

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE

MEMOIRE

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER

FILIÈRE : GÉNIE MÉCANIQUE

SPÉCIALITÉ : CONSTRUCTION MÉCANIQUE

PAR :

GOUCHENE GHILES

MOHAMMEDI SAMI

Thème

Etude et dimensionnement d'une perceuse sensitive à colonne.

Soutenu 11 octobre 2020 devant le jury composé de:

Mr.	BELAMRI A	Président
Mr.	YAYA K	Examineur
Mr.	HADJOU M	Encadreur

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2019-2020

REMERCIEMENT

*Nous tenons à adresser nos plus vifs remerciements à
tous ceux qui
ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce
modeste travail.*

*Tout particulièrement, Mr HADJOU, notre
encadreur, et notre
promoteur pour l'enseignement qu'il nous dispose, ses
conseils et pour sa disponibilité.*

*Une pensée à nos chers parents et ami(e)s, auxquels
nous sommes
toujours reconnaissants de nous avoir continuellement
donné de précieux conseils et appuis.*

*Nous souhaitons remercier les membres du jury
De nous avoir honorées par leur présence
et pour leur effort consacré pour examiner notre
travail.*

*Notre remerciement va également à tous les
professeurs qui nous ont enseignées durant notre
cursus d'étude.*

*Notre remerciement va à tous ceux qui ont participé à
ce travail.*

Dédicace

Je dédie ce travail à:

*Mes très chers parents en signe de reconnaissance et de
profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts
et de moyen pour me voir réussir dans mes études;*

Mes chères sœurs Wissam et Sabine ;

Toute la famille MOHAMMEDI ;

Tous mes amis sans exception ;

*Mon ami avec qui j'ai eu le plaisir de travailler sur ce projet
Ghiles et sans oublier sa très chère famille ;*

*Tous les enseignants qui m'ont enseigné durant mon cursus
scolaire et universitaire ;*

*Toute la promotion Construction mécanique
(Génie mécanique) 2020.*

MOHAMMEDI Sami.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

*Mes très chers parents en signe de reconnaissance et de
profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts
et de moyen pour me voir réussir dans mes études ;*

Mes chers frères Jugurtha et Gaya ;

Ma chère sœur Anaïs ;

Toute la famille GOUCHENE ;

Tous mes amis sans exception ;

*Mon ami avec qui j'ai eu le plaisir de travailler sur ce projet
Sami et sans oublier sa très chère famille ;*

*Tous les enseignants qui m'ont enseigné durant mon cursus
scolaire et universitaire ;*

Toute la promotion Construction mécanique

(Génie mécanique) 2020.

GOUCHENE Ghiles.

Liste des figures

Liste des figures

Figure. I.1 diagramme des différentes opérations d'usinage utilisées dans l'industrie.

Figure I.2 : Composition des machines-outils.

Figure I.3: Perceuse sensitive à colonne

Figure. I.4 : Mouvements de coupe et d'avance.

Figure. I.5 : Fraisage en opposition

Figure. I.6 : Fraisage en concordance

Figure. I.7 : Fraisage en bout

Figure. I.8 : Fraisage en roulant

Figure I.9 : Fraiseuse.

Figure I.10 : Tour conventionnel

Figure I.11 : Tour a commandé numérique

Figure I.12 : Rectifieuse plane.

Figure I.7 : Machine scie motorisée.

Figure 1.8 : Types de contacts entre solides

Figure 1.9 : liaison pivot

Figure I.10 : Symboles normalisés des liaisons mécaniques

Figure 1.11 : Systèmes de transmission

Figure I.12 : Transmetteurs rigides

Figure I.13 : Transmetteurs flexibles

Figure I.14 Différent type de courroie trapézoïdale.

Figure II.1 schéma représentatif de la Perceuse sensitive.

Figure II.2 : Différents types de Chignoles (perceuses manuelles)

Figure II.3 : Perceuse sans fil.

Figure II.4. Perceuse à percussion

Figure II.5. Mécanisme de la perceuse à percussion

Figure II.6. Schéma perceuse à colonne

Figure II.7. Différents outils de perforation.

Figure II.8 : Perceuse radiale

Figure II.9 : Perceuse à socle magnétique

Figure II.10 : Perceuse pneumatique

Figure II.11 : Perceuse Multibroche

Figure II.12. Schéma représentatif de l'emplacement et des entraxes des 11 broches.

Figure II.13 : Différents types de forêts de perçage.

Figure II.14 : Morphologie d'un foret.

Figure II.15 : Les différents affûtages du foret pour métal

Figure II.16 : Pendant l'opération.

Figure II.15 : Représentation de la force de coupe.

Figure III.1 : La perceuse à colonne PC 23

Figure III.2 : Diagramme F.A.S.T

Figure III.3 : Schéma cinématique et les classes équivalentes de chacun des blocs fonctionnels

Figure III.4 : Système de transmission de la machine.

Figure III.5 : schéma représentatif d'un variateur de vitesse à poulies variables.

Figure III.6 : Schéma d'installation du système de transmission.

Figure III.7 Dessin en 2D de définition de notre système de transmission

Figure III.8 : Schéma représentatifs des engrenages.

Figure III.9 Dessin de définition en 2D de notre nouveau système de transmission

Figure III.10 Crémaillère de référence.

Liste des tableaux

Liste des tableaux :

Tableau I.1: Mouvement de la liaison pivot

Tableau I.2 : Liaisons mécaniques et torseurs associés

Tableau II.1 : Différentes vitesses de coupe.

Tableau III.1 : récapitulatif des résultats

Tableau III.2. Caractéristiques k_c et k_f de certains matériaux.

Tableau III.3 : kit poulies variables auto-aligneuse.

Tableau III.4 : Les longueurs normalisées des courroies.

Tableau III.5 : Facteur d'entraxe f_1 (source Gates)

Tableau III.6 Tableau récapitulatif des résultats pour le calcul du variateur de vitesse.

Tableau III.7 : Tableau récapitulatif des caractéristiques géométriques de la roue 1 et du pignon 1.

Tableau III.8 : Tableau récapitulatif des caractéristiques géométriques de la roue 2 et du pignon 2.

Tableau III.9 : Tableau récapitulatif des caractéristiques géométriques de la crémaillère.

Tableau III.10 : Tableau récapitulatif des liaisons entre les différents éléments.

Table des matières

Remercîment

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux Introduction générale

Chapitre I

I.	Généralités sur les procédés d'usinages et les machines-outils :	1
I.1	Introduction :	1
I.2	Les procédés d'usinage :	1
I.2.1	Perçage :	2
I.2.1.1	Perceuse :	2
I.2.2	Fraisage	3
I.2.2.1	Types de fraisage :	4
I.2.2.2	La Fraiseuse :	5
I.2.3	Tournage :	5
I.2.3.1	Tour :	5
I.2.3.2	Les différents types de tours :	5
I.2.3.3	Les différentes opérations de tournages :	7
I.2.4	La rectification :	8
I.2.5	Le sciage :	8
I.2.6	Le brochage :	9
I.3	Autres procédés d'usinage :	9
I.4	Contacts entre solides :	10
I.5	Les liaisons mécaniques :	10
I.5.1	Définition :	10
I.5.2	Types de liaisons mécaniques :	10
I.5.3	Torseurs associés à l'ensemble des liaisons mécaniques :	12
I.6	Transmission de puissance :	14
I.6.1	Les engrenages :	15
I.6.2	Transmission par poulie-courroie :	15
I.6.3	Avantages et désavantages des transmetteurs :	16
I.6.3.1	Courroies :	16
I.6.3.2	Chaînes :	16
I.6.3.3	Engrenages :	17

Chapitre II

II. Généralités sur les perceuses :	18
II.1 Introduction :	18
II.2 Généralités sur les perceuses :	18
II.3 Définition :	18
II.4 Différents types de perceuses :	19
II.4.1 La Perceuse sensitive (d'établi) :	19
II.4.1.1 Caractéristiques propres à la perceuse sensitive :	19
II.4.2 La chignole ou perceuse manuelle :	20
II.4.3 La perceuse sans fil :	21
II.4.4 La perceuse à percussion :	22
II.4.5 La perceuse à colonne :	23
II.4.6 Le perforateur :	24
II.4.7 La perceuse radiale :	24
II.4.8 La perceuse à socle magnétique :	25
II.4.9 La perceuse pneumatique :	26
II.4.10 La perceuse multibroche :	27
II.5 Le principe de perçage :	28
II.6 Forets de perçage :	28
II.6.1 Définition :	28
II.6.2 Type de foret :	28
II.7 Vitesse de perçage :	30
II.7.1 Formule de calcul pour la vitesse de rotation du foret :	31
II.7.2 Formule de calcul pour la vitesse d'avance du foret :	31
II.7.3 Le temps de coupe :	31
II.8 Efforts et puissance de coupe :	31
II.8.1 Force de coupe :	32
II.8.2 Effort de poussée :	32
II.8.3 Couple de perçage :	33
II.8.4 Puissance de coupe :	33
II.8.5 La lubrification pendant le perçage :	33

Chapitre III

III. Dimensionnement des éléments de la machine :	34
III.1 Introduction :	34
III.2 Présentation de la machine étudiée :	34
III.2.1 Description de la machine :	34
III.2.2 Cahier des charges :	35
III.2.3 Son installation :	36
III.2.4 Le diagramme F.A.S.T :	36
III.2.5 Le schéma cinématique :	37
III.3 Calcul de l'effort maxi de perçage et de la puissance absorbée :	38
III.3.1 Calcul des vitesses de coupe V_{Cm} en m/s :	38
III.3.2 Calcul de la puissance nécessaire au perçage pour le Z200 C12 :	39
III.3.3 Calcul de la puissance nécessaire au perçage pour le A70-2 :	40
III.4 Dimensionnement des éléments de la machine:	43
III.4.1 Dimensionnement du moteur d'entraînement :	43
III.4.2 Dimensionnement du réducteur de vitesse et du système de transmission :...	43
III.4.2.1 Introduction :	43
III.4.2.2 Présentation du mécanisme étudié :	43
III.4.2.3 Dimensionnement du système de transmission :	44
III.4.2.3.1 Dimensionnement du réducteur de vitesse à engrenages :	48
III.4.2.3.2 Dimensionnement de la crémaillère :	56
III.4.3 Liaison entre les différents éléments :	59

Introduction générale

Introduction générale :

Dans l'univers de l'industrie, quel que soit sa nature, on entend souvent parler de machines-outils. Ce terme est devenu très répandu dans notre société, en réalité son explication est inconnue pour tous ceux qui ne font pas partie du secteur de l'industrie.

La machine-outil est véritablement l'emblème de la révolution industrielle au XIXe, permettant de faire basculer une société artisanale dans l'ère du commerce et de l'industrie. Elle joue un rôle principal dans la fabrication des pièces, notamment les pièces de grandes séries.

En effet, la phase la plus intéressante dans la fabrication mécanique est celle qui se caractérise par la rapidité et la précision ; ce sont les facteurs les plus importants.

Pendant l'usinage des pièces mécaniques dans une machine-outil telle qu'une perceuse sensitive à colonne, il se peut qu'il y ait des matériaux à usiner d'une dureté insupportable par rapport à la puissance du moteur de la machine-outil et de son système de transmission.

La perceuse est une machine-outil servant à effectuer des perçages et, plus généralement, des opérations d'usinage axial consécutives à un perçage (alésage, taraudage, lamage, etc.).

La problématique réside dans l'usinage de l'acier inoxydable Z200 C13 dont $R_m = 700$ MPa, $k_c = 3970$ MPa et $k_f = 3560$ en utilisant la perceuse PC23 du Hall de technologie.

Dans ce cadre, notre projet de fin d'étude en construction mécanique proposé est d'améliorer le cahier des charges de la perceuse. L'objectif est d'adopter à cette machine perceuse PC 23 du Hall de Technologie un moteur beaucoup plus puissant ainsi qu'un système de transmission meilleur afin d'usiner des matériaux d'une importante dureté.

Ce mémoire est divisé en quatre parties :

Le premier chapitre : Dans ce chapitre on va citer les différents types de machines-outils, décrire leurs caractéristiques et leur composition ainsi que les opérations qu'elles effectuent.

Le deuxième chapitre : Nous allons nous concentrer dans cette partie sur les perceuses de point de vue générale en citant les différents types avec leurs schémas représentatifs ainsi que les opérations qu'on peut faire sur ces machines, nous allons décrire le principe de fonctionnement de ces machines-outils ainsi que leurs caractéristiques.

Le chapitre trois : Calcul de la puissance maximale pour usiner des matériaux d'une dureté maximale, calcul des dimensions des différentes pièces du système de transmission et du réducteur de vitesse.

Chapitre I :

Généralités sur les
procédés d'usinages et
les machines-outils

I. Généralités sur les procédés d'usinages et les machines-outils :

I.1 Introduction :

Dans ce chapitre on va citer les différents types de machines-outils, décrire leurs caractéristiques et leur composition ainsi que les opérations qu'elles effectuent.

I.2 Les procédés d'usinage :

Parmi les différentes techniques de transformation de la matière, la mise en forme par enlèvement de matière (usinage) présente un poste onéreux tant par le parc de machines mobilisé que par les outils de coupe utilisés ou la perte inévitable de la matière par formation de copeaux, mais néanmoins c'est la seule méthode qui permet de produire des formes complexes avec des tolérances très serrées.

Si on compare les différentes opérations d'usinage réalisées au cours des travaux industrielles, on remarque que la répartition s'effectue de la façon suivante : tournage 30%, fraisage 15%, perçage 15%, rectification 10%, alésage et brochage 15%, divers 15%. [1]

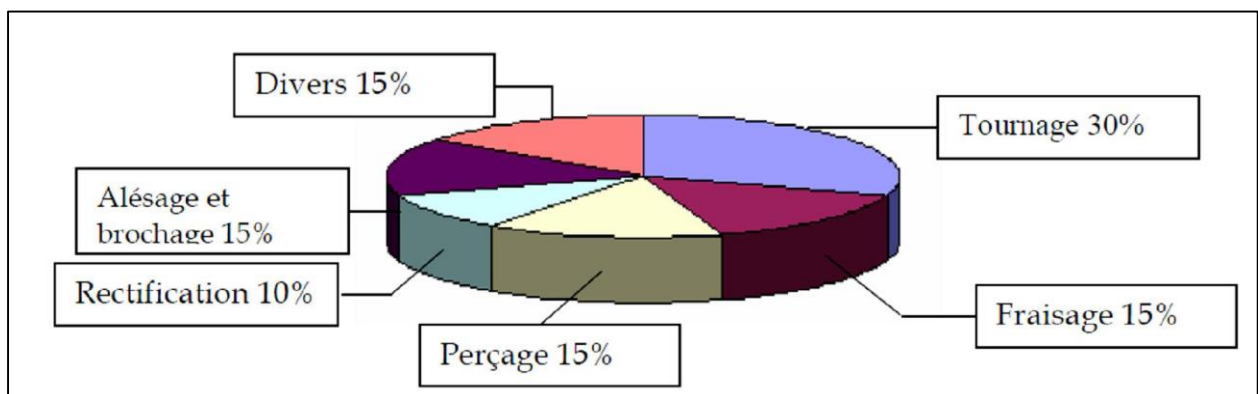


Figure. I.1 diagramme des différentes opérations d'usinage utilisées dans l'industrie. [1]

La machine-outil est un équipement mécanique destiné à exécuter un usinage ou une autre tâche répétitive avec une grande précision. Utilisé par la plupart des industriels, c'est un moyen de production qui est destiné à maintenir un outil fixe, mobile, ou tournant, et à lui imprimer un mouvement pour usiner ou déformer une pièce. [1]

Une machine outils se compose généralement de cinq parties selon la figure I.2

- Un châssis rigide.
- Une table coulissante selon plusieurs axes (glissières ou guides linéaires).
- Une ou plusieurs têtes équipées de broches.
- Un ou plusieurs moteurs.
- Des poignées, bras, leviers, commande numérique afin de manipuler la machine

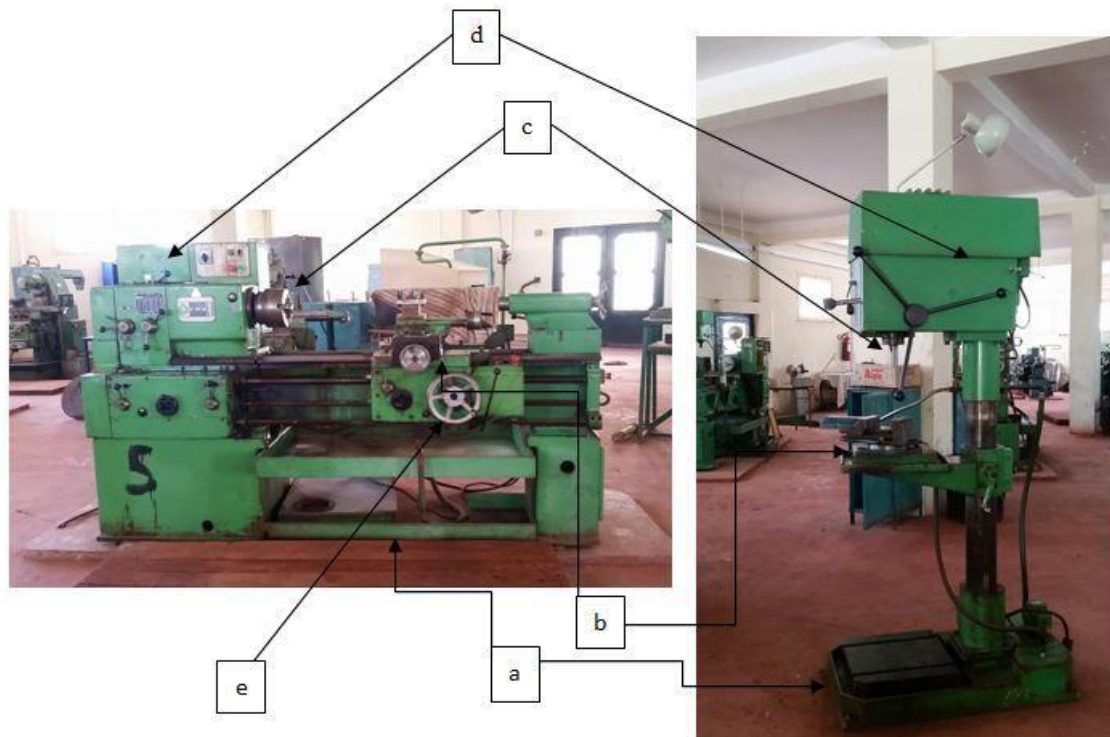


Figure I.2 : Composition des machines-outils.

I.2.1 Perçage :

Le terme de perçage recouvre toutes les méthodes ayant pour objet d'exécuter des trous cylindriques dans une pièce avec des outils de coupe par enlèvement de copeaux. En plus du perçage de trous courts et du forage de trous profonds, ce concept inclut également diverses opérations d'usinage consécutives, telles que brochage, alésage, réalésage et certaines formes de finition comme le calibrage et le galetage. Tous ces procédés ont en commun d'utiliser en combinaison un mouvement rotatif et un mouvement d'avance linéaire (Figure I.4).

Le processus de perçage peut être comparé au tournage et au fraisage, mais à cette différence que les exigences au niveau de la formation et de l'évacuation des copeaux sont plus strictes pour le perçage. [1]

I.2.1.1 Perceuse :

La perceuse est la machine qui a été conçue pour réaliser un perçage, mais le tour ou encore la fraiseuse, peuvent réaliser cette opération d'usinage. On peut classer les perceuses selon plusieurs types :

- Perceuse sensitive.
- Perceuse à colonne.
- Perceuse radiale.
- Machine portable à air comprimé ou électrique.

Elle permet de percer des trous sur des pièces avec précision et d'une grande profondeur. Réglable par bras pivotant. Figure I.3 [2]

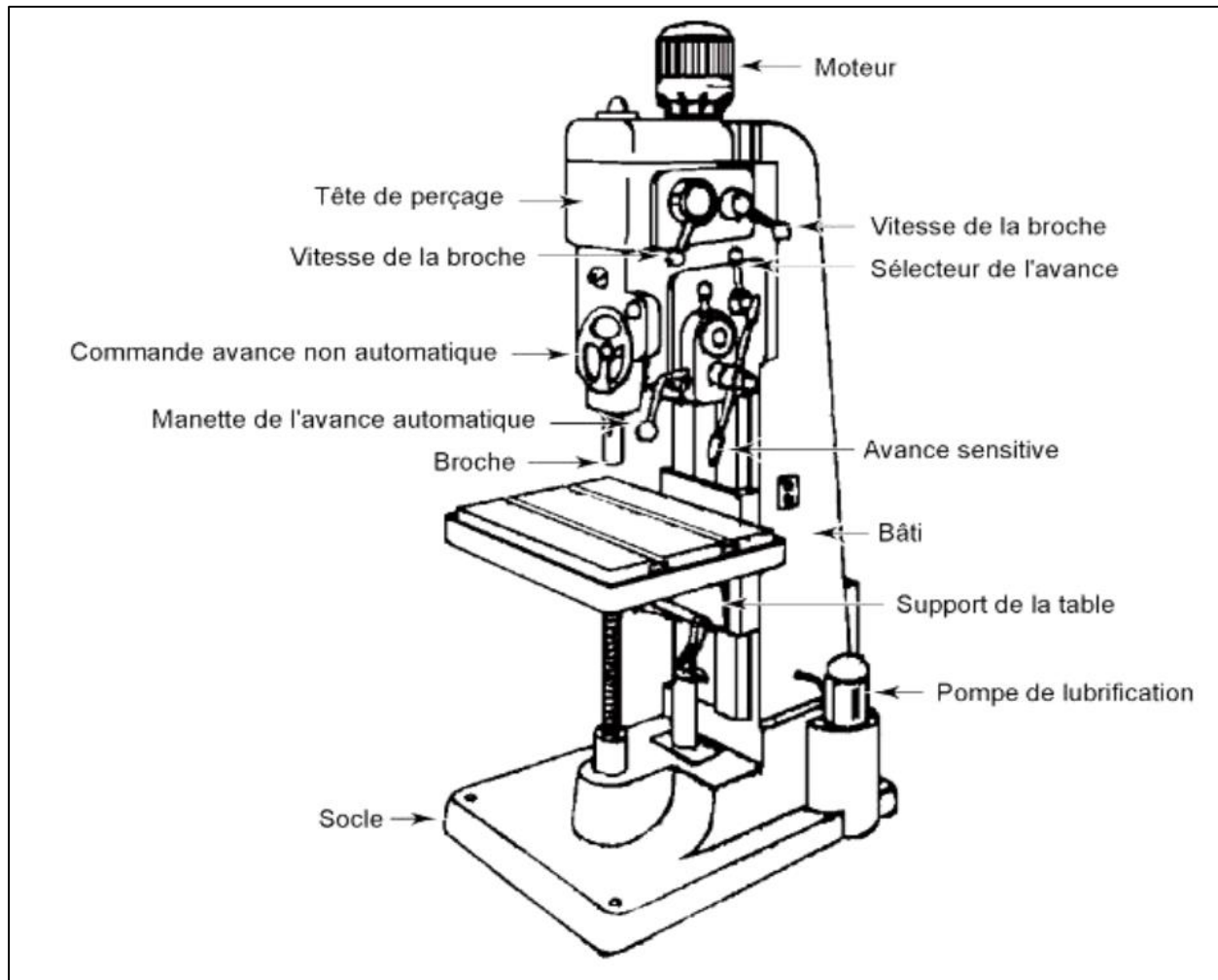


Figure I.3: Perceuse sensitive à colonne.

I.2.2 Fraisage

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 (Figure. I.4) :

- Mouvement de rotation de la fraise qui est entraîné par la broche de la machine, M_c (mouvement rapide circulaire de coupe) ;
- Mouvement de translation de la pièce qui est fixée sur la table de la machine, M_a (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. [1]

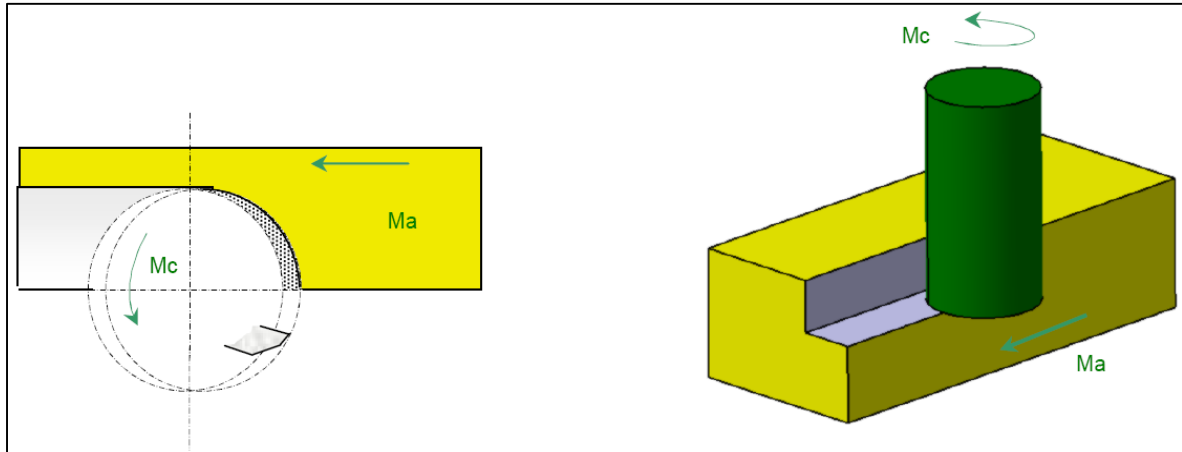


Figure. I.4 : Mouvements de coupe et d'avance. [1]

I.2.2.1 Types de fraisage :

- Fraisage en opposition
- Fraisage en concordance
- Fraisage en bout
- Fraisage en roulant

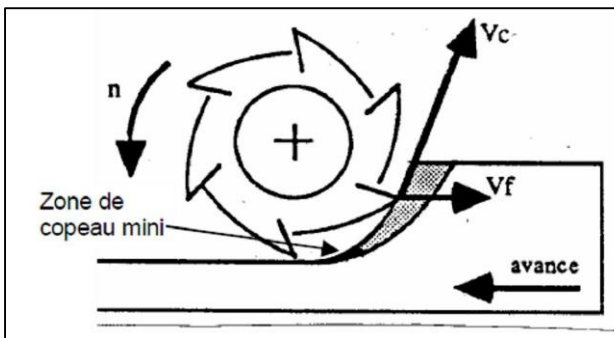


Figure. I.5 : Fraisage en opposition

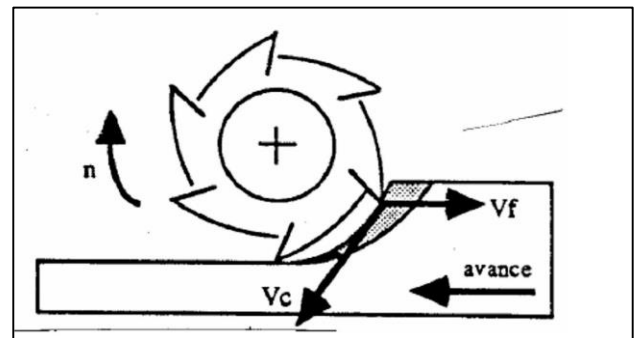


Figure. I.6 : Fraisage en concordance

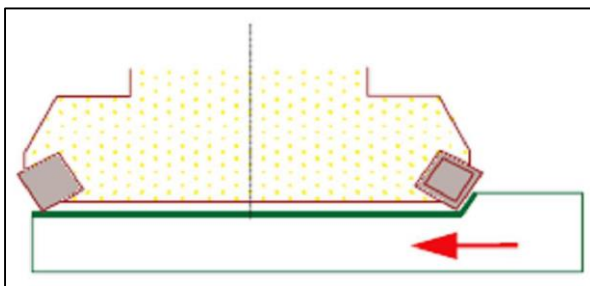


Figure. I.7 : Fraisage en bout



Figure. I.8 : Fraisage en roulant.

I.2.2.2 La Fraiseuse :

Cette machine sert à façonner un bloc de matière par enlèvement. L'outil permettant de réaliser cette opération est la fraise. Elle se présente sous différentes formes : cylindre, cône, tore.... Par rotation, les dents de la fraiseuse vont usiner la pièce suivant la forme désirée. Figure I.9 [2].



Figure I.9 : Fraiseuse. [2]

I.2.3 Tournage :

Le tournage est un procédé de fabrication mécanique par coupe (enlèvement de matière) mettant en jeu des outils à arête unique.

La pièce est animée d'un mouvement de rotation (mouvement de coupe), qui est le mouvement principal du procédé. [1]

I.2.3.1 Tour :

Principe permettant de faire tourner une pièce afin d'y réaliser une forme cylindrique par chariotage ou une forme plan par dressage.

Dans l'histoire, le tour est la première machine-outil inventée. Le tour d'usinage permet quant à lui de produire des pièces mécaniques par enlèvement de copeaux Figure I.4 [2]

I.2.3.2 Les différents types de tours :

- Les tours parallèles à charioter et à fileter
- Les tours à copier
- Les tours semi-automatiques

- Les tours automatiques
- Les tours automatiques multibroches
- Les tours automatiques multibroches



Figure I.10 : Tour conventionnel



Figure I.11 : Tour a commandé numérique

I.2.3.3 Les différentes opérations de tournages :

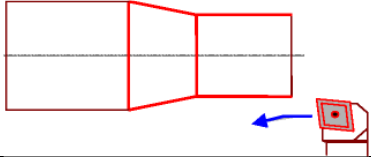
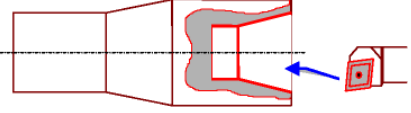
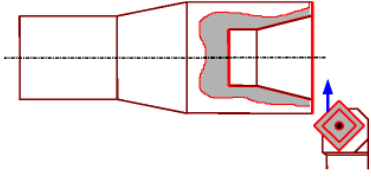
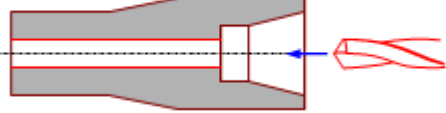
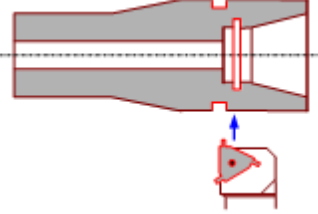
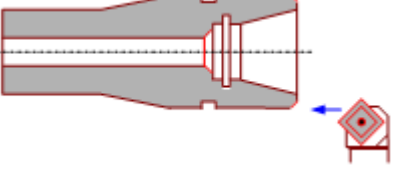
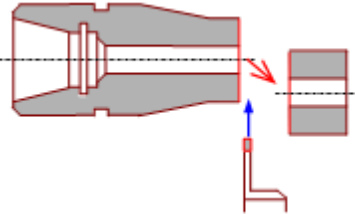
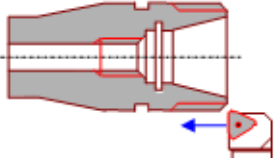
Types d'opération	Définition	Schéma correspondant
Chariotage	Opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique extérieure	
Alésage	Opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique intérieure.	
Dressage	Opération qui consiste à usiner une surface plane perpendiculaire à l'axe de la broche extérieure ou intérieure.	
Perçage	Opération qui consiste à usiner un trou à l'aide d'un foret.	
Rainurage	Opération qui consiste à usiner une rainure intérieure ou extérieure pour le logement d'un circlips ou d'un joint torique par exemple.	
Chanfreinage	Opération qui consiste à usiner un cône de petite dimension de façon à supprimer un angle vif.	
Tronçonnage	Opération qui consiste à usiner une rainure jusqu'à l'axe de la pièce afin d'en détacher un tronçon.	
Filetage	Opération qui consiste à réaliser un filetage extérieur ou intérieur	

Tableau I.1 : Les différentes opérations de tournages

I.2.4 La rectification :

On appelle rectification mécanique l'opération destinée à améliorer l'état de surface d'une pièce. Cette opération s'effectue sur une rectifieuse, une machine-outil spécialement conçue à cet effet. Contrairement à l'usinage traditionnel, qui consiste à enlever de la matière d'une pièce, la rectification permet davantage de précision grâce à un procédé d'abrasion.

Plusieurs types de rectifieuses existent : la rectifieuse plane, cylindrique ou de profil. [3]



Figure I.12 : Rectifieuse plane.

I.2.5 Le sciage :

Le sciage est un procédé de découpe de matériaux de natures diverses. Il s'effectue par enlèvement de matière, à l'aide d'un outil appelé lame. Cet outil est pourvu de dents dont les formes sont censées répondre aux besoins de l'opération en termes de qualité d'exécution et d'intérêt économique. La denture est dans certains cas remplacée par des concrétions, dépôts de grains de haute dureté dont le rôle est de faire office d'arête coupante.

La coupe par outils abrasifs, tels que la meule à tronçonner, présente un caractère spécifique ayant très peu de point en commun avec le sciage.

En sciage, l'enlèvement de métal s'effectue, en règle générale, à froid, autrement dit, le matériau coupé n'est pas dénaturé au niveau de la coupe. Cependant, dans les techniques de coupe

à grande vitesse, la coupe s'effectue soit sur un matériau dont la haute température est obtenue par le frottement de l'outil, soit sur un matériau dont la température est initialement élevée. [19]

Parmi les machines de sciage, la scie motorisée qui permet de réaliser des découpes précises et sur tous types de matériaux. La machine fonctionne par mouvement roulant.



Figure I.7 : Machine scie motorisée.

I.2.6 Le brochage :

L'opération de brochage est un usinage par enlèvement de matière permettant de réaliser, dans les alésages débouchant, toutes typologies de formes, de la plus simple à la plus complexe. Ce procédé est réalisable dans tous types de matière : acier, aluminium, bronze, inox, plastique, titane...etc.

Cette technique comporte de nombreux avantages, notamment en termes de précision mécanique, d'état de surface et de coût.

L'opération de brochage est un procédé souple et rapide nous permettant de proposer, à notre clientèle, de la réactivité, des délais d'exécution très rapides.

Nous sommes également en mesure de vous procurer les outillages de brochage, à savoir : Toutes les Broches plates ou rondes, les appareils de centrage et de contrôle. [4]

I.3 Autres procédés d'usinage :

Bien que la gamme des procédés d'usinage soit très large, les 6 procédés qu'on a cités précédemment représente 85% des opérations pratiquées en mécanique.

Parmis les 15% restant on peut citer : l'usinage par ultrason, chimique, électrochimique ; le décolletage, le lamage, le roulage, le mortaisage, l'usinage, ...etc

I.4 Contacts entre solides :

Pour comprendre les liaisons entre deux pièces, il est nécessaire de passer par une étape de recherche du type de contact. Trois types sont à distinguer : le contact ponctuel, le contact linéique et le contact surfacique.

Le contact ponctuel, est celui d'une sphère sur un plan. Le contact linéique est celui d'un cylindre sur un plan ou d'une sphère dans un cylindre femelle. Le contact surfacique est soit celui d'un plan sur un plan ou d'un cylindre mâle dans un cylindre femelle. [5]

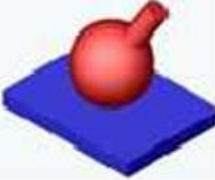
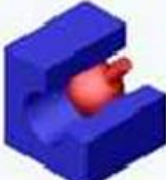
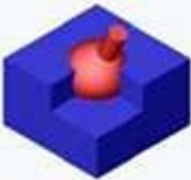
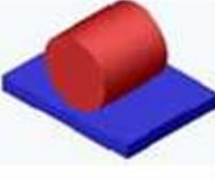
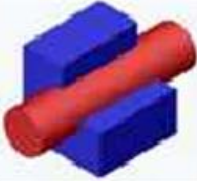
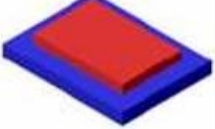
	Plan	Cylindre	Sphère
Sphère			
Cylindre			
Plan			

Figure 1.8 : Types de contacts entre solides [6]

I.5 Les liaisons mécaniques :

I.5.1 Définition :

Un mécanisme, ou transmetteur, est l'association de plusieurs pièces liées entre elles par des contacts physiques qui les rendent totalement ou partiellement solidaires, selon qu'ils autorisent ou non des mouvements relatifs. La liaison mécanique est le modèle utilisé pour décrire cette relation dont la considération est primordiale dans l'étude des mécanismes. Elle emploie des représentations mathématiques qui diffèrent suivant l'aspect cinématique ou l'aspect des actions mécaniques. [6]

I.5.2 Types de liaisons mécaniques :

En pratique, il existe dix liaisons mécaniques, sans compter la liaison encastrement qui n'offre pas de degré de liberté. Avant de nous intéresser à l'ensemble de ces liaisons, analysons en particulier la liaison entre 1 et 0 illustrée à la figure 1.9. Celle-ci est la plus courante des liaisons mises en œuvre dans les systèmes intervenant dans tous les domaines de l'ingénierie mécanique

(automobile, robotique, etc.). Désignée « liaison pivot », elle se décrit par ses degrés de liberté dans un repère (x, y, z) . [7]

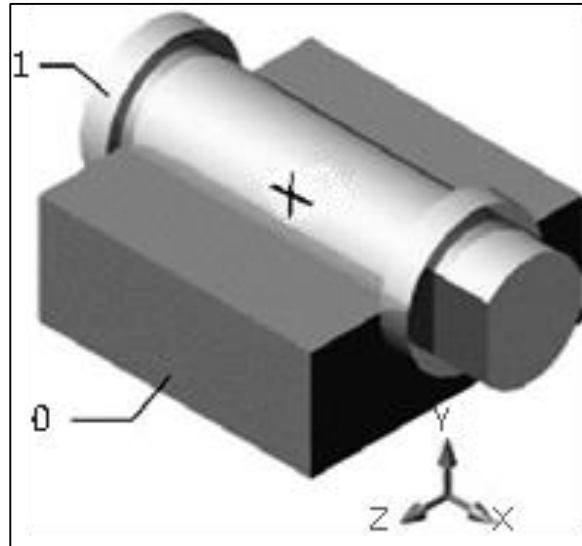


Figure 1.9 : liaison pivot [7]

Translation	Rotation
$T_x = 0$	$R_x = 1$
$T_y = 0$	$R_y = 0$
$T_z = 0$	$R_z = 0$

Tableau I.1: Mouvement de la liaison pivot [7]

I.5.3 Torseurs associés à l'ensemble des liaisons mécaniques :

Pour chacune des liaisons parfaites, le lecteur trouvera dans le tableau 1.2 les torseurs cinématiques et d'actions mécaniques transmissibles associées.

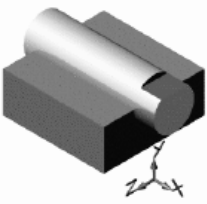
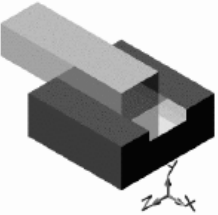
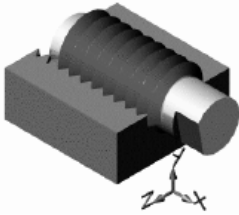
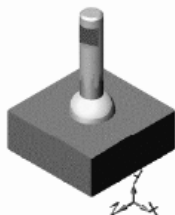
Croquis	Liaison	Tableau des degrés de liberté	Torseur cinématique entre les pièces i et j	Torseur d'action mécanique transmissible
	Pivot glissant	$\begin{matrix} Tx - Rx \\ 0 - 0 \\ 0 - 0 \end{matrix}$	$o \begin{Bmatrix} \omega_x & v_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}$	$o \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_o & M_o \\ Z_o & N_o \end{Bmatrix}$
	Glissière	$\begin{matrix} Tx - 0 \\ 0 - 0 \\ 0 - 0 \end{matrix}$	$o \begin{Bmatrix} 0 & v_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}$	$o \begin{Bmatrix} 0 & L_o \\ Y_o & M_o \\ Z_o & N_o \end{Bmatrix}$
	Hélicoïdale	$\begin{matrix} Tx - Rx \\ 0 - 0 \\ 0 - 0 \end{matrix}$ Tx et Rx conjugués avec le pas p (en mm/tr)	$o \begin{Bmatrix} \omega_x & v_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}$ ω_x et v_x sont conjugués avec le pas p (en mm/tr)	$o \begin{Bmatrix} X_o & pX_o \\ Y_o & M_o \\ Z_o & N_o \end{Bmatrix}$
	Rotule	$\begin{matrix} 0 - Rx \\ 0 - Ry \\ 0 - Ry \end{matrix}$	$o \begin{Bmatrix} \omega_x & 0 \\ \omega_y & 0 \\ \omega_z & 0 \end{Bmatrix}$	$o \begin{Bmatrix} X_o & 0 \\ Y_o & 0 \\ Z_o & 0 \end{Bmatrix}$

Tableau I.2 : Liaisons mécaniques et torseurs associés [7]

LIAISONS	Vue en perspective	Vues planes
Encastrement ou fixe		
Pivot		
Pivot glissant		
Hélicoïdale		
Sphère-plan ou appui ponctuel		
Glissière		
Sphère-cylindre ou linéaire annulaire		
Appui linéaire rectiligne		
Appui plan		
Sphérique ou rotule		
Sphérique à doigt		

Figure I.10 : Symboles normalisés des liaisons mécaniques [7]

I.6 Transmission de puissance :

La modélisation des mécanismes est l'ossature de l'ingénierie mécanique. Modéliser les liaisons d'un mécanisme constitue l'étape initiale de la conception. Celle-ci permet, par la suite, de déterminer analytiquement, ou de simuler par logiciel, le comportement futur des pièces à dimensionner en tenant compte des contraintes du cahier des charges. Les outils mathématiques utilisés ici sont les torseurs qui se prêtent bien à la description d'une liaison mécanique.

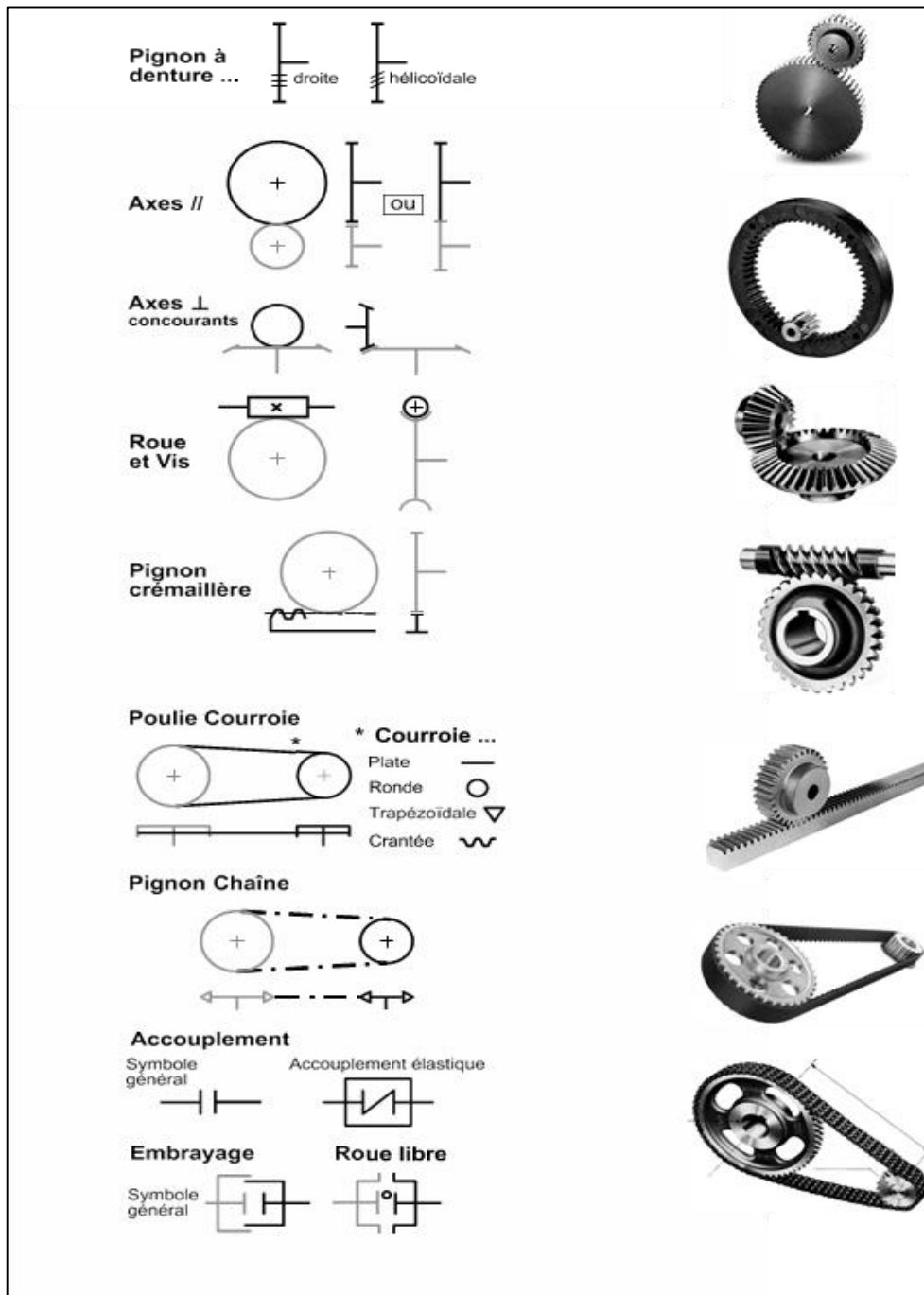


Figure 1.11 : Systèmes de transmission [7]

I.6.1 Les engrenages :

Un engrenage est un mécanisme composé de deux roues dentées. L'une des roues entraîne l'autre par l'action des dents qui sont successivement en contact. La roue qui a le plus petit nombre de dents est appelée pignon. Une combinaison d'engrenages est appelée train d'engrenages.

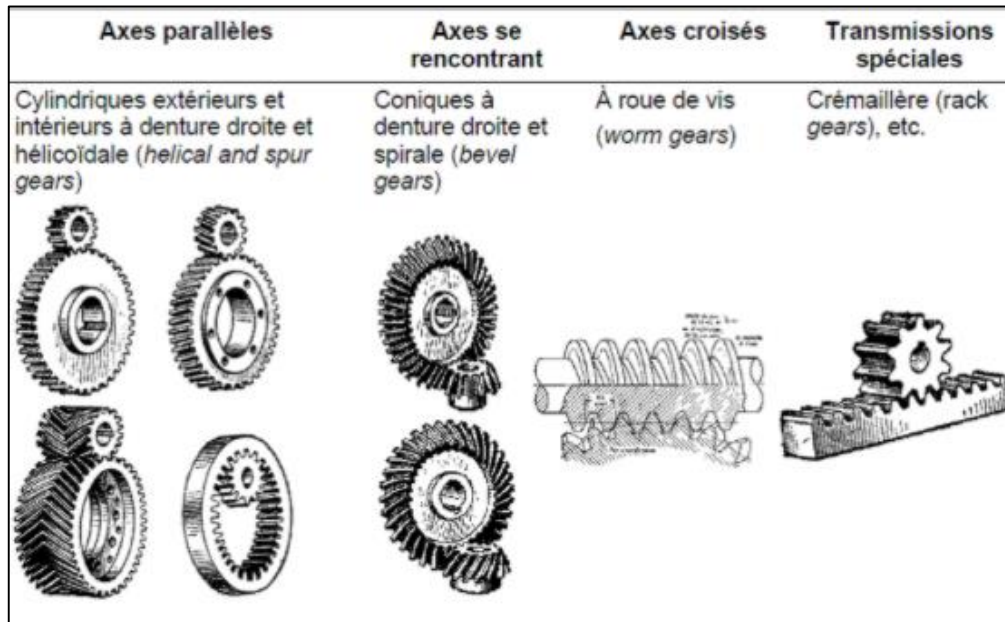


Figure I.12 : Transmetteurs rigides

I.6.2 Transmission par poulie-courroie :

Un système poulies courroie permet de transmettre une puissance dans le mouvement de rotation d'un arbre à un autre. Les deux, ou plusieurs arbres, pouvant être éloignés l'un de l'autre.

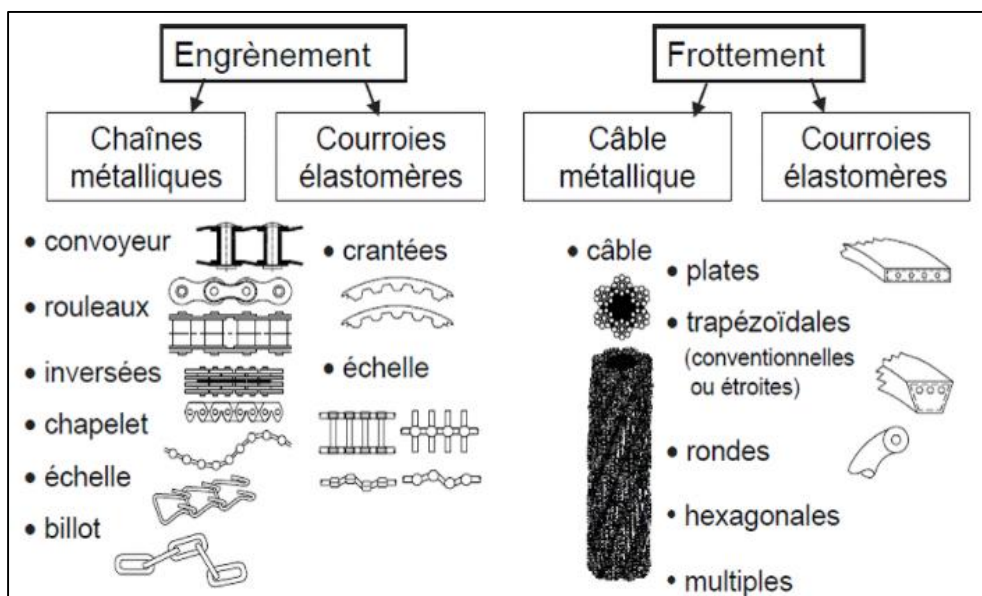


Figure I.13 : Transmetteurs flexibles

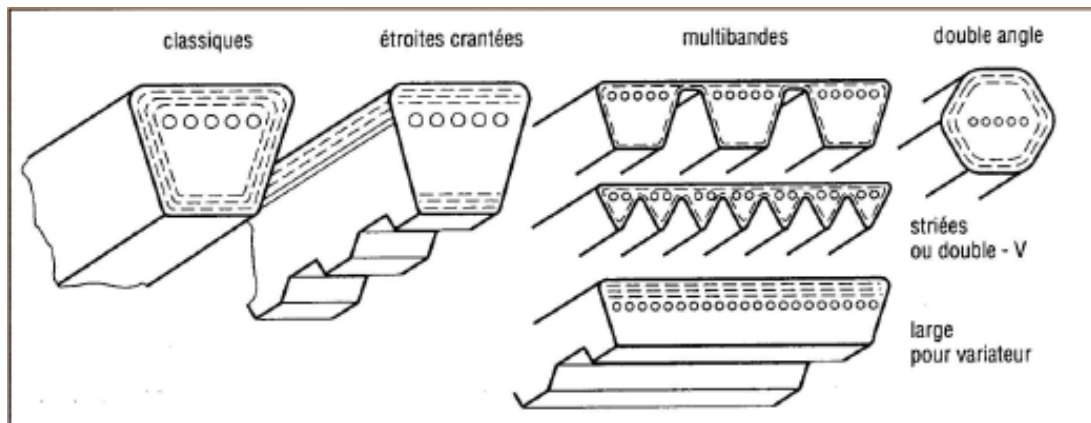


Figure I.13 Différent type de courroie trapézoïdale.

I.6.3 Avantages et désavantages des transmetteurs :

I.6.3.1 Courroies :

Avantage :

- transmission à grande vitesse 5 à 33 m/s (20 m/s optimale)
- silencieuse
- positions éloignées des arbres
- légèreté, longue durée de vie
- faible coût, montage et entretien facile
- amortissement des chocs et vibrations

Inconvénient :

- glissement, fluage élastique
- sensibilité aux conditions d'opération (huile, poussière,
- température, humidité)

I.6.3.2 Chaînes :

Avantage :

- puissance transmise élevée à faible vitesse
- positions éloignées des arbres
- utilisable dans des conditions difficiles (chocs, vibrations)

Inconvénient :

- nécessité d'une lubrification
- bruit, usure, chocs
- poids élevé
- arbres parallèles seulement

I.6.3.3 Engrenages :**Avantage :**

- bon rapport puissance / encombrement
- rendement élevé
- toutes puissances à toutes vitesses
- fiabilité et durée de vie élevées

Inconvénient :

- niveau sonore élevé (surtout à haute vitesse)
- lubrification nécessaire
- coût plus élevé

Chapitre II :

II. Généralités sur les perceuses :

II.1 Introduction :

Parmi les machines qu'on a mentionnées précédemment, on va se concentrer dans cette partie sur les perceuses de point de vue générale en citant les différents types avec leurs schémas représentatifs ainsi que les opérations qu'on peut faire sur ces machines.

On décrira le principe de fonctionnement de ces machines-outils ainsi que leurs caractéristiques.

II.2 Généralités sur les perceuses :

Chaque perceuse a sa propre fonction. Chacune d'elle dégage une force d'impact différente en fonction de son utilisation. Ayant pour alimentation de base l'électricité, les perceuses sont utilisées dans les travaux de rénovations, de construction ou de réparation. L'entretien de chaque perceuse diffère en fonction de son gabarit. Avec une pointe à rotation amovible, le nettoyage interne est délicat et se fait, bien entendu à l'arrêt de la machine.

II.3 Définition :

Une perceuse est un outil électrique permettant de percer des trous de différents diamètres dans des matériaux. On peut également parler de foreuse pour les outils aux dimensions plus conséquentes. La perceuse existe depuis des siècles, sous sa forme non électrique. Son allure artisanale archaïque a été un modèle de départ pour donner plus tard des perceuses plus modernes. Communément connu sous le nom de vilebrequin, la perceuse est apparue au milieu du XVème siècle. Manuelles, elles sont vite devenues électriques à l'ère moderne. Adoptant la même fonction, les différents types de perceuses ont chacun des caractéristiques définies. [8]

II.4 Différents types de perceuses :

II.4.1 La Perceuse sensitive (d'établi) :

On qualifie de perceuse sensitive la perceuse sur colonne à réglages multiples, dont notamment la capacité de descente du bras, et la capacité aussi bien d'aléser que de percer les différents matériaux : bois, verre, acier et matériaux composites.

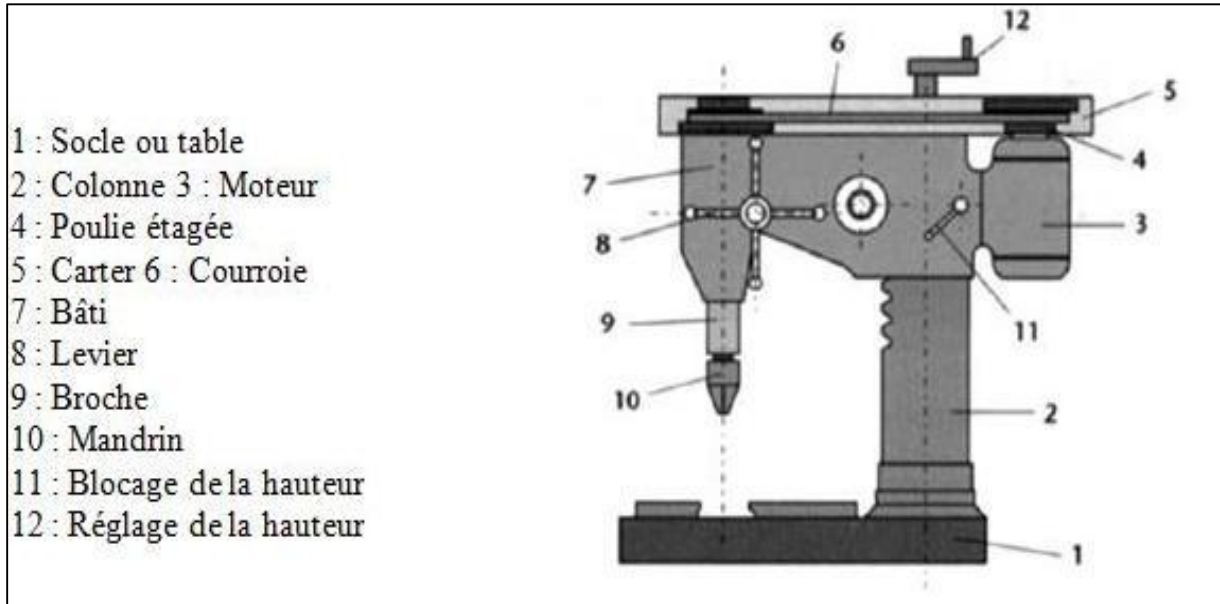


Figure II.1 schéma représentatif de la Perceuse sensitive. [2]

Plus évoluée que la perceuse sur colonne, la perceuse sensitive y ajoute la capacité à élever et à descendre le bras qui contient le moteur et le mandrin. Machine d'atelier pour industriels ou bricoleurs chevronnés, la perceuse sensitive permet des perçages de précision et/ou des perçages répétitifs, mais toujours avec des réglages fins des différents paramètres et un contrôle permanent de l'opérateur.

II.4.1.1 Caractéristiques propres à la perceuse sensitive :

La perceuse sensitive dispose de particularités qui la distinguent de la perceuse sur colonne :

- **Motorisation** : toujours électrique, soit sur secteur monophasé (220 V – 230 V) domestique, soit sur courant triphasé (380 V) disponible en atelier. Le moteur électrique de la perceuse sensitive tourne toujours à la même vitesse de fonctionnement.
- **Vitesse de rotation** : sur la perceuse sensitive (par rapport à la perceuse portable), le moteur tourne à régime constant, afin de conserver son couple maximal. Les différentes vitesses de rotation du mandrin (ou de la broche) sont réglables par l'intermédiaire d'un

variateur à courroie. Selon les machines, les vitesses de rotation vont de moins de 200 tours par minute (tr/mn) jusqu'à plus de 8 000 tr/mn, afin de travailler selon le diamètre du forêt et la dureté du matériau.

- **Porte-outils** : si certaines perceuses sensibles utilisent des mandrins de grande capacité (16 mm) pour y fixer les outils, de nombreuses perceuses sensibles peuvent aussi être équipées d'un cône morse qui se bloque par friction, comme sur un tour.
- **Capacité** : elle est toujours exprimée par rapport à l'acier. C'est la capacité qu'a la perceuse sensible de traverser une plaque d'acier selon le diamètre maximal du foret exprimé en millimètres (mm) ; généralement de 6 mm à 23 mm.
- **Course de la broche** : elle correspond à la différence en hauteur entre la broche en position haute (au repos) et en position basse (perçage effectué). C'est l'épaisseur maximale pouvant être traversée en descendant le foret de 80 mm à 350 mm. À la course de la broche s'ajoute la course du bras pour installer des pièces épaisses.
- **Table de perçage** : ses dimensions déterminent la surface utile sur laquelle repose la pièce à usiner. Outre les dimensions de la table, la distance entre la colonne et l'axe de la broche ou du mandrin (col de cygne) est également importante pour y placer des pièces de grandes dimensions.
- **Lubrification** : pour pouvoir percer et usiner des métaux ferreux sans les endommager, certains ont besoin d'une lubrification permanente au point de coupe. Certaines perceuses sensibles sont alors équipées d'un circuit de lubrification permettant le graissage en continu des pièces durant le perçage. [2]

II.4.2 La chignole ou perceuse manuelle :

Bien qu'étant de plus en plus rare, la chignole reste un outil encore très utilisé dans les ateliers artisanaux. Elle est dotée d'un mandrin qui est utilisé pour serrer les mèches. A l'aide d'une manivelle, une force motrice est fournie et dégagera la puissance nécessaire afin que l'outil puisse percer. Son allure est peu attirante mais elle reste très efficace. Il ne faut surtout pas la confondre avec un vilebrequin. La perceuse manuelle est faite avec du fer qui lui donne une très bonne résistance. [8]

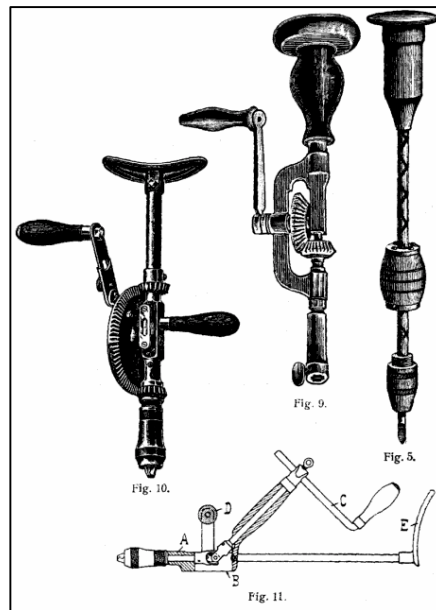


Figure II.2 : Différents types de Chignoles (perceuses manuelles) [9].

II.4.3 La perceuse sans fil :

Ne disposant que d'une source d'alimentation d'énergie interne, la perceuse sans fil n'est reliée à aucun câble. Elle est équipée d'un moteur interne qui tire son énergie à travers des batteries électriques. La perceuse sans fil peut être aussi une visseuse ou deviseuse. Elle est très maniable et demeure un outil de choix lors de l'absence d'électricité. Cependant avec comme seule source d'énergie des batteries, la perceuse sans fil possède peu de puissance comparée aux autres perceuses. Une fois la batterie à plat, elle est rechargée sur un socle spécifique. C'est un dispositif spécial pour lui fournir l'énergie nécessaire. Le corps de la perceuse sans fil est fait pour la plupart du temps à base de plastique et de fer pour protéger le moteur interne. [8]



Figure II.3 : Perceuse sans fil. [8]

II.4.4 La perceuse à percussion :

La perceuse à percussion est similaire à toutes les autres perceuses mais avec un mandrin qualifié de classique. Le mandrin peut être auto-serrant ou à clé.



Figure II.4. Perceuse à percussion [10].

Ce qui fait la spécificité de ce type de perceuse est sa fonction de percussion. Cette fonction lui permet de percer des matériaux durs comme le béton ou encore les briques. Avec des références numérotées, le mandrin d'une perceuse à percussion n'est cependant pas à utiliser pour tous les types de perçage. Pour des matériaux encore plus durs, il faut utiliser une autre catégorie de perceuse voire perceuse. [8]

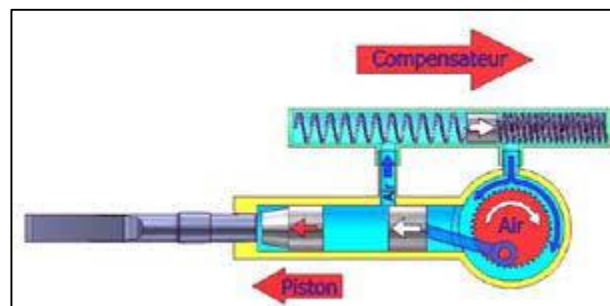


Figure II.5. Mécanisme de la perceuse à percussion [8]

II.4.5 La perceuse à colonne :

La perceuse à colonne est une perceuse fixe. Elle est utilisée dans les ateliers. Le fixage se fait sur un établi ou directement sur le sol. Avec une force d'impact très conséquente, son immobilisation est nécessaire pour un travail précis. Elle est utilisée généralement pour des matériaux durs comme l'acier et peut faire un trou d'un diamètre de 30mm. La perceuse à colonne fonctionne via un moteur de quelques centaines de watts. Une boîte de vitesse s'enclenche et la broche tourne en fonction de l'énergie fournie. Le mandrin diffère selon le matériau à percer. On peut donc voir sur les perceuses à colonnes des forêts à queue conique. Le matériau à percer est immobilisé dans un étau fixé sur la table. La perceuse à colonne est entièrement faite de métal à cause de sa fonction qui nécessite beaucoup de force. La table sur laquelle est situé l'étau est amovible si bien que l'on peut percer des trous en rotation ou grâce à de simples mouvements de pivot de quelques degrés. La profondeur de chaque trou est mesurable à travers une latte graduée. Un instrument de mesure qui tient une fonction importante dans le chambrage, le fraisage et le lamage. [8]

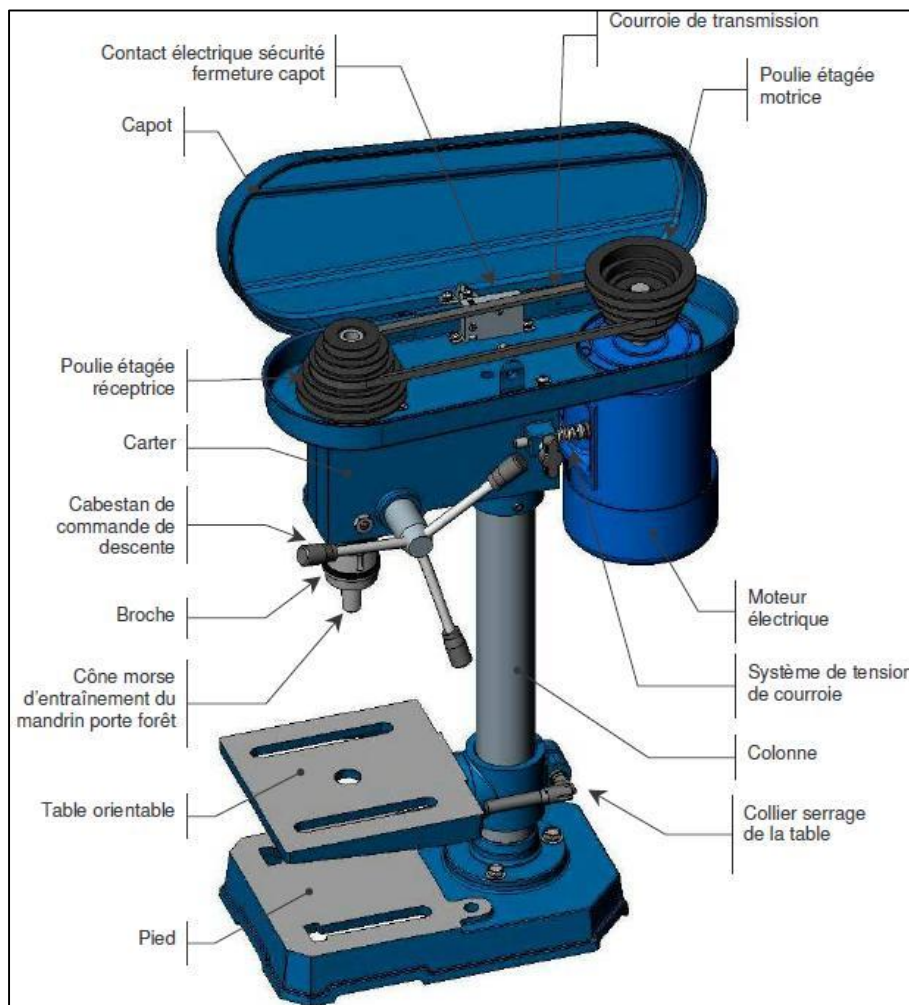


Figure II.6. Schéma perceuse à colonne [11]

II.4.6 Le perforateur :

Le perforateur est le résultat de la force générée par une simple perceuse et une perceuse à percussion. Ne disposant que d'un seul corps, cet outil est très polyvalent. Créé officiellement dans les années 80 après une grande renommée et une montée des demandes, le perforateur permet de passer à divers modes. Un sélecteur de fonction (divers niveaux) permet de choisir la force adaptée pour effectuer un travail spécifique. Ainsi on peut passer d'un perçage simple, percussion seule à un perçage avec percussion. Le perforateur utilise des porte-forets ainsi que des mèches standards. La puissance du perforateur est plus forte que les autres perceuses car son fonctionnement interne a été adapté pour les forts chocs. Elle est exprimée en watts avec une énergie d'impact formulée en joules. Le perforateur est facile à utiliser. [8]



Figure II.7. Différents outils de perforation. [8]

II.4.7 La perceuse radiale :

La perceuse radiale est assimilable à une perceuse à colonne. Excepté que la perceuse radiale possède une broche fixée sur un chariot qui coulisse le long d'un bras. C'est donc une machine avec une partie amovible. Le perçage peut être également fait selon des axes horizontaux ou à des degrés différents. Ce genre de perceuse est utilisé pour des résultats très précis et des trous se trouvant dans des endroits différents. La perceuse radiale est aussi l'outil qu'il faut pour percer des matériaux aux formes diverses. [8]

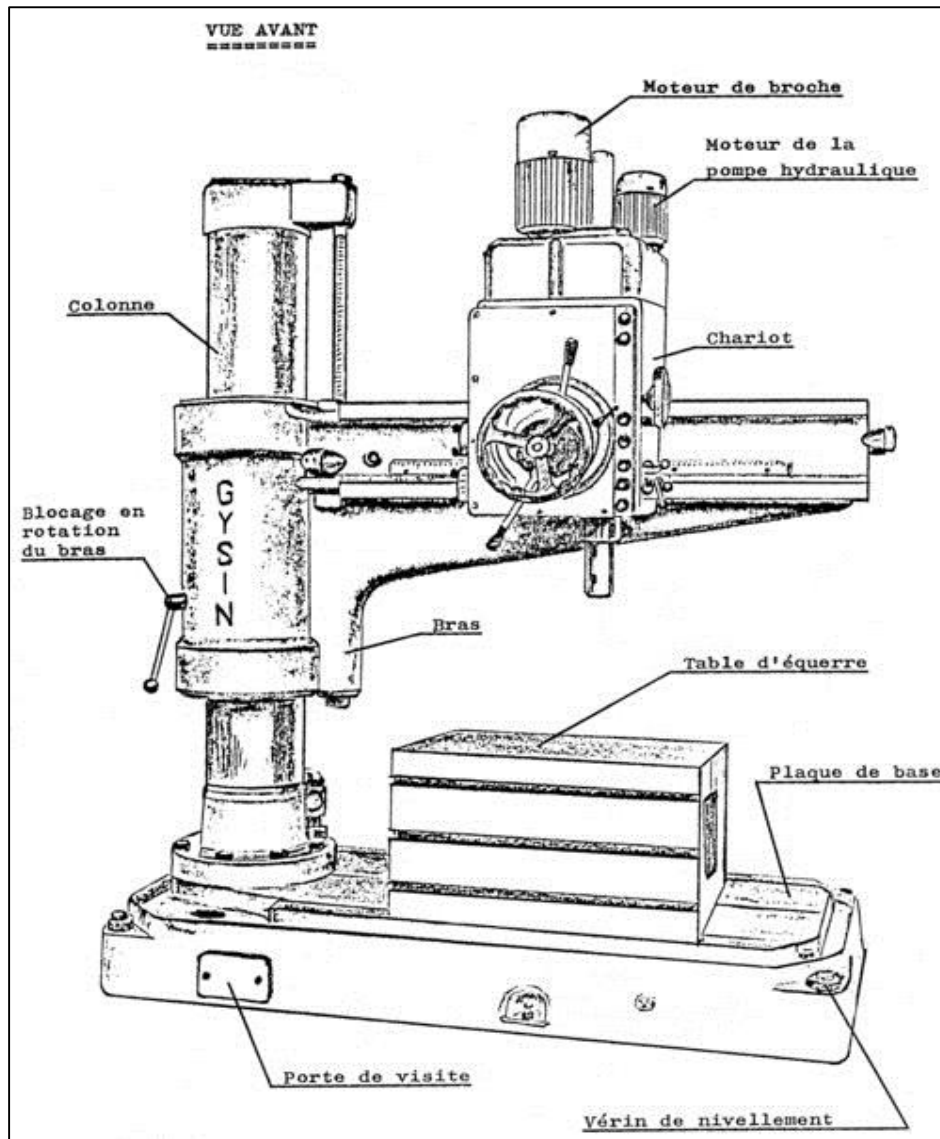


Figure II.8 : Perceuse radiale [12].

II.4.8 La perceuse à socle magnétique :

C'est dans la charpente magnétique que la perceuse à socle magnétique est utilisée. Elle est dotée d'un corps similaire à une perceuse traditionnelle avec une embase magnétique. Cette embase magnétique est aimantée et permet que le métal s'y fixe facilement. Elle est alimentée en courant et doit être obligatoirement accompagnée d'une chaîne de sécurité. Cela permet d'éviter les chutes provoquées soudainement par les coupures de courant. [8]



Figure II.9 : Perceuse à socle magnétique [13].

II.4.9 La perceuse pneumatique :

Elle est alimentée par de l'air comprimé. Ce sont surtout les garages automobiles qui utilisent ce genre de perceuse. Elle est reliée à des réservoirs via un tuyau. Facile d'usage, son aspect ressemble à une perceuse ordinaire. Mise au point pour être utilisée uniquement sur les pneus, la perceuse pneumatique possède une force d'impact calculée en fonction de la robustesse de chaque pneu même si ce dernier est gonflé au maximum. [8]

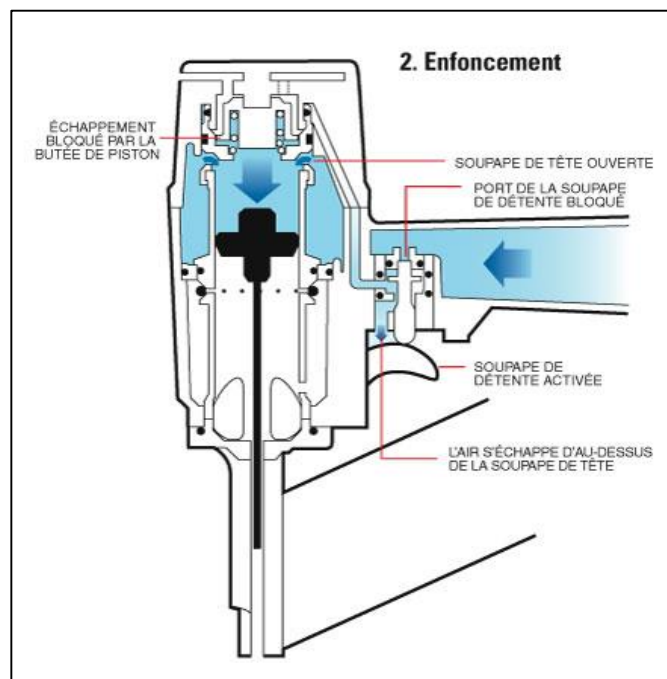
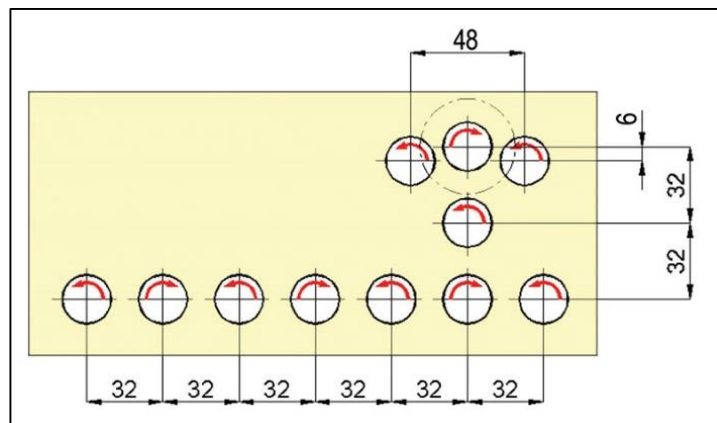


Figure II.10 : Perceuse pneumatique [14].

II.4.10 La perceuse multibroche :

C'est aussi une perceuse fixe comme la perceuse à colonne. Mais à la différence de cette dernière, la perceuse à multibroche possède plusieurs porte-foret. L'appareil est une excellente alternative pour percer de nombreux trous simultanément sur un même matériau avec des diamètres identiques. Il est également possible d'obtenir des trous de dimensions différentes à des emplacements choisis. [8]

**Figure II.11 :** Perceuse Multibroche [15]**Figure II.12.** Schéma représentatif de l'emplacement et des entraxes des 11 broches. [15]

II.5 Le principe de perçage :

Le perçage est un procédé d'usinage qui consiste à obtenir un trou circulaire par enlèvement de copeaux, il est obtenu à l'aide d'un outil de coupe appelé foret. Il est animé d'un mouvement de rotation continu et d'un mouvement d'avance.

II.6 Forets de perçage :

II.6.1 Définition :

Le foret de perçage, également appelé « mèche », est un outil d'usinage permettant de percer des trous. Il travaille la matière en la coupant à son extrémité et non à son flanc (pour ce cas, il faut utiliser un alésoir). Le terme « foret » est à utiliser lorsque le perçage se fait sur une pièce en métal, sinon il faut utiliser le terme « mèche » pour les autres matériaux (bois, béton et autres matières minérales). Choisir un foret de perçage n'est pas une chose aisée au vu de tous les modèles et options disponibles. [21]

II.6.2 Type de foret :

Il existe différents types de forets suivant leur forme, leur nombre de lèvres de coupe, leur angle d'hélice et leur sens de coupe (forets à droite et forets à gauche). Le foret le plus utilisé est celui qui a deux lèvres symétriques, mais il existe également des forets à une, à trois et à quatre lèvres. Ces forets sont monoblocs et presque toujours en acier rapide; les grands forets, destinés à l'usinage de pièces en acier dur et réfractaire, ainsi que les forets utilisés pour percer la pierre et le béton ont des lèvres de coupe rapportées en carbure de tungstène. Jusqu'à 20 mm de diamètre, les forets sont entièrement cylindriques et sont fixés sur la perceuse par l'intermédiaire d'un mandrin de serrage. Les forets de plus de 13 de diamètre comportent une queue conique et sont fixés par emmanchement conique (cône Morse). [16]

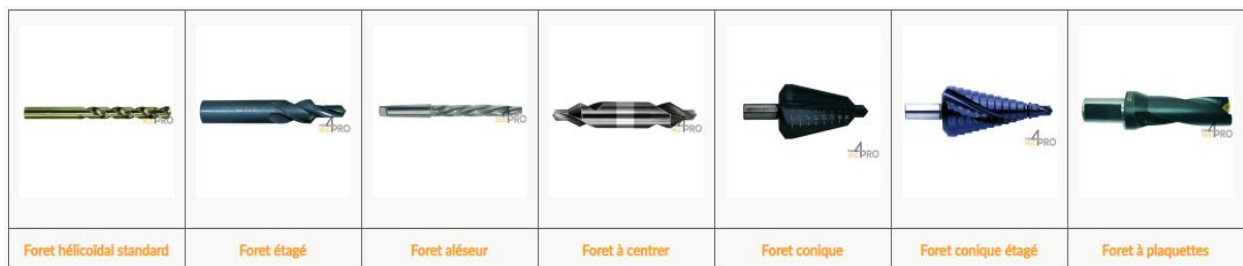


Figure II.13 : Différents types de forets de perçage. [17]

L'angle de l'hélice d'un foret varie avec la matière à usiner. On utilise les forets à hélice normale pour le perçage des fontes et des aciers courants et les forets à hélice longue pour le perçage des aciers très durs et des métaux durs donnant des copeaux brisés (comme le bronze). Dans le cas des métaux tendres, comme le plomb et l'aluminium, qui donnent des copeaux continus et qui ont tendance à coller à l'outil, on utilise de préférence des forets à hélice courte. Comme pour les fraises, les lèvres des forets doivent être soigneusement affûtées en respectant les angles de coupe et de dépouille, l'égale longueur de chaque lèvre de coupe et l'angle de pointe. [16]

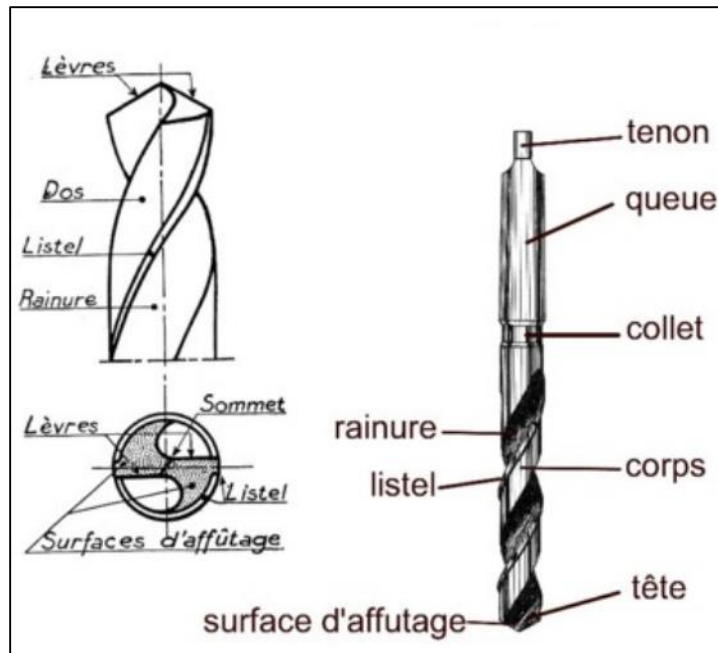


Figure II.14 : Morphologie d'un foret.[22]

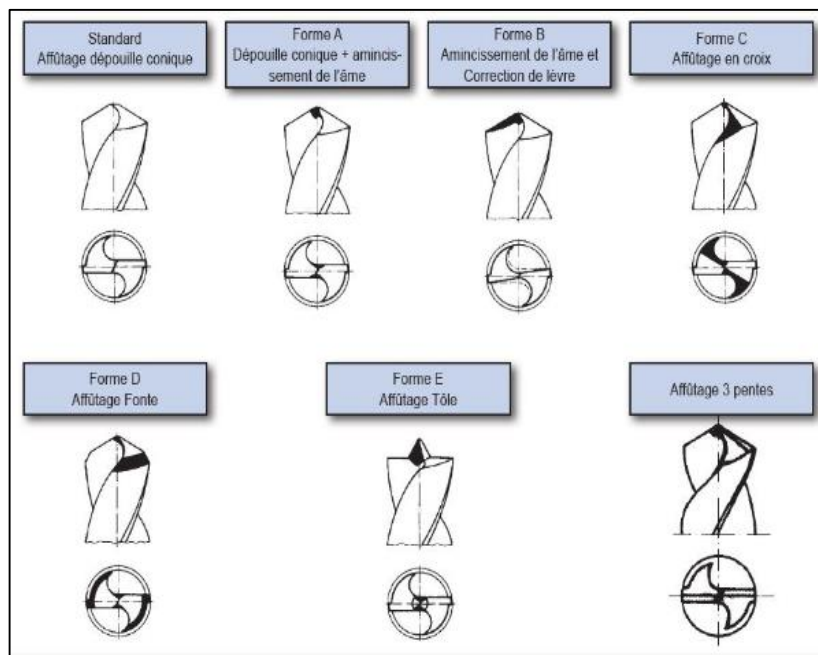


Figure II.15 : Les différents affûtages du foret pour métal [21]

II.7 Vitesse de perçage :

Le respect de la vitesse de perçage est très important, car cela permet d'effectuer le travail rapidement tout en réduisant les risques de bris ou d'usure prématurée. Lorsqu'on parle de perçage, on pense principalement à trois vitesses :

- vitesse de coupe ;
- vitesse de rotation ;
- vitesse d'avance.

Ces vitesses peuvent varier selon les caractéristiques du matériau à percer et le type de foret qu'on utilise. Les vitesses de coupe et de rotation sont inter-reliées et il importe de connaître la différence entre les deux. La vitesse de coupe est directement liée au type de matériau qu'on perce. Elle est indépendante du diamètre du forêt. La vitesse de rotation est la vitesse que devra avoir la perceuse. Cette vitesse est obtenue en faisant le lien entre la vitesse de coupe du matériau et le diamètre du forêt. [18]

Les deux mouvements que l'on peut faire varier :

- ✓ Le mouvement de rotation (MC) : L'outil tourne sur lui-même, c'est la vitesse de rotation en tour par minute (Tr/min).
- ✓ Le mouvement de descente (Mf) : L'outil pénètre dans la matière, c'est l'avance en mètres par minute (m/min).
- ✓ Le mouvement de pénétration (Mp) : C'est le mouvement qui détermine l'épaisseur de la couche de métal à enlever à chaque opération qui prend le nom de passe.

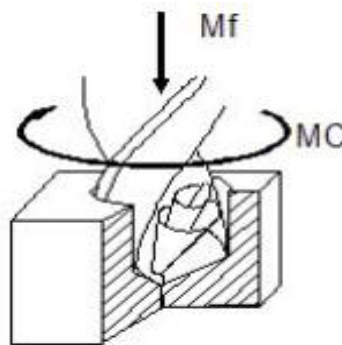


Figure II.16 : Pendant l'opération.

II.7.1 Formule de calcul pour la vitesse de rotation du foret :

Pour éviter les échauffements et ne pas ainsi endommager les forets ou les matériaux à percer, il est très important d'avoir une bonne vitesse de rotation.

$$N = \frac{1000 * V_c}{\pi * D} \quad (\text{II.1})$$

Avec :

- N = Vitesse de rotation en tr/min
- V_c = Vitesse de coupe en m/min
- $\pi = 3,14$
- D = Diamètre du foret en mm

Les vitesses changent par rapport au matériau que nous voulons percer :

Le matériau	La vitesse de coupe
Acier	20 m/min
Acier INOX	10 m/min
Cuivre	30 m/min
Laiton	40 m/min
Aluminium	100 m/min

Tableau II.1 : Différentes vitesses de coupe.

II.7.2 Formule de calcul pour la vitesse d'avance du foret :

$$V_f = a * N \quad (\text{II.2})$$

Avec :

- V_f = Vitesse d'avance en mm/min
- a = Avance par tour en mm/tr
- N = Vitesse de rotation en tr/min.

II.7.3 Le temps de coupe :

$$T_c = l_m / V_f \quad (\text{II.3})$$

- T_c : temps de coupe en (min)
- l_m : profondeur du trou en (mm)

II.8 Efforts et puissance de coupe :

L'évaluation des efforts de coupe permet :

- de dimensionner les outils et les porte-pièce,
- de déterminer les appuis du montage, en opposition à ces efforts,
- d'évaluer la puissance de coupe afin de choisir la machine-outil.

L'effort de coupe F exercé par la pièce sur l'outil se décompose en trois forces. La plus importante est l'effort tangentiel de coupe : F_c .

$$F_c = K_c * a * f \tag{II.4}$$

Avec :

K_c : coefficient spécifique de coupe en daN/mm².

f : profondeur de passe en mm.

a : avance en mm/tr.

II.8.1 Force de coupe :

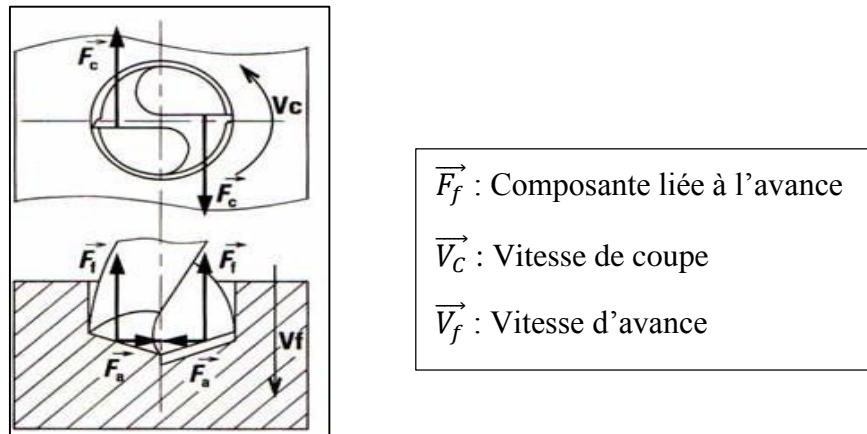
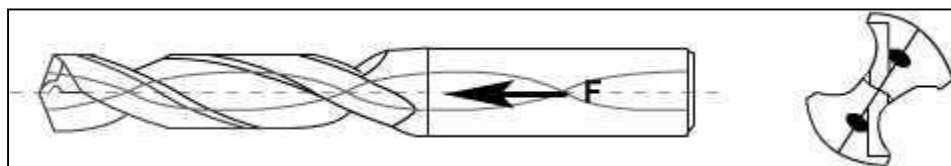


Figure II.15 : Représentation de la force de coupe. [20]

II.8.2 Effort de poussée

Exemple du perçage au foret hélicoïdal monobloc.



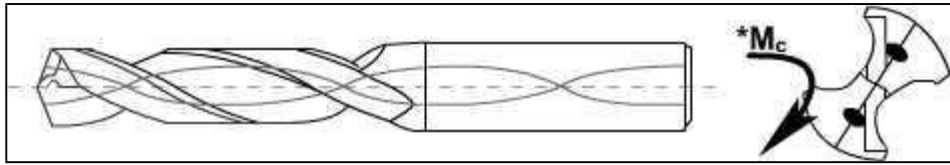
La poussée axiale F (N) peut être estimée par la formule suivante :

$$F = K' * K_c * a * D/2 \tag{II.5}$$

- K_c : effort spécifique de coupe (N/mm²) dépendant principalement de la matière usinée. (voir tableau précédent)
- a : avance par tour en (mm/tr)
- D : diamètre d'outil (mm)
- K' : coefficient dépend de la géométrie de la pointe de l'outil (on peut considérer une valeur moyenne de 0.5).

II.8.3 Couple de perçage :

Exemple du perçage au foret hélicoïdal monobloc carbure.



L'expression du couple de perçage est :

$$M_c = K_c * a * D^2 / 8000 \quad (\text{II.6})$$

- M_c : couple de perçage en (N.m)
- K_c : effort spécifique de coupe en (N/mm²)
- a : avance par tour en (mm/tr)
- D : diamètre d'outil en (mm)

II.8.4 Puissance de coupe :

Exemple du perçage au foret hélicoïdal monobloc carbure, l'expression de la puissance de coupe est :

$$P_c = K_c * a * D * \frac{V_c}{240} * 10^3 * \eta \quad (\text{II.7})$$

- P_c : puissance de coupe en (Kw)
- K_c : effort spécifique de coupe (N/mm²)
- a : avance par tour (mm/tr)
- D : diamètre de l'outil (mm)
- V_c : vitesse de coupe (m/min)
- η : rendement du système [21]

II.8.5 La lubrification pendant le perçage :

Parmi la difficulté principale de perçage il y a l'évacuation des copeaux de la zone de coupe, donc de l'intérieur du trou, Pour y remédier, on utilise l'arrosage par aspersion et mieux l'arrosage par le centre de l'outil (sous pression).

La lubrification permet :

- de limiter les frottements entre le copeau et l'outil et entre l'outil et la pièce ;
- de refroidir l'outil afin d'éviter les chocs thermiques néfastes et l'apparition de copeaux adhérents ;
- de faciliter l'évacuation des copeaux.

Chapitre III :

Dimensionnement des éléments de la machine

III. Dimensionnement des éléments de la machine :

III.1 Introduction :

Ce chapitre est dédié à l'étude de conception d'une perceuse sensitive à colonne ainsi que le dimensionnement de ses éléments et vérification des différents résultats par simulation numérique.

III.2 Présentation de la machine étudiée :

III.2.1 Description de la machine :

La perceuse à colonne PC 23 est appropriée à la fabrication des pièces par unité ou en série. Sa construction simple et son emploi facile, permet une manipulation par des ouvriers spécialisés. Au moyen d'un variateur, la perceuse à colonne PC 23 sera actionnée par un moteur bridé normalisé. La vitesse sera simplement sélectionnée à l'aide d'un levier et d'une graduation se trouvant sur la plaque frontale.

Outre la broche de perçage, le réglage manuel et la butée de profondeur de perçage se trouve la partie électrique de la commande de la broche.

Le plateau porte-pièce est réglable en hauteur, afin d'avoir selon la hauteur des pièces, la meilleure position de travail. Le réglage s'accomplit à l'aide d'un engrenage en crémaillère.

La broche de perçage fonctionne sur roulement. Elle possède une cannelure pour la prise par douille d'entraînement.

Les travaux occasionnels de taraudage seront effectués à l'aide d'un dispositif de taraudage à renversement indépendant et sera à commander en supplément en tant qu'accessoire spécial.



Figure III.1 : La perceuse à colonne PC 23

III.2.2 Caractéristiques technique de la perceuse PC 23 :

Capacité de perçage dans l'acier	23 mm
Course de la broche	120 mm
Déplacement vertical	605 mm
Cône de la broche	CM2
Diamètre de la colonne	125 mm
Vitesses	150-1125 tr/min
Surface utile du plateau porte-pièce	290 x 320 mm
Surface utile du socle	390 x 400 mm
Distance broche-colonne	300 mm
Distance broche-plateau porte-pièce	145-750 mm
Distance broche-socle	1200 mm
Puissance	1,5 kW
Poids net / brut approximatif	460 / 620 kg

III.2.3 Son installation :

La perceuse à colonne sera installée sur le fond, mise à niveau, et puis fixée par 4 vis. Par conséquent, une fondation n'est pas nécessaire.

III.2.4 Le diagramme F.A.S.T :

Le diagramme FAST se construit de gauche à droite, dans la logique suivante : du "pourquoi" au "comment". Grâce à sa culture technique et scientifique, l'ingénieur développe les fonctions de service du produit en fonctions techniques. Il choisit des solutions pour construire finalement le produit. [18].

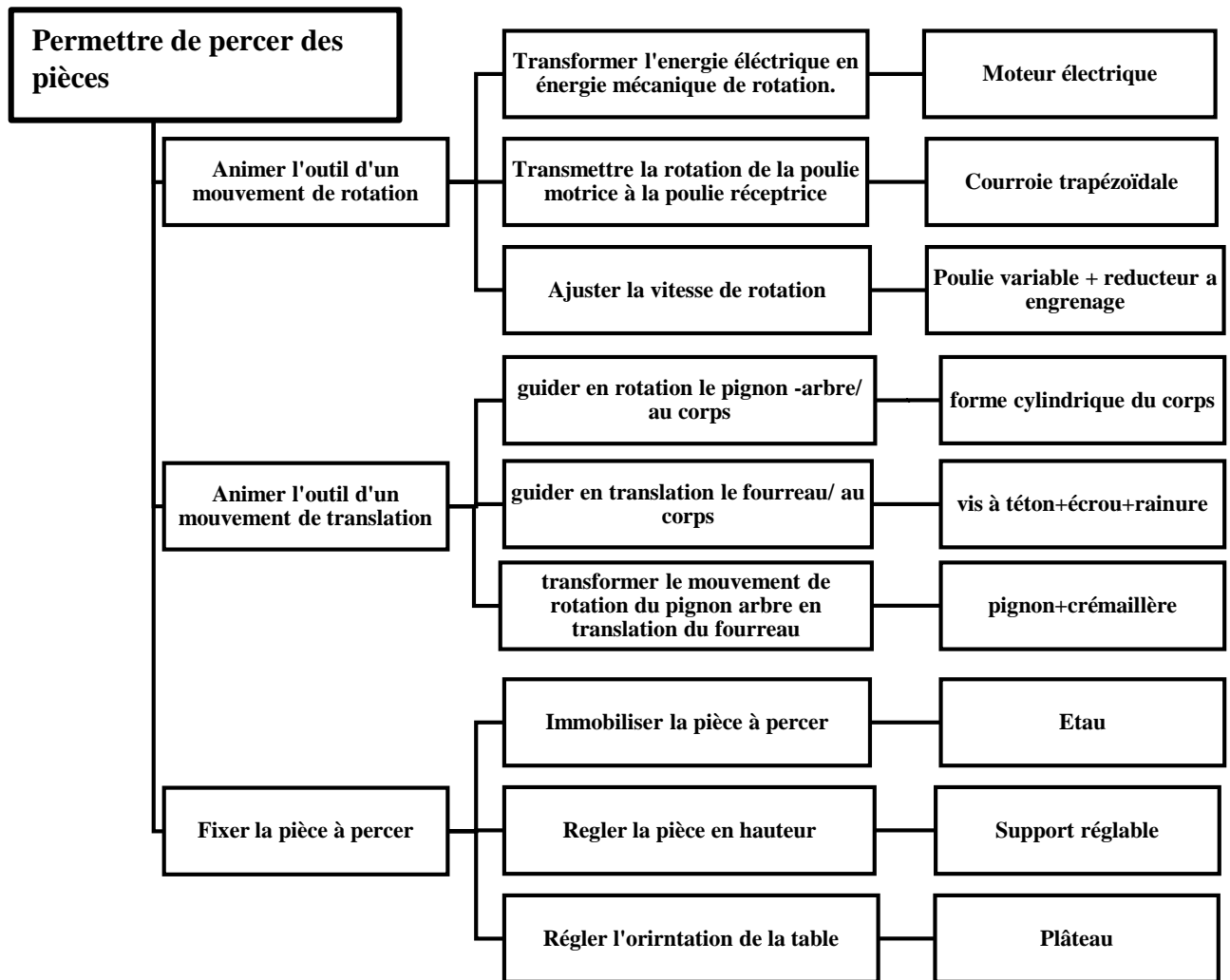


Figure III.2 : Diagramme F.A.S.T.

III.2.5 Le schéma cinématique :

Le schéma cinématique donne quant à lui une représentation simplifiée permettant une meilleure compréhension du fonctionnement.[19].

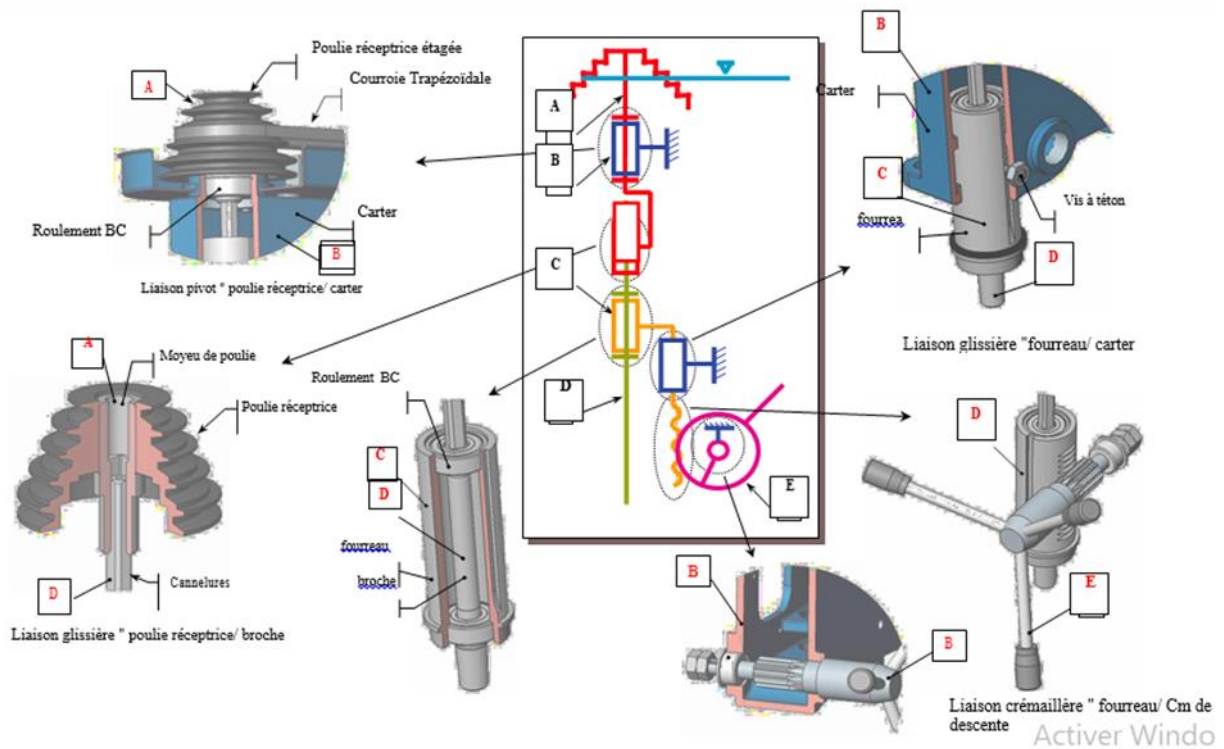


Figure III.3 : Schéma cinématique et les classes équivalentes de chacun des blocs fonctionnels.

III.3 Calcul de l'effort maxi de perçage et de la puissance absorbée :

Si l'on considère que pour une lèvre du foret la section du copeau est :

$$S_c = \frac{a * D}{4}$$

Où :

- **a** : l'avance par tour en mm
- **D** : diamètre du forêt en mm, **D = 23 mm**

La puissance nécessaire à la coupe en perçage peut s'écrire :

$$P_c = \frac{k_c * a * D * V_{cm}}{2}$$

Expression dans laquelle **k_c** représente l'effort spécifique de coupe en perçage en **N/mm²** et **V_{cm}** la vitesse de coupe moyenne en **m/s**.

On calculera la puissance nécessaire à la coupe en perçage pour 2 vitesses de rotation **N₁ = 150 tr/min** et **N₂ = 1125 tr/min**

Et pour une hauteur de copeau de **0.04 mm** et **0.4 mm**.

Pour la matière à usiner on prendra d'abord l'acier fortement allié Z200 C12 dont **HB** ou **R_m = 700 MPa** et dont **k_c = 3970 MPa** pour **h = 0.04 mm**, **a = 0.05 mm/tr**.

$$k_c = 2160 \text{ MPa pour } h = 0.4 \text{ mm, } a = 0.56 \text{ mm/tr.}$$

On fera les mêmes calculs pour les aciers ordinaires A70-2 dont **R_m ou HB = 820MPa** et : **k_c = 4500 MPa** pour **h = 0.04 mm**, **a = 0.0565 mm/tr**

$$k_c = 2110 \text{ MPa pour } h = 0.4 \text{ mm, } a = 0.565 \text{ mm/tr}$$

Et on choisira la puissance la plus élevée pour le perçage de ces types de matériaux.

III.3.1 Calcul des vitesses de coupe **V_{cm}** en m/s :

$$V_{cm} = \omega \cdot R \quad \text{avec} \quad \omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot N}{60}$$

Où : **ω** : vitesse de rotation en **rad/s**

N : vitesse de rotation en **tr/min**

R : rayon du foret = **11.5 mm**

$$\text{Soit : } V_{cm} = \frac{2 \cdot \pi \cdot N}{60} \cdot R = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{60}$$

a) Pour $N_1 = 150$ tr/min

$$D = 23 \text{ mm}$$

$$V_{c_m} = \frac{3,14 * 0,023 * 150}{60}$$

$$V_{c_m} = 0,18 \text{ m/s}$$

b) Pour $N_2 = 1125$ tr/min

$$D = 23 \text{ mm}$$

$$V_{c_m} = \frac{3,14 * 0,023 * 1125}{60}$$

$$V_{c_m} = 1,354 \text{ m/s}$$

III.3.2 Calcul de la puissance nécessaire au perçage pour la matière usinée Z200 C12 :

Données :

$$k_c = 3970 \text{ MPa pour } a = 0,05 \text{ mm/tr}$$

$$k_c = 2160 \text{ MPa pour } a = 0,56 \text{ mm/tr}$$

➤ Calcul pour $k_c = 2160$ MPa et $a = 0,56$:

a) Pour $N_1 = 150$ tr/min, $V_{c_m} = 0,18$ m/s :

$$P_c = \frac{2160 * 0,56 * 23 * 0,18}{2}$$

$$P_c = 2503,87 \text{ W}$$

$$P_c = 2,503 \text{ kW}$$

b) Pour $N_2 = 1125$ tr/min, $V_{c_m} = 1,35$ m/s :

$$P_c = \frac{2160 * 0,56 * 23 * 1,35}{2}$$

$$P_c = 18779,04 \text{ W}$$

$$P_c = 18,779 \text{ kW}$$

➤ Calcul pour $k_c = 3970$ MPa et $a = 0,05$ mm/tr :

a) Pour $N_1 = 150$ tr/min, $V_{c_m} = 0,18$ m/s :

$$P_c = \frac{3970 * 0,05 * 23 * 0,18}{2}$$

$$P_c = 410,895 \text{ W}$$

$$P_c = 0,41 \text{ kW}$$

b) Pour $N_2 = 1125$ tr/min, $V_{c_m} = 1,35$ m/s :

$$P_c = \frac{3970 * 0,05 * 23 * 1,35}{2}$$

$$P_c = 3018,71 \text{ W}$$

$$P_c = 3,018 \text{ kW}$$

III.3.3 Calcul de la puissance nécessaire au perçage pour un acier ordinaire A70-2 :

Données :

$k_c = 4500$ MPa pour $a = 0,05$ mm/tr

$k_c = 2110$ MPa pour $a = 0,56$ mm/tr

➤ Calcul pour $k_c = 2110$ MPa et $a = 0,57$:

a) Pour $N_1 = 150$ tr/min :

$$P_c = \frac{2110 * 0,56 * 23 * 0,18}{2}$$

$$P_c = 2445,92 \text{ W}$$

$$P_c = 2,445 \text{ kW}$$

b) Pour $N_2 = 1125$ tr/min :

$$P_c = \frac{2110 * 0,56 * 23 * 1,35}{2}$$

$$P_c = 18344,34 \text{ W}$$

$$P_c = 18,344 \text{ kW}$$

➤ Calcul pour $k_c = 4500$ MPa et $a = 0,05$:

a) Pour $N_1 = 150$ tr/min :

$$P_c = \frac{4500 * 0,05 * 23 * 0,18}{2}$$

$$P_c = 465,75 \text{ W}$$

$$P_c = 0,465 \text{ Kw}$$

b) Pour $N_2 = 1125$ tr/min :

$$P_c = \frac{4500 * 0,05 * 23 * 1,35}{2}$$

$$P_c = 3493.12 \text{ W}$$

$$P_c = 3,493 \text{ kW}$$

Récapitulation des résultats :

Matière usinée	kc en MPa		Avance par tour a (mm/tr)	Puissance en coupe (W)	
	h = 0.04	h = 0.4		N ₁ =150 tr/min	N ₂ =1125 tr/min
Z200 C12 HB=700 MPa Acier fortement allié	3970		0,05	410,895	3018,71
		2160	0,56	2503.87	18779,04
Acier ordinaire A 70-2 HB=820 MPa	4500		0,05	465,75	3493,2
		2110	0,56	2445.92	18344.34

Tableau III.1 : récapitulatif des résultats

Nous prendrons pour en considération pour notre étude la plus grande puissance calculé, c'est-à-dire : $P_c = 18.8$ kW.

Lorsque le perçage est d'une longueur supérieur au diamètre du forêt, on multiplie kc par 1,3 à 1,6 ; P_c devient alors :

$$P_c = 24,4 \text{ kW}$$

En tenant compte du rendement du système qui est d'environ 90%, soit la puissance absorbée est :

$$P_a = \frac{P_c}{0,9} = \frac{24,4}{0,9} = 27 \text{ kW}$$

Matériau usiné		Rm en Mpa	k _c et k _f en Mpa en fonction de h					
			0.04	0.06	0.1	0.16	0.25	0.4
Aciers ordinaires	A 50-2	560	3840	3350	2920	2540	2220	1930
			3360	2410	1740	1250	900	650
	A 70-2	820	4500	3870	3320	2860	2450	2110
			4530	2930	1890	1220	790	510
Aciers non alliés pour traitements thermiques	XC 12	400	3670	3210	2810	2470	2160	1890
			8310	5200	3250	2030	1270	800
	XC 35	500	4000	3450	2970	2560	2200	1900
			4260	3020	2150	1530	1080	770
	XC 45	660	3510	3090	2710	2380	2100	1840
			3680	2580	1810	1270	890	630
	XC 65	770	3380	3050	2760	2490	2250	2030
			2920	2080	1480	1050	750	530
Aciers faiblement alliés à l'état recuit	160MC 5	500	3710	3220	2800	2430	2110	1830
			3130	2330	1730	1280	950	705
	16 NC 6	590	3400	3030	2680	2380	2100	1860
			3240	2330	680	1210	870	630
	20 MC 5	590	3370	2980	2640	2340	2070	1830
			4070	2850	2000	1400	980	690
	42 CD 4	780	3620	3230	2870	2560	2280	2020
			3400	2460	1790	1290	940	680
	35 NCD 6	830	3190	2880	2600	2340	2110	1900
			2650	1930	1400	1020	740	540
	50 CV 4	670	3770	3320	2920	2580	2270	2000
			3730	2600	1810	1270	880	620
	100 C 6	620	4300	3770	3300	2880	2520	2210
			5120	3410	2270	1520	1010	670
Acier de décolletage au plomb		410	1950	1870	1750	1630	1520	1400
			1300	1200	150	850	700	550
Acier fortement alliés Inox martensitique	Z 200 C 12	700	3970	3510	3110	2750	2440	2160
			3560	2480	1720	1200	830	580
	Z 20 C 13	880	2790	2580	2390	2210	2050	1900
			2700	2000	1480	1090	810	600
Z 40 C 14	700	3340	3040	2770	2520	2300	2090	
		2580	1930	1440	1080	810	600	
Inox authentiques	Z 6 CND 17-11	560	2940	2700	2480	2270	2090	1920
			1810	1380	1050	800	610	460

Tableau III.2. Caractéristiques k_c et k_f de certains matériaux. [21]

III.4 Dimensionnement des éléments de la machine:

III.4.1 Dimensionnement du moteur d'entraînement :

Pour notre moteur, il doit développer une puissance $P_m \geq 27 \text{ kW}$.

Par rapport aux moteurs disponibles au marché et à la puissance que notre perceuse a besoin pour un bon fonctionnement, nous avons choisi un moteur électrique **SIEMENS 380V 30kW 3000 tr/min – B5**.

III.4.2 Dimensionnement du réducteur de vitesse et du système de transmission :

III.4.2.1 Introduction :

Le nom de réducteur est réservé à un mécanisme séparé s'intercalant entre un moteur et un récepteur. Lorsque le moteur est fixé sur le carter du réducteur, l'ensemble porte le nom de motoréducteur. Il a pour fonction la réduction de la vitesse d'un moteur électrique avec transmission de la puissance motrice vers une machine réceptrice en absorbant le moins d'énergie. Il permet d'augmenter le couple moteur afin d'entraîner en rotation un organe récepteur sous l'effet d'un nouveau couple.

III.4.2.2 Présentation du mécanisme étudié :



Figure III.4 : Système de transmission de la machine.

Le mécanisme étudié est un transmetteur de mouvement et un réducteur de vitesse constitués respectivement de 2 poulies variables montées en parallèle liées par une courroie de distribution et d'un engrenage parallèle à denture droites.

Un moteur électrique entraîne l'arbre «1» en rotation à l'extrémité duquel est fixée la poulie variable «P1».

La poulie «P1» transmet son mouvement à une poulie «P2».

La poulie «P2» et la roue «1» sont liées à un même arbre. La roue «1» transmet son mouvement au pignon «2».

Le pignon «2» est lié à l'arbre de sortie du réducteur. Ce dernier entraîne en rotation la broche de la perceuse.

III.4.2.3 Dimensionnement du système de transmission :

La variation du rapport de transmission k_{12} est obtenue par le déplacement simultané des flasques $1a$ et $1b$ symétriquement par rapport à un plan médian de la poulie, auquel s'associe en sens inverse et l'amplitude égale, celui des flasques $2a$ et $2b$. Les leviers 4 et $4'$, en liaison pivot d'axes (C, \vec{z}) et (C', \vec{z}) et dont les centres de liaisons C et C' sont à égale distance des axes 1 et 2 sont commandés par un dispositif unique 5 tel qu'un système vis/écrou à pas inversés.

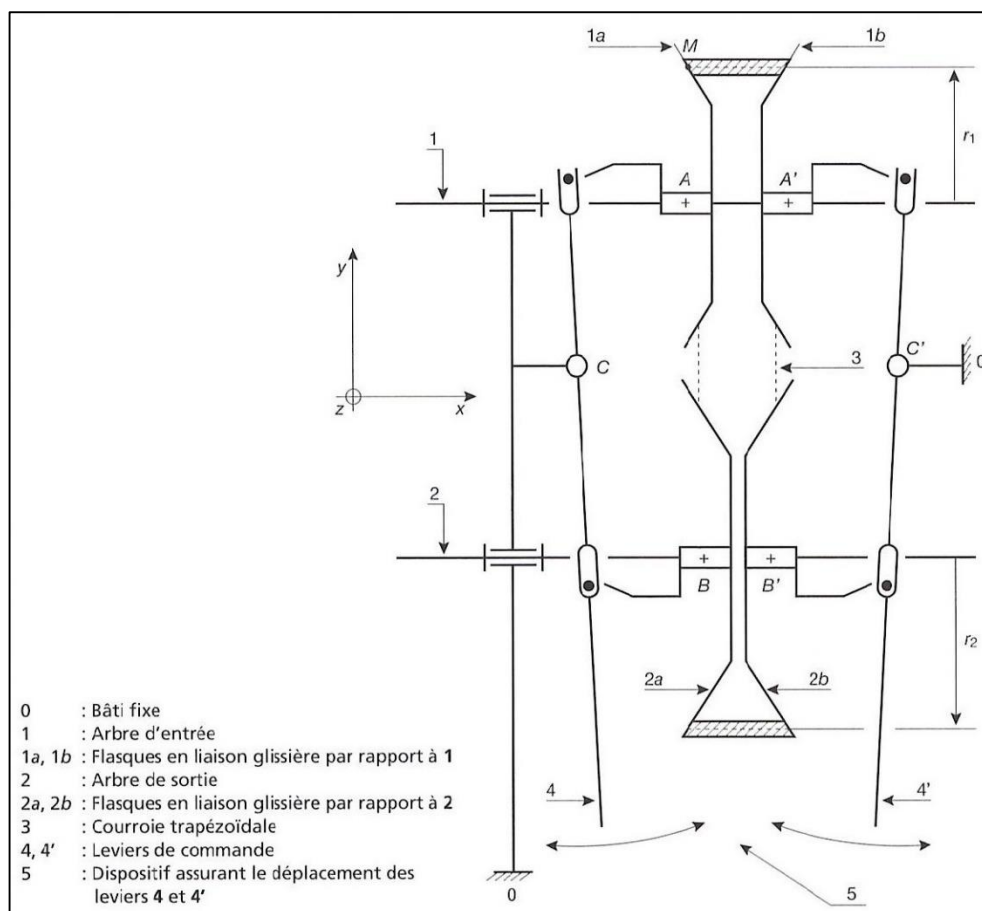


Figure III.5 : schéma représentatif d'un variateur de vitesse à poulies variables. [22]

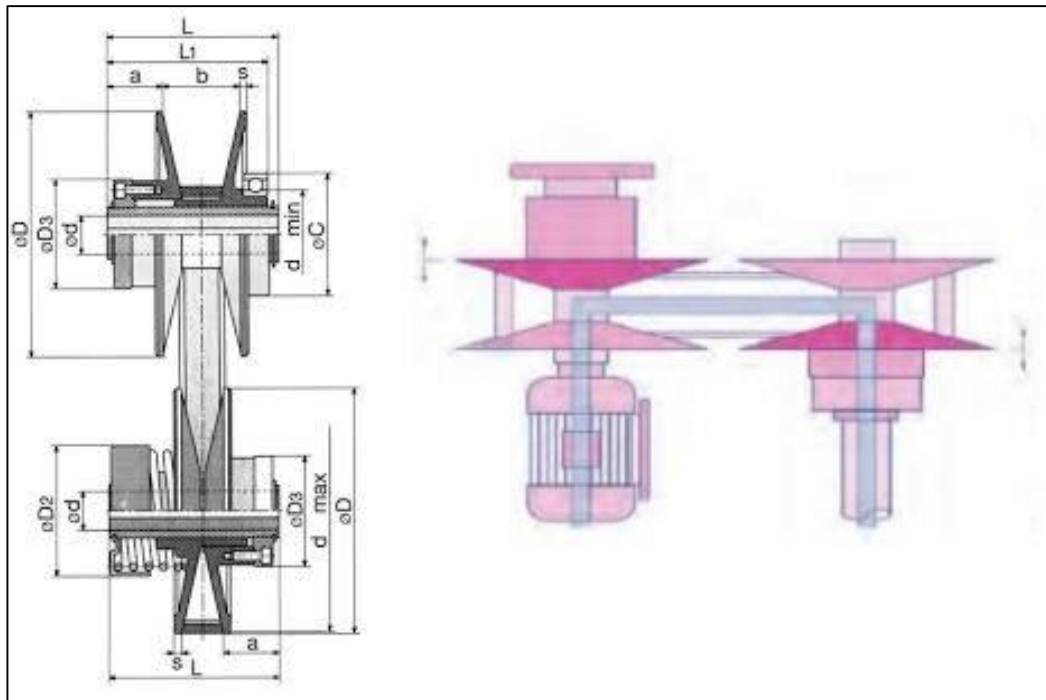


Figure III.6 : Schéma d'installation du système de transmission. [23]

Poulie PEFAA-M PEFAA-E	Courroie	d+R H7	d max	ØD	ØD 2	ØD 3	ØC	Dp min	Dp max	a	b	s	L1 min	L1 max	L	Poids	Puissanc e (kW)
080	17x5	14	14	95	50	44	55	41	92.5	13.5	28.5	2	44	55.5	50	0.9	0.37
100	22x8	14-19	20	120	58	48	68	52	116	20.5	36.5	2.5	63.5	78	72	1	1.5
150	28x8	19-24	25	160	85	58	80	59	156	25	50	4	71	93	90	2.5	3
190	28x8	19-24	25	190	85	65	80	59	186	24.5	51.5	4	71	94.5	90	2.5	3
196	33x10	24-28	30	200	85	75	90	69	195	31.5	59.5	4.5	86	112.5	110	5	4
210	37x10	24-28	42	220	101	75	90	77	115	34.5	67.5	5	97	127.5	122	6	7.5
250	47x12	28-28	42	255	101	105	115	92	249	42.5	81.5	5	110.5	147	150	11	11
280	55x15	38-42	42	300	129	100	125	98.5	292	42	99.5	7	122	166.5	162	14	15
325	70x20	42-48	48	350	129	120	140	120	340	49.5	119	7.5	150.5	199.5	195	17.5	30

Tableau III.3 : kit poulies variables auto-aligneuse. [23]

a) 1- Choix des poulies et de la courroie :

Pour un moteur de **30 kW** le choix des poulies et de la courroie est déterminé depuis le tableau III.2, soit pour notre cas on optera pour une courroie de section **70x20**, de diamètre $D = 350$ mm et dont les diamètres primitifs max et min sont respectivement : $D_{p_{max}} = 340$ mm ; $D_{p_{min}} = 120$ mm.

Le rapport de réduction devient alors :

$$k_{12} = \frac{D_{p_{min}}}{D_{p_{max}}} = \frac{120}{340} = 0,353$$

a) 2- Calcul de la vitesse minimale de sortie à la seconde poulie :

$$N_1 = 3000 \text{ tr/min}$$

$$k_{12} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$N_2 = 0.353 * 3000 = 1060 \text{ tr/min}$$

a) 3- Calcul de la longueur approximative de la courroie :

On a la formule suivante :

$$L_a = 2e_a + 1.57 (d_1 + d_2) + \frac{|d_1 - d_2|^2}{4e_a}$$

Où :

e_a : L'entraxe souhaité ; $e_a = 450 \text{ mm}$

d_1 : $D_{p_{\min}}$ (diamètre primitif minimal de la poulie 1) ; $d_1 = 120 \text{ mm}$

d_2 : $D_{p_{\max}}$ (diamètre primitif maximal de la poulie 2) ; $d_2 = 340 \text{ mm}$

Application numérique :

$$L_a = 2.450 + 1,57 (340 + 120) + \frac{|120 - 340|^2}{4 * 450}$$

$$L_a = 1650 \text{ mm}$$

a) 4- Choix de la longueur standard L de la courroie (selon la norme ISO) :

Réf			W16		W20		W25		W31.5		W40		W50			
Larg au sommet	L	mm	17	21	21	22	26	28	33	37	42	47	52	55	70	70
Epaisseur	Ep	mm	6	6	7	8	8	8	10	10	13	13	16	16	18	20
Angle des flancs	α	°	28°													
Longueur	l	mm	476	530	530	485	525	525	750	800	925	900	1180	1400	1445	1625
			536	600	600	525	630	700	790	850	970	950	1250	1500	1500	1725
			536	770	610	550	655	750	820	900	1000	1000	1325	1700	1600	1825
			770	870	675	575	672	800	850	950	1040	1060	1400	1800	1800	
			606	970	770	600	680	850	900	1000	1060	1120	1525		2800	
			630		870	610	710	900	950	1060	1120	1180	1600			

Tableau III.4 : Les longueurs normalisées des courroies. [23]

Le tableau III.3 propose une gamme de longueur normalisées dont l'une se rapproche de L_a ,

$$L_a = 1625 \text{ mm}$$

a) 5- Calcul de l'entraxe réel :

$$e_r = \frac{1}{2}[K - f_1|d_1 - d_2|]$$

Avec :

$$K = L - 1,57(d_1 + d_2)$$

Le tableau III.5 renseigne sur la valeur du facteur d'entraxe f_1 , fonction du rapport : $\frac{|d_1 - d_2|}{K}$.

$\frac{ d_1 - d_2 }{K}$	Facteur f_1
0.00	0.00
0.02	0.01
0.04	0.02
0.06	0.03
0.08	0.04
0.10	0.05
0.12	0.06
0.14	0.07
0.16	0.08
0.18	0.09
0.20	0.10

Tableau III.5 : Facteur d'entraxe f_1 (source Gates) [22]

Application numérique :

$$K = 1625 - 1,57(120 + 340)$$

$$K = 902,8$$

$$\frac{|d_1 - d_2|}{K} = \frac{|120 - 340|}{902,8}$$

$$\frac{|d_1 - d_2|}{K} = 0,24$$

$$f_1 = 0,10$$

$$e_r = \frac{1}{2}[902,8 - 0,10|120 - 340|]$$

$$e_r = 440,4mm$$

- Synthèse des résultats, pour ce calcul respectant une démarche industrielle :

Désignation	Résultats	Commentaire
Type de poulies	Poulies variable auto-aligneuse PEFAA-E 325/ RF 350b. $D_{p_{max}} = 340 \text{ mm}$ $D_{p_{min}} = 120 \text{ mm}$	Choisi selon la puissance à transmettre, voir Tableau III.3.
Type de courroie	Courroie trapézoïdale large pour variateur 17*20. Code : 70K1625SR Prix : 265,89 € TTC.	Choisi selon la puissance à transmettre et le type de poulies utilisées. Voir Tableau III.3.
Longueur normalisée de la courroie	$L_a = 1625 \text{ mm.}$	Choisi depuis le Tableau III.4 après le calcul la longueur approximatif.
Entraxe réel	$e_r = 440,4 \text{ mm}$	$e_r = \frac{1}{2} [K - f_1 d_1 - d_2]$

Tableau III.6 Tableau récapitulatif des résultats pour le calcul du variateur de vitesse.

III.4.2.3.1 Dimensionnement du réducteur de vitesse à engrenages :

Un engrenage est un mécanisme élémentaire composé de deux roues dentées mobiles autour d'axes de position relative invariable. L'une des roues entraîne l'autre par l'action des dents successivement en contact. La roue qui a le plus petit nombre de dents est appelée **pignon**.

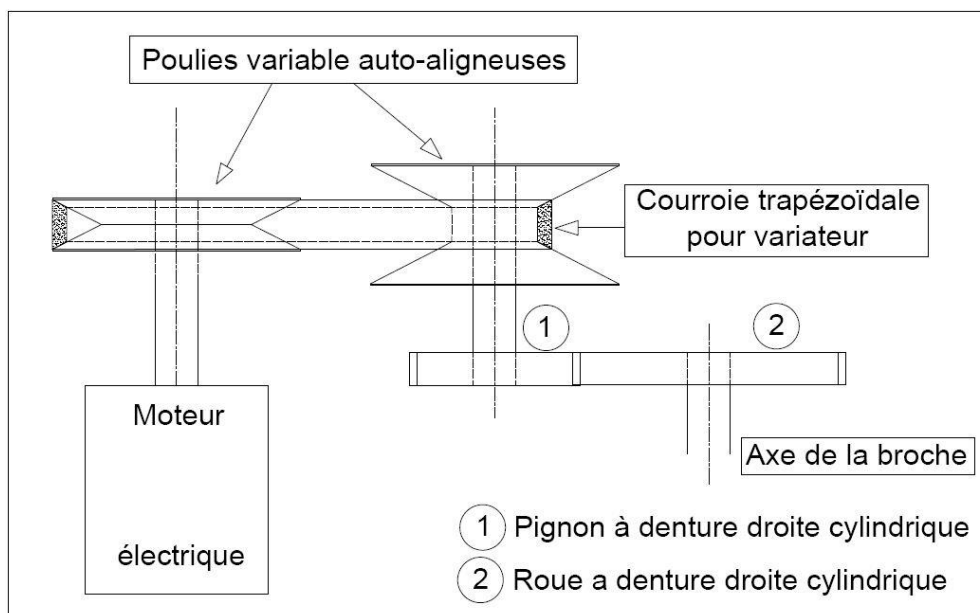


Figure III.7 Dessin en 2D de définition de notre système de transmission

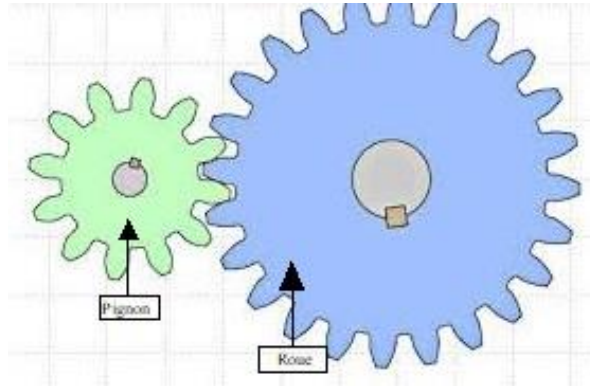


Figure III.8 : Schéma représentatifs des engrenages.

b) 1- Calcul du module et du rapport de réduction :

Pour obtenir la vitesse de rotation de la broche minimale souhaitée qui est :

$N_3 = 150$ tr/min, nous devons déterminer le rapport de réduction k_{23}

$$k_{23} = \frac{N_2}{N_3} = \frac{1060}{150} = 7,06$$

b) 2- Calcul du module m :

$$m \geq 2,34 \sqrt{\frac{F_t}{k * Rp_e}}$$

Où : m : module en mm

$$F_t = \frac{60.P}{\pi.d.N} : \text{Force tangentielle en (N)}$$

$k \cong 10mm$: coefficient de largeur de la denture

Rp_e : Limite d'élasticité du matériau de l'engrenage

Pour le matériau de la denture on a choisi l'acier **42CrMo4** qui est couramment utilisé pour la fabrication des roues dentées (engrenages) ainsi que pour les arbres de transmission de puissance.

• **Caractéristiques mécanique de l'acier 42CrMo4 :**

- Résistance $Rm = 1900$ N/mm²
- Limite d'élasticité $Rp = 1500$ N/mm²
- Allongement $\varepsilon = 7$ %
- Résilience $KCU = 30$ J/cm²

• **Calcul de la force tangentielle F_t :**

$$F_t = \frac{60 * P}{\pi * d * N}$$

Où :

P : puissance transmise en (**W**)

d : diamètre de l'arbre en (**m**)

N : vitesse de rotation en (**trs/min**)

Application numérique :

$$N_2 = 1060 \text{ trs/min}$$

- **Calcul du diamètre de l'arbre de transmission :**

$$P = C * \omega$$

Où :

- **C** : Couple de transmission en **N. mm**

- **ω** : vitesse de rotation en **rad/s**

$$\omega = 2 * \pi * N$$

Où :

- **N** : vitesse de rotation en **tr/mn**

$$\omega = 2 * \pi * 1060$$

Application numérique :

$$\omega = 6660,17 \text{ rad/min}$$

$$\omega = 111 \text{ rad/s}$$

Calcul du couple de transmission :

$$C = \frac{P}{\omega}$$

$$C = \frac{30000}{111}$$

$$C = 270 \text{ N.m}$$

$$C = 270 . 10^3 \text{ N.mm}$$

Cet arbre est en acier **42CrMo4** de limite d'élasticité **$R_{pe} = 1500 \text{ MPa}$** , on prendra un coefficient de sécurité de **2**.

La torsion engendre des contraintes de cisaillement, pour un acier doux la limite élastique de cisaillement est égale à la moitié de sa limite élastique en traction.

Soit :

$$\tau_e = \frac{R_{pe}}{2}$$

$$\tau_e = 750 \text{ MPa}$$

Ce coefficient de sécurité $s=2$ permet de déterminer la contrainte admissible en cisaillement à partir de la limite élastique :

$$\tau_u = \frac{\tau_e}{s}$$

$$\tau_u = \frac{750}{2}$$

$$\tau_u = 375 \text{ MPa}$$

- Condition de résistance :

D_1 doit assurer que $\tau_{max} \leq \tau_u$

$$\tau_{max} = \frac{C_{max}}{I_0} * R = \frac{C_{max}}{\frac{\pi * R^4}{32}} * R = \frac{16 * C_{max}}{\pi * D_1^3}$$

$$C_{max} = 270.10^3 \quad ; \quad \tau_u = 375 \text{ MPa}$$

$$D_1 \geq \left[\frac{16 * C_{max}}{\pi * \tau_u} \right]^{\frac{1}{3}} = \left[\frac{16 * 270.10^3}{\pi * 375} \right]^{\frac{1}{3}} = 15.42 \text{ mm}$$

On prend :

$$D_1 = 16 \text{ mm}$$

- Condition de rigidité :

D_2 : doit assurer : $\alpha_{max} < \alpha_{min}$

$$\alpha_{max} = \frac{C_{max}}{\mu * I_0} = \frac{C_{max}}{\mu * \frac{\pi * R^4}{2}} = \frac{2 * C_{max}}{\pi * R^4} = \frac{32 * C_{max}}{\pi * D_2^4}$$

Avec :

$$\alpha_{min} = 0.25 \text{ deg/m} = 0.25 \frac{\pi}{180} \text{ rad/m} = 0.25 \cdot \frac{\pi}{180} \cdot 10^{-3} \text{ rad/mm}$$

$$\alpha_{min} = 4,36 \cdot 10^{-6} \text{ rad/mm}$$

$$D_2 \geq \left[\frac{32 * C_{max}}{\pi * \mu * \alpha_{min}} \right]^{\frac{1}{4}} = \left[\frac{32 * 270.10^3}{\pi * 80000 * 4,36 \cdot 10^{-6}} \right]^{\frac{1}{4}} = 52,9$$

On prend pour le diamètre de l'arbre :

$$D_2 = 53 \text{ mm}$$

Le diamètre de l'arbre sera donc :

$$D = \max (D_1, D_2) = 53 \text{ mm}$$

Puisque le diamètre intérieur de la **poulie 2** est **d = 55 mm** et que cette dernière est coaxiale avec le pignon (même arbre de rotation) donc le diamètre de l'arbre doit être **D = 55 mm**, c'est aussi le diamètre intérieur du pignon.

Pour notre cas, on prend le diamètre du pignon **D_p = 90 mm**

Soit :

$$F_t = \frac{60 \cdot P}{\pi \cdot D_p \cdot N}$$

$$F_t = \frac{60 \cdot 30000}{\pi \cdot 0.090 \cdot 1060}$$

$$F_t = 6000 \text{ N}$$

- Calcul du module :

$$m \geq 2,34 \sqrt{\frac{6000}{10 \cdot 1500}}$$

$$m \geq 1,47 \text{ mm}$$

On prend une valeur normalisée du module m :

$$m = 2$$

b) 3- Détermination des caractéristiques géométriques de la roue et du pignon :

$$k = \frac{N_3}{N_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

$$\frac{N_3}{N_2} = 0,14$$

$$r_1 = \frac{m \cdot Z_1}{2} = \frac{D_p}{2}$$

Ce qui donne :

$$Z_1 = \frac{D_p \cdot 2}{2 \cdot m}$$

Application numérique :

$$Z_1 = \frac{90 \cdot 2}{4}$$

$$Z_1 = 45 \text{ dents}$$

$$k = \frac{N_3}{N_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

$$\text{Soit : } Z_2 = \frac{N_2 Z_1}{N_3}$$

$$Z_2 = \frac{1060 \cdot 45}{150}$$

$$Z_2 = 318 \text{ dents}$$

$$D_r = m * Z_2$$

$$D_r = 2 * 318$$

$$D_r = 636 \text{ mm}$$

Le diamètre D_r trouvé est beaucoup trop élevé, donc nous allons devoir utiliser un réducteur à étages.

Nous allons tout d'abord réduire la vitesse du pignon 1 à la roue 1 de 50% ($k = 0.5$), puis nous allons installer un pignon 2 coaxiale à la roue 1 pour obtenir une vitesse $N = 150 \text{ tr/min}$ à la roue 2.

Nous allons utiliser un module $m = 2$ pour tout notre système à engrenage

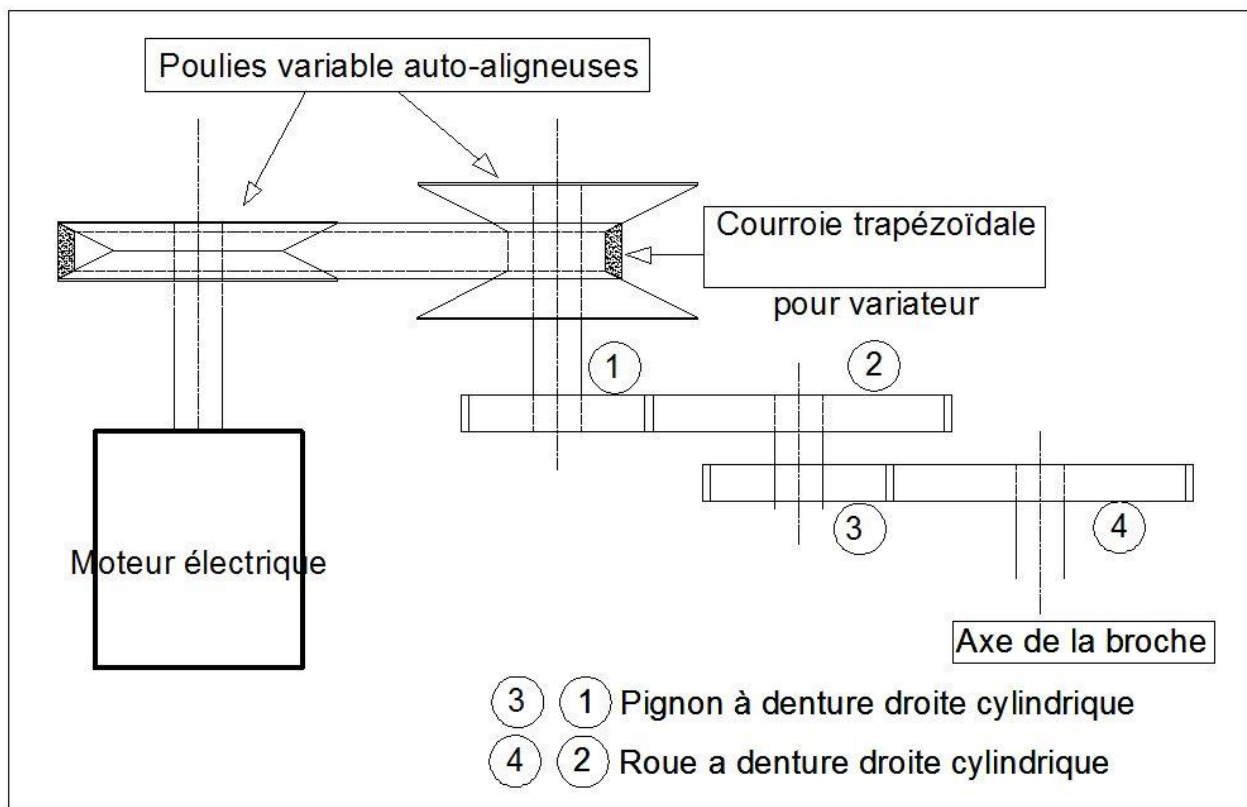


Figure III.9 Dessin de définition en 2D de notre nouveau système de transmission

- Détermination des caractéristiques géométriques de la roue 1 et du pignon 1 :

$$k = \frac{N_3}{N_2}$$

$$N_3 = N_2 * k$$

$$N_3 = 1060 * 0,5$$

$$N_3 = 530 \text{ tr/min}$$

Nous avons :

$$Z_1 = \frac{D_p * 2}{2 * m}$$

$$Z_1 = \frac{90 * 2}{2 * 2}$$

$$Z_1 = 45 \text{ dents}$$

$$k = \frac{N_3}{N_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

$$\text{Soit : } Z_2 = \frac{N_2 Z_1}{N_3}$$

$$Z_2 = \frac{1060.45}{530}$$

$$Z_2 = 90 \text{ dents}$$

$$D_{r1} = m * Z_2$$

$$D_{r1} = 2 * 90$$

$$D_{r1} = 180 \text{ mm}$$

On prend le diamètre du pignon

$$D_{p2} = 90 \text{ mm}$$

$$k = \frac{N_4}{N_3}$$

$$k = \frac{150}{530}$$

$$k = 0,28$$

Nous avons :

$$Z_3 = \frac{D_p * 2}{2 * m}$$

$$Z_3 = \frac{90 * 2}{2 * 2}$$

$$Z_3 = 45 \text{ dents}$$

$$\text{Soit : } Z_3 = \frac{N_3 Z_3}{N_4}$$

$$Z_3 = \frac{530.45}{150}$$

$$Z_3 = 159 \text{ dents}$$

Et :

$$D_{r2} = m * Z_3$$

$$D_{r2} = 2 * 159$$

$$D_{r2} = 318 \text{ mm}$$

a) 4- Caractéristiques géométriques des roues et des pignons :

	Désignation	Pignon 1	Roue 1
Module	m	2	
Nombre de dents	Z	Z₁=45	Z₂=90
Pas	p = $\pi.m$	6,28 mm	
Saillie h_a	$h_a = m$	2	
Creux h_f	$h_f = 1,25.m$	2,5 mm	
Hauteur de la dent	$h = h_a + h_f = 2,25.m$	4,5 mm	
Diamètre primitif	$d = m.Z$	90 mm	180 mm
Diamètre de tête	$d_a = d + 2.m$	94 mm	184 mm
Diamètre de pied	$d_f = d - 2,5.m$	85 mm	175 mm
Largeur de dent	b = k.m	20 mm	
Entraxe	$e = (d_1 + d_2)/2$	135 mm	

Tableau III.7 : Tableau récapitulatif des caractéristiques géométriques de la roue 1 et du pignon 1.

	Désignation	Pignon 2	Roue 2
Module	m	2	
Nombre de dents	Z	Z₁=45	Z₂=159
Pas	p = $\pi.m$	6,28 mm	
Saillie h_a	$h_a = m$	2	
Creux h_f	$h_f = 1,25.m$	2,5 mm	
Hauteur de la dent	$h = h_a + h_f = 2,25.m$	4,5 mm	
Diamètre primitif	$d = m.Z$	90 mm	318 mm
Diamètre de tête	$d_a = d + 2.m$	94 mm	322 mm
Diamètre de pied	$d_f = d - 2,5.m$	85 mm	313 mm
Largeur de dent	b = k.m	20 mm	
Entraxe	$e = (d_1 + d_2)/2$	204 mm	

Tableau III.8 : Tableau récapitulatif des caractéristiques géométriques de la roue 2 et du pignon 2.

III.4.2.3.2 Dimensionnement de la crémaillère :

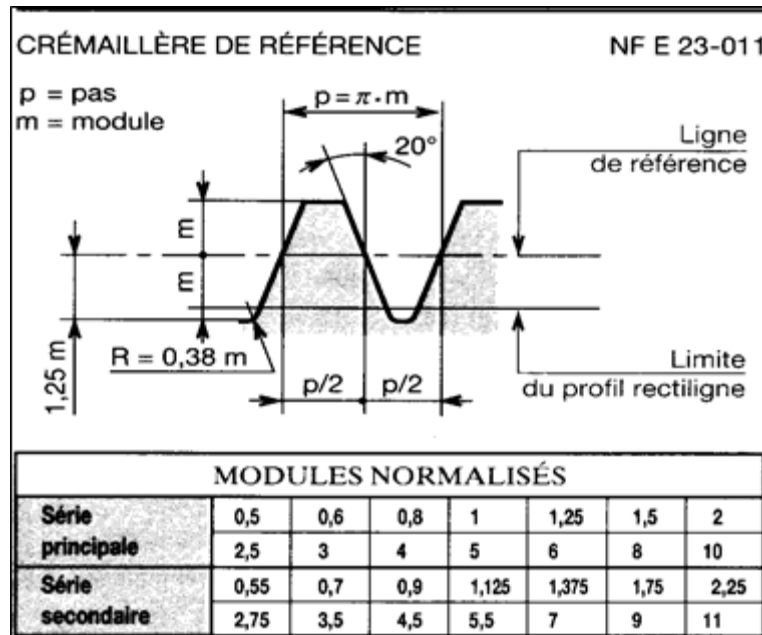


Figure III.10 Crémaillère de référence.

a) 1- Calcul du module de la crémaillère :

Comme l'étude précédente, cette crémaillère est en acier **42CrMo4** de limite d'élasticité $R_{pe} = 1500 \text{ MPa}$.

Le module est :

$$m \geq 2,34 \sqrt{\frac{F_a}{k \cdot R_{pe}}}$$

Où : F_a est l'équivalent de la force tangentielle dans le cas d'une crémaillère, elle s'écrit :

- **Force de poussée :**

$$F = K' * K_c * a * D/2$$

Où :

- K_c : Effort spécifique de coupe.
- a : l'avance en mm/tr
- D : Diamètre de l'outil en mm
- K' : coefficient dépendant de la géométrie de la pointe de l'outil (on peut considérer une valeur moyenne de 0.5).

- **Effort d'avance en perçage :**

$$F_f = \frac{D * a * k_f}{2}$$

Où :

- K_f : Effort spécifique d'avance.
- a : Avance en mm/tr
- D : Diamètre de l'outil en mm.

On calculera les deux valeurs de F et F_f pour déduire F_a :

- Calcul de F pour les valeurs extrêmes :

- $h = 0.4 \text{ mm}$
- $k_C = 2160 \text{ MPa}$,
- $a = 0.56 \text{ mm/tr}$
- $D = 23 \text{ mm}$
- $K' = 0.5$.

$$F = 0,5 * 2160 * 0,56 * \frac{30}{2}$$

$$F = 9072 \text{ N}$$

- Calcul de F_f dans les conditions extrême :

Pour cette étude nous avons sélectionné comme matériau à usiner le **XC 12**, qui est un acier non allié pour traitement thermique qui possède un effort spécifique d'avance très important. Nous avons donc :

- $h = 0.4. \text{ mm}$
- $k_f = 800 \text{ MPa}$,
- $a = 0.56 \text{ mm/tr}$
- $D = 23 \text{ mm}$

Ce qui nous donne :

$$F_f = \frac{23 * 0,56 * 800}{2}$$

$$F_f = 5152 \text{ N}$$

Nous avons donc :

$$F > F_f$$

$$9072 \text{ N} > 5152 \text{ N}$$

Donc : on prend pour nos calculs $F_a = 9072 \text{ N}$

Calcul du module :

Avec :

- $F_a = 9072 \text{ N}$.
- $K = 10$.
- $R_{pe} = 1500 \text{ Mpa}$.

$$m \geq 2,34 \sqrt{\frac{9072}{10 * 1500}}$$

$$m \geq 1,8.$$

On prend comme module normalisé :

$$m = 2$$

- **Les caractéristiques géométriques du pignon :**

Pour notre système, le pignon de la crémaillère doit faire 2 tours pour parcourir toute la crémaillère.

Le périmètre du pignon est :

$$p = \pi * D$$

$$p = \frac{L(\text{course de la broche})}{2}$$

$$p = \frac{180}{2}$$

$$p = 90 \text{ mm}$$

$$D = \frac{p}{\pi}$$

$$D = 28,65 \text{ mm}$$

On prend :

$$D = 28 \text{ mm}$$

a) 2- Calcul des caractéristiques géométriques du système pignon-crémaillère :

	Désignation	crémaillère	Pignon
Module	m	2	
Pas primitif	p = π.m	6,28 mm	
Saillie h _a	h_a = m	2	
Creux h _f	h_f = 1,25.m	2,5 mm	
Hauteur de la dent	h = h_a+h_f = 2,25.m	4,5 mm	
Largeur de dent	b = k.m	20 mm	
Longeur l	L = course de la broche	180 mm	
Diamètre D	D		
Nbr de dents	Z = l/b	9	14

Tableau III.9 : Tableau récapitulatif des caractéristiques géométriques de la crémaillère.

III.4.3 Liaison entre les différents éléments :

éléments	liaison
Moteur - corps	05 boulons
Moteur – arbre1	Clavette
Arbre1 – poulie variable 1	Cannelure
Arbre1 - corps	Roulement Ø55
Arbre 2 – poulie variable	Cannelure
Arbre 2 - pignon 1	Cannelure
Arbre 2 - corps	Roulement Ø55
Arbre 3 – roue 1	Cannelure
Arbre 3 – pignon 2	Cannelure
Arbre 3 - corps	Roulement Ø55
Arbre 4 – roue 2	Cannelure
Arbre 4 - corps	Roulement Ø55

Tableau III.10 : Tableau récapitulatif des liaisons entre les différents éléments.**III.4.4 Caractéristiques technique de la perceuse PC 23 :**

Capacité de perçage dans l'acier	23 mm
Course de la broche	180 mm
Déplacement vertical	605 mm
Cône de la broche	CM2
Diamètre de la colonne	125 mm
Vitesses	150-1125 tr/min
Surface utile du plateau porte-pièce	290 x 320 mm
Surface utile du socle	390 x 400 mm
Distance broche-colonne	300 mm
Distance broche-plateau porte-pièce	145-750 mm
Distance broche-socle	1200 mm
Puissance	30 kW
Poids net / brut approximatif	1100 /1900 kg

Conclusion générale

Conclusion générale :

A l'issue de cette étude, nous avons abouti à la conclusion suivante :

Toute étude de conception doit répondre à certaines exigences : dans notre cas, la première exigence était d'usiner des matériaux beaucoup plus durs que ceux déjà essayés sur la perceuse PC 23 du Hall de technologie. Cette étude nous a permis de mieux comprendre les différents critères pour lesquels on choisit le moteur, les paramètres à calculer pour définir sa puissance, ainsi que les types des systèmes de transmission et des réducteurs de vitesse, d'ailleurs on a utilisé un système de transmission assez spécial qui est un variateur de vitesse à poulies variables et un réducteur de vitesse à engrenages double étage. Ce travail nous a permis également de mieux connaître et comprendre les différents types de liaisons.

En perspective, nous souhaitons que ce projet soit réalisé par les futures promotions et ainsi de l'améliorer.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] Cours procédés de fabrication Master –Maintenance industrielle–2010, Université de Ouargla.
- [2] PDF : Mémoire soutenu DJEBBAR M., 2019. Université de Tlemcen.
- [3] <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mecanique-th7/procedes-d-usinage-42190210/> (Consulté en Mars 2020)
- [4] <http://www.bertholet-ribouleau.com/brochage.html> (Consulté en Mars 2020)
- [5] Ingénierie mécanique, transmission de puissance, tome1, 4^{ème} édition, Francis Esnault et David coquard 2017.
- [6] Cours liaisons mécaniques lycée Jules FERRY, Versailles
- [7] Ingénierie mécanique, transmission de puissance, tome 2, Francis Esnault et David coquard 2017
- [8] site web : <https://leblogmaison.net/2017/08/06/presentation-des-differents-types-de-perceuses/> (Consulté en Mars 2020)
- [9] Site web : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Chignole> (Consulté en Mars 2020)
- [10] Site web : <https://guide.bricozor.com/choisir-perforateur.html> (Consulté en Avril 2020)
- [11] Site web : <http://www.sciences-technologies.net/genie-mecanique/fabrication-mecanique/6-le-perceage.html> (Consulté en Avril 2020)
- [12] Cours sur le perçage <https://www.rocdacier.com/cours-sur-le-perceage/> (Consulté en Avril 2020)
- [13] Site web : <https://conseil.manomano.fr/comment-choisir-une-perceuse-magnetique-ou-unite-de-perceage-magnetique-n4778> (Consulté en Mai 2020)
- [14] Site web : <https://bostitch.fr/assistance/en-savoir-plus/comment-fonctionnent-les-outils/comment-fonctionnent-les-outils-pneumatiques/> (Consulté en Mai 2020)
- [15] Site web : <https://www.quincabox.fr/perceuse-multibroche-star-salice-p10021> (Consulté en Mai 2020)
- [16] Site web <https://www.larousse.fr/archives/grande-encyclopedie/page/10429>
(Consulté en Juin 2020)
- [17] Site web : <https://www.pinterest.fr/pin/541135711448021266/> (Consulté en Juin 2020)
- [18] Site web : <https://multiprevention.org/wpcontent/uploads/2015/11/multiprevention-fiche-action-machine-perceuses-colonne.pdf> (Consulté en juillet 2020).
- [19] PDF : Fiche Réduction des vibrations main bras Perceuses à percussion et perforateurs (machines électriques ou sur batterie) publié 09/2015, disponible sur : <http://www.inrs.fr/> (Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles).

[20] Cours conditions de coupe 1^{ère} année génie mécanique.

[21] DENIS Gelin, MICHEL Vincent « élément de fabrication » livres, Edition ellipses, 1995, 223 pages

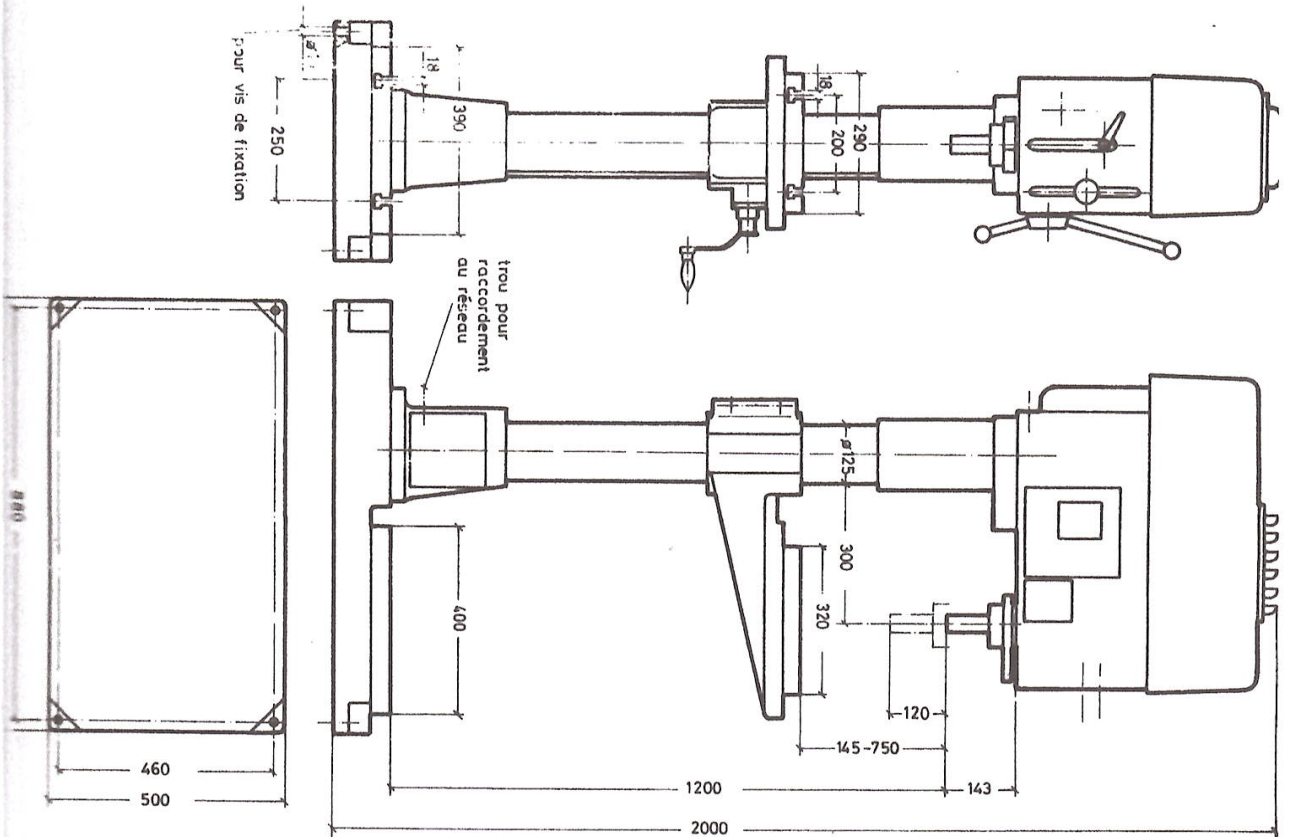
[22] Francis Esnault « construction mécanique » transmission de puissance 3. Application, livre, Edition DUNOD.

[23] Catalogue PRU'HOMME mise à jour juin 2020.

Annexes

Catalogue

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES	TECHNICAL SPECIFICATIONS	PE13	PE16	PE23	PC23	خواص تقنية
Capacité de perçage dans l'acier	Drilling capacity in steel	Ø13	Ø16	Ø23	Ø23	سعة الثقب في الفولاذ
Profondeur de perçage	Drilling Depth	100	120	120	120	عمق الثقب
Capacité de taraudage	Tapping capacity in steel	M3-M12	M5-M16	M5-M16	M5-M16	سعة اللولب
Cone de la broche C.M.	Taper of spindle noses (M.T)	1-2	1-2	1-2	2-3	مخروط المشبك
Course axiale manuelle	Spindle travel/stroke for drilling	100	120	120	120	السرعة المحورية اليدوية
Nombre de vitesses de broche	Nbr of spindle speeds	6	Progressive	Progressive	Progressive	عدد سرعات المشبك
Gamme de vitesses Gi	Speed range Gi	140-2500	150-1125	150-1125	150-1125	د/د د/د د/د
Gil	Gil	280-5000	250-1875	250-1875	250-1875	د/د د/د د/د
Gill	Gill	—	460-3500	—	—	3م 2م 1م
Déplacement vertical de la tête	Vertical head displacement	200	260	310	—	الحركة العمودية الرأسية
Diamètre de la colonne	Column diameter	80	90	90	125	قطر العمود
Distance axe broche-colonne	Distance spindle axles to column	200	315	315	300	مساحة محور المشبك - المحور -
Distance nez de broche-table	Distance spindle nose to work table	55-355	97-477	137-567	145-750	مساحة أنف المشبك - الطاولة -
Distance nez de broche-socle	Distance spindle nose to pedestal	—	—	—	1200	مساحة أنف المشبك - الركيزة -
Plateau porte-pièce	Base plate					سبينة حامل القطعة
Surface utile	Working area	250 x 280	300 x 355	355 x 400	290 x 320	مساحة الالازمية
Rainures en "T"	Number of "T" slots	2	2	2	2	- تجزير على شكل T
Largeur	Width	14	14	18	18	- العرض
Entre-axes	Distance between axles	180	200	200	200	- بين المحاور
Déplacement vertical de la table	Vertical displacement of work table	—	—	—	605	الحركة الرأسية للطاولة
Socle	Pedestal					الركيزة
Surface utile	Working area	—	—	—	390 x 400	مساحة الالازمية
Nombre de rainures en "T"	Number of "T" slots	—	—	—	2	عدد جزاءات على شكل T
Largeur	Width	—	—	—	18	- العرض
Entre-axes	Distance between axles	0,55/1 or	—	—	250	- بين المحاور
Moteur de broche	Motor	1,3/1,8	1,1	1,5	1,5	محرك المشبك
Encombrement (L x W)	Dimensions (L x W)	750 x 460	770 x 425	770 x 460	920 x 500	عوائف (ط x ع)
Poids net	Net weight	160	300	330	520	الوزن الصافي

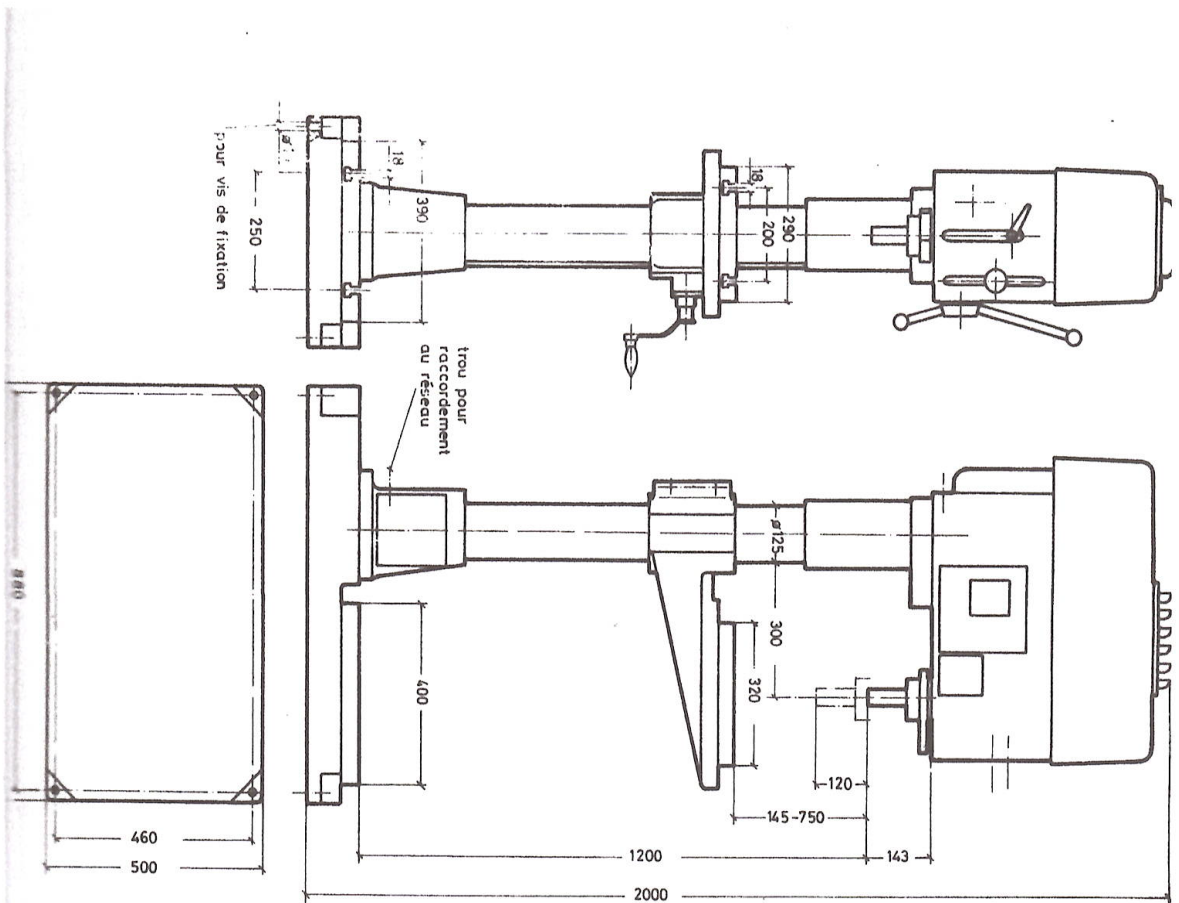


PERCEUSE A COLONNE PC 23

Capacité de perçage dans l'acier	23 mm
Gouree de la broche	120 mm
Déplacement vertical	605 mm
Cône de la broche	CM 2
Diamètre de la colonne	125 mm
Gamme de vitesses	I 150-1125 t/mn II 250-1875 t/mn
Surface utile de plateau porte-pièce	290 x 320 mm
Surface utile du socle	390 x 400 mm
Distance broche - colonne	300 mm
Distance broche - plateau porte-pièce	145 - 750 mm
Distance broche - socle	1200 mm
Puissance	1,5 kW
Poids net / brut approximatif	460 / 620 kg

ALMO

SOCIETE ALGERIENNE DE MACHINES-OUTILS
CONSTANTINE / QUED-HAMRINE



PERCEUSE A COLONNE PC 23

Capacité de perçage dans l'acier	23 mm
Gouree de la broche	120 mm
Déplacement vertical	605 mm
Cône de la broche	CH 2
Diamètre de la colonne	125 mm
Gamma de vitesses	I 150-1125 t/min II 250-1875 t/min
Surface utile de plateau porte-pièce	290 x 320 mm
Surface utile du socle	390 x 400 mm
Distance broche - colonne	300 mm
Distance broche - plateau porte-pièce	145 - 750 mm
Distance broche - socle	1200 mm
Puissance	1,5 kW
Poids net / brut approximatif	460 / 620 kg

A L M O

SOCIETE ALGERIENNE DE MACHINES-OUTILS
CONSTANTINE / QUED-HAMRINE