Signet non défini.**4
IV. 2 Proposition:.....64
IV. 3 Gamme d'entretien da la fraiseuse « 6 P 13 » .....**Erreur ! Signet non défini.**5
IV. 3 .1 Graissage.....65
IV. 3.1.1 But du graissage.....65
IV. 3 .2 Interventions .....66
IV.3.3 Réglages et nettoyage .....67
IV. 4 Consignes De Sécurité.....68
IV. 5 Consignes de sécurité à lire impérativement .....70
IV.6 Nettoyage.....71
IV. 6.1 Mise de niveau.....71
IV.6.2 Equilibrage de la broche. .....71
IV.6.3 boite de la broche.....71
IV.6. 4.Boîte des avances et du tablier.....72
IV. 6. 5.Graisseurs.....72
IV.7 Conclusion général .....76

# Tableau des figures

**Chapitre I** **Généralité**


Figure I.1 Perceuse.....5
Figure I.2 Rectifieuse.....6
Figure I.3 Raboteuse.....6
Figure I.4 Mortaiseuse.....7
Figure I.5 fraise à plaquettes.....8
Figure I.6 fraise boule.....8
Figure I.7 les composants d'une fraiseuse.....8
Figure I.8 composantes d'une fraiseuse en détailles.....9
Figure I.9 principe du fraisage.....10
Figure I.10 Les formes obtenues sur fraiseuse.....11
Figure I.11 Fraiseuse horizontale et verticale.....11
Figure I.12 Fraiseuse universelle.....13
Figure I.13 les composants d'une fraiseuse universelle.....13
Figure I.14 Fraiseuse d'établi.....14
Figure I.15 Fraiseuse à double montant.....14
Figure I.16 Fraiseuse duplex.....14
Figure I.17 Fraiseuse multibroches.....15
Figure I.18 Fraiseuse à commande numérique.....15
Figure I.19 Caractéristique des fraises r.....18
Figure I.20 Déférentes taille de fraises.....18
Figure I.21 Formes de fraises.....18
Figure I.22 mode de fixation.....19
Figure I.23 Fraisage en avalant.....21
Figure I.24 Fraisage en opposition.....21


**Chapitre II** **Boite de vitesses des machines tournantes**


Figure II.1 Schéma de boite de vitesses mécanique.....24
Figure II.2 Schéma de fonctionnement de la boite à vitesse.....25
Figure II.3 la mise en situation de la boite à vitesse dans un véhicule.....26
Figure II.4 Boite vitesse a engrenage sans prise constante (baladeur).....27

Figure II.5 Boite vitesse à engrenage en prise constante .....27
Figure II.6 les différents types d'engrenages. .....30
Figure II.7 Principe d'entraînement par adhérence (à gauche) et par engrenage (à droite). .....30
Figure.II.1.a engrenage extérieure à denture droite. .....31
Figure II.1.b engrenage intérieur (train épicycloïdal) à dentures droites. .....31
Figure II. 2.a pignons cylindriques à dentures hélicoïdales .....32
Figure II. 3.a engrenage conique. .....32
Figure II. 2.b Roue-vis sans fin. .....33
Figure II. 3.b pignons coniques à denture hélicoïdal .....33
Figure II. .8 principe de taillage .....35
Figure II. 9 taillage par crémaièrelle. .....35
Figure II. 10 Les caractéristiques d'une roue cylindrique à denture hélicoïdale. .....35
Figure II. 11 fonctionnement de roues cylindrique à denture hélicoïdale. .....36
Figure II. 12 Conditions d'emploi des dentures hélicoïdales .....37
Figure II.13 La représentation cinématique de denture extérieures, pignon et couronne intérieure 37
Figure II. 14 roue conique. .....38
Figure II. 15 Schéma cinématique d'une roue conique .....38
Figure II. 16 Principe de fonctionnement de systèmes à roue et vis fin .....39
Figure II. 17 Représentation cinématique d'un systeme à roue et vis fin .....40
Figure II. 18 Représente chêne cinématique d'un pignon fou .....40
Figure II. 19 Représente d'un réduction multiple .....41

**Chapitre III Étude de la boite à vitesse d'une fraiseuse universelle type 6P13**

Figure III.1 : boite à vitesses .....46
Figure III.2 : fraiseuse à commande manuelles .....46
Figure III.3 : dessin d'ensemble de Boite à vitesse fraiseuse 6P13 .....47
Figure III.4 : schéma cinématique d'une fraiseuse de type « 6P13 » .....50
Figure III.5 : Transmission du couple et vitesse de rotation .....51
Figure III.6 : cas du fraisage centré. .....54
Figure III.7 : Cas du fraisage décalé. .....55
Figure.III.8 : forme du copeau. .....55
Figure III.9 : Efforts sur denture droite. .....59
Figure III.10 : Géométrie de la denture droite et la force de flexion. .....60
Figure III.11 : Flexion d'une poutre. .....60
Figure III.12 : Modélisation de la dent.. .....61

Figure IV.1 Pictogrammes de danger. .....73
Figure IV.2 Pictogrammes de mise en garde .....74

# Liste Des Tableaux

**Chapitre I** **Généralité**

Tableau II.1 : differents opérations avec ses outils.....16

**Chapitre II** **Boite à vitesse des machines tournante**

Tableau II.1 : les déffirents types d'engrenage .....34

**Chapitre III** **Étude de la boite à vitesse d'une fraiseuse universelle type 6P13**

Tableau III.1 : Représente les conditions de coupe .....50
Tableau III.2 : Roues dentées et le nombre des dents.....52
Tableau III.3 : Rapport, vitesse et couple dans le cas d'un accouplement à engrènement. .....53
Tableau III.4 : Epaisseur moyenne de copeau hm en mm .....56
Tableau III.5 : force de coupe par unité de surface en fonction de la matière usiné,. .....57

**Chapitre** **Entretien de la Fraiseuse universelle type (6P13)**

Tableau IV.1.a Sous Plan de Graissage .....66
Tableau IV.1.b Mode du Graissage .....66
Tableau IV.2.a Plan d'entretien préventif. .....67
Tableau IV.2.b Plan d'entretien préventif.....67
Tableau IV.1.c Plan d'entretien préventif,.....68
Tableau IIV.1 Résultats de mauvais entretien. .....68

# Abréviation

**I.S.O** : Organisation internationale de normalisation.

**m :** module.

**Z :** nombre des dents.

**D :** diamètre primitif.

**Da :** diamètre de tète.

**Df :** diamètre de pied.

**Db** : diamètre de base.

**h :** hauteur de la dent.

**ha :** saillie.

**hf:**creux.

**p :** pas.

**b :** largeur de denture.

**a :** entraxe.

**s :** l'épaisseur de denture.

**Ft** : la force tangentiel appliqué sur la dent.

**k** : coefficient de la largeur de denture.

**DAO** : dessin assisté par ordinateur.

**r** : rayon primitif.

**ra** : rayon de tête.

**rf** : rayon de pied.

**rb** : rayon de base.

**α** :angle de pression.

**β :** angle de symétrie de la denture.

**P1 :** puissance d'entrée.

**N1 :** vitesse de rotation d'entrée (tr/min).

**C1 :** couple moteur.

**C2 :** couple de sortie.

$\mu_{12}$ : rendementtotale.

$k_{12}$ **:** rapport totale de transmission entre l'entrée et sortie.

**P2** : puissance de sortie.

**N2** : vitesse de sortie (tr/min).

**W2** : vitesse de sortie (rad/s).

$c_I$ **:** couple à l'arbre « I ».

$c_{II}$ **:** couple à l'arbre « II ».

$c_{III}$ **:** couple à l'arbre « III ».

$c_{IV}$ **:** couple à l'arbre « IV ».

**σ :** contrainte normale.

**Rpe :** contrainte admissible.

**Re :** Resistance pratique.

**W1 :** vitesse de rotation d'entrée (rad/s)

**Introduction générale.**

Historiquement, la recherche sur l'usinage s'est concentrée sur deux aspects: le premier aspect concerne le développement technologique qui permet d'améliorer la productivité ainsi que la qualité des pièces finies, le deuxième aspect est la modélisation qui permet la prédiction des efforts de coupe, des champs de température et des propriétés des surfaces. Cependant, le processus de fabrication, en particulier l'usinage sur les fraiseuses universel, joue un rôle important sur la qualité et l'intégrité des surfaces réalisées.

Des systèmes de fabrication et la concurrence amènent les technologies d'usinage à se développer rapidement. Les machines deviennent de plus en plus rapides et puissantes dans le but d'obtenir des gains de productivité. Aujourd'hui, au-delà de la maitrise des dimensions, de la géométrie ou de la rugosité, la production de pièces critiques et complexes doit être capable d'assurer l'intégrité de la surface usinée. En d'autres termes, il faut pouvoir garantir que la surface produite possède l'ensemble des caractéristiques (notamment l'état de contrainte ou l'état métallurgique) qui lui permettront de remplir sa fonction sur une durée prédéfinie. L'usinage sur les fraiseuses universelles classiques est extrêmement difficile de garantir la fiabilité des pièces produites tout en prenant en compte ces changements dans le processus de fabrication. La connaissance de l'impact que peut avoir l'usinage de la surface d'un produit fini en fraisage à forte valeur ajoutée est d'un intérêt primordial pour les ingénieurs et les techniciens.

La qualité des états de surface est l'un des aspects les plus pertinents des opérations d'usinage, puisqu'elle représente la phase finale dans le cycle de production pour l'amélioration du degré de finition des surfaces et les propriétés dimensionnelles et géométriques des pièces mécaniques essentiellement en fraisage. Donc, il est important de se rendre compte de l'influence des différents facteurs impliqués dans le processus de la coupe afin de choisir les paramètres appropriés (vitesses de coupe, d'avance choix des outils…) qui permettent d'atteindre la qualité des surfaces désirée et qui dépend de la géométrie de l'outil, des conditions de coupe et des phénomènes mise en jeu lors de la coupe.

Le but de ce travail est l'étude d'une boite de vitesse d'une Fraiseuse classique. Les boites de vitesses et les transmissions en générales, sont très diversifiées par leur nature et leur principe de fonctionnement suivant le type d'engins et le genre des travaux à exécuter.

Puis définir une approche de modélisation cinématique sur les changements de vitesses et les combinaisons des baladeurs adoptés sur notre fraiseuse classique. En considèrent les conditions de travail et faire le choix d'une transmission afin de satisfaire le mieux ces exigences. La boite de vitesse mécanique est actuellement la solution la plus approprié et la plus convenable, soit sur le plan technique, soit sur le plan économique.

Le travail présenté s'articule comme suite :

Le premier chapitre porte sur une recherche bibliographique sur les différentes machines-outils, leurs structures, différents outils et formes obtenues sur les machines outils classiques.

Par la suite définir les paramètres de la transmission à partir des données de la machine. On tenant compte des caractéristiques de l'ensemble des organes qui constitué la boite à vitesse de notre fraiseuse classique.

Puis faire un choix de type de denture et calculs des différents éléments constituant la boite de vitesse.

Est au dernier chapitre nous présentent les différents entretiens préférer et les étapes à suivre de notre fraiseuse classique.

# Chapitre I

## Généralité

## I.1 Machine–outil

### I.1.1 définition

« Une machine-outil est un appareil destiné à faire fonctionner des outils mécaniquement, le mouvement étant d'ailleurs transmis à la machine soit à la main, soit par l'intermédiaire d'un moteur. Les machines-outils employées pour le travail des métaux sont très diverses et très répandues, et de nos jours les exigences de la construction ont amené à produire des types d'une grandeur vraiment colossale. Les machines employées dans les ateliers de fabrication comprennent : Les tours établis avec des dispositions et des dimensions variables selon les formes et les dimensions des pièces, Les machines à percer employées pour le perçage et l'alésage des pièces les plus diverses, Les machines à fraiser employées très utilement pour le façonnage des pièces détachées, Les machines à aléser destinées à l'alésage des cylindres, Les machines à raboter appliquées au dressage de pièces, telles que les bâtis de machines, plaques de fondation, etc. Les limeuses sont d'un emploi très répandu dans les ateliers d'ajustage, pour le rabotage des pièces détachées. »[1]

### I.1.2 Procédés d'usinage

L'usinage s'effectue dans le but de donner aux pièces brutes la forme, les dimensions et la précision nécessaire demandée par le concepteur dans son dessin de définition, par enlèvement de copeau (surépaisseur) sur des machines-outils appropriées. En fonction de la forme à donner à la surface et du type de la machine-outil, on distingue les opérations de coupe suivantes : le tournage, le perçage, la rectification, le fraisage, le rabotage…etc. [2]

### I.1.3 Tournage

Pendant le tournage, la pièce tourne autour de son axe, tandis que l'outil s'engage dans sa surface à une profondeur déterminée. L'outil est animé d'un mouvement d'avance continu parallèle ou perpendiculaire à l'axe de la pièce. Le tournage s'effectue sur machine dite tour.

Les types de tour employés dans l'industrie sont :

#### I.1.3.1 Les tours traditionnelles

- ✓ les tours parallèles ;
- ✓ les tours revolver ;
- ✓ les tours en l'air ;
- ✓ les tours verticaux ;
- ✓ les tours multibroches.

#### I.1.3.2 Les tours modernes

Sont des tours à commande numérique.

### I.1.4 Perçage

Pendant le perçage, la pièce est fixe tandis que l'outil est animé de deux mouvements continus simultanés, le mouvement de coupe et le mouvement d'avance suivant l'axe de l'outil. Le perçage s'effectue sur des machines à percer appelées perceuses, voir figure I.1.

**Figure I.1**: Perceuse

Les perceuses les plus fréquemment rencontrées dans la pratique sont: [3]

- ✓ Perceuses sensitives
- ✓ Perceuses à colonne
- ✓ Perceuses radiales
- ✓ Perceuses horizontales
- ✓ Perceuses multibroches
- ✓ Perceuses C.N.C.

### I.1.5 Rectification

Au cours de la rectification, l'outil de coupe appelé meule est animé d'un mouvement de rotation (figure I.2), la pièce se déplace en translation (rectification plane) ou tourne autour de son axe tout en se déplaçant en translation le long de son axe (rectification cylindrique). La rectification se fait sur des rectifieuses planes et cylindriques.

Dans un atelier de rectification, on trouve plusieurs types de rectifieuses, sont:

- ✓ les rectifieuses planes,
- ✓ les rectifieuses cylindriques,
- ✓ les rectifieuses sans centres,
- ✓ les machines de superfinition,

- ✓ les affûteuses.[4]

**Figure I.2**: Rectifieuse

### I.1.6 Rabotage

Lors du rabotage, le mouvement rectiligne intéresse soit la pièce, soit l'outil. Sur une raboteuse, on met en mouvement la pièce tout en déplaçant latéralement l'outil d'une certaine quantité, Sur un étau limeur, c'est l'outil qui effectue un mouvement rectiligne en revenant à l'origine à la suite de chaque course de travail, tandis que la pièce se déplace latéralement d'une quantité égale à l'avance désirée. Le rabotage s'effectue sur des machines outils appelées raboteuses ou étaux-limeurs.

**Figure I.3**: Raboteuse

### I.1.7 Mortaisage

Le mortaisage est une opération analogue au rabotage, seulement le mouvement de l'outil se fait verticalement, et ce mode d'usinage s'intéresse généralement au travail des surfaces intérieures,

**Figure I.4**: Mortaiseuse

## I.2 Fraisage

### I.2.1 Introduction

L'opération de fraisage est sans aucun doute l'une des plus polyvalentes, permettant l'obtention de surfaces planes précises et aussi dans le cas des fraiseuses à commande numérique, de profils complexes et de surfaces 3D. Dans ce type de mise en forme, l'outil est entraîné en rotation par la broche de la machine, et un déplacement relatif est effectué entre la pièce et l'outil de coupe afin de produire sur la pièce la forme désirée. Les fraiseuses ont supplanté certaines machines (raboteuses, étaux limeurs) pour l'usinage de surfaces planes. Ces machines peuvent également servir pour des opérations de tournage. L'outil, une fraise, est fixé dans la broche et est animé d'un mouvement de rotation (mouvement de coupe). Il peut se déplacer en translation par rapport à la pièce suivant trois directions. On note qu'il existe plusieurs types de fraiseuses

### I.2.2 définition

Le Fraisage est un procédé d'usinage par enlèvement de matière. Il se caractérise par le recours à une machine-outil : la fraiseuse. L'outil classiquement utilisé est la fraise.

En fraisage, l'enlèvement de matière - sous forme de copeaux - résulte de la combinaison de deux mouvements : rotation de l'outil de coupe d'une part, et avance de la pièce à usiner d'autre part.

La fraiseuse est particulièrement adaptée à l'usinage de pièces prismatiques.

. La fraise est munie de dents et est de forme variable (voir figure I.5 et I.6).

**Figure I.5:** fraise à plaquettes

**figure I.6 :** fraise boule**.**

Le fraisage est un procédé d'usinage réalisé au moyen d'un outil multiple (à plusieurs arêtes de coupe) qui est animé d'un mouvement de rotation

**I.2.3 Les différents mouvements de rotation :**

- ✓ Mouvement de rotation de la fraise qui est entraîné par la broche de la machine, Mc (mouvement rapide circulaire de coupe)
- ✓ Mouvement de translation de la pièce qui est fixée sur la table de la machine, Ma (mouvement lent rectiligne uniforme d'avance).

Le mouvement de translation est orienté de façon à pousser la pièce contre la fraise suivant une direction généralement perpendiculaire par rapport à son axe. [5]

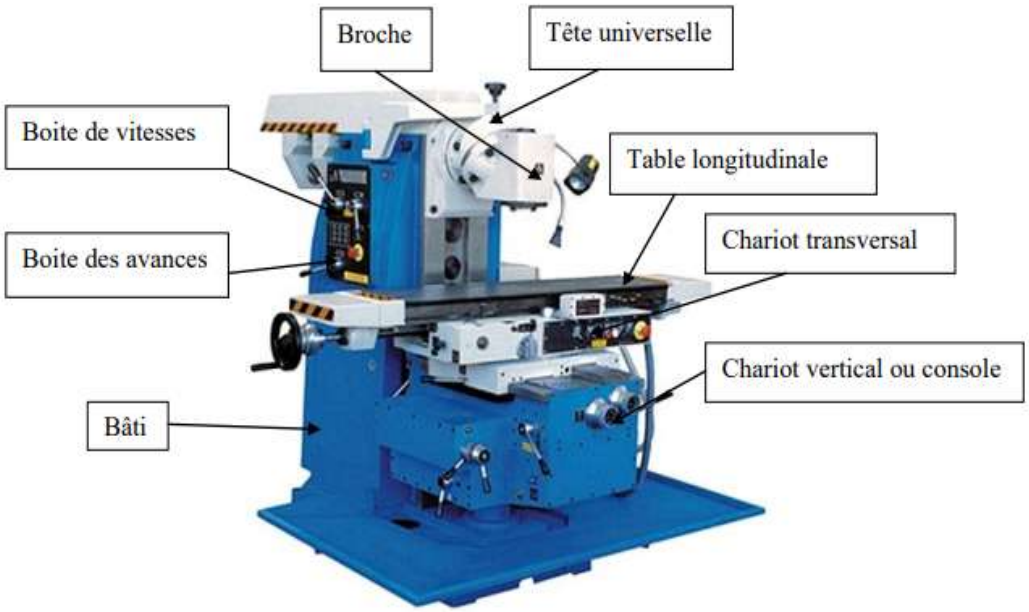



**Figure I.7** les composants d'une fraiseuse

### I.2.4 les composants d'une fraiseuse :

La fraiseuse se compose de :

- ✓ Un bâti en fonte servent d'assise à la machine et supportant les différents organes.
- ✓ Une poupée fixe analogue à celle d'un tout qui transmet le mouvement à la fraise.
- ✓ L'arbre porte-fraise en acier spécial recevant son mouvement de la broche.
- ✓ Le support horizontal on poutre en fonte de longueur réglable suivant les montages de fraises et pièces.
- ✓ Le support d'arbre : destiné à soutenir l'extrémité libre de l'arbre porte-fraises.
- ✓ Une console reliée au bâti par ses glissières et portant les différents chariots porte-pièces.
- ✓ Le chariot transversal coulis sur les glissières transversales de la console.
- ✓ La table rectangulaire se déplace longitudinalement sur les glissières du chariot transversal.
- ✓ Le moteur électrique.
- ✓ La boite des vitesses.
- ✓ La boite des avances.

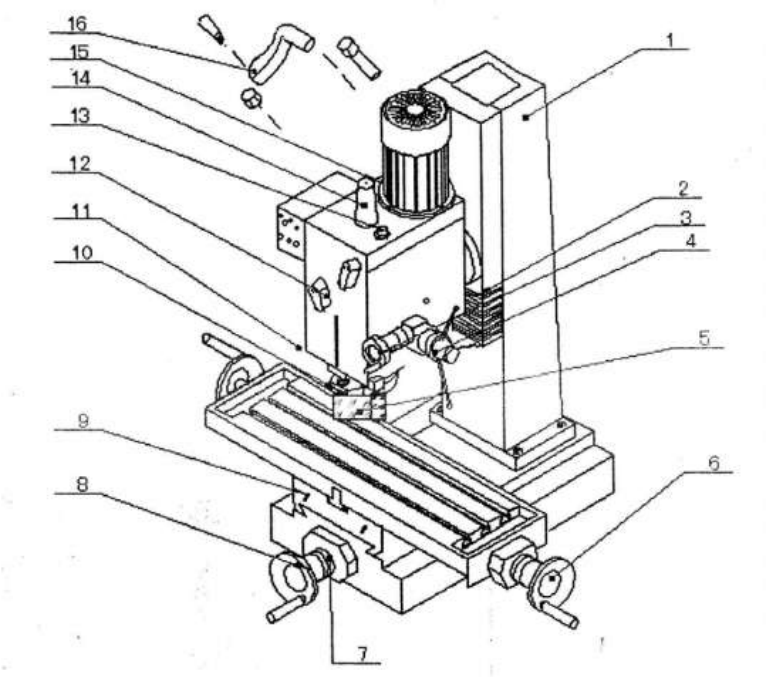



**Figure I.8** composantes d'une fraiseuse en détailles

1. colonne carrée
2. soufflet de protection organe
3. manivelle d'avance micromètrique de la broche
4. manivelle d'ava,ce de la broche
5. capot de protection
6. manivelle d'avance longitudinal de la table
7. vernier
8. manivelle d'avance transversale de la table

9. butée de course
10. calibre à butée fixe
11. orifice de remplissage d'huile
12. lrvier de vitesse
13. bouchon orifice de remplissage d'huile et débit d'air
14. protection du boulon de l'arbre
15. corps de tete
16. manette de la tete

### I.2.5 Principe:

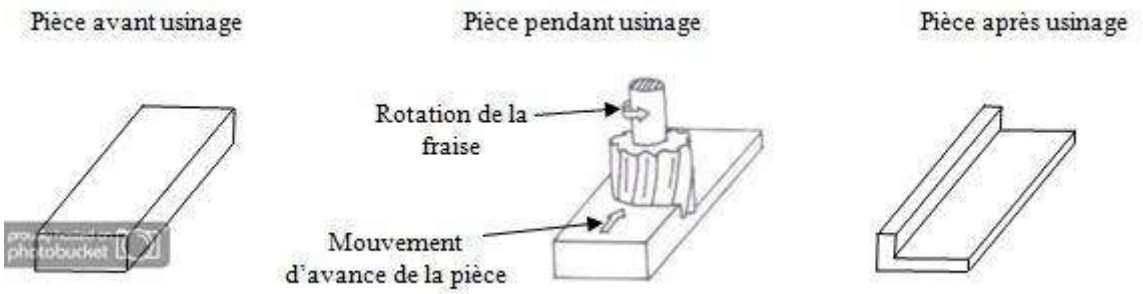
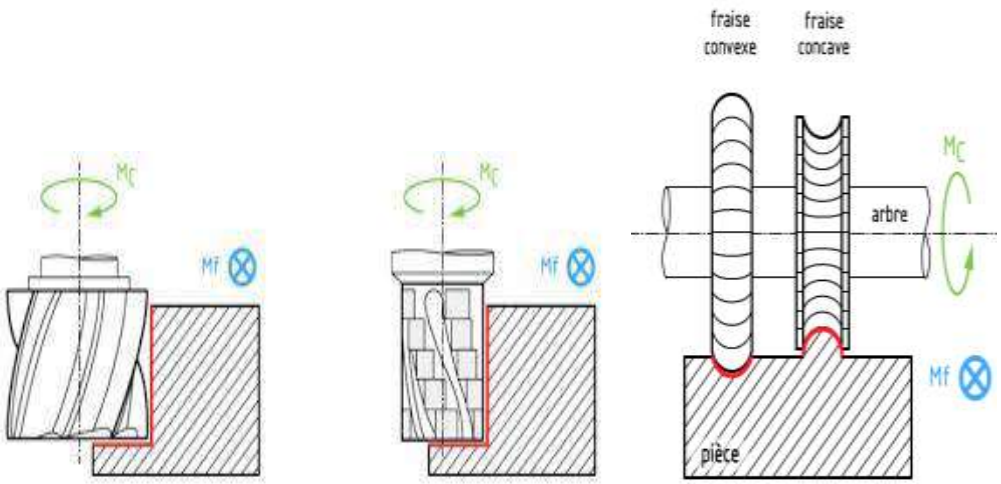



**Figure I.9 :** principe d'usinage

Le fraisage est un procédé d'usinage réalisé sur des machines- outils appelées fraiseuses, permettant l'obtention de surfaces géométriques simples (principalement des plans) ou des surfaces géométriques simples associées (rainure, épaulement, …). Au fraisage le métal est travaillé avec un outil multi tranchants appelé fraise. La coupe est obtenue à partir de la combinaison de 2 mouvements : - Un mouvement de rotation de l'outil (fraise) appelé mouvement de coupe (Mc) qui s'exprime en tour / minute (tr/min). - Un déplacement rectiligne de la pièce appelé mouvement d'avance (M f) , qui s'exprime en millimètre / minute (mm/min). [6]



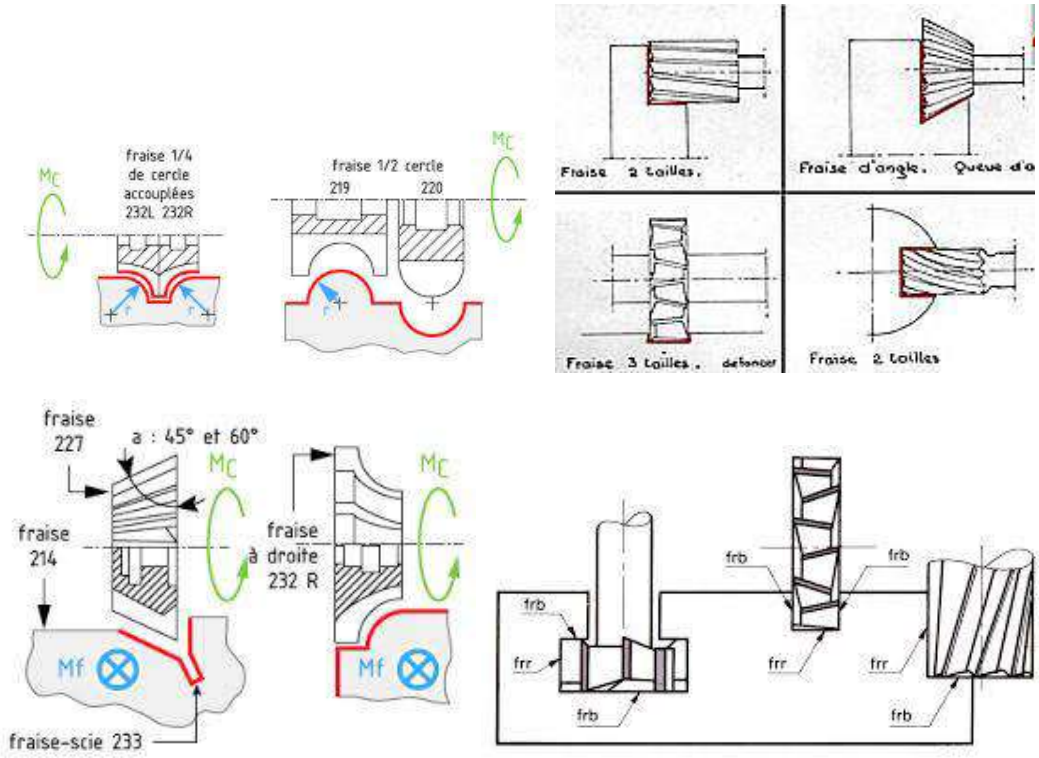



**Figure I.10**: Les formes obtenues sur fraiseuse

### I.2.6 Différents types de fraiseuses

#### I.2.6.1 Fraiseuse horizontale

La fraiseuse horizontale utilise des fraises montées sur un arbre porte-fraise horizontal.

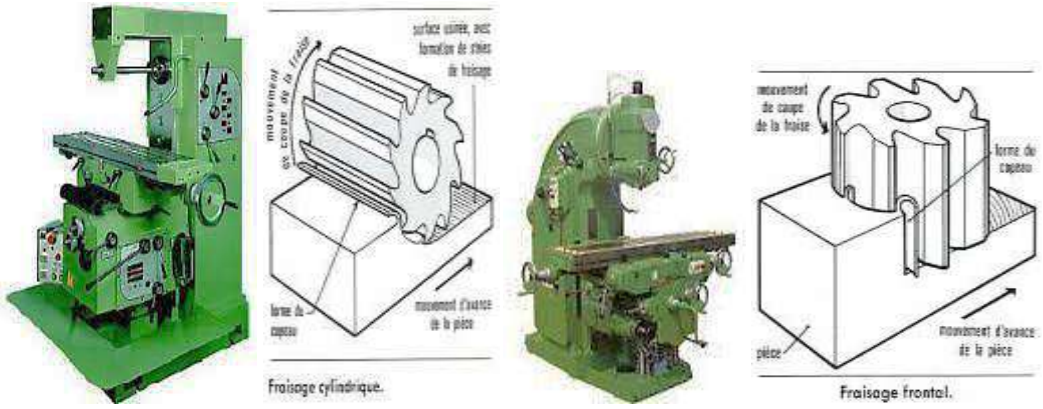



**Figure I.11 :** Fraiseuse horizontale et verticale**.**

#### I.3.6.1.1 Les composants d'une fraiseuse horizontale:

Il se compose de :

1. Un bâti en fonte servent d'assise à la machine et supportant les différents organes.
2. Une poupée fixe analogue à celle d'un tout qui transmet le mouvement à la fraise.

3. L’arbre porte-fraise en acier spécial recevant son mouvement de la broche.
4. Le support horizontal on poutre en fonte de longueur réglable suivant les montages de fraises et pièces.
5. Le support d’arbre : destiné à soutenir l’extrémité libre de l’arbre porte-fraises.
6. Une console reliée au bâti par ses glissières et portant les différents chariots porte-pièces.
7. Le chariot transversal coulis sur les glissières transversales de la console.
8. La table rectangulaire se déplace longitudinalement sur les glissières du chariot transversal.
9. Le moteur électrise.
10. La boite des vitesses.
11. La boite des avances.

### I.2.6.2 Fraiseuse horizontale transformable

La fraiseuse horizontale peut se transformer occasionnellement en fraiseuse verticale grâce à l’utilisation d’une tête verticale rapportée.

### I.2.6.3 Fraiseuse verticale

Elle est très similaire à la fraiseuse horizontale dans la construction et possède les mêmes parties de base, mais la broche de la machine est positionnée verticalement.

### I.2.6.4 Fraiseuse universelle

Elle est appelée ainsi parce qu'il peut être adapté à une très vaste palette d'opérations de fraisage. La FU est principalement utilisée dans les travaux de l'atelier d'outillage. Outre les mouvements de la table obtenus dans une fraiseuse verticale ou horizontale, la tête universelle conçue en genou peut être inclinée à un angle requis, dont le plus connu est celui du fabricant HURE avec 2coulisses l’une verticale C1 et l’autre inclinée C2 figure. Dans quelque versions, la table de la machine de fraisage universelle peut pivoter de 45 ° de chaque côté et ainsi travaux de fraisage hélicoïdales peuvent être effectuées. Elle peut recevoir des forets, alésoirs, des fraises avec un très haut degré de précision. [7]

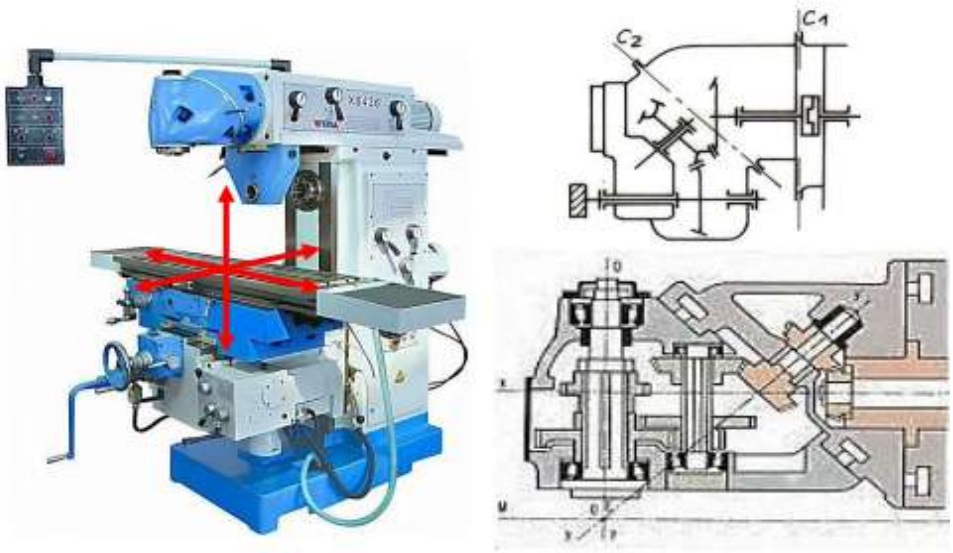



**Figure I.12** : Fraiseuse universelle : [7]

### I.3.6.4.1 Les composition d'une fraiseuse universelle

| REPERE | DESIGNATION | REPERE | DESIGNATION |
|---|---|---|---|
| 1 | Tête verticale de fraisage | 15 | Levier de réglage des avances |
| 2 | Flexible du liquide d'arrosage | 16 | Volant pour avance du chariot X |
| 3 | Eclairage | 17 | Volant pour avance du chariot Z |
| 4 | Vis pour serrage de l'outil verticalement | 18 | Pompe du lubrifiant de console |
| 5 | Dispositif de pivotement | 19 | Regard pour poupée et mécanisme des avances |
| 6 | Regard Circulation d'huile - Poupée | 20 | Socle de la machine |
| 7 | Leviers de commande de la vitesse de broche | 21 | Regard Huile de fuite |
| 8 | Bouton-poussoir pour serrage de l'outil (horizontal.) | 22 | Flexible de retour agent d'arrosage |
| 9 | Poupée avec broche horizontale de fraisage 10 Moteur d'entraînement | 23 | Levier de blocage pour chariot X |
| 11 | Filtre de l'huile | 24 | Bac à copeaux |
| 10 | Moteur d'entraînement | 25 | Capot de protection contre les copeaux |
| 12 | Pupitre de commande | 26 | Protection circulaire |
| 13 | Levier de blocage du chariot Y | 27 | Armoire de commande |
| 14 | Volant pour avance du chariot Y | 28 | Levier d'avance du fourreau |

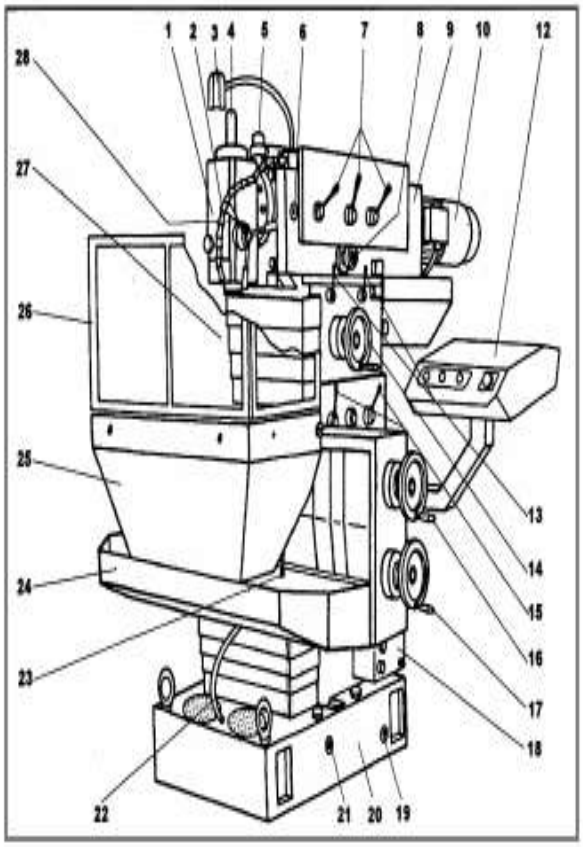



**Figure I.13** les composants d'une fraiseuse universelle

### I.2.6.5 Fraiseuse d'établi

**Figure. I.14** Fraiseuse d'établi

### I.2.6.6 Fraiseuse à double montant

**Figure I.15** Fraiseuse à double montant

### I.2.6.7 Fraiseuse duplex

**Figure I.16** Fraiseuse duplex.

### I.2.6.8 Fraiseuse multibroches

**Figure I.17** Fraiseuse multibroches.

### I.2.6.9 Fraiseuse à Commande Numérique

**Figure I.18** Fraiseuse à commande numérique. [9]

### I.2.7 les opérations de fraisage

- **Le surfaçage**

  Réalisation d'une surface plane à l'aide de fraises de face ou de profil.

- **Le rainurage**

  Consiste à réaliser une rainure à l'aide de fraises de profits adaptés au genre de rainures à exécuter.

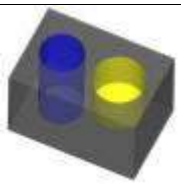
- **Le détourage de profits**

  C'est une opération qui consiste à finir le profit d'une pièce à l'aide d'une fraise généralement cylindrique à une taille.

- **Le profilage**

  Lorsque les profits fraisés résultent directement de formes de la fraise et non des mouvements de la pièce.

**Tableau I.1** Différentes opérations avec ses outils.

| Dessin | Opération | Outille |
|---|---|---|
| | **Surfaçage**<br>Le surfaçage c'est l'usinage d'un plan par une fraise. (surface rouge) | Frais à surfacer |
| | **Plans épaulés**<br>C'est l'association de 2 plans perpendiculaires (surfaces vertes) | Fraise de tailles |
| | **Rainure**<br>C'est l'association de 3 plans. Le fond est perpendiculaire au deux autres plans. (surfaces vertes) | Fraise 2 tailles<br>Fraise 3 tailles |
| | **Poche**<br>La poche est délimitée par des surfaces verticales quelconques (cylindre et plan). C'est une forme creuse dans la pièce. (surface cyan) | Fraise 2 tailles |
|  | **Perçage**<br>Ce sont des trous. Ils sont débouchant (surface bleu) ou borgnes (surface jaune). | Foret<br>Alésoir<br>Fraise 2 tailles (pour le plastique) |

### I.2.8 Le différents mouvements

- Mouvement de rotation du frais : obtenue par le mouvement de rotation de l'arbre porte-fraise. Cette rotation produite par un moteur électrique.
- Mouvement d'avance :

  Ce mouvement peut être communiqué à la table

  - ✓ Manuellement par la vis de la table actionnée par la fraiseuse qui agit sur la manivelle ou le volant.
  - ✓ Automatiquement par la vis de la table qui est commandée par la boite des avances.

C'est l'avance par dent qui détermine l'épaisseur du copeau.

- Mouvement de pénétration : il est obtenu par le déplacement vertical de la console sur une fraiseuse horizontale ou par un déplacement latéral de la table sur une fraiseuse verticale c'est ce mouvement de positionnement qui permet de régler la profondeur de passe.
- **Fraiseuse universelle** : la broche ou arbre porte-fraise peut occuper toutes les inclinaisons possibles par rapport à la table porte-pièce de la machine.
- **Fraiseuse vertical** : la broche est perpendiculaire à la surface de la table. Il en existe de différents types :
  - ✓ à tête porte-broche fixe.
  - ✓ à tête porte-broche inclinable dans le plan vertical parallèle à l'axe de la table.

### I.2.9 Procédés de fraisage

#### I.2.9.1 Fraisage en bout

L'axe de la fraise est placé perpendiculairement à la surface à usiner. La fraise coupe avec son diamètre, mais aussi avec sa partie frontale. Les copeaux sont de même épaisseur, ainsi la charge de la machine est plus régulière. La capacité de coupe est supérieure à celle réalisée par le fraisage en roulant. La qualité de l'état de surface est meilleure [5]

#### I.2.9.2 Fraisage en roulant

L'axe de la fraise est placé parallèlement à la surface à usiner. La fraise coupe avec son diamètre. La charge de la machine en est irrégulière, surtout lors de l'emploi de fraises à denture droite. Les à-coups provoqués par cette façon de faire donnent une surface ondulée et striée. Pour pallier ces défauts, on utilisera une fraise à denture hélicoïdale. L'amélioration enregistrée s'explique ainsi: la denture est chargée et déchargée progressivement.

### I.2.10 Caractéristiques des fraises

La fraise est un outil multiple, formé par plusieurs taillants disposés radialement sur une circonférence. La forme géométrique des taillants d'une fraise est soumise à trois angles fondamentaux sont :

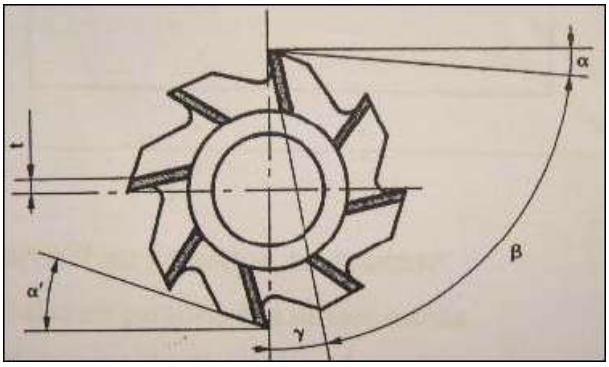



**Figure I.19** Caractéristique des fraises

- angle de dépouille, α (alpha)
- angle de coupe, γ (gamma)
- angle de matière, β (beta)

✓ La taille :

Correspondant nombre d'arêtes tranchantes par dents

- Fraises à une taille
- Frais à deux tailles
- Frais à trois tailles

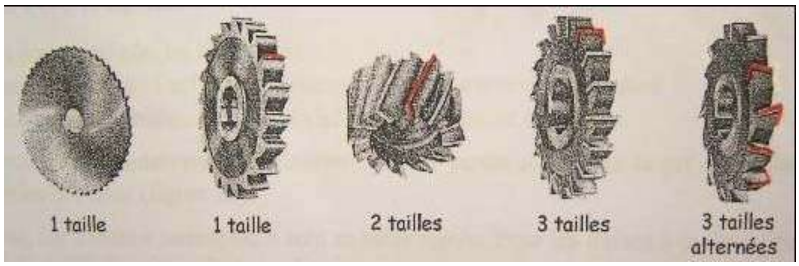



**Figure I.20** Différentes taille de fraises

✓ La forme :

- Fraises cylindriques
- Fraises coniques, biconiques
- Fraise cloche
- Fraises de forme
- Fraises à lames ou à outils Rapporté.

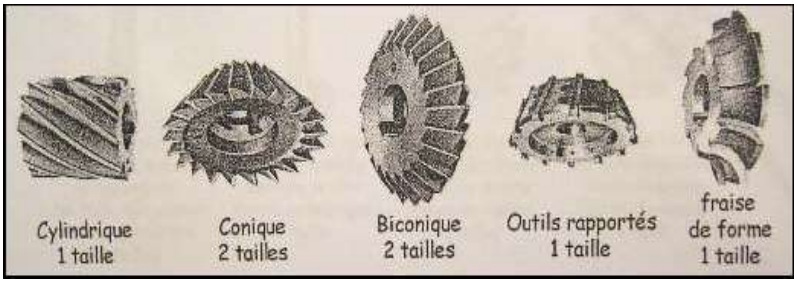



**Figure I.21** Les formes de fraises

✓ La denture :

- Si l'arête tranchante est parallèle à la fraise, on a :
  - Une denture droite
- Si l'arête tranchante est inclinée par rapport à l'axe de la fraise, on a :
  - Une denture hélicoïdale à droite ou à gauche
  - Une denture à double hélice alternée

Une fraise est également caractérisée par son nombre de dents.

Le mode de fixation :

On distingue deux modes de fixation distincts :

• à trou : lisse, lisse rainurer ou taraudé

• à queue : cylindrique ou conique

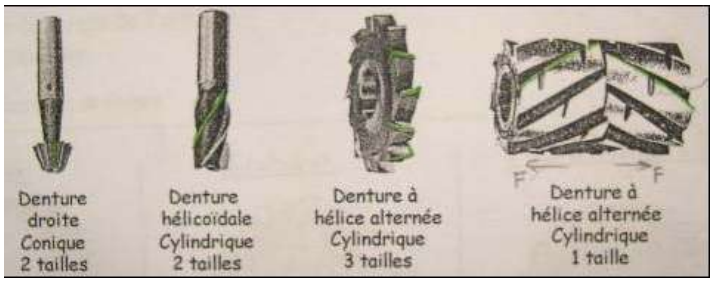



**Figure I.22** mode de fixation

### I.2.11 Classification des fraises

- Fraises monoblocs : Ce sont des fraises dont la denture est taillée dans la masse on rencontre 2 types de fraises monoblocs.

  →Fraise à denture taillé ou fraisée

  →Fraise à profil constant

- Fraises à denture rapportée : sont intéressantes du fait de la fabrication du corps de fraise en acier ordinaire au carbone et des dents en acier à coupe rapide ou alliage spécial.

  Deux types se rencontrent souvent :

  →fraises à outils rapportés

  →fraises à plaquettes rapide

- Fraises rouleaux : c'est une fraise monobloc cylindrique à trou lisse pourvu d'une rainure pour clavette d'entraînement. Les fraises plus larges possèdent un alésage chambré qui assure un meilleur guidage fraise/arbre.

### I.2.12 Montage de l'arbre porte-fraise et de la fraise

On veillera tout simplement :

- Nettoyer le cône intérieur de la broche.
- Placer l'arbre porte-fraise, l'orienter suivant les tenons d'entrainement.
- Huiler légèrement le filet de la tige de rappel qui fixera l'arbre porte-fraise dans son logement.
- Serrer l'écrou de blocage.
- Placer les bagues intercalaires.
- Situer la position de la fraise (porte-à-faux minimum).
- Placer la fraise (cale, sens de rotation).
- Placer les bagues intercalaires.
- Situer la position de la bague de roulement.
- Placer la bague guide.

- Positionner et bloquer la poutre.
- Placer le bras support.
- Fixer celui-ci sur la poutre.
- Placer les bagues intercalaires.
- Visser et bloquer l'écrou de blocage.

### I.2.13 Démontage de la fraise et de l'arbre porte-fraise

- Débloquer et desserrer l'écrou de blocage.
- Enlever les bagues intercalaires.
- Débloquer le bras support.
- Enlever le bras support et la bague de roulement restée dans celui-ci.
- Enlever les bagues intercalaires.
- Enlever la fraise.
- Replacer les bagues intercalaires ainsi que l'écrou de blocage.
- Débloquer l'arbre porte-fraise et l'enlever.
- Débloquer la tige de rappel et la desserrer de un tour maximum.
- Chasser avec un maillet la tige de rappel pour décoller l'arbre de son logement conique.
- Enlever l'arbre porte-fraise et la tige de rappel et les déposer sur la desserte.

### I.2.14 Fraise à surfacer

Fraise en bout à deux tailles à surfacer, à dents rapportées en acier rapide fixées dans le corps de la fraise à l'aide de broches introduites de force entre le corps et les dents, et qui agissent ainsi comme un coin. Le genre d'attache au mandrin de cette fraise est rarement utilisé.

### I.2.15 Modes de coupe

Il existe deux modes de coupe, selon le sens de rotation de la fraise et la direction du déplacement de la pièce à usiner. [10]

#### I.2.15.1 Fraisage en avalant

Le sens de rotation de la fraise et celui du déplacement de la pièce à fraiser vont dans la même direction. Les tranchants de la fraise attaquent le copeau au point d'épaisseur maximal. Cette façon de faire, en fraisage horizontal, plaque la pièce sur la table de la fraiseuse et donne des surfaces finies de bonne qualité. Ce principe nécessite l'utilisation d'une machine robuste disposant d'une table équipée d'un système de translation avec rattrapage de jeu, ce qui est le cas sur les machines modernes. Ainsi on évite que la pièce soit "tirée" dans la fraise, voir figure I.23.

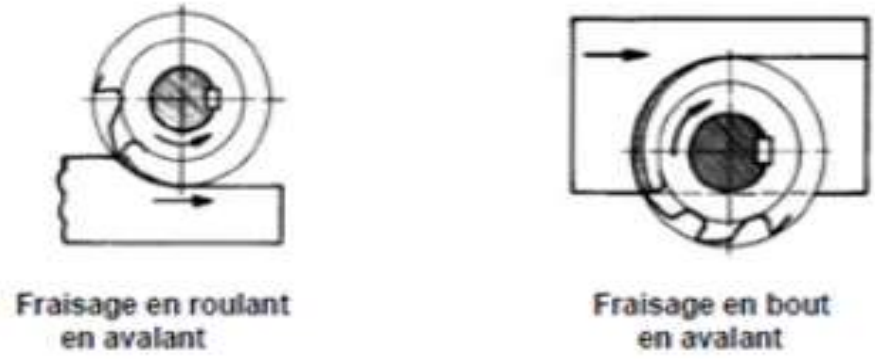



**Figure. I.23** Fraisage en avalant

### I.2.15.2 Fraisage en opposition (ou conventionnel)

Le mouvement d'avance de la pièce à fraiser est opposé au sens de rotation de la fraise. Cette dernière attaque le copeau au point d'épaisseur minimal. Dans ce cas, les dents glissent sur la surface usinée avant rotation de la fraise. Cette façon de faire provoque un grand frottement d'où une usure plus rapide des tranchants de la fraise. De plus, l'effort de coupe en fraisage horizontal tend à soulever la pièce à usiner. Les copeaux peuvent également être entraînés par la fraise et se coincer entre la pièce et les arêtes de coupe, endommageant la pièce et la fraise, voir figure I.24.

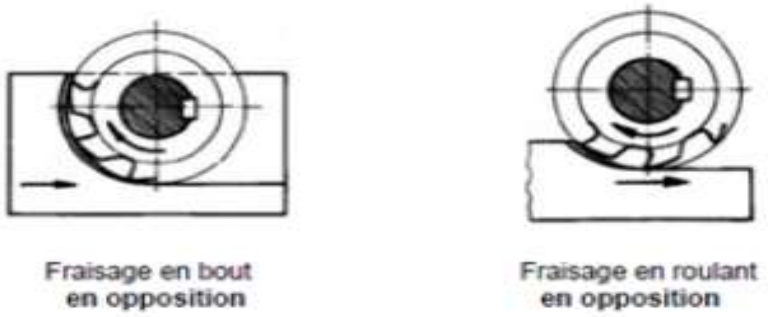



**Fig. I.24** Fraisage en opposition [9]

#### I.2.15.2.1 Principe

On dit que le fraisage est en opposition (ou conventionnel, ou en roulant) lorsque le sens de l'avance est opposé au sens de rotation de la fraise au niveau de la coupe (figure I.24) [10].

#### I.2.15.2.2 Formation du copeau

Au début de la coupe, le tranchant de la dent glisse sur la surface de la pièce, le copeau a alors une épaisseur nulle. Ensuite, la dent pénètre lentement dans la matière pour atteindre sa profondeur maximum à la fin de la coupe.

#### I.2.15.2.3 Les avantage

- Lorsque la fraise entre en prise avec la matière, la dent refuse de tailler à cause du copeau minimum. Il s'ensuit que l'outil frotte exagérément sur la pièce, s'use et détériore la surface usinée.

- À la suite de cette usure, la pression devient trop importante et à chaque sortie de dent, l'outil plonge dans la matière. Il y a alors production de marques de broutage et l'état de surface n'est pas bon.

- L'effort de coupe tend à soulever la pièce et la table sur laquelle elle est fixée. Ce qui demande un blocage de la pièce beaucoup plus conséquent [10].

### I.3.1 Les éléments de coupe

a. La vitesse de coupe ($V_c$)

C'est la longueur de copeau débité pendant la durée d'une minute. N: fréquence de rotation de la fraise définie par la formule : $N = \frac{1000 \times V_C}{\pi \times d}$

$V_c$ : vitesse de coupe (m/min)
d : diamètre de la fraise (mm)
N : vitesse de rotation broche (tour/min)

# Chapitre II

## Boite de vitesses des machines tournantes

## II.1. Introduction sur la boite vitesse

La vitesse de marche d'un véhicule, ou d'une machine d'industrie dépend de la puissance du moteur et du couple idéal à transmettre. Pour un rendement élevé et économique serait bien "adopté la vitesse la plus économique au cas envisagé, d'où la nécessité d'interpolation entre le moteur el les organes récepteurs d'un autre organe qui permet une grande variation du rapport" entre le couple moteur el le couple appliqué, aux organes récepteurs cet organe porte le nom "boite de vitesse" qui permet de disposer d'une série discontinue de rapports de transmission.

## II.2. Définition

La boîte de vitesses est un élément très important en mécanique. Depuis de nombreuses années, les ingénieurs on sans cesse réduit son poids, son volume et son rendement. Ce mécanisme est quasiment indispensable pour un moteur thermique pour pouvoir adapter le couple et la vitesse de rotation, Les boîtes de vitesses servent dans un premier temps comme réducteur ou multiplicateur puis secondairement à lier cinématiquement les 2 autres composants.

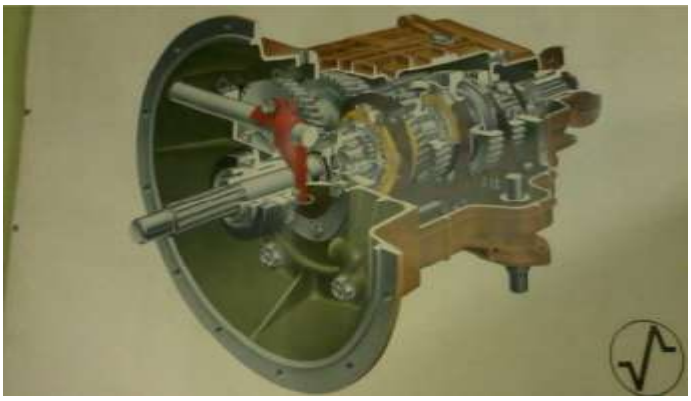


**Figure II.1** Schéma de boite de vitesses mécanique

## II.3 Fonctionnement de la boite de vitesses

La fonctionnalité des boîtes de vitesses est de transmettre la puissance fournie par un moteur aux roues du véhicule, en modifiant éventuellement le rapport entre la vitesse de rotation et le couple. Le principe de ce type de boîte repose sur le choix de plusieurs couples de pignons (appelés engrenages) offrant des rapports de transmission différents. Chaque engrenage est constitué d'un pignon d'entrée solidaire de l'arbre primaire, et d'un autre pignon de sortie en liaison pivot avec l'arbre secondaire. Un rapport est enclenché lorsqu'un

des pignons de sortie devient solidaire de l'arbre secondaire. Pendant ce temps les autres pignons tournent librement. On dit qu'ils sont fous. Après débrayage, pour rendre un pignon fou solidaire de son arbre, il faut dans un premier temps le synchroniser avec son arbre, c'est-à-dire annuler la vitesse de rotation relative, puis le bloquer en rotation. La manœuvre est assurée par un synchroniseur (synchro) et un crabot monté sur des cannelures, donc en liaison glissière avec l'arbre, et commandés en translation par l'une des fourchettes. L'accouplement entre le crabot et le pignon correspondant s'effectue au moyen de dents, qui peuvent être frontales (créneaux) ou périphériques (cannelures). Les formes complémentaires des deux éléments assurent une transmission de la puissance par obstacle. Le maintien du rapport enclenché se fait à l'aide d'un système de verrouillage des crabots sur l'arbre de sortie, mais aussi des coulisseaux de fourchette (entraînés par le levier de vitesses) sur le carter de la boîte.

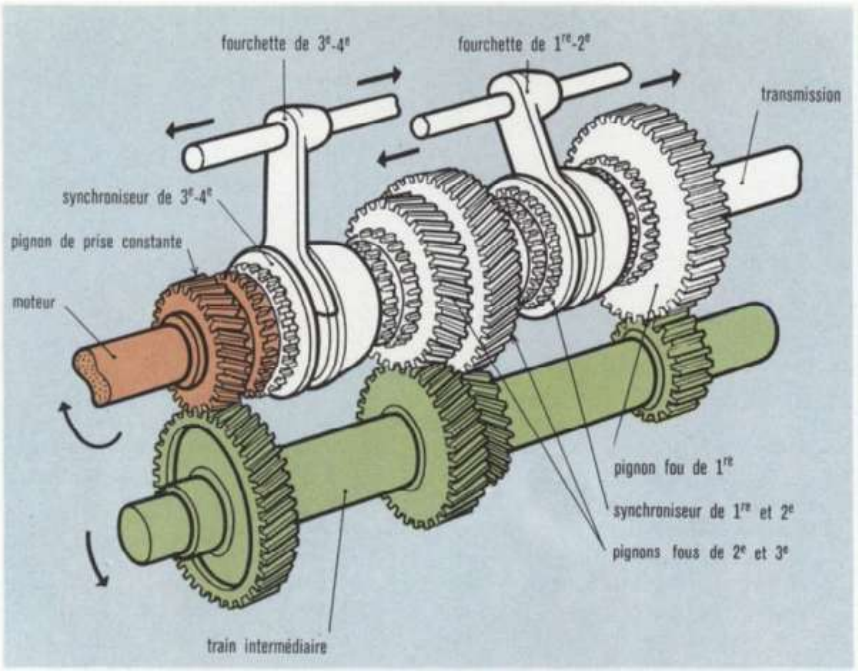



**Figure. II.2** Schéma de fonctionnement de la boite à vitesse

## II.4 Situation de la boite de vitesses

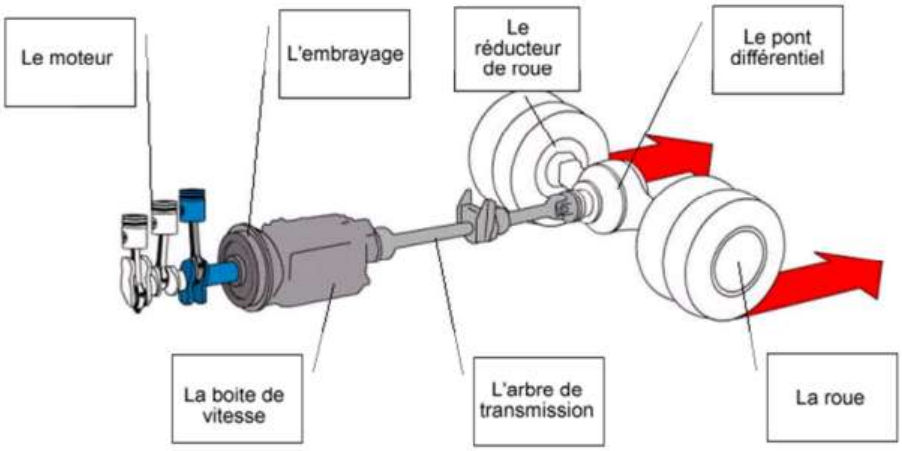



**Figure II.3** la mise en situation de la boite à vitesse dans un véhicule

Le système de transmission comprend l'ensemble des mécanismes situés entre le moteur et les roues motrices.

**Moteur** : Fournit l'énergie mécanique pour propulser le véhicule.

**Embrayage** : Permet d'établir progressivement l'accouplement au démarrage, ou de rompre la liaison entre le moteur et le reste de la transmission lors d'un changement de vitesse.

**Boite de vitesses** : Permet de varier le couple moteur transmis la roue, suivant l'importance du couple résistant.

**Entre boite de vitesses et pont arrière** : Il y a un arbre de transmission qui lie l'arbre de sortie de boite à l'arbre d'entrée du pont.

**Pont arrière (différentiel)** : Partage le couple d'une façon égale sur les deux roues et dans le cas virage, permet aux roues intérieures et extérieures de tourner à des vitesses de rotation différentes.

## II.5 Les types de la boite de vitesses

D'une manière générale on a deux types de boites de vitesses :

1- Boites de vitesses à commande manuelle,
2- Boites de vitesses à commande automatique,

On consacre notre étude uniquement sur une boite de vitesse à commande manuelle.

### II.5.1 Boite de vitesse à commande manuelle

On distingue deux (02) grands groupes de boites de vitesses :

1-Boite de vitesse à engrenage sans prise constante "dite à baladeur

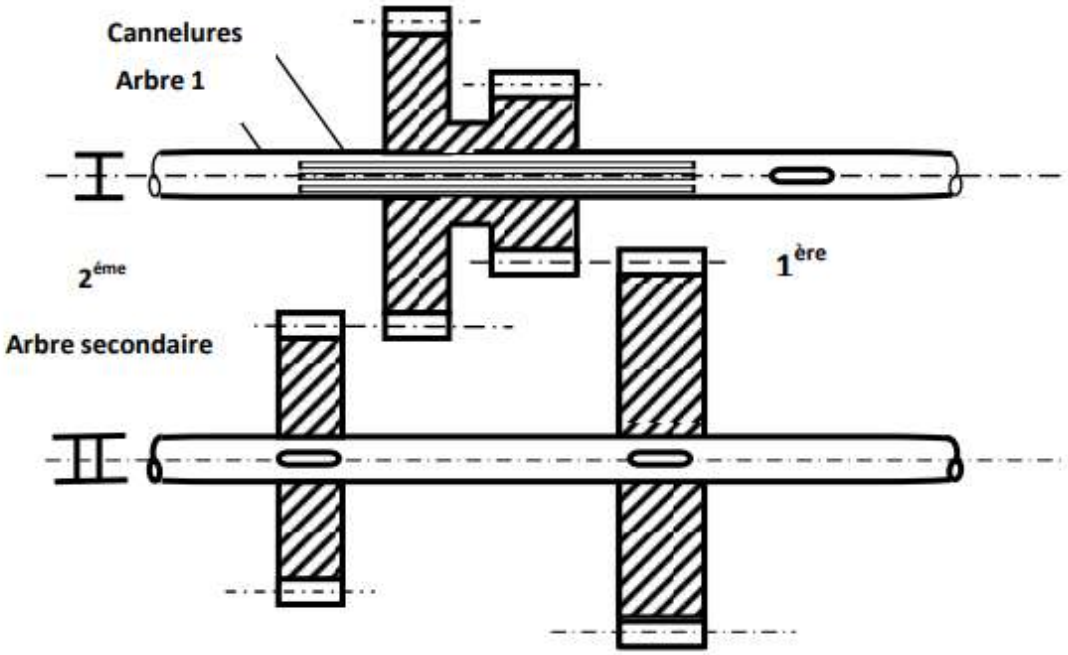



**Figure II.4** Boite vitesse a engrenage sans prise constante (baladeur)

2-Boite à engrenage en prise constante.

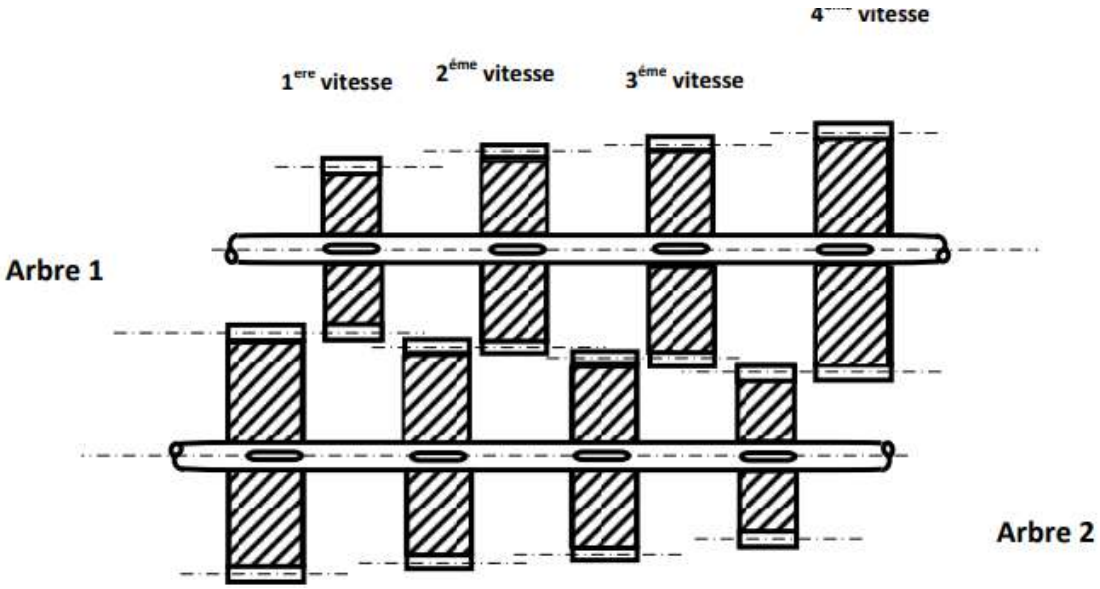



**Figure. II.5** Boite vitesse à engrenage en prise constante

## II.6 Choix De La Boite De Vitesse

Vue que les engrenages on pour but de transmettre le mouvement d'un arbre moteur à un autre récepteur alors que ces deux arbres peuvent occuper des positions différentes les quelles influent considérablement sur le choix du type d'engrenage.

En général dans les boites de vitesses les axes de l'arbre moteur et récepteur sont parallèles et l'engrenage le plus commode choisi est un engrenage cylindrique à denture droite ou hélicoïdale d'où nous avons le choix entre les deux.

Les engrenages cylindriques à denture droite sont utilisés pour des faibles vitesses, car sont très bruyant par contre question d'usinage est d'une facilité relativement aux engrenages cylindriques à denture hélicoïdale, ce type d'engrenage présente aussi des difficultés pour le changement de vitesse en marche.

Pour notre boite dont la vitesse de rotation de l'arbre moteur est moins élevée (Nmax = 4000 tr/min). Nous choisissons un engrenage à denture droite.

### II.6.1 Boite de vitesse à commande manuelle

La boîte de vitesses manuelle comporte le plus souvent quatre ou cinq vitesses, plus une marche arrière. Elle se compose principalement d'un arbre primaire et d'un arbre secondaire, chacun portant des pignons de différents diamètres. Pour un rapport de vitesses donné, l'arbre primaire entraîne l'arbre secondaire en faisant tourner la paire de pignons appropriée. Pour la marche arrière, l'intervention d'un pignon supplémentaire fait tourner l'arbre secondaire en sens inverse de celui utilisé pour faire avancer le véhicule.

Pour une vitesse de déplacement donnée du véhicule, l'utilisation d'un plus petit rapport (par exemple, première au lieu de seconde ou troisième) permet au moteur de tourner plus rapidement, le plaçant dans des conditions où il peut fournir une puissance supérieure. Ainsi, la boîte de vitesses permet de choisir un rapport de démultiplication adapté aux circonstances de fonctionnement : montée d'une côte, accélération à partir d'une vitesse relativement faible, etc.

## II.7 Domaine d'utilisation de la boite de vitesse

La boite de vitesse utilisée dans des différents domaines tels que :

- ✓ Machines outils (exemple ; machine fraiseuse),
- ✓ Engins de levage (exemple ; véhicule),

## II.8 Le But de la boite de vitesse :

La boite de vitesse a pour but de :

- ✓ Changer le rapport entre la vitesse de rotation du moteur et celle des organes récepteurs quand l'effort résistant l'exige.
- ✓ Rendre possible la séparation d'une façon permanente du récepteur et de moteur en complétant ainsi l'action du l'embrayage (point mort).
- ✓ Le moteur délivre sa puissance sur un arbre sous forme rotative : P=C.W or le récepteur, est très rare qu'il puisse utiliser cette puissance dans sa forme primaire d'où l'utilité de la boite.
- ✓ Assurer la liaison physique par son carier entre le moteur et le récepteur.

## II.9 Les engrenages

### II.9.1 Introduction

Les engrenages sont utilisés comme moyen de transmission de puissance dans les boites de vitesses et d'avances des machines où ils réalisent les vitesses, les couples et les sens de rotation des éléments de machines. Ces transmissions peuvent être simples ou composées. Ces engrenages doivent réaliser des rapports de transmission qui sont égaux au rapport des nombres de dents des roues qui constituent la chaîne cinématique. Pour en arriver là il faut calculer les nombres de dents des roues dentées qui doivent réaliser les différents rapports de transmission. Le problème de détermination du nombre de dents pour une paire de roues dentées qui doit réaliser un rapport de transmission .Mais ces méthodes ne considèrent que le cas de la transmission simple. Maintenant, si la transmission est composée et que l'on veuille garder l'entraxe invariable et éviter la correction de denture, il faut envisager une autre méthode de calcul. Notre travail consiste à apporter plus de détails à cette méthode et considérer le cas des engrenages cylindriques à denture droite où le module des roues dentées varie d'une transmission simple à une autre. Comme nous avons considéré le cas des roues cylindriques à denture hélicoïdale ayant le même module et des angles d'hélice différents.

. Au cœur du problème dans le cadre dans notre étude Les engrenages (hélicoïdale ou droite) sont les éléments principaux de ces mécanismes. La puissance est transmise par obstacle entre les pièces en mouvement relatifs. Les autres éléments : arbres, carter, paliers à roulement ... ont un rôle certes nécessaire, mais d'accompagnement

### II.9.2 Définition :

Un engrenage est un mécanisme composé de deux roues dentées mobiles autour d'axes de position fixe et dont l'une entraîne l'autre par l'action de dents successivement en contact et on dit que les deux roues sont conjuguées. La plus petite roue est appelée pignon, la plus grande est la roue [11]

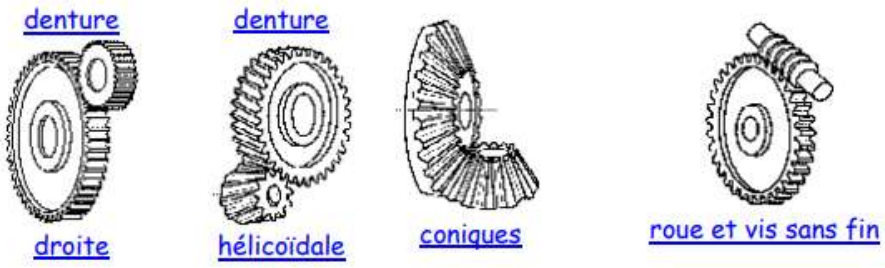



**Figure II.6** les différents types d'engrenages

Les engrenages sont utilisés dans toutes les branches de la mécanique pour transmettre des mouvements, de l'horlogerie jusqu'au réducteur de l'industrie lourde. La transmission se fait avec un très bon rendement énergétique. La variation de vitesse obtenue entre l'entrée et la sortie ne dépend que du nombre de dents des pièces en contact.

### II.9.3 Principe

La fonction d'un engrenage est double :

- ✓ transmettre une puissance mécanique de rotation entre deux arbres non-coaxiaux,
- ✓ adapter la puissance en vue de modifier la vitesse de rotation ou de modifier le couple à transmettre.

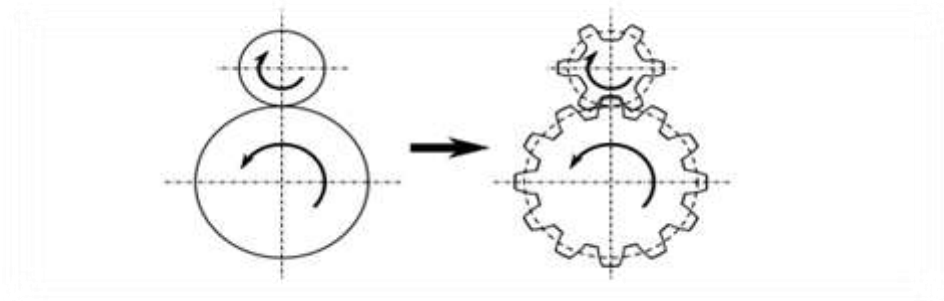


**Figure II.7** Principe d'entraînement par adhérence (à gauche) et par engrenage (à droite).

### II.9.4 Types d'engrenage

Les défirent types d'engrenage sont :

1)- Engrenage intérieur/extérieur :

• Engrenage extérieur (figure. II.1a) :

**Figure II.1a** engrenage extérieur à dentures droites.

L'engrènement se fait entre deux pignons. Le sens de rotation est inversé.

• Engrenage intérieur (figure II.1b) :

**Figure II.1b** engrenage intérieur (train épicycloïdal) à dentures droites.

L'engrènement se fait entre un pignon et une couronne dentée. Le sens de rotation reste la même.

2)- Denture droite/hélicoïdale :

• Engrenage à denture droite (voir la figure II.1a) :

Les dents des deux pignons sont profilées parallèlement à l'axe du pignon.

• Engrenage à denture hélicoïdale (figure II.2b) :

Les dents des deux pignons forment une hélice autour de l'axe du pignon. Cela permet de diminuer le bruit et les chocs entre les dents (entrée en contact progressive des dents entre deux pignons)

**Figure II.2.a** pignons cylindriques à dentures hélicoïdales

3)- Engrenages cylindrique/coniques/roue-vis

• Engrenage cylindrique (voir la figure II.1a) :

Les deux pignons qui engrènent ensemble ont leurs axes parallèles.

• Engrenage coniques (figure II.3a) :

**Figure II.3.a** engrenage conique

- Engrenage roue-vis sans fin.

**Figure II.2.b** Roue-vis sans fin

Les deux pignons qui engrènent ensembles ont leurs axes non-parallèles mais concourants.

- Engrenage roue-vis sans fin (voir la figure II.2.b)
- Engrenage coniques à denture hélicoïdal (figure II.3.b)

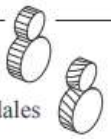
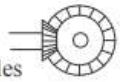
**Figure II.3.b** pignons coniques à denture hélicoïdal

Le pignon est entraîné par une vis. Leurs axes ne sont ni concourants, ni parallèles (généralement perpendiculaire). Dans la majeure partie des cas, ce mécanisme est irréversible sur fait des frottements (la vis peut entraîner la roue, mais généralement pas l'inverse).

### II.9.5 Classification des engrenages

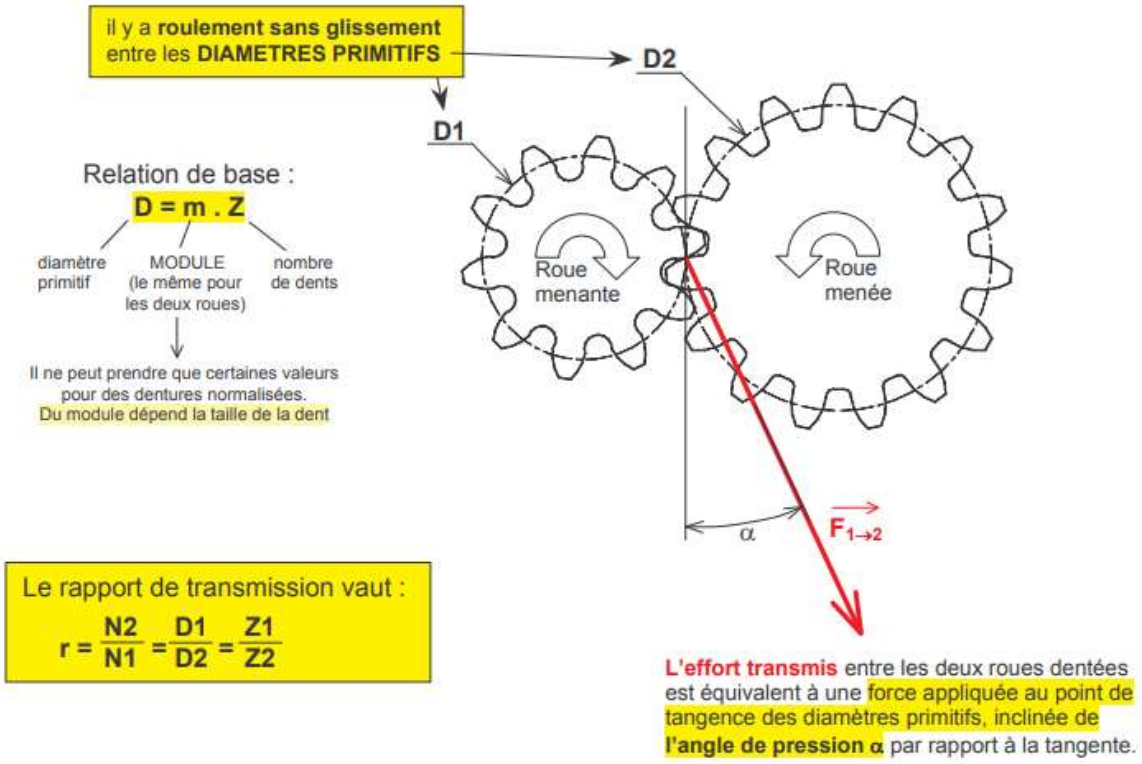
Dans tous les cas, les profils de dentures sont basés sur le principe de la développante de cercle, avec taillage par génération, qui est largement développé dans le cours sur les engrenages cylindriques à dentures droites.

**Tableau II.1** les déférents type d'engrenage

| Position relative des axes | |
|---|---|
| **parallèles** | **roues cylindriques** à dentures droites / à dentures hélicoïdales  |
| **concourants (en général perpendiculaires)** | **roues coniques** à dentures droites / à dentures hélicoïdales  |
| **non concourants (très souvent perpendiculaires)** | **roue et vis sans fin** roues coniques à dentures hypoïdes |

### II.9.5.1 Roue cylindrique à denture droit

**Rappelle**



### II.9.5.2 Roues cylindrique à denture hélicoïdale

**Principe :**

Le taillage se fait avec les mêmes outils que les dentures droites, à ceci prés que l'outil est incliné d'un angle $\beta$ par rapport à la roue à la roue à tailler.

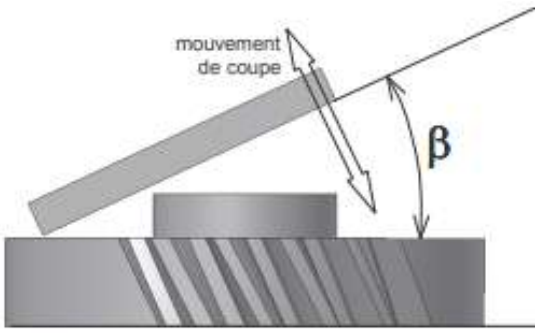



**Figure II.8** principe de taillage

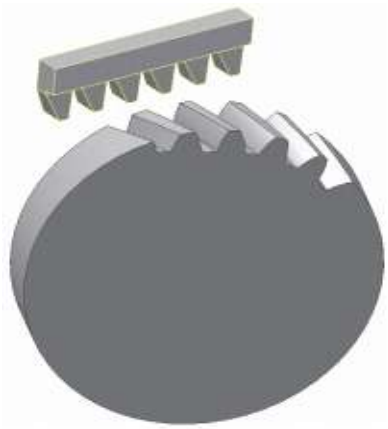


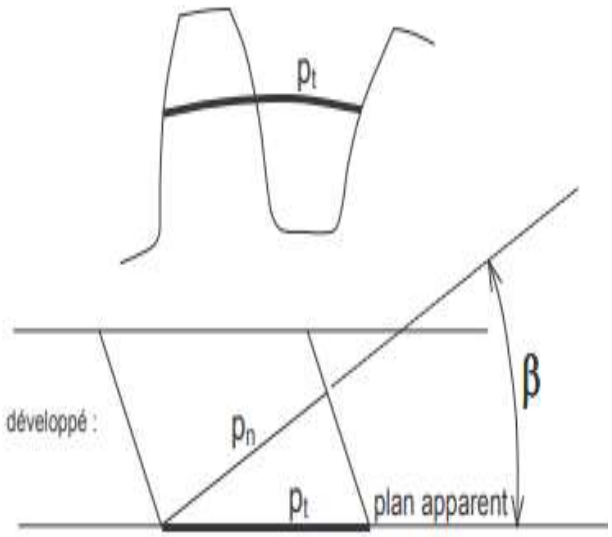
**figure II.9** taillage par crémaièrelle

**Conséquence :**

Dans le plan apparent de la roue, on génère un profil qui correspondrait à un module fictif, dit module apparent $m_t$, plus grand que le module réel (en principe normalisé) $m_n$ de l'outil.

Le diamètre primitif est adapté à ce module apparent.

**Caractéristiques :**




$p_t$ = pas apparent
$p_n$ = pas normal, ou réel.

$$p_n = p_t \cdot \cos\beta$$

Or, le pas est proportionnel au module, donc :

$$m_n = m_t \cdot \cos\beta$$

Le diamètre primitif vaut alors :

$$D = m_t \cdot Z = \frac{m_n}{\cos\beta} Z$$

Z = nombre de dents

$\beta$ = angle d'hélice (en général 20 à 30°)

**Figure II.10** Les caractéristiques d'une roue cylindrique à denture hélicoïdale

**Fonctionnement**

Le seul changement notable par rapport aux dentures droites concerne l'effort transmis, qui présente cette fois une composante axiale.

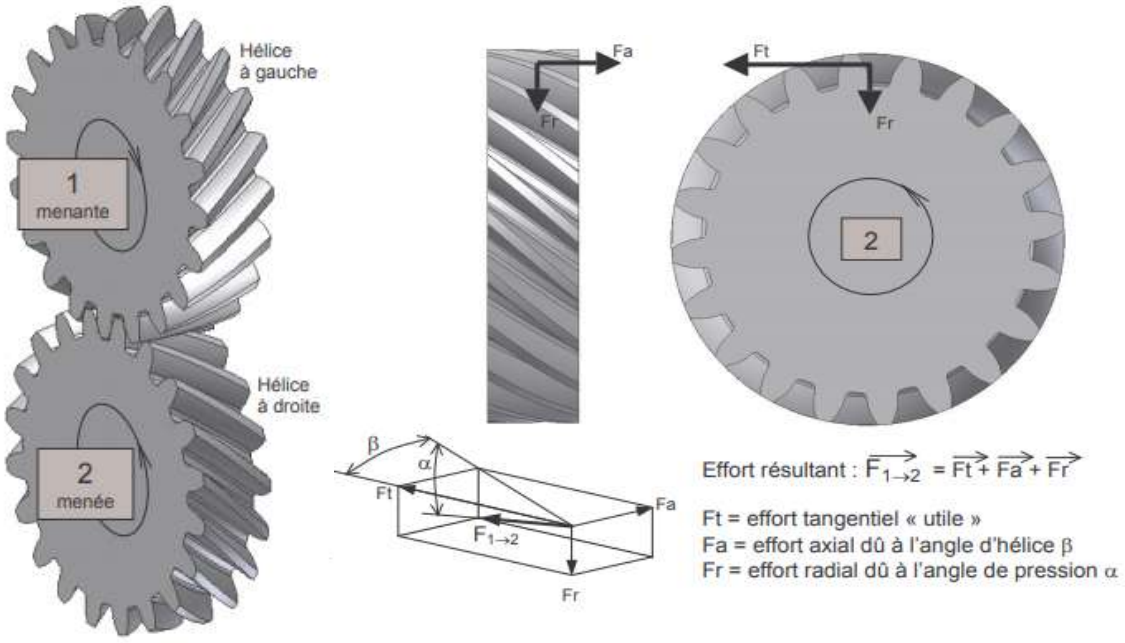



**Figure II.11** fonctionnement de roues cylindrique à denture hélicoïdale

**Conditions d'emploi des dentures hélicoïdales**

- ✓ Fonctionnement plus silencieux que des dentures. Surtout avec des dentures reprises après taillage par rectification ou rasage
- ✓ Possibilité de respecter n'importe quelle valeur d'entraxe en jouant sur l'angle d'hélice, tout en gardant un module, et donc un outil, normalisés
- ✓ L'effort axial de l'engrènement se répercute sur les paliers : il donc concevoir ceux-ci en conséquence
- ✓ Il est possible de faire engrener ensemble deux roues hélicoïdales d'axes non parallèles. Mais les frottements sont alors beaucoup plus importants.

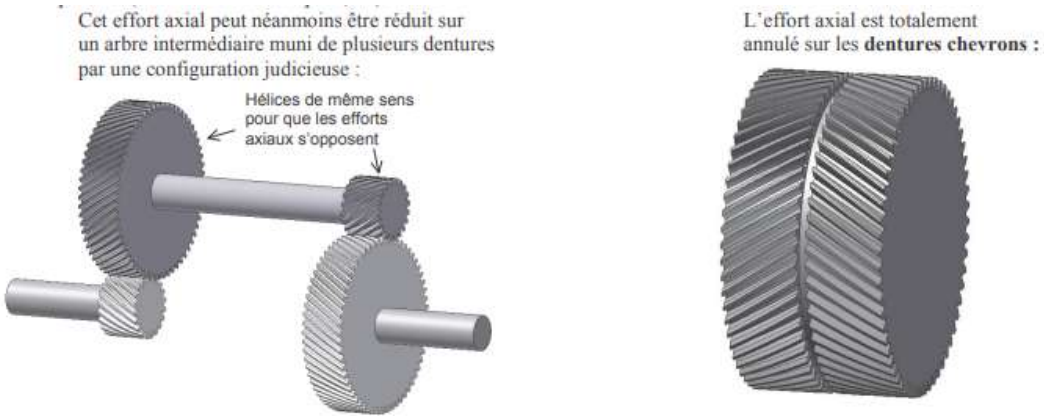



**Figure II.12** Conditions d'emploi des dentures hélicoïdales

**Représentation**

La représentation est identique à celle des dentures droites, à part les symboles indiquant le sens de l'hélice, mais qui sont de toute façon **facultatifs.**

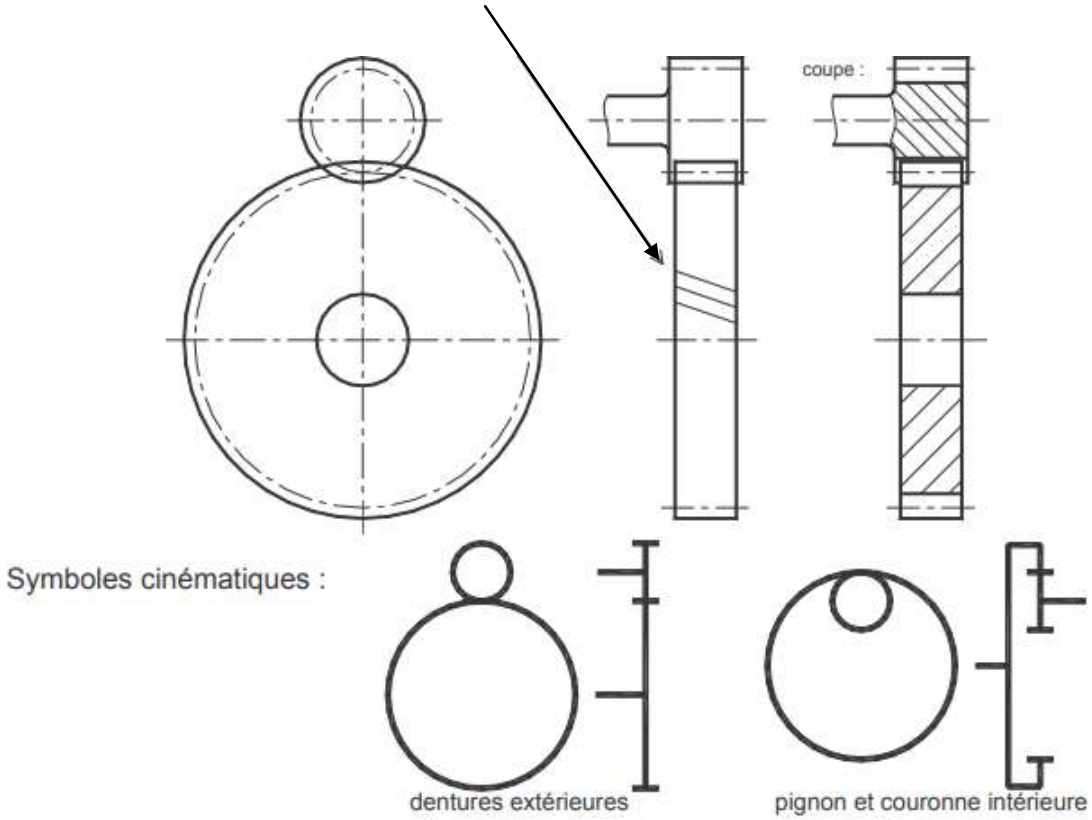



**Figure II .13** la représentation cinématique de denture extérieures, pignon et couronne intérieure.

### II.9.5.3 Roue conique

**Principe**

Appelés souvent (renvoie d'angle), ces engrenage permettent d'entraîner par des roues de forme conique des arbres qui sont dans la plupart des cas perpendiculaires et concourants. Les dentures peuvent être de différentes formes : droites, hélicoïdales, spirales, ou hypoïdes (axes non concourants)

**Figure II.14** roue conique

**Représentation et mise en œuvre**

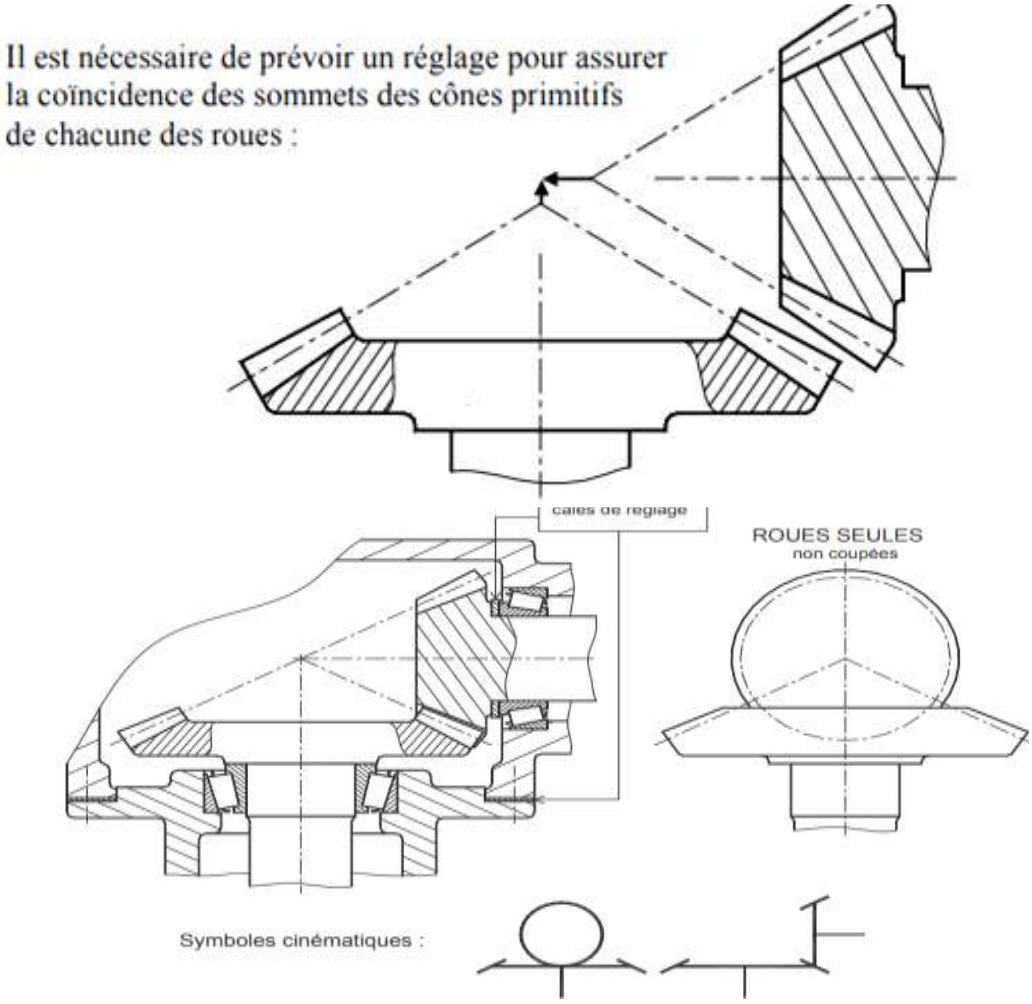



**Figure II.15** schéma cinématique d'une roue conique

### II.9.5.4 Systèmes roue et vis sans fin

**Principe :**

A part quelques rares exceptions, il s'agit de réducteurs de vitesse dans lesquels la vis entraine la roue. Leurs axes sont presque toujours perpendiculaires. Lorsqu'ils ne le sont pas, c'est souvent pour que la vis entraine une roue à denture droite.

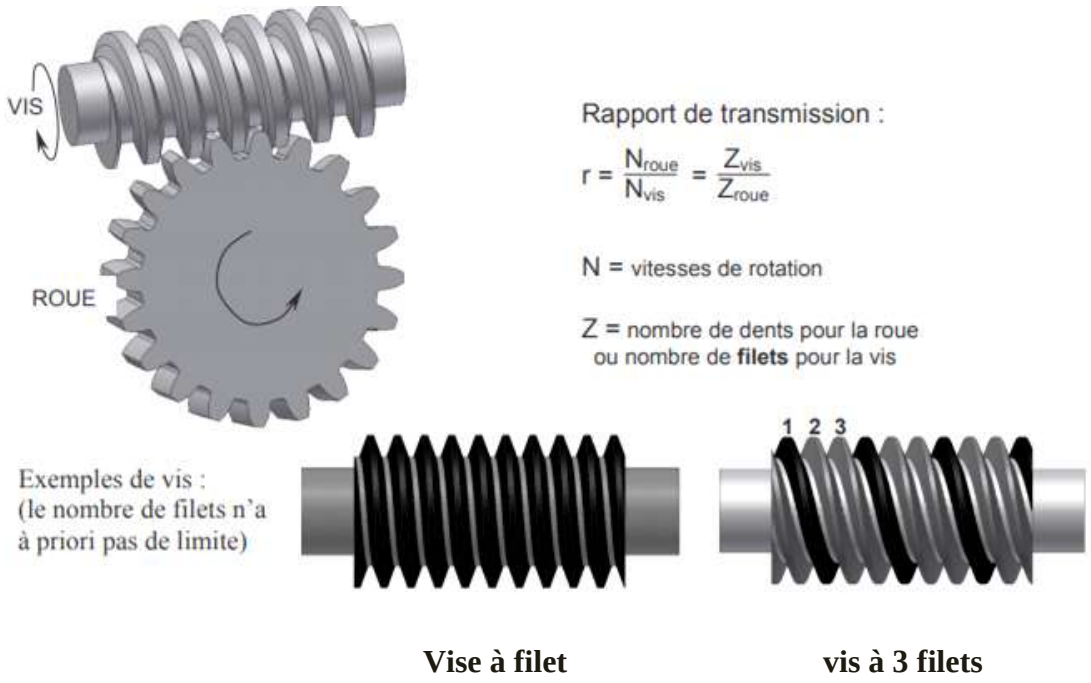



**Figure II.16** principe de fonctionnement de systèmes à roue et vis fin

**Caractéristiques :**

- ✓ Le rapport de transmission obtenu peut être très important, avant un faible encombrement.
- ✓ Le rendement est assez faible (beaucoup de pertes de puissance, et échauffement)
- ✓ Le mécanisme peut être irréversible. (En pratique en dessus d'un angle d'hélice de roue de 10° environ) c'est-à-dire que la roue ne peut pas entrainer la vis, ce qui peut présenter un avantage pour la sécurité de fonctionnement de certains systèmes (la charge ne peut pas faire tourner le moteur).

**Représentation :**

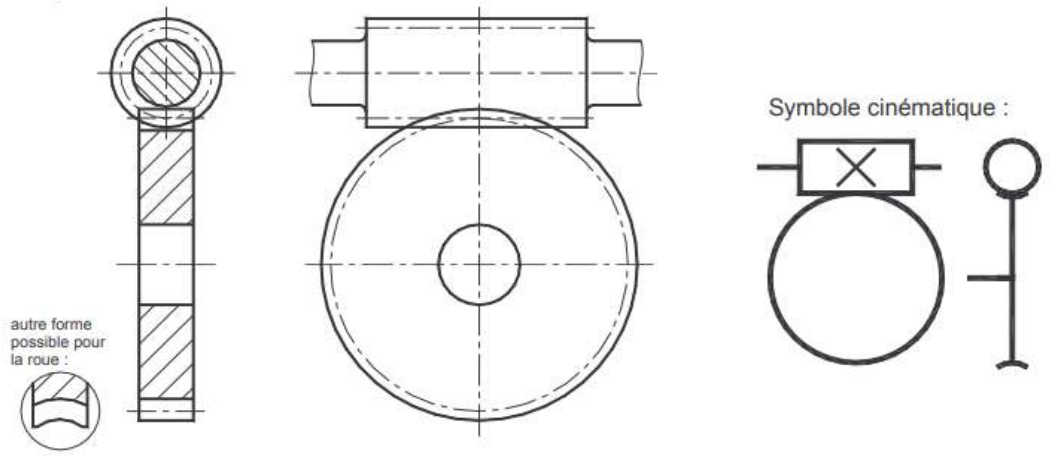



**Figure II.17** Représentation cinématique d'un système à roue et vis fin.

### II.9.6 Relation générales

#### II.9.6.1 Rapport de transmission entre deux roues dentées 1 et 2

$$r = \frac{N_2}{N_1} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{D_1}{D_2}$$

tr/min — rad/s — dents — N.m — mm

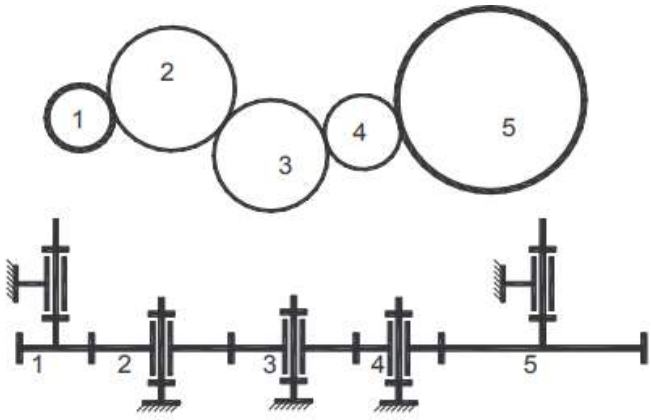
Vitesses de rotation : Il s'agit souvent du rapport $\frac{N_{sortie}}{N_{entrée}} = \frac{N_{récepteur}}{N_{moteur}}$ dans ce cas : r<1 ⇒ réducteur ; r>1 ⇒ multiplicateur

rapport des nombres de dents : **Toujours vrai !** (pour une vis sans fin : nombre de filets)

rapport $\frac{\text{couple moteur}}{\text{couple récepteur}}$ Devient $\frac{\eta.C_1}{C_2}$ lorsqu'on tient compte du rendement η , donc des pertes par frottement

rapport des diamètres primitifs. Vrai **uniquement** dans les cas où il y a roulement sans glissement, donc pour des **roues à axes parallèles**. (surtout pas pour les roues et vis sans fin, entre autres !)

#### II.9.6.2 ´(Cascade) d'engrenage




$$r = \frac{N_5}{N_1} = \frac{N_1}{N_5}$$

Quels que soient les pignons intermédiaires, dit –pignons fous –

Les pignons fous n'ont pour fonction que d'inverser les sens de rotation ou d'éloigner les roues motrice et réceptrice l'une de l'autre.

**Figure II.18** représente chaine cinématique d'un pignon fou.

### II.9.6.3 Etage de réduction multiple

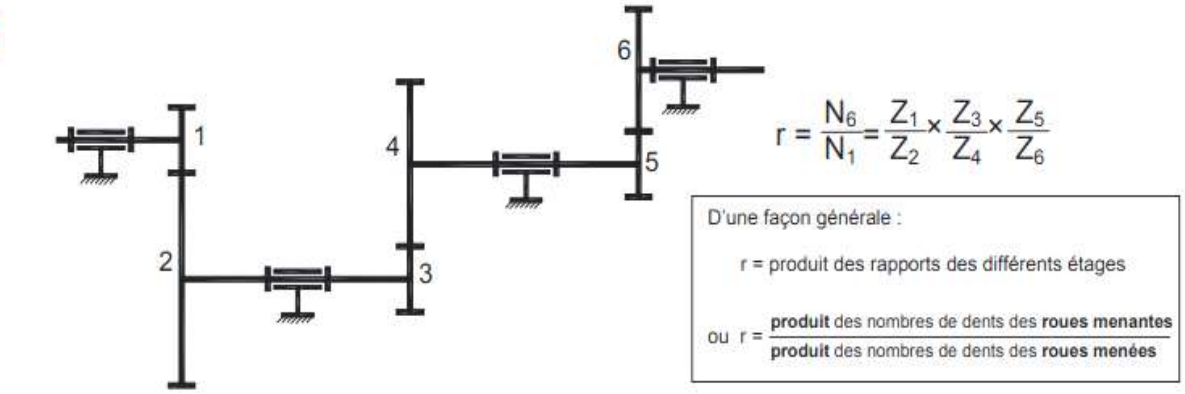



**Figure II.19** Représentation à étage de réduction multiple

### II.9.6.4 Cas particulier : les trains d'engrenages épicycloïdaux

Si les axes des roues dentées ne sont pas fixés par un bâti ou un carter du mécanisme, alors il s'agit d'un train épicycloïdal.

## II.10 Arbres de transmission

Les arbres de transmission supportent les engrenages. L'arbre primaire P (ou arbre d'entrée de boite) est muni a son extrémité du pignon1 (ou roue dentée 1). Ce pignon 1 est en prise constante avec le pignon 2. L'arbre secondaire S (ou arbre de sortie) est cannelé et porte le baladeur qui peut d'une part se craboter si on le déplace à droite (prise directe, on est en troisième) ou engrener si on le déplace à gauche (deuxième).

Les arbres transmettant la puissance mécanique reçue du moteur par l'intermédiaire d'une roue d'entrée dite motrice a d'autre dite réceptrice. Les éléments qui définissent la transmission sont :

- ✓ Puissance fournie à l'organe moteur P (KW)
- ✓ Vitesse de rotation N (tr/min).
- ✓ Le couple Mt qui est liée à P et N par la relation suivant :

$$M_t = \frac{P \times 10^3}{\pi \times \frac{N}{30}} [N.m]$$

### II.10.1 Les effort sur l'arbre

L'arbre reçoit des efforts de la part des pièces montées sur lui et des pliés qui les supportent dont les premiers efforts sont soit connus ou peuvent être calculé, les seconds types d'efforts sont calculés par la méthode de la mécanique, dès que la position des divers organes fixées.

### II.10.2 Action du moyeu sur l'arbre :

L'arbre reçoit de la part du moyeu de la roue dentée un couple de moment Ft. r et d'une force radiale Fr. avec une poussée axiale Fa (dans le cas de l'engrenage conique)

### II.10.3 Choix des matériaux des arbres :

L'arbre porte non seulement les pièces tournantes, mais transmettent des moments de torsion, donc ils travaillent à la torsion et à la flexion.

Ces arbres sont généralement en acier, on distingue :

- ✓ Les arbres de transmission courante en acier comprimé par laminage spécial.
- ✓ Les arbres d'attaque en acier Martin mi- dur forgé.
- ✓ Approprié. Dans notre cas on désire une résistance élevée, avec une dureté superficielle, donc on a choisi un acier de nuance 35NCD16.

## II.11 Les paliers :

Un palier constitue la fonction de liaison nécessaire entre un arbre tournant et le carter fixe. Il existe deux types de palier, les roulements et les paliers lisses. Les paliers, nombreux dans une boîte de vitesses, doivent répondre aux critères suivants :

- ✓ Réaliser un parfait alignement des arbres.
- ✓ Ne pas présenter de bruit propre.
- ✓ Être de dimension réduite.
- ✓ Avoir un bon rendement.
- ✓ Être facile à assembler.
- ✓ Prix raisonnable.

## II.12 Les synchroniseurs :

Appelé communément synchro, ils permettent par leur technologie, de mettre l'arbre et pignon à la même vitesse, on réalise alors une liaison encastrement. Il existe deux types de

synchro : - Le New-Process : il privilégie l'efficacité et la douceur de passage - Le Borg-Warner : il est plus économique mais moins efficace.

**II.13 La commande a boite** :

Les différents éléments constituants la commande manuelle sont les fourchettes, les doigts de passage et les crosses et le dispositif anti-verrouillage.

**II.14 Le carter :**

Enveloppe de l'élément mécanique en question (boite à vitesse) proposant plusieurs rapports de transmission entre un arbre moteur et un arbre de sortie. Lors de conception il faut satisfaire ces conditions :

- ✓ **Etanchéité** : il faut donc que le carter soit étanche car l'huile ne doit pas d'échapper et les saletés ne doivent pas rentrer dans le carter. Il faut donc mettre des joints aux différentes entré et sorties cinématiques.
- ✓ **Rigidité** : il doit être indéformable car il supporte un ensemble de pièces de précision.
- ✓ **Evacuation de la chaleur** : L'énergie calorifique se dégage dûà l'effort dans les arbres et les engrenages. Il est donc nécessaire de réguler la température afin d'augmenter la longévité de la boîte. On utilise donc un lubrifiant et dans certains cas un dispositif de refroidissement par pompe et échangeur
- ✓ **Silence de fonctionnement** : La boite de vitesse est un élément très bruyant sur un véhicule. Si l'insonorisation est mauvaise, on peut entendre des bruits de sirène et des craquements de boite désagréable pour le conducteur.

**II.15 Lubrifiant :**

C'est un élément très important pour la boîte de vitesses car sans lui, il y aurait échauffement des composants dus aux efforts trop importants. Il faut éviter les contacts métal métal et donc évacuer les calories générées. Il faut penser aussi à la circulation du fluide dans le capteur sinon il ne pourrait pas se régénérer et les particules de métal ne pourraient pas descendre au fond du carter.

## II.16. Des conseils pour bien préserver la boite de vitesses

Comme tout organe mécanique la boite de vitesses est exposée à des défaillances pour cela démarche peuvent éliminer ou minimisé ces défaillances et augmenté la durée de vie de la boite de vitesses.

- ✓ Bien choisir la vitesse selon la charge et le lieu.
- ✓ Eviter de passer la vitesse avec régime élevé.
- ✓ Dégrader avec un régime adéquat du moteur.
- ✓ Utiliser l'huile propre.
- ✓ Respecter le niveau afin d'éviter l'échauffement.
- ✓ Vérifier la fixation de la boite.
- ✓ Régler l'embrayage pour préserver la boite.
- ✓ Respecter la périodicité de vidange.

# Chapitre III

## Etude de la boite à vitesses d'une fraiseuse universelle type 6P13.

### III.1 Boite de vitesse à commande manuelle

La boîte de vitesses manuelle comporte le plus souvent quatre ou cinq vitesses, plus une marche arrière. Elle se compose principalement d'un arbre primaire et d'un arbre secondaire, chacun portant des pignons de différents diamètres. Pour un rapport de vitesses donné, l'arbre primaire entraîne l'arbre secondaire en faisant tourner la paire de pignons appropriée. Pour la marche arrière, l'intervention d'un pignon supplémentaire fait tourner l'arbre secondaire en sens inverse de celui utilisé pour faire avancer le véhicule. Pour une vitesse de déplacement donnée du véhicule, l'utilisation d'un plus petit rapport (par exemple, première au lieu de seconde ou troisième) permet au moteur de tourner plus rapidement, le plaçant dans des conditions où il peut fournir une puissance supérieure. Ainsi, la boîte de vitesses permet de choisir un rapport de démultiplication adapté aux circonstances de fonctionnement : montée d'une côte, accélération à partir d'une vitesse relativement faible, etc.

**Figure III.1** boite à vitesses

(1) : levier supérieur

(2) : levier inferieure

**Figure III.2** fraiseuse à commande manuelles

### III. 2 dessin d'ensemble de la machine

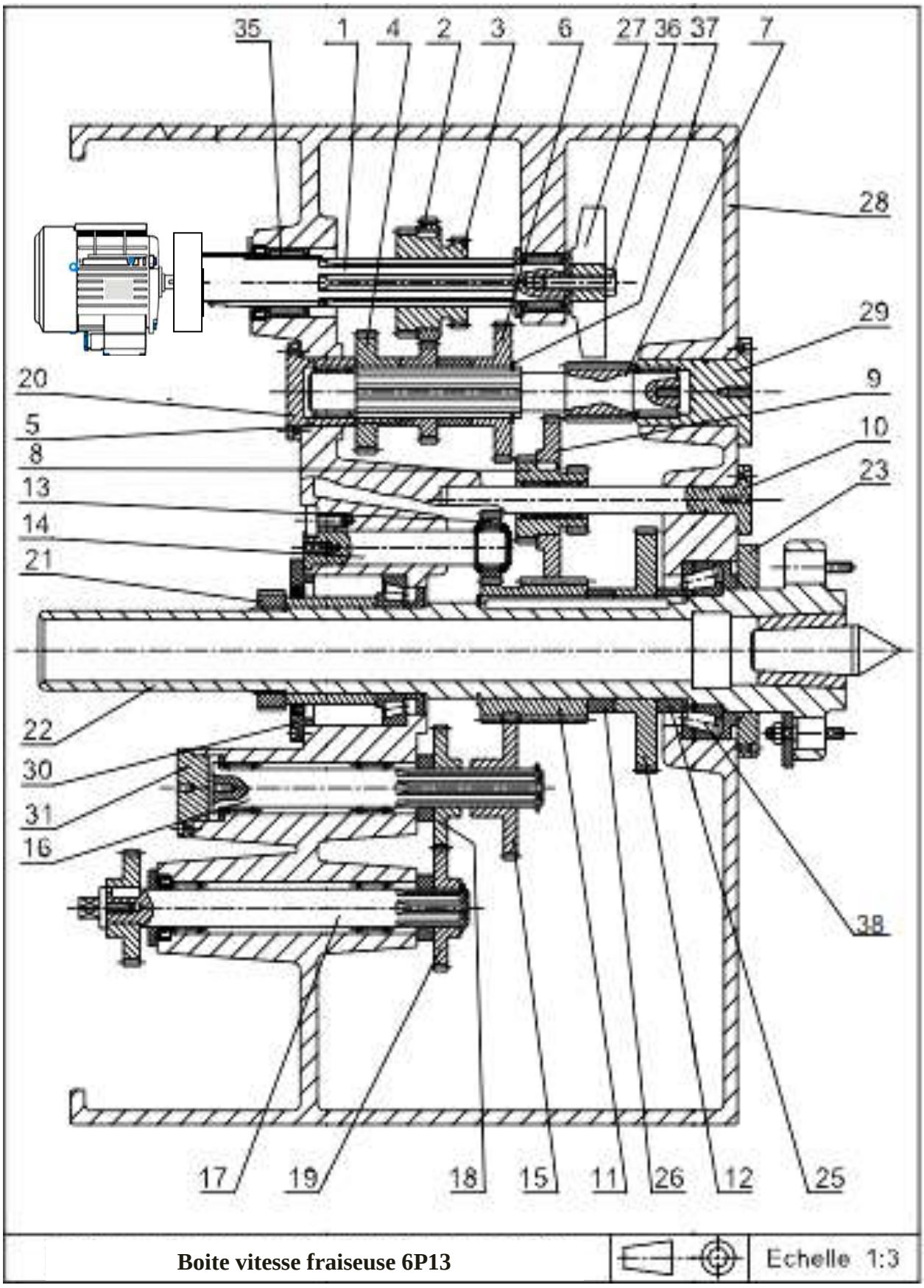



**Figure III.3** dessin d'ensemble de Boite à vitesse fraiseuse 6P13

| 34 | 1 | Roulements à rouleaux coniques | | |
|---|---|---|---|---|
| 33 | 1 | Anneau élastique | | |
| 32 | 1 | Vis à tete hexagonal | | |
| 31 | 1 | Roulement à aiguilles | | |
| 30 | 1 | Boitier | S235 | |
| 39 | 1 | Couvercle | S235 | |
| 28 | 1 | Boitier | S235 | |
| 27 | 1 | Corps | EN-GJL-250 | |
| 26 | 1 | Hélice | EN-AW-1050 | |
| 25 | 1 | Bague | S235 | |
| 24 | 1 | Bague | S235 | |
| 23 | 1 | Couvercle | S235 | |
| 22 | 1 | Broche | C40 | |
| 21 | 1 | Ecrou special | S235 | |
| 20 | 1 | Boitier | S235 | |
| 19 | 1 | Roue denté | C60 | |
| 18 | 1 | Pignon | C60 | |
| 17 | 1 | Axe | C30 | |
| 16 | 1 | Axe | C30 | |
| 15 | 1 | Roue denté | C60 | |
| 14 | 1 | Axe | C30 | |
| 13 | 1 | Pignon | C60 | |
| 12 | 1 | Roue denté | C60 | |
| 11 | 1 | Roue denté | C60 | |
| 10 | 1 | Axe | C30 | |
| 09 | 1 | Roue denté | C60 | |
| 08 | 1 | Baladeur | C60 | |
| 07 | 1 | Pignon arbré | C60 | |
| 06 | 1 | Roue denté | C60 | |
| 05 | 1 | Roue denté | C60 | |
| 04 | 1 | Roue denté | C60 | |
| 03 | 1 | Baladeur | C60 | |
| 02 | 1 | Pignon | C60 | |
| 01 | 1 | Arbre | C40 | |
| Rep | Nb | Designation | matière | Observation |

### III.3 Généralité

Un mécanisme est composé de plusieurs sous-ensembles relié entre eux par une ou plusieurs liaisons en vue de réaliser une fonction, mais la lecture des plans d'ensembles n'est pas toujours aisée et il est utile d'en simplifier la représentation.

Le schéma cinématique c'est une représentation d'un mécanisme sous une forme normalisée dans le plan ou dans l'espace qui met en évidence les possibilités de mouvements relatifs entre les différentes pièces.

Lorsque le mécanisme n'existe pas on peut mettre un schéma illustrant le fonctionnement attendu sans toutefois limiter le concepteur dans les formes et les dimensions à concevoir dans ce schéma.

### II.3.1 schéma cinématique de la boite à vitesse

#### II.3.1.1 Principe de fonctionnement de la fraiseuse

Pour connaître le principe de fonctionnement de la fraiseuse, il faut consulter le schéma de la chaine cinématique voir figure

La fraiseuse possède deux (2) mouvements de travail, rotation de la broche et translation de la table.

La rotation de la broche provient d'un moteur électrique, le mouvement transmit ensuite à partir de l'arbre du moteur vers la boite de vitesses par engrenage des roues dentées.

La boite de vitesses comprend plusieurs roues, selon le nombre de vitesses qu'on peut obtenir.

La transmission du mouvement à partir de la boite de vitesses s'effectue par un engrenage des écrous dentés coniques, puis le mouvement et transmit à l'arbre de la broche d'un autre engrenage des roues dentées.

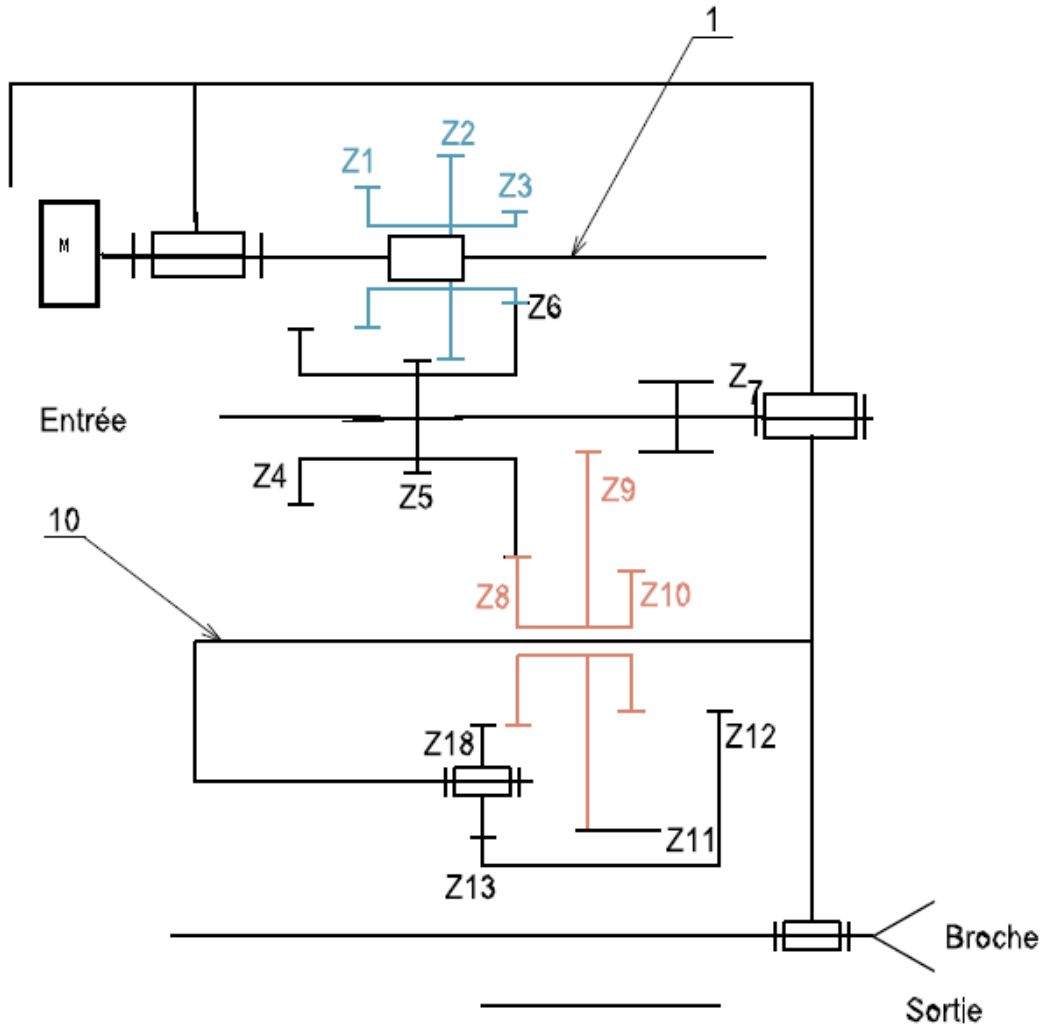



**Figure III.4** schéma cinématique d'une fraiseuse de type « 6P13 »

## III.4 Les conditions de coupe

**Tableau III.1** Les conditions de coupe [12]

| Nuance ISO | Matériaux à usiner | Fraisage | | | | Fraisage filetage |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Acier Rapide | | Carbure | | Carbure |
| | Avance f en mm/dent/tour | 0.03 à 0.1 | 0.1 à 0.2 | 0.05 à 0.2 | 0.2 à 03 | f = pas du filet |
| P | Acier Non Allié | 50 | 40 | 140 | 120 | 150 |
| | Acier Faiblement Allié | 30 | 25 | 100 | 80 | 130 |
| | Acier Fortement Allié | 20 | 15 | 80 | 70 | 100 |
| | Acier Moulé Faiblement Allié | 25 | 20 | 90 | 80 | 120 |
| M | Acier inoxydable | 20 | 15 | 100 | 90 | 150 |
| K | Fonte lamellaire (EN-GJL...) | 35 | 30 | 100 | 90 | 120 |
| | Fonte Modulaire (EN-GJM...) | 30 | 25 | 80 | 70 | 100 |
| | Fonte Sphéroïdale (EN-GJS...) | 40 | 35 | 100 | 90 | 120 |
| K-N | Alliages d'aluminium de faible dureté sans silicium (AW 2030 ...) | 250 | 200 | 500 | 400 | 300 |
| | Alliages d'aluminium durs sans silicium ou %Si moyen (AW2017, AW 6060 ...) | 120 | 80 | 300 | 200 | 250 |
| | Alliages d'aluminium à haute teneur en silicium > 12% | 80 | 40 | 120 | 80 | 100 |
| | | Vitesse de coupe Vc en m/min | | | | |

## III.5 Calcul d'engrènement

### III.5.1. Règles de transmission par engrènement

La fraiseuse 6P13 a un moteur électrique d'une puissance et d'une vitesse de rotation égale à :
P1=4kw=4000 w , N1=1900 tr/min et m= 2

**Figure III.5 :** Transmission du couple et vitesse de rotation. [14]

$$C_2 = \frac{\mu_{12}}{k_{12}} C_1 \qquad \text{(III.1)}$$

Tel que :

Il y a trois contacts d'engrènement. Donc :

$$\mu_{12} = (0.80)^3 = 0.512 \qquad \text{(III.2)}$$

La puissance de sortie est égale à :

$$p_2 = \mu_{12}\, p_1 \qquad \text{(III.3)}$$

Le rendement pour chaque contacte d'engrènement et données sur le catalogue de la machine :

$$\mu_{12} = 0.80 \qquad \text{(III.4)}$$

Le rapport de transmission égale à :

$$k_{12} = R_{S/e} = (-1)^y \frac{z_1 \times z_s \ldots\ldots z_{N-1}}{Z_2 \ldots\ldots\ldots Z_N} = \frac{W_S}{W_E}$$ Où

RAPPORT $= \frac{\textbf{PRODUIT DES DENTS MENANTES}}{\textbf{PRODUIT DES DENTS MENéES}} = \frac{W_S}{W_E}$ (III.5)

**Tableau III.2 :** Roues dentées et le nombre des dents

| Roue dentée | Nombre des dents | Roue dentée | Nombre des dents |
|---|---|---|---|
| **Z1** | 32 | **Z7** | 14 |
| **Z2** | 37 | **Z8** | 25 |
| **Z3** | 25 | **Z9** | 42 |
| **Z4** | 24 | **Z10** | 19 |
| **Z5** | 19 | **Z11** | 34 |
| **Z6** | 31 | **Z12** | 57 |

Le tableau ci-dessus représente les nombres des dents de chaque pignon dans la boite de vitesse de la machine « fraiseuse 6P13 ».

**III.5.2. Calcule les vitesses de sorties :**

En appliquant la règle (III.5), on peut trouver toutes les vitesses de sortie (vitesses de la broche)

La vitesse d'entré W1 est égale à : $W_1 = \frac{2\pi N_1}{60}$ = 199 rad/s. (III.6)

On peut calculer le couple C1 car la puissance d'entré P1 est donnée, donc on applique la loi suivante :

$$C_1 = \frac{P_1}{W_1} = 20\,N.m$$ (III.7)

On peut calculer la puissance de sortie comme suit :

$$p_2 = \mu_{12} p_1 = 0.80^3 \times 4000 = 2048\ watt$$ (III.8)

### III.5.3 Calcule des rapports des transmissions

Les calculés des rapports des transmissions, les vitesses de sortie et les couples de sortie, les résultats sont comme suit :

**Tableau III.3 :** Rapport, vitesse et couple dans le cas d'un accouplement à engrènement.

| **Transmission 1** | | | |
|---|---|---|---|
| **Rapport** | **Vitesse W2** | **Vitesse N2** | **Couple C2** |
| **1.23** | **244.77** | **1016.27** | **13.01** |
| **Transmission 2** | | | |
| **Rapport** | **Vitesse W2** | **Vitesse N2** | **Couple C2** |
| **2.98** | **593.02** | **2454.04** | **5.37** |
| **Transmission 3** | | | |
| **Rapport** | **Vitesse W2** | **Vitesse N2** | **Couple C2** |
| **0.54** | **107.46** | **445.40** | **29.63** |
| **Transmission 4** | | | |
| **Rapport** | **Vitesse W2** | **Vitesse N2** | **Couple C2** |
| **0.42** | **83.58** | **121.881** | **38.10** |
| **Transmission 5** | | | |
| **Rapport** | **Vitesse W2** | **Vitesse N2** | **Couple C2** |
| **0.09** | **17.91** | **73.720** | **177.7** |
| **Transmission 6** | | | |
| **Rapport** | **Vitesse W2** | **Vitesse N2** | **Couple C2** |
| **0.79** | **157.21** | **359.688** | **20.25** |
| **Transmission 7** | | | |
| **Rapport** | **Vitesse W2** | **Vitesse N2** | **Couple C2** |
| **0,22** | **43.78** | **1790.58** | **72.73** |
| **Transmission 8** | | | |
| **Rapport** | **Vitesse W2** | **Vitesse N2** | **Couple C2** |
| **2.04** | **405.96** | **1680.24** | **7.84** |

## III.6 Effort de coupe et de puissance

### III.6.1 Cas du fraisage centré

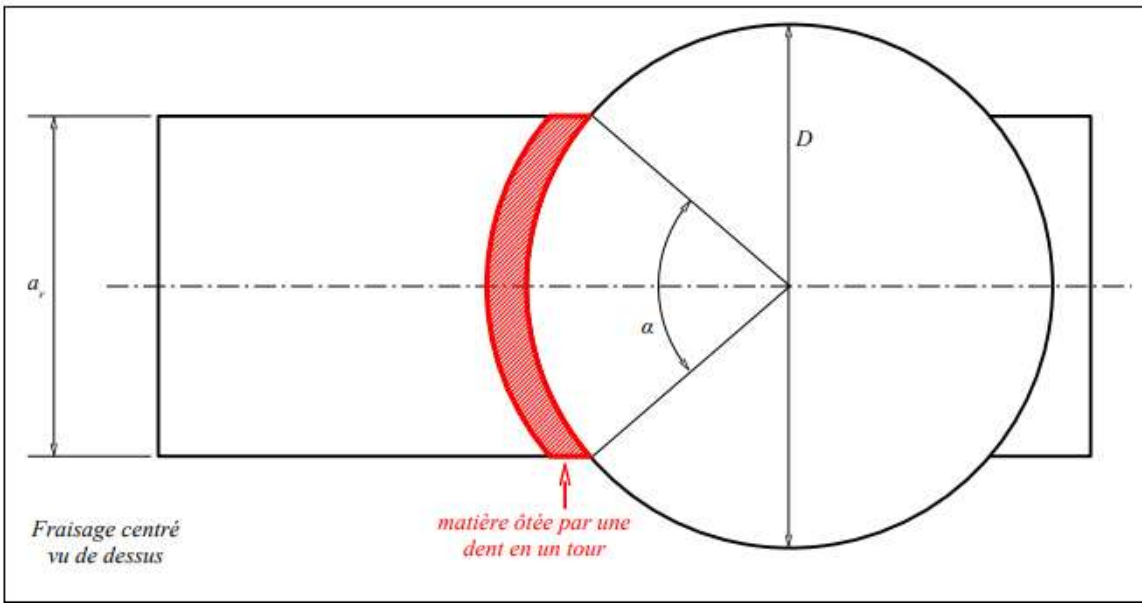



**Figure III.6** cas du fraisage centré

Par analogie avec le tournage, on a pour une dent Pc1dt :

$$\mathbf{Pc_{1dt} = Fc \cdot Vc = \frac{kc * AD * VC}{60 * 10^3}}$$

(III.9)

Section moyenne du copeau sur un tour $\mathbf{A_{Dm} = \frac{2 * f_Z * a_r * a_a}{\alpha D}}$ (III.10)

Calcul du nombre de dents en prises : Z'

La fraise à Z dents au total donc sur une portion d'angle α de la fraise on a $\boldsymbol{Z' = \frac{\alpha}{2\pi} Z}$ (III.11)

Formules finales :

En fonction de $V_c$ :

$$\mathbf{Pc = \frac{kc * f_Z * a_r * a_a * Z * Vc}{60 * 10^3 * \pi * D}}$$ ou de Vf : $\mathbf{Pc = \frac{kc * Vf * a_r * a_a}{60 * 10^6}}$ (III.12)

### III.6.2 Cas du fraisage décalé

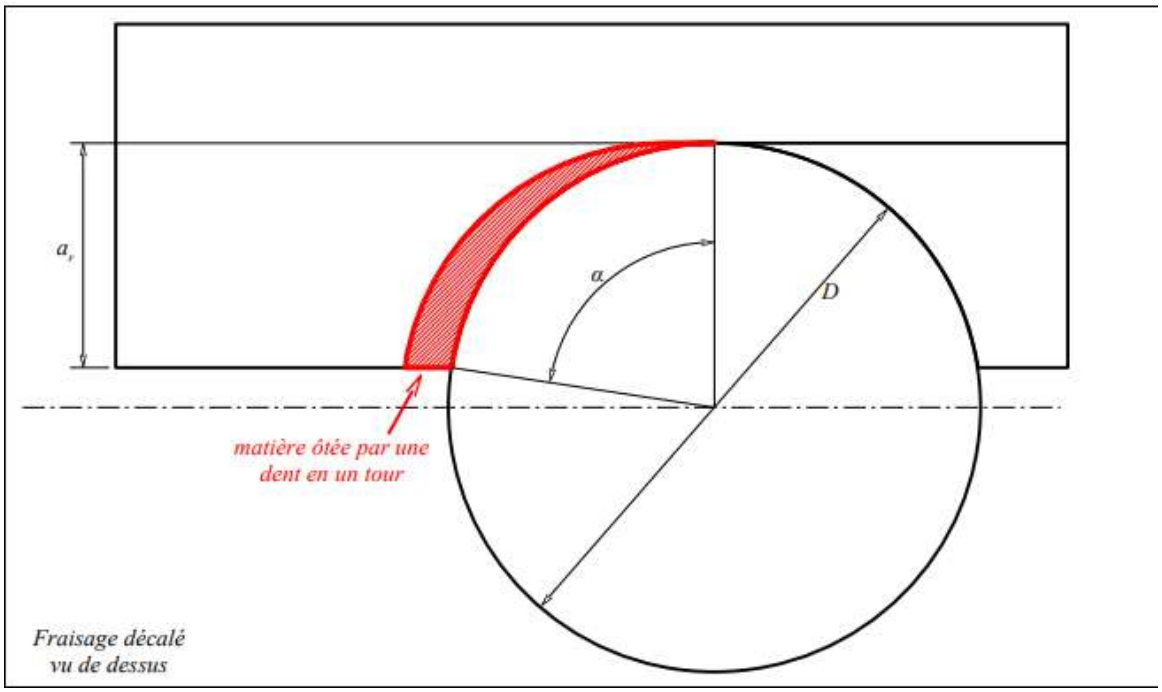



**Figure III.7** Cas du fraisage décalé

Comme en fraisage centré, on a pour une dent

$$\mathbf{Pc_{1dt} = Fc \cdot Vc = \frac{kc * AD * VC}{60 * 10^3}}$$

(III.13)

Section moyenne du copeau sur un tour $\mathbf{A_{Dm} = \frac{2 * f_Z * a_r * a_a}{\alpha D}}$ (III.14)

Remarque : la section moyenne du copeau est la même que pour le fraisage centré. On retrouve donc les mêmes formules finales que pour le fraisage centré :

En fonction de Vc : $\mathbf{Pc = \frac{kc * f_Z * a_r * a_a * Z * Vc}{60 * 10^3 * л * D}}$ ou de Vf : $\mathbf{Pc = \frac{kc * Vf * a_r * a_a}{60 * 10^6}}$ (III.15)

### III.7 épaisseur moyenne du copeau

Les tableaux donnant la pression spécifique de coupe donnent kc en fonction de $h_m$ (épaisseur moyenne du copeau).

Or $h_m = e_m \sin K_r$ donc $h_m = \frac{2 f_z a_r}{D\alpha} \boldsymbol{\sin K_r}$

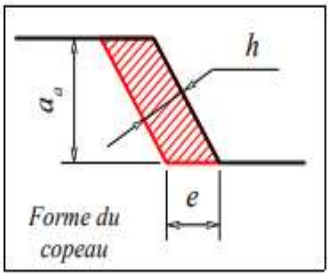



**Figure III.8** Forme du copeau

Fraisage centré

On a $\alpha = 2*\arcsin(\frac{ar}{D})$ donc $h_m = \frac{2f_z a_r \sin K_r}{D*\arcsin(\frac{ar}{D})}$ (III.16)

Finalement: $h_m = \frac{360 f_z a_r \sin K_r}{2\pi D*\arcsin(\frac{ar}{D})}$ (angles en degrés) (III.17)

Fraisage décalé

On a $\alpha = \arccos(1-\frac{2ar}{D})$ donc $h_m = \frac{2f_z a_r \sin K_r}{D*\arcsin(1-\frac{2ar}{D})}$

Finalement $h_m = \frac{360*f_{z*} a_{r*} \sin K_r}{\pi D*\arcsin(1-\frac{2ar}{D})}$ (angle en degrées) (III.18)

On peut aussi trouver $h_m$ en consultant les tableaux ci-dessous

**Tableau III 4** Epaisseur moyenne de copeau hm en mm

| Epaisseur moyenne de copeau "hm"en mm ($\kappa_r$ = 75°) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | avance par dent : fz | | | | | | | | |
| $a_r$/D | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| 1/10 | 0,05 | 0,1 | 0,19 | 0,29 | 0,38 | 0,48 | 0,58 | 0,77 | 0,96 |
| 2/10 | 0,05 | 0,1 | 0,19 | 0,28 | 0,38 | 0,48 | 0,57 | 0,76 | 0,95 |
| 3/10 | 0,05 | 0,09 | 0,19 | 0,28 | 0,38 | 0,47 | 0,56 | 0,75 | 0,94 |
| 4/10 | 0,05 | 0,09 | 0,19 | 0,28 | 0,37 | 0,47 | 0,56 | 0,74 | 0,93 |
| 5/10 | 0,05 | 0,09 | 0,18 | 0,28 | 0,37 | 0,46 | 0,55 | 0,74 | 0,92 |
| 6/10 | 0,04 | 0,09 | 0,18 | 0,27 | 0,36 | 0,44 | 0,53 | 0,71 | 0,89 |
| 7/10 | 0,04 | 0,09 | 0,17 | 0,26 | 0,35 | 0,43 | 0,52 | 0,70 | 0,87 |
| 8/10 | 0,04 | 0,08 | 0,16 | 0,25 | 0,33 | 0,41 | 0,49 | 0,66 | 0,82 |
| 9/10 | 0,04 | 0,08 | 0,15 | 0,23 | 0,31 | 0,39 | 0,46 | 0,62 | 0,77 |
| 1/1 | 0,03 | 0,07 | 0,12 | 0,18 | 0,24 | 0,31 | 0,37 | 0,49 | 0,61 |

| Epaisseur moyenne de copeau "hm"en mm ($\kappa_r$ = 90°) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | avance par dent : fz | | | | | | | |
| $a_r$/D | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| 1/20 | 0,02 | 0,04 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,18 | 0,22 |
| 1/10 | 0,03 | 0,06 | 0,10 | 0,13 | 0,16 | 0,19 | 0,26 | 0,32 |
| 2/10 | 0,04 | 0,09 | 0,13 | 0,17 | 0,22 | 0,26 | 0,34 | 0,43 |
| 3/10 | 0,06 | 0,10 | 0,16 | 0,21 | 0,26 | 0,31 | 0,42 | 0,52 |
| 4/10 | 0,06 | 0,12 | 0,18 | 0,24 | 0,30 | 0,35 | 0,47 | 0,59 |
| 5/10 | 0,06 | 0,13 | 0,19 | 0,25 | 0,32 | 0,38 | 0,50 | 0,63 |
| 6/10 | 0,07 | 0,14 | 0,20 | 0,27 | 0,34 | 0,41 | 0,54 | 0,68 |
| 7/10 | 0,07 | 0,14 | 0,21 | 0,28 | 0,36 | 0,43 | 0,57 | 0,71 |
| 8/10 | 0,07 | 0,14 | 0,22 | 0,29 | 0,36 | 0,43 | 0,58 | 0,72 |
| 9/10 | 0,07 | 0,14 | 0,21 | 0,28 | 0,36 | 0,43 | 0,57 | 0,71 |
| 1/1 | 0,06 | 0,13 | 0,19 | 0,25 | 0,32 | 0,38 | 0,50 | 0,63 |

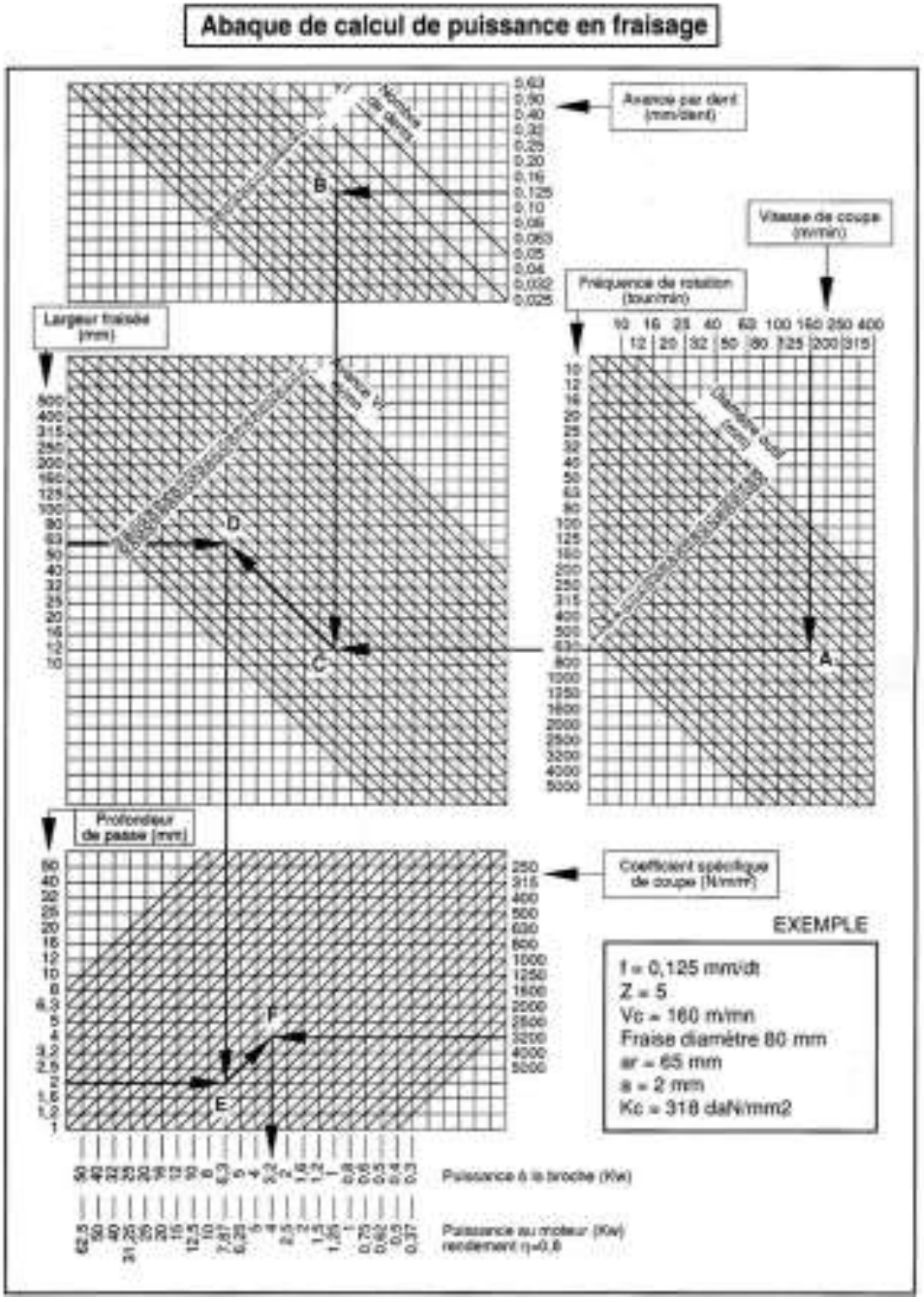
Si $K_r$ est différent de celui du tableau faire la conversion : $h_m = \frac{h_{m_{tableau}}}{sink_{r_{tableau}}}$

**Tableau III.5** force de coupe par unité de surface en fonction de la matière usiné,

| Matière | Résistance Rm en N/mm² ou dureté Brinnel | Force de coupe par unité de surface pour une épaisseur $h_m$ de: | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| Aciers d'usage général : | | | | | | | |
| A 50-2 | 300 à 600 | 3230 | 2700 | 2280 | 2025 | 1900 | 1800 |
| A 70-2 | 550 à 850 | 3350 | 2680 | 2150 | 1850 | 1720 | 1600 |
| Aciers non alliés pour TTh : | | | | | | | |
| XC 12 | < 400 | 3000 | 2530 | 2130 | 1900 | 1790 | 1690 |
| XC 35, XC 42 | 500 à 600 | 3150 | 2640 | 2210 | 1970 | 1850 | 1750 |
| XC 35, XC 42 | 600 à 750 | 3240 | 2650 | 2180 | 1910 | 1780 | 1670 |
| XC 65 | 700 à 950 | 3040 | 2570 | 2180 | 1950 | 1850 | 1750 |
| Aciers faiblements alliés recuits : | | | | | | | |
| 16 MC 5 | 500 | 2650 | 2340 | 2060 | 1890 | 1810 | 1740 |
| 16 NC 6 | 590 | 3040 | 2550 | 2140 | 1910 | 1800 | 1700 |
| 42 CD 4 | 570 | 3210 | 2680 | 2230 | 1980 | 1860 | 1750 |
| 42 C4 | 620 | 3200 | 2670 | 2220 | 1970 | 1850 | 1740 |
| 100 C6 | 625 | 3230 | 2820 | 2460 | 2250 | 2150 | 2060 |
| Aciers faiblements alliés traités pour : | 690 à 1570 | 4180 | 3510 | 2950 | 2630 | 2490 | 2350 |
| Aciers fortements alliés recuits : | 540 à 850 | 3750 | 3150 | 2650 | 2360 | 2240 | 2110 |
| traités pour : | 850 à 1750 | 4390 | 3690 | 3100 | 2770 | 2620 | 2470 |
| Aciers inoxydables | | | | | | | |
| - ferritiques | 610 à 770 | 3860 | 3240 | 2720 | 2430 | 2300 | 2170 |
| - austénitiques | 540 à 690 | 4180 | 3510 | 2950 | 2630 | 2490 | 2350 |
| Aciers coulés | | | | | | | |
| - non alliés | 770 | 2790 | 2340 | 1970 | 1760 | 1660 | 1570 |
| - faiblements alliés | 540 à 850 | 3000 | 2520 | 2120 | 1890 | 1790 | 1690 |
| Fonte FGL | | | | | | | |
| - faible résistance | HB 150 à 225 | 1500 | 1260 | 1060 | 950 | 890 | 850 |
| - haute résistance | HB 200 à 300 | 1930 | 1620 | 1360 | 1220 | 1150 | 1090 |
| Fontes malléables | | | | | | | |
| - à copeaux courts | HB 110 à 145 | 2360 | 1980 | 1670 | 1490 | 1400 | 1330 |
| - à copeaux longs | 690 à 850 | 2140 | 1800 | 1510 | 1350 | 1280 | 1200 |

Le tableau si dessous Représente la force de coupe par unité de surface en fonction de la matière usiné, de sa résistance à la traction (ou dureté Brinell) et de l'épaisseur de coupeau $h_m$ pour $\gamma$ =-6° et pour des outils en carbure.

**Abaque sur Les puissances de coupe en fraisage peuvent aussi être déterminées graphiquement :**



## III.8 La résistance des dentures

### III.8.1. Effort sur la denture

L'action de contacte F d'une dent sur l'autre est porté par la droite d'action incliné α=20° par rapport à la tangente commune au cercle primitif. Ses composantes sont les efforts T (tangentiel) et R (radial), l'effort tangentiel $F_T$ est à l'origine du couple transmis, L'effort radial est perpendiculaire à $F_T$, il est obtenu en projetant $F_{2/1}$ sur $O_1O_2$ .il ne participe pas à la transmission du couple.

$$\vec{F}_{2/1} = \vec{F}_t + \vec{F}_R \qquad \text{(III.19)}$$

$$F_t = F_{2/1}.\cos\alpha = \frac{c_1}{r_1} \qquad \text{(III.20)}$$

$$F_R = F_{2/1}.\sin\alpha \qquad \text{(III.21)}$$

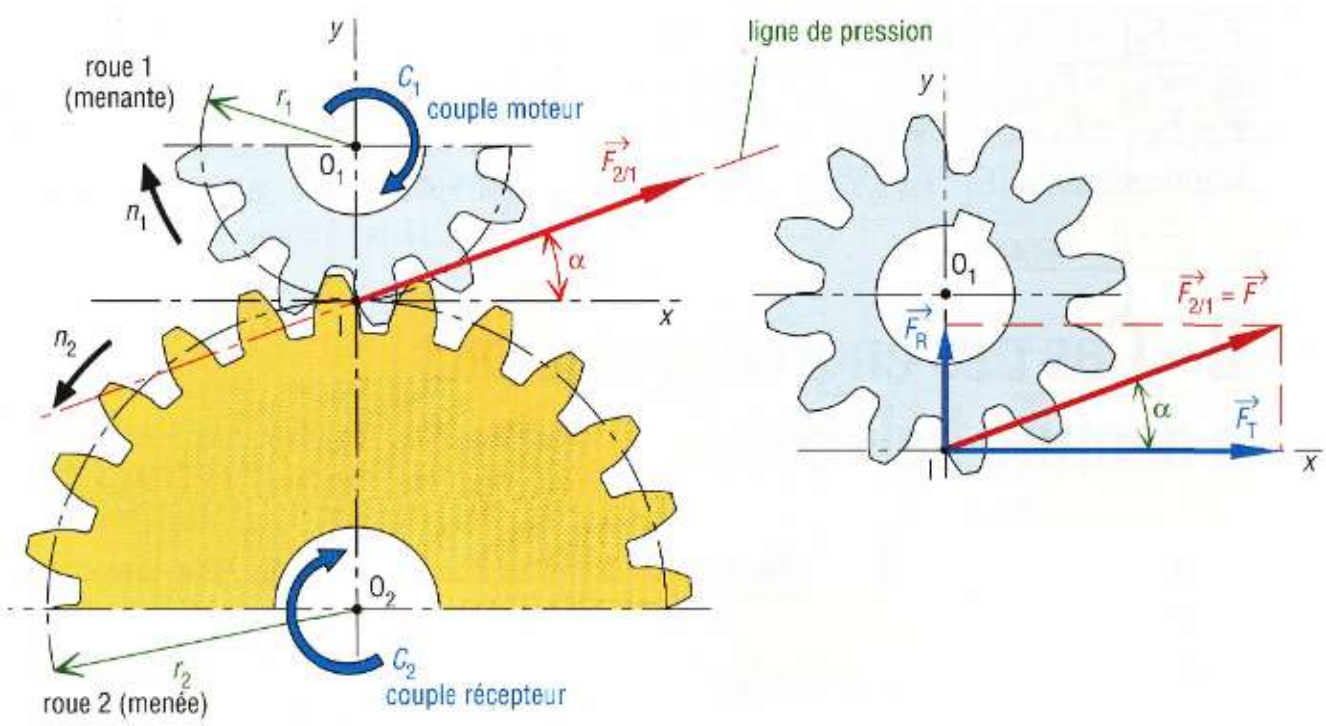



**Figure III.9** Effort sur denture droite

### III.8.2 Résistance de la dent à la flexion

L'effort « F » supposé à l'extrémité de la dent, Seule la composante tangentielle « Ft » produit une flexion sur les dents, qui est assimilée à une pièce encastrée à une extrémité et libre à l'autre, et chargé par l'effort « Ft » a son extrémité libre.

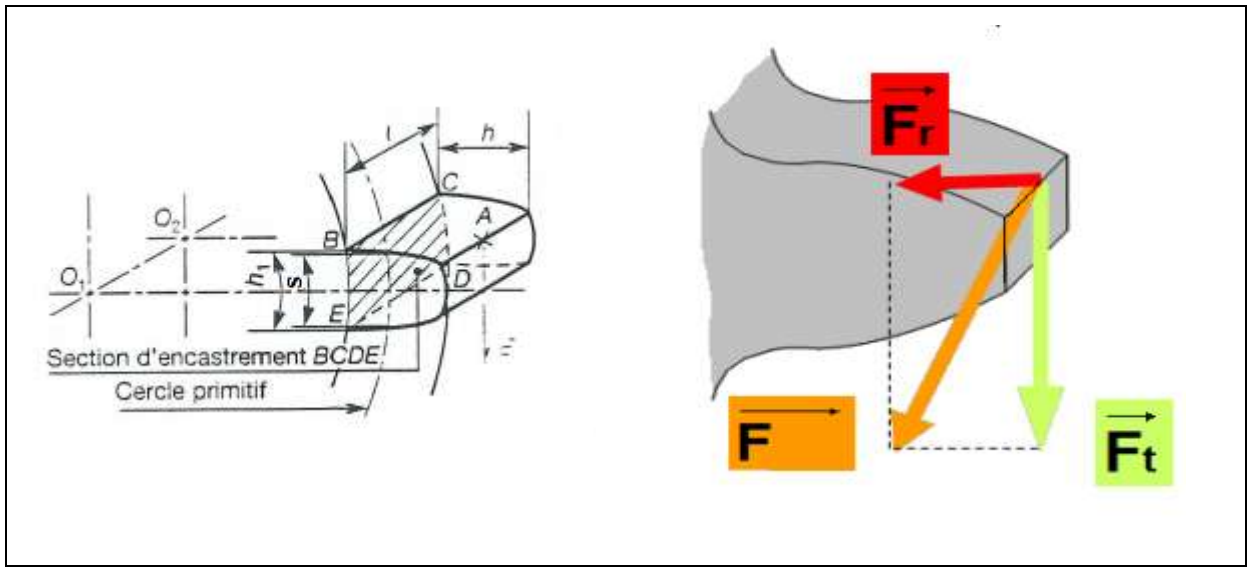



**Figure III.10** Géométrie de la denture droite et la force de flexion

b : largeur de la dent, c'est une donnée dans le catalogue.

s : épaisseur de la dent s=πm/2.

h : hauteur de la dent.

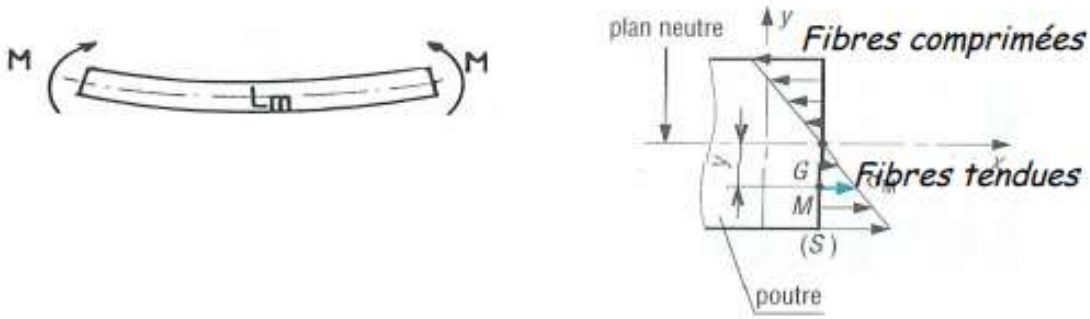



**Figure III.11** Flexion d'une poutre.

Au moment du flexion il y a des fibres qui se comprime et des fibres qui se tend, et il reste le plan neutre qui contient des fibres non déformées.la fibre la plus sollicitée est également la plus éloignée du plan neutre.

La contrainte normale doit satisfaire à la condition de résistance :

$\sigma maxi \leq Rpe$ Ou la contrainte doit être $\sigma = \frac{M_{fz}}{\frac{I_{gz}}{v}} \leq Rpe$

(III.22)

v : distance entre le plan moyen et la fibre la plus éloignée.

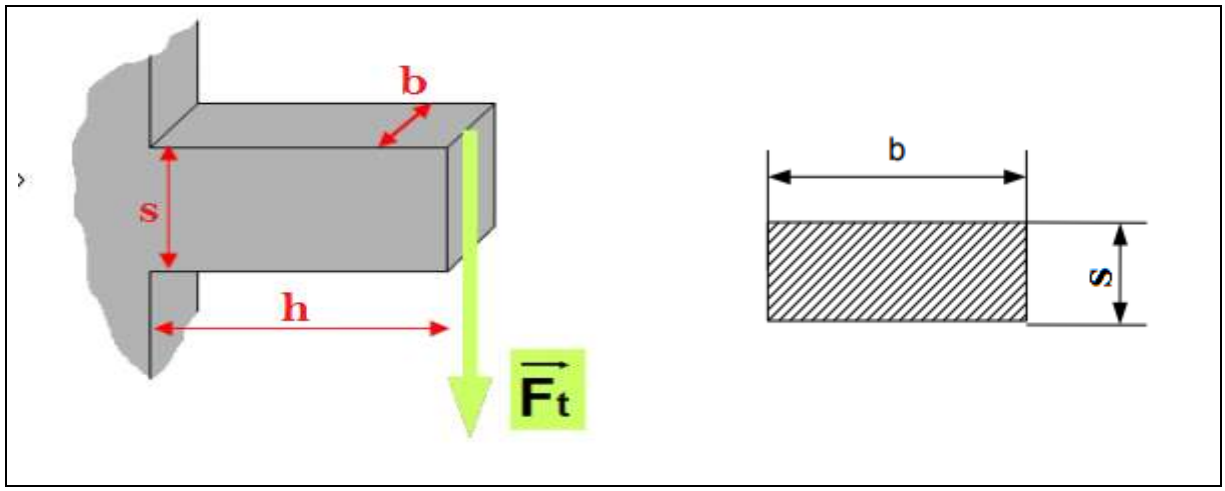



**Figure III.12** Modélisation de la dent.

La dent est modélisée comme une poutre encastrée dans le moyeu de la roue dentée

$$M_{fmax} = F_t . h \quad \text{(III.23)}$$

$$I_{GZ} = \frac{(b.s^3)}{12} \quad \text{(III.24)}$$

$$v = \frac{s}{2}$$

(III.25)

La matière utilisée dans la fabrication de ces pignons est « un acier 40X GOST 4543-71 » dont la résistance maximale à la traction est : Re=980 MPA.

Pour qu'une pièce résiste aux sollicitations, il faut être certain de rester dans la zone de déformation élastique. On fixe donc un seuil à ne pas dépasser, à l'aide d'un coefficient de sécurité « u ». Selon le type de contrainte, ce seuil est appelé « contrainte admissible », ou encore Résistance pratique à l'extension (Rpe).

$$Rpe = \frac{Re}{u} \quad \text{(III.26)}$$

Tel que : $1 < u < 6$ ,et puisque les charges, les contraintes sont connues et selon la matière des pignons donc on prend le coefficient de sécurité u=2.

$$Rpe = \frac{Re}{u} = \frac{980}{2} = 490MPA$$

On remplace (III.23) et (III.24) dans (III.22) pour définir la condition de résistance de la structure étudié, on trouve :

$$\boldsymbol{\sigma} = \frac{6.F_t.h}{b.s^2} \leq \mathbf{Rpe}$$

(III.27)

$$\mathbf{F}_{\mathbf{T}}\mathbf{max} = \frac{C_{max}}{r} \qquad \text{(III.28)}$$

En remplace l'équation (III.28) dans (III.27) on trouve

$$\boldsymbol{\sigma}_{\mathbf{max}} = \frac{6.F_t max.h}{b.s^2} \qquad \text{(III.29)}$$

# Chapitre IV

## Entretien de la Fraiseuse universelle 6P13.

## IV.1 Introduction

L'entretien est l'ensemble des actions qui garantissent le bon fonctionnement et la durée de vie de la machine. Le but de ce chapitre de réaliser une gamme d'entretien à la fraiseuse de type « 6 P 13 » Cette gamme permet de réduire les pertes de production ainsi que la conservation des pièces d'usure qui s'usent rapidement.

## IV.2 Proposition

Vue les problèmes existants dans la partie précédente on propose :

1) L'élaboration d'une gamme d'entretien : La gamme d'entretien représente un programme prés-établit à l'avance, il contient plusieurs consignes et travaux divers d'entretient préventif sur une période déterminée. L'application de la gamme d'entretien préventif en respectant les périodicités des travaux permet d'assurer le bon fonctionnement du matériel on plus ou moins éliminer la probabilité des avaries subites (arrêts imprévue).
2) Le recrutement du personnel de maintenance qualifie : Comme il a été dit, le nombre actuel de personnel de la maintenance est loin d'atteindre le taux normal indiqués par « Afnor » qui devrait être de 8 jusqu'à 12% du personnel total. Pour mener bien les fonctions de la maintenance il faut assurer la disponibilité du personnel qualifié ayant une bonne connaissance du matériel ainsi qu'une expérience pratique.
3) La disponibilité des pièces de rechange : Les pièces de rechange sont très indispensables dans la maintenance, c'est pourquoi elles sont d'une grande importance et il est nécessaire qu'elles soient disponibles le plus possible lors du besoin.
4) La disponibilité du matériel d'entretien : Chaque travail nécessite la disponibilité d'outillage nécessaire. Pour mener les travaux de maintenance dans des conditions favorables, il faut avoir les moyens matériels nécessaires suivant le niveau du travail a effectué. [14]

**Exemple :**

- ✓ Moyens logistiques tel que les locaux (atelier de maintenance), moyens de levage et manutention, l'ensemble des ressources permettant le fonctionnement du système mis en place.
- ✓ Appareils de mesure (banc d'essai-contrôle…etc.), ainsi que de réglage et accessoires divers...etc. [14].

## IV.3 Gamme d'entretien da la fraiseuse « 6 P 13 »

### IV.3 .1 Graissage

#### IV.3.1.1 But du graissage

Le domaine de la lubrification et du graissage reste quasiment ignoré dans les milieux industriels des pays en voie de développement.

L'importance accordée pour nos entreprises aux huiles et graisses, est loin d'atteindre l'importance réelle value.

Le graissage à pour but donc de :

- ✓ Réduire les frottements parasites ou résistance passives des machines.
- ✓ Combattre l'usure et la corrosion des organes des machines c'est-à-dire assuré le bon état

  D'où économie d'entretien.
- ✓ Participer à l'équilibre thermique des machines en particulier des moteurs à explosion ou à

  Combustion interne.
- ✓ Evacuer les impuretés par circulation d'huile.

le plan de graissage annuel des éléments suivant :

- ✓ Boite de vitesse
- ✓ Console
- ✓ Tête porte fraise

Le tableau IV.1.a c'est un sous plan de graissage pour une semaine, les organes à graisser sont les suivant :

- ✓ Table et chariot
- ✓ Tête porte fraise

**Tableau IV.1.a** Sous Plan de Graissage [14]

| Fraiseuse Type : 6 P 13 | Sous Plan de Graissage | | | | | | | | | | | | FERROVIAL Atelier : $B_3$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dénomination de l'ensemble | Dispositif du Graissage | Rep. | 1 er semaine | | | | | 4eme semaine | | | | | Type d'huile | Quantité |
| | | | S | D | L | M | M | S | D | L | M | M | | |
| Table et Chariot | - Graissage (burette)<br>- contrôle de la pompe | 5<br>14 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | Tiska-33- | |
| Tête porte de fraise | - Graissage (burette)<br>- Indicateur | 10<br>11 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | Tiska-33- | |

**Tableau IV.1.b** Mode du Graissage [14]

| Ensemble | Mode du Graissage |
|---|---|
| Boite de vitesse | Le graissage de la boite de vitesse se fait à l'aide d'une pompe à plongeur montée sur l'arbre II de la boite de vitesse. |
| Tête porte fraise | Le graissage des roulements montés à l'intérieur de la tête porte fraise s'effectue par la pompe de la boite de vitesse |
| Console | Le graissage de la console se fait par une pompe à piston disposée dans la partie inférieure de la console. |
| Glissière | Le graissage des glissières se fait automatiquement lors de la mise en marche d'une des avances par la pression du bouton (4), [voir schéma de graissage]. |
| Table et chariot | Le graissage du mécanisme de la table et de chariot s'effectue à partir de la pompe à piston de la console, il s'effectue lors de la mise en marche d'une des avances par la pression du bouton 4. |
| | Le graissage des points de graissage (5) et (10) se fait par une burette. |

### IV.3 .2 Interventions

Après les calculs nécessaires on déduit :

- ✓ On doit faire une révision générale chaque 12 années.
- ✓ Une moyenne révision toutes les 4 années.

- ✓ Une petite révision chaque année (1).
- ✓ Une inspection chaque 6 mois.

### IV.3.3 Réglages et nettoyage

Au court du travail il est nécessaire de régler certains ensembles et mécanismes de la fraiseuse afin de rétablir leur fonctionnement normal.

Une machine bien réglée, bien nettoyée donc bien entretenue travaille mieux et dure plus que si elle ne l'était pas.

Pour permettre le suivi de la machine, on propose les plans d'entretien suivant :

**Tableau IV.2.a** Plan d'entretien préventif [14]

| Fraiseuse Type 6 P 13 | Plan d'entretien préventif | | | | | | | | | FERROVIAL Atelier : $B_3$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Travail à exécuter | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
| Réglage du jeu radial dans le palier avant de la broche | ● | | | ● | | | ● | | | ● | | |
| Réglage du mécanisme d'embrayage de l'avance longitudinale de la table | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Réglage de la clavette de la table | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

**Tableau IV.2.b** Plan d'entretien préventif [14]

| Fraiseuse Type : 6 P 13 | Plan d'entretien préventif | | | | | | | | | FERROVIAL Atelier : $B_3$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Travail à exécuter | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
| Réglage de protection de la boite d'avance | ● | | | ● | | | ● | | | ● | | |
| Réglage du mécanisme d'avance vertical et transversal | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Réglage du mécanisme de la course rapide de la table | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

**Tableau IV.1.c** Plan d'entretien préventif [14]

| Fraiseuse Type : 6 P 13 | Plan d'entretien préventif | | | | | | | | | FERROVIAL Atelier : $B_3$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Travail à exécuter | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
| Soufflage des moteurs électrique | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Contrôle la ventilation des moteurs et les fins de course | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

**Tableau IV.1** Résultats de mauvais entretien [14]

| Anomalies Constatées | Organes engendrés |
|---|---|
| Cliquetis du manchon durant le travail | Mauvais réglage de mécanisme d'embrayage de l'avance longitudinale de la table |
| Fonctionnement irrégulier de la course de la table | Mauvais réglage du mécanisme de la course rapide de la table |
| Mouvement difficile de la vis-mère | Mauvais réglage du jeu entre l'écrou et la vis d'avance longitudinale |
| Difficulté constaté lors de la manœuvre du chariot | Mauvais réglage de la clavette du chariot |

## IV.4 Consignes De Sécurité

- ✓ Assurez-vous que toutes les protections sont en place et fonctionnelles et que la machine est posée sur une surface plane, de manière stable.
- ✓ Avant chaque mise en route de la machine, vérifiez que la pièce et l'outil sont parfaitement serrés dans le mandrin ou entre pointes et dans la tourelle pour le tour, ou dans l'étau ou par bridage et dans les pinces pour la fraiseuse. Vérifiez que la rotation complète de la pièce ou de l'outil n'est pas gênée.
- ✓ Pour le tournage, ajustez les outils dans la tourelle, chaque fois avant de les utiliser, pour les placer à la hauteur de pointes. Vérifiez, également avant la mise en route et en faisant tourner la pièce manuellement, que la tourelle dégage suffisamment.
- ✓ -Sélectionnez la vitesse de rotation qui est appropriée à l'usinage que vous allez réaliser, en fonction notamment de la matière et du diamètre de la pièce ou de l'outil et de la matière de

l'outil. Attendez que la machine atteigne complètement cette vitesse avant de commencer l'usinage.

- ✓ -Ne changez jamais le sens de rotation de la broche quand le moteur tourne.
- ✓ -Ne tentez pas d'arrêter la machine avec vos mains, sur la pièce ou l'outil par exemple.
- ✓ Ne laissez jamais la machine fonctionner sans surveillance quelle qu'en soit la raison.
- ✓ -Ne laissez pas la clé du mandrin sur le mandrin du tour ou sur le mandrin de perçage dans la broche de la fraiseuse.
- ✓ -N'usinez pas avec une machine endommagée ou dont certaines pièces sont usées. Conservez votre machine en parfaites conditions de travail. Inspectez fréquemment et faites les petites réparations quand c'est nécessaire. Retirez les outils (clés, tournevis) après utilisation.
- ✓ -Assurez-vous que la machine est éteinte, débranchée de l'alimentation générale, que toutes les pièces en mouvement sont complètement arrêtées avant de commencer une vérification, un réglage ou une réparation.
- ✓ -Ne portez pas de vêtements amples ou desserrés comme les manches, ceintures ou des bijoux quand vous utilisez la machine.
- ✓ -Utilisez le bon outil en fonction de la matière de la pièce, assurez-vous qu'il est parfaitement affûté et fermement bloqué dans la tourelle du tour ou dans l'attachement de la fraiseuse.
- ✓ -Installez un morceau de bois sur le banc du tour quand vous enlevez ou installez les mandrins, pour éviter de vous pincer les doigts entre le mandrin et les glissières.

- ✓ AVERTISSEMENT : Aucune liste de consignes de sécurité ne peut être complète. Chaque lieu de travail est différent. Pensez d'abord et toujours à votre propre sécurité et à vos conditions de travail. Utilisez cette machine ainsi que toute autre avec précaution et intelligemment. Tout manquement aux règles d'usage peut conduire à de mauvais résultats d'usinage, à endommager le matériel ou encore à des blessures graves. Comme pour tous les outils électriques, il y a un risque à utiliser une machine-outil. Les accidents sont souvent dus à un excès de familiarité ou un manque d'attention. Utilisez cette machine avec respect et attention pour diminuer l'éventualité de blessures. Si les consignes de sécurité, pour une raison ou pour une autre, sont outrepassées ou ignorées, de graves accidents peuvent se produire.
- ✓ MISE A LA TERRE : Dans le cas d'un court-circuit, la mise à la terre réduit le risque d'électrocution en fournissant une résistance moindre qui permet au courant électrique de se disperser. Le branchement extérieur doit être proprement réalisé selon les normes en usage.

- ✓ NETTOYAGE : La machine est recouverte d'une graisse pour la protéger contre la rouille. Nettoyez cette graisse à l'aide d'un solvant ou d'un dégraissant (nous recommandons du gazole, ou du produit de fontaine de lavage). Pour bien nettoyer, quelques pièces devront être retirées. Pour d'excellentes performances de la machine, prenez soin de nettoyer toutes les parties mobiles et les glissières qui sont recouvertes. Evitez les dissolvants à base de chlore qui endommageraient les peintures. Suivez les instructions du fabricant du produit avant de l'utiliser. Attention, aérez convenablement la pièce. Une fois la machine nettoyée et essuyée, appliquez de l'huile à l'aide d'un spray ou d'un pinceau sur les parties métalliques non peintes (glissières, table, chariots, mandrin,...).

**IV.5 Consignes de sécurité à lire impérativement**

- ✓ - Seules les personnes aptes à utiliser la machine peuvent être autorisées à y accéder. Toute personne n'ayant pas les capacités requises ne doit pas avoir la permission de mettre en route la machine et présente un danger flagrant de risques pour elles-mêmes et pour la machine. Toute fausse-manœuvre entraînant des dégâts matériels ne sera évidemment pas pris sous garantie.
- ✓ - Faites une vérification périodique, selon l'utilisation de la machine, des éléments mobiles, de serrage de celle-ci et des outils. Toute pièce ou outil détériorés doit impérativement être changé, même si le travail à effectuer nécessite peu d'effort ou un temps d'usinage court. Appelez votre vendeur pour toute information.
- ✓ -Utilisez les accessoires de protection appropriés, lunettes (attention des lunettes de vue NE SONT PAS des lunettes de protection), bouchons d'oreilles, casque,...
- ✓ - Ne mettez jamais votre main sur l'outil dans la broche ou sur l'attachement lorsque la machine est sous tension ou lorsqu'elle risque d'être mise en route.
- ✓ - Utilisez uniquement la machine quand la porte de protection est fermée et le verrou de sécurité activé et en état de fonctionnement. Les outils en rotation peuvent causer des blessures importantes. En cours de programme la table et donc ce qui se trouve dessus peut se déplacer à très grande vitesse et dans n'importe quelle direction.
- ✓ - Le bouton d'arrêt d'urgence (également appelé bouton de mise hors tension d'urgence) est le gros bouton circulaire et rouge situé sur le panneau avant de la tête de la machine. Un appui sur ce bouton arrêtera immédiatement l'alimentation électrique de tous les contacteurs et donc arrêtera le fonctionnement des moteurs de broche, de pompe, d'axes,... N'utilisez donc ce bouton qu'en cas d'urgence extrême pour éviter toute casse machine ou pièce inutilement.
- ✓ - Prenez un maximum de précautions lors du serrage de la pièce à usiner, un mauvais blocage peut provoquer une éjection de la pièce et provoquer des dégâts ou des accidents graves.

- ✓ - En cas de casse de la vitre de protection de la porte, remplacez-la immédiatement et empêchez toute utilisation de la machine pendant le temps de remplacement.
- ✓ - La porte de l'armoire électrique doit impérativement et toujours être fermée et la clé et le loquet doivent être mis en sécurité sauf durant la mise en service de la machine et d'éventuelles interventions. Dans ces situations seules un électricien qualifié doit intervenir. Lorsque l'interrupteur-sectionneur est activé et l'armoire électrique sous tension un courant important circule à l'intérieur du câblage et certains composants fonctionnent à très haute température. Par conséquent une fois mise en route ou réparée, l'armoire électrique doit impérativement être condamnée pour éviter tout accident.
- ✓ - Ne modifiez pas et ne faites pas de retouches à la machine quelle qu'en puisse être la raison. Si toutefois des modifications doivent impérativement être apportées, consultez votre vendeur afin d'en étudier la faisabilité. Nous dégageons toute responsabilité d'accidents corporels ou de dégâts matériels faisant suite à une modification non convenue avec votre vendeur.
- ✓ - N'usinez pas de matériaux toxiques ou inflammables. Des fumées mortelles peuvent notamment s'échapper dans l'atmosphère. Consultez le vendeur du matériau pour la fiche des données de sécurité avant d'usiner.
- ✓ - Consultez vos consignes de sécurité et règlements intérieurs avant d'utiliser la machine. Contactez votre vendeur à chaque fois qu'un problème de sécurité doit être solutionné.
- ✓ - Les machines à commande numérique peuvent usiner sans assistance; cependant tous les programmes doivent être testés et approuvés par un opérateur présent.
- ✓ - Soyez prudents si le programme que vous exécutez consomme beaucoup de matière ou de temps, ceci peut provoquer des surchauffes des moteurs d'axes notamment. Si les moteurs d'axes chauffent anormalement, ils peuvent perdre des incréments et des casses peuvent survenir.
- ✓ - Comme il est de la responsabilité du directeur de l'établissement acquéreur de la machine de la mettre en place en toute sécurité et de se former à son usage, il est également de sa responsabilité de mettre tout en œuvre pour éviter tout accident. L'usinage d'une pièce doit être surveillé pour empêcher tout dégât en cas de problème.
- ✓ - Par exemple si un risque d'incendie existe à cause notamment de la matière usinée, alors un système de sécurité, c'est-à-dire de prévention et d'extinction doit être mis en place pour réduire les dangers inhérents à ce type d'incident. Prenez toujours contact avec un professionnel pour l'installation de ce type de matériel.
- ✓ - Il est très important de choisir des équipements ou matériel de détection automatiques, ne nécessitant pas d'intervention humaine, ou au minimum.

### IV.6 Nettoyage

Avant l'expédition du tour, celui-ci est recouvert d'une graisse pour empêcher les pièces métalliques de rouiller. Après l'inspection et la mise en place de la machine, nettoyez cette

graisse à l'aide de gazole. N'hésitez pas à démonter certaines parties et accessoires (mandrin, tourelle, chariots,…) pour accéder aux endroits les plus difficiles.

### IV.6.1 Mise de niveau

Après avoir préparé le béton au sol pour recevoir le tour et après avoir posé puis vissé celui-ci, placez un niveau de précision (0,02 mm sur 1000 mm) sur le chariot transversal. Ajustez d'abord le niveau dans le sens longitudinal puis dans le sens transversal, en vissant ou en dévissant les vis de fixation au sol. La tolérance pour une bonne mise à niveau est de 0,04 mm sur 1000 mm. Serrez les écrous à chacun des six pieds du tour puis contrôlez à nouveau le niveau. Il est possible qu'un réglage soit à nouveau nécessaire et prenez le temps de le faire.

### IV.6.2.Equilibrage de la broche

Mettez en marche le tour en faisant tourner la broche à 1330 t/mn, à vide. Posez la paume de votre main gauche sur le couvercle de la broche pour sentir d'éventuelles vibrations. Un mauvais équilibrage de la broche conduit à du balourd et inévitablement créé des vibrations. Retirez le carter latéral pour accéder aux deux masselottes de réglage placées sur l'axe de la broche. Déplacez-les vers la droite ou vers la gauche, pour atténuer ce balourd jusqu'à ce que vous ne sentiez plus de vibrations, ou le moins possible. Après ce réglage et pour vérifier le bon fonctionnement, changez la vitesse de rotation à 2000 t/mn puis à 900 t/mn. Pour chacune de ces deux vitesses, procédez comme précédemment à l'aide de votre main gauche pour sentir les vibrations.

### IV.6. 3.Boîte de la broche

La boîte de vitesse de la broche est lubrifiée par barbotage. Un circuit d'huile par gravité à l'intérieur de la boîte permet d'alimenter les roulements de la broche et finalement l'huile coule au fond de la boîte. Pour ajouter de l'huile, retirez le bouchon de remplissage en façade puis versez à travers le trou en vérifiant le niveau grâce au voyant. Pour vidanger la boîte, retirez le bouchon situé sur le côté droit de la poupée, vers le mandrin. Prenez l'habitude de vérifier le niveau d'huile de la boîte grâce au voyant, avant toute mise en route. Si le niveau n'est pas atteint, complétez-le. Nous recommandons de faire une première vidange après 10 à 15 heures d'utilisation puis deux fois par an.

### IV.6. 4.Boîte des avances et du tablier

Ces deux boîtes sont en bain d'huile et assurent la lubrification des pignons et des roulements. Il est recommandé de faire une première vidange après 10 à 15 heures d'utilisation puis une fois par an. Si le niveau d'huile est insuffisant, complétez-le.

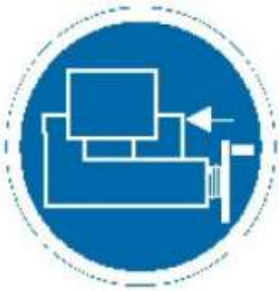
### IV.6. 5.Graisseurs

A l'aide de la burette ou d'une pompe à graisse, lubrifiez tous les points (G) indiqués ci-dessus avant chaque première mise en route quotidienne. Vous pouvez utiliser de l'huile ou de la graisse.

**Figure IV.1** Pictogrammes de danger.

Des blessures graves peuvent se produire. Les pièces en mouvement peuvent attraper et forcer, pensez à toujours éviter les vêtements lâches et à contenir les cheveux longs, à l'aide d'une charlotte par exemple.

Le risque de blessures corporelles mortelles. Suivez attentivement les recommandations pour le serrage des pièces. Un mauvais bridage ou blocage peut provoquer le jet de la pièce avec l'inertie de l'outil. Veillez donc à maintenir fermement la pièce en position.



Le risque d'impact. Toutes les pièces ou parties d'une machine peuvent écraser ou couper. Ne manipulez ou maintenez aucune pièce ou partie de la machine pendant l'usinage automatique. Restez toujours à bonne distance de la zone de travail.

**Figure IV.2** Pictogrammes de mise en garde

# Conclusion

# Conclusion générale

Dans ce modeste travail, nous avons abordé Un choix réfléchi de type de dentures droites qui permettent de transmettre le mouvement de rotation entre les arbres parallèles avec un couple important, et un sélectionneur des vitesses pour une fraiseuse universelle classique.

Par la suite définir la résistance des dentures et d'autre calcul pour l'étude de la chaine cinématique de la boite de vitesse de notre fraiseuse et les différentes méthodes de calcul des organes de la boite. Ce type de machines est utilise en particulier en usinage a grande vitesse de formes simples et complexes

Après l'achèvement de ce travail, nous avons adopté une gamme d'entretien préventif de la fraiseuse « 6P13 », cette gamme assure pour nous une durée de vie considérable pour notre machine et en même temps les outils de coupes dans des bonnes conditions d'utilisation. On conclue que la maintenance, n'est pas que la réparation, et que la maintenance n'est pas forcement un bon homme à combinaison tachés de graisse, mais tout une fonction compliquées qui nécessite une organisation parfaite et une connaissance de la machine outil.

Malgré les nombreuses difficultés rencontrées durant la réalisation de ce travail, les résultats m'ont permets de ce familiariser avec les modules enseignés durant notre cursus universitaire.

## Références bibliographiques


[1] A.Belferkous et A. Boubaia « Etude et maintenance du tour parallèle PMO (SN-40) », Mémoire de fin d'étude , université de M'sila (2004/2005) .

[2] **G. Spinnler**, « *Conception des machines principes et applications* », tome 3, presses polytechniques et universitaires romandes, 1998.

[3] **Y.Schoefs**, **S. Fournier**, **J. C. Leon**, « *Productique mécanique* », Delagrave, 1994, France$*

[4]J.C. Tanguy, « Rectification, conditions de base et données pratiques », centre technique des industries mécaniques, CETIM 2001, France.

[5] T. Dereli, I. H. Filiz and A.Baykasoglu, «Optimizing cutting parameters in process planning of prismatic parts by using genetic algorithms », international journal of production research, vol. 39, N°15, 3303-3328, 2001

[6] Samir Benarabi, Chouchani Abidi Brahim, « Optimisation du choix des outils de coupe pour l'usinage des poches quadrilatères en 2D½ », mémoire de fin d'étude, université Kasdi Merbah, Ouargla,2010.

[7] Gilles Prod'Homme, « Commande numérique des machines-outils » technique de l'ingénieur, traité génie mécanique, B 7130, pp.3, 1997

[8] Samir Benarabi, ChouchaniAbidi Brahim, « Optimisation du choix des outils de coupe pour l'usinage des poches quadrilatères en 2D½ », mémoire de fin d'étude, université KasdiMerbah, Ouargla,2010.

[9] G. Spinnler, « Conception des machines principes et applications », tome 3, presses polytechniques et universitaires romandes, 1998.

[10].Brigitte REMACLE, Formation ifpm Usinage tournage, fraisage, Bld Reyers 80, 1030-Bruxelles Édition septembre 2014

[11] Gearing basics,Power transmission Design, July 1994 p.p 49-53}. Il existe quatre types d'engrenages différents.

[12] Cours interactif : Le Fraisage Elaboré par GARA Souhir (Ingénieur de l'ENIT &Technologue à l'ISET de Nabeul) Année universitaire 2015/2016

[13] : mémoire master 2 Etude d'une boite à vitesse classique d'un tour parallèle type 1M61 soutenu 2019

[14] Dossier technique de la machine (URSS).