

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 DIPLOME DE

MASTER

FILIÈRE : GÉNIE MÉCANIQUE

SPÉCIALITÉ : CONSTRUCTION MÉCANIQUE.

RÉALISÉ PAR :

NOM PRÉNOM : TAYEB KOCEILA

NOM PRÉNOM : BOUDJEMIL MOHAND

Thème

Conception et réalisation d'un jeu d'outils pour le perçage de différents trous carrés.

Soutenu en septembre 2021 devant le jury composé de :

Mr. SAHALI. Mhd Akli

Président

Mr. BOUTAANI. Mhd Said

Rapporteur

Mr. HADJOU. Madjid

Encadreur

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2020 - 2021

Remerciement

Remerciement

Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre promoteur monsieur HADJOU Madjid Ainsi que les travailleurs de l'entreprise de Bejaia A.M.P.I, messieurs : GUERROUT Mustapha, Madjid, Toufik et KHIMA Salim pour leurs précieux aides et leurs conseils ;

Nous tenons également à remercier les membres du jury ;

Nos remerciements s'adressent également à tous nos enseignants et personnels de l'université de Bejaia ;

Nos remerciements les plus sincères et les plus profonds sont adressés à nos parents pour leur patience et tous les sacrifices

A tous nos amis :

Pour notre amitié et tous les bons moments passés et à venir, pour votre présence, vos bons conseils et nos fous rires partagés, un très grand merci à tous et à toutes.

Dédicaces



Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A mes chers parents qui m'ont encouragé et soutenu tout au long du parcours de

mes études

A mon frères Ali et mes sœurs,

A tout ma famille

A mes amis, et mes collègues

A tous mes enseignants

Et tout qui m'aide et compulse ce travail Madjid, Toufik et, Mustapha.

En fin, je remercie mon binôme, Koceila, qui a contribué à la réalisation de ce

modeste travail.

Mohand



Dédicaces

Je dédie cet humble travail à tous ceux qui me sont chers :

A mes parents pour leurs : patiences, soutiens, encouragements et sacrifices sans limites

A ma sœur Celia et mon frère Louenes ; A ma fiancée Melissa ;

A mes très chers oncles, tantes, cousins et cousines ; A mes amis : Youva, Nabil, Salim, et

Yanis

A mon binôme et meilleur ami Mohand

«Koceila»

Table des matières

Table des matières

Introduction général:.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Généralités sur les perçages.

I.1. Le perçage :.....	2
I.1.3.Vitesse de coupe en fonction du métal :.....	6
I.1.4.Différents types des perceuses :	8
I.1.5.Présentation de la perceuse à colonne existante au niveau du hall de technologie de l'université:.....	10
I.1.5.2.Description de la machine :.....	10
I.1.6.Méthode de perçage :.....	14
I.1.6.1.Blocage des pièces sur un étau :.....	15
I.1.7.Théorie de Reuleaux :.....	17
I.1.8.Conclusion:.....	23

Chapitre II : Présentation du système étudié.

II.1. Introduction :.....	24
II.1.2.Présentation du système étudié :.....	24
II.3. Etude de l'outil de coupe :.....	26
II.3.5.Réalisation des arrêtes tranchantes :.....	29
II.3.6.Dégagement des copeaux :.....	30
II.3.7.: Réalisation des lèvres de l'outil de coupe :.....	30
II.4.Principe de fonctionnement de l'outil dans le guide carré :.....	31
II.5.La description des pièces du système à réaliser :.....	38
II.6. Conclusion :	42

Chapitre VI : Choix du matériau, études et simulation.

III.1.Introduction:.....	43
III.2. Propriétés principales des matériaux de construction mécanique:.....	43
III. 4. Différents traitements thermiques :.....	46
III.5.Efforts et puissance de coupe:.....	49
III.6 Calcul des efforts et puissances de coupe agissent sur l'outil du triangle de Reuleaux.	56
III.7. Simulation numérique:.....	57
III- 8- Conclusion :	64

Chapitre V : Réalisation du système étudié.

IV.1.Introduction :.....	65
IV.2. Généralités sur la fabrication numérique :.....	65
IV .3. La conception et fabrication assistée par ordinateur.....	68
IV.4. Les traitements thermiques réalisés pour les outils de coupe :.....	77
IV.4 Conclusion :	81
Conclusion général :	82

Bibliographie

Annexes

Liste des figures

Chapitre 1: Généralités sur les perçages.

Figure I.1 : Forets queue conique.....2

Figure I.2 : Forets queue cylindrique:.....3

FigureI.3 :Description d’un foret :3

FigureI.4:Paramètre géométrique d’un foret:.....4

Figure I.5 : Mandrin et clé de mandrin:.....5

Figure I.6 : Cônes et chasse-cône:.....6

Figure I.7 : Vitesse de coupe en fonction du diamètre:.....7

Figure I.8 : Perceuse sensitive:.....8

Figure I.9 : Perceuse a colonne.....9

Figure I.10 : Perceuse radiale.....9

Figure I.11 : Perceuse à colonne..... 11

FigureI.12 : Principaux organes de la perceuse.....12

FigureI.13 : Diagramme de FAST.....13

Figure I.14 : Schéma cinématique de la perceuse à colonne.....14

Figure I.15 : méthode de perçage.....14

Figure I.16 : Etou.....15

Figure I.17 : Type de technologie employer.....15

Figure I.18 : Nature de la surface.....16

FigureI.19 : Fonction de l'élément technologique.....16

Figure I.20 : Symbole de touche.....16

Figure1.21 : Mise en position en perçage.....17

Figure I.22 : Triangle de Reuleaux.....	18
FigureI.23 : Triangle de Reuleaux à l'intérieur d'un cercle.....	18
FigureI.24 : Construction du triangle de Reuleaux.....	19
FigureI.25 : Un cercle divisé par six.....	20
FigureI.26 : Périmètre du triangle de Reuleaux.....	20
FigureI.27. : Aire du triangle de Reuleaux.....	21
FigureI.28 : Triangle de Reuleaux.....	22
Figure I.29 : système de perçage carrée.....	23

Chapitre 2 : présentation du système étudié.

Figure II.1 : Vue éclatée du système de perçage de trous carrés.....	24
Figure II.2: Assemblage du système sur la broche de la perceuse à colonne	25
Figure II.3 : Triangle de Reuleaux.....	26
Figure II.4 : forme de l'outil dans le guide.....	27
FigureII.5: Réalisation du triangle de Reuleaux dans un carré normalisé de côté $a= 25\text{mm}$	27
Figure II.6 : Forme réel de l'outil de coupe.....	28
FigureII.7 : Profil de l'outil conçu.....	28
FigureII.8 : L'outil pour reperçage de trous carrés.....	29
Figure II.9 : Formes des arrêtes tranchantes.....	29
Figure II.10 : Réalisation des congés.....	30
Figure II.11 : Forme de la pointe de pénétration.....	30
Figure II.12 : Rotation de 15° du triangle Pour une rotation de son centre 45°	31
Figure II.13 : Rotation de 45° du triangle pour une rotation de son centre de 135°	32
Figure II.14: Rotation de 60° du triangle pour une rotation de son centre de 180°	32

Figure II.15 : Trajet elliptique.....	33
Figure II.16 : Rotation du triangle autour de son axe à l'échelle 1 en fonction de la rotation du centre du triangle autour du centre du carré à l'échelle 1.....	34
Figure II.17 : Carré avec des angles arrondis.....	35
Figure II.18 : Trou carré sur un disque.....	36
Figure II.19 : Trous carré sur une plaque.....	36
Figure II.20 : Réalisation d'une poche.....	37
Figure II.21 : Guide 20*20.....	38
Figure II.22 : Porte guides de triangles de Reuleaux.....	39
Figure II.23 : Les guides (16*16, 20*20 et 25*25)	39
Figure II.24 : Les bras de soutiens.....	40
Figure II.25 : Le collier de serrage.....	41
Figure II.26 : Cardan.....	41

Chapitre 3 : Choix du matériau, études et simulation.

Figure III. 01 : Acier Z200 sous forme de cylindres pleins.....	45
Figure III.02 : Matériau en traitement thermique.....	46
Figure III.03 : Diagramme de base d'un traitement thermique.....	47
Figure III.04 : Diagramme du revenu.....	49
Figure III.05 : Efforts de coupe en tournage.....	52
Figure III.06 : Efforts de coupe en perçage.....	54
Figure III.7 : Efforts de coupe en fraisage.....	55
Figure III.8 : Outil de coupe et pièce a percer.....	56
Figure III.9 : La disposition des efforts de coupe sur l'outil de coupe.....	56

Figure III.10 : fixation de l'outil.....	58
Figure III.11 : Contraintes de Von Mises.....	60
Figure III.12 : les coefficients d sécurité.....	60
Figure III.13 : les coefficients de déplacement.....	61
Figure III.14 : Le cardan :	62
Figure III.15 : Croisillon.....	62
Figure III.16 : Les contraintes de Von Mises.....	63
Figure III.17 : Les déplacements.....	63

Chapitre : réalisation du système étudié.

Figure IV. 01 : Le centre d'usinage à quatre axes.....	65
Figure IV. 02 : Le bâti.....	66
Figure IV. 03 : La table.....	66
Figure IV. 04 : La broche.....	67
Figure IV. 05 : Le chargeur d'outils.....	67
Figure IV.06 : Les différentes principales parties de la CAO.....	68
Figure IV.07 : Représentation 3D du guide.....	68
Figure IV.08 : Représentation du dessin de définition du guide du triangle de Reuleaux.....	69
Figure IV. 09 : Pièce soumise à l'effort de frottement.....	69
Figure IV.10 : Résultats de la simulation.....	70
Figure IV.11 : Ouverture du plan de la pièce dans le logiciel FAO.....	70
Figure IV.12 : Réglage des axes (X, Y, Z)	71
Figure IV.13 : Application de la brute.....	71

Figure VI.14 : Tableau des paramètres d'usinage.....	72
Figure IV.15 : Trajectoire de l'outil de coupe.....	72
Figure IV.16 : Simulation de l'usinage.....	72
Figure IV. 17 : Contournage final.....	73
Figure IV. 18 : Le programme G-code.....	73
Figure IV.19 : L'exécution du programme sur la machine.....	73
Figure IV.20 : Réalisation du contournage.....	74
Figure IV.21 : Pièce finale réelle.....	74
Figure IV. 22 : Fiche technique de l'acier Z200.....	77
Figure IV. 23 : Le four.....	78
Figure IV. 24 : Le four sous une température de 840 °C.....	78
Figure IV.25 : L'outil de coupe après une heure et demi sous la température de 840 °C.....	79
Figure IV.26 : Le four sous une température de 950 °C.....	79
Figure IV. 27 : Trempe dans un bain d'huile.....	80
Figure IV. 28 : L'outil de coupe après le traitement thermique.....	80
Figure IV. 29 : Affûtage des arrêtes de coupe.....	81

Liste des tableaux

liste des tableaux

Tableau I.1 : Les vitesses de coupe de foret ARS en fonction de matériaux à percer.....	8
Tableau II.1 : Nomenclature.....	25
Tableau III.1 : les propriétés physiques et composition sur produit en % du Z 200...	45
Tableau III.2 : Les coefficients Ks et ks en perçage.....	54

Introduction générale

Introduction générale

Le perçage est un procédé d'usinage qui consiste à réaliser un trou dans une pièce, ce trou peut traverser la pièce de part en part (pour un assemblage de deux pièces avec un boulon), ou bien de ne pas déboucher (pour un assemblage de deux pièces avec une vis). Ce trou peut être effectué à l'aide d'un foret qui est étrennée d'un mouvement rotationnel soit par une perceuse (à colonne ou portable), fraiseuse et un tour (dans ce dernier cas la pièce va être en rotation et le foret translate vers la pièce pour réaliser le perçage).

Le but de notre projet de fin d'études est d'étudier et concevoir un jeu d'outils pour le perçage de trous de forme carrée et de dimensions normalisées différentes (carrés de cotes 16, 20 et 25mm). Pour cela il faut d'abord faire l'étude de conception du système permettant le perçage de ces trous de forme carrée de dimensions précises et adaptable à la perceuse à colonne de type SOLIO PC 23 se trouvant au niveau du hall de technologie de l'université de Bejaia.

La deuxième partie du projet est consacrée à l'étude de conception des outils de coupe permettant l'usinage et l'obtention de ces trous carrés. L'étude portera sur la forme, la géométrie et les dimensions la matière de ces outils de coupe, et prévoir un moyen pour leur fixation tout en prenant en considération les différentes contraintes (résistances, vibrations, etc.). Le système sera installé sur l'une des perceuses à colonne du hall technologie de notre université.

*Chapitre I introduction aux
perçages*

I.1.Introduction :

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, 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.

I.2. Le perçage :

I.2.2.1.Définition :

Le perçage consiste à exécuter des surfaces cylindriques intérieures à l'aide d'outils rotatifs. L'outil de coupe, appelé foret, est animé d'un mouvement de rotation continu et d'un mouvement de déplacement longitudinal. C'est une opération par enlèvement de matière [1].

I.2.2.Description des forets :

➤ **Forets coniques et cylindriques :**

On utilise des forets à queue conique pour les diamètres supérieurs à 13 mm et des forets à queue cylindrique pour les diamètres inférieurs ou égaux à 13 mm, la figure suivante montre ces forets [1] :

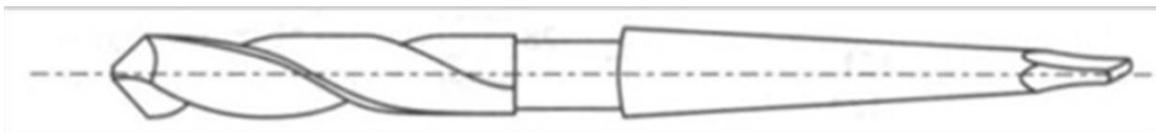


Figure I.1 : Forets queue conique.

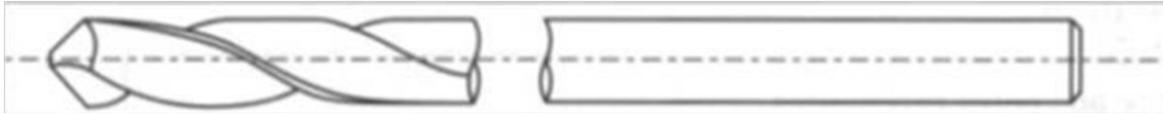


Figure I.2 : Forets queue cylindrique.

Les forets sont fabriqués en acier rapide et la qualité de l'acier est inscrite sur le foret avec les symboles : ARO (Acier Rapide Ordinaire), ARS (Acier Rapide Supérieur), et en anglais, HSS (High Speed Steel).

➤ **Morphologie d'un foret :**

Le foret est décrit dans la figure ci-dessous :

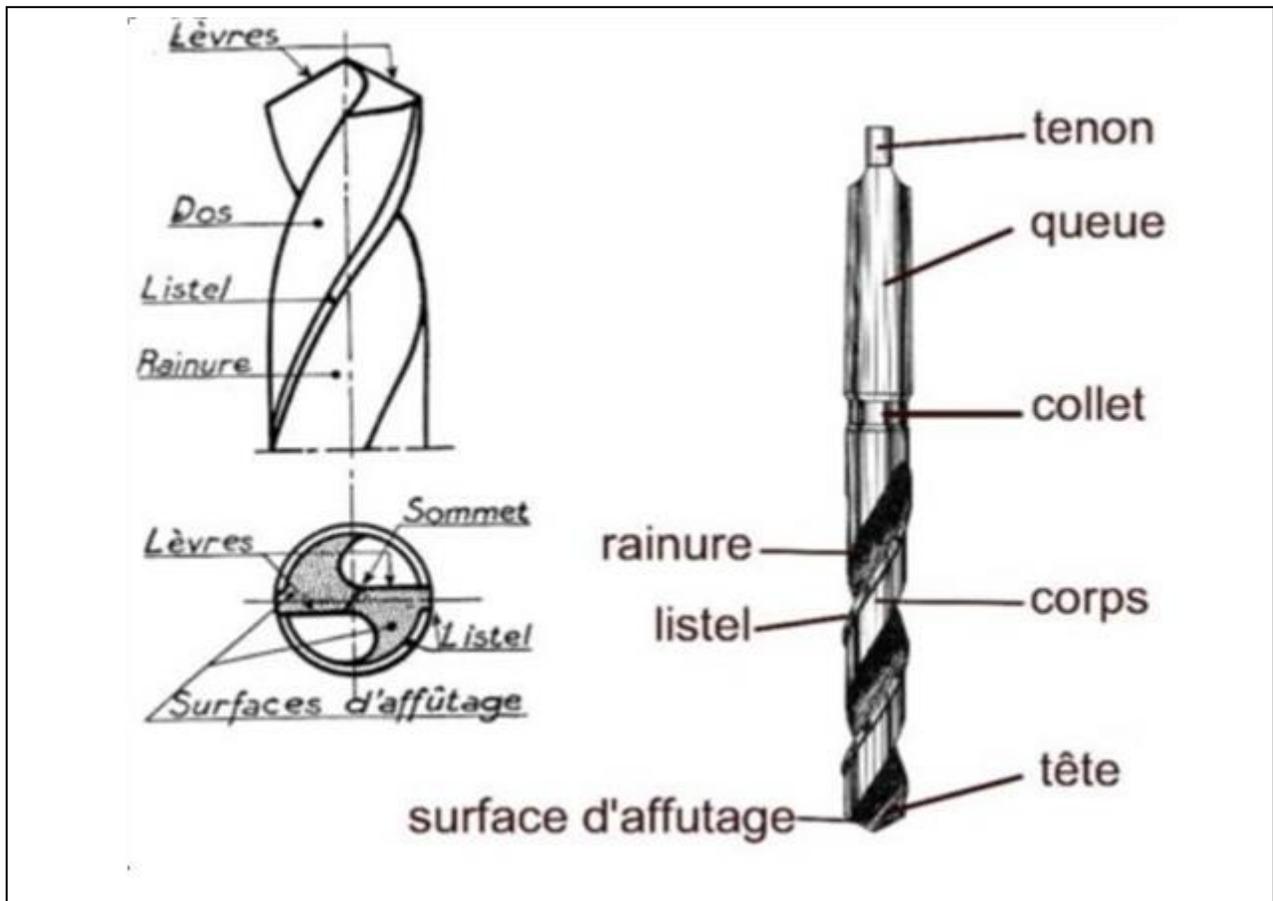


Figure I.3 : Description d'un foret.

Termes permettant de désigner un foret : Corps, queue, tenon, collet, pointe au sommet, lèvres, talon, goujure ou rainure, dos, listel angle de dépouille, angle de pointe (variable suivant le métal percé, par exemple : Acier : 120° , Inox : 130°).

Un foret est défini par :

- ✓ Son diamètre.
- ✓ Sa forme.
- ✓ Sa matière (acier rapide).
- ✓ Sa série (courte ou longue).

➤ **Affûtage des forets**

L'affûtage se pratique par meulage des deux faces de la tête, manuellement ou sur une affûteuse. L'affûteur devra choisir les valeurs angulaires pour l'angle de dépouille et l'angle de pointe en fonction des matériaux percés, des conditions d'utilisation, de la qualité de l'outil.

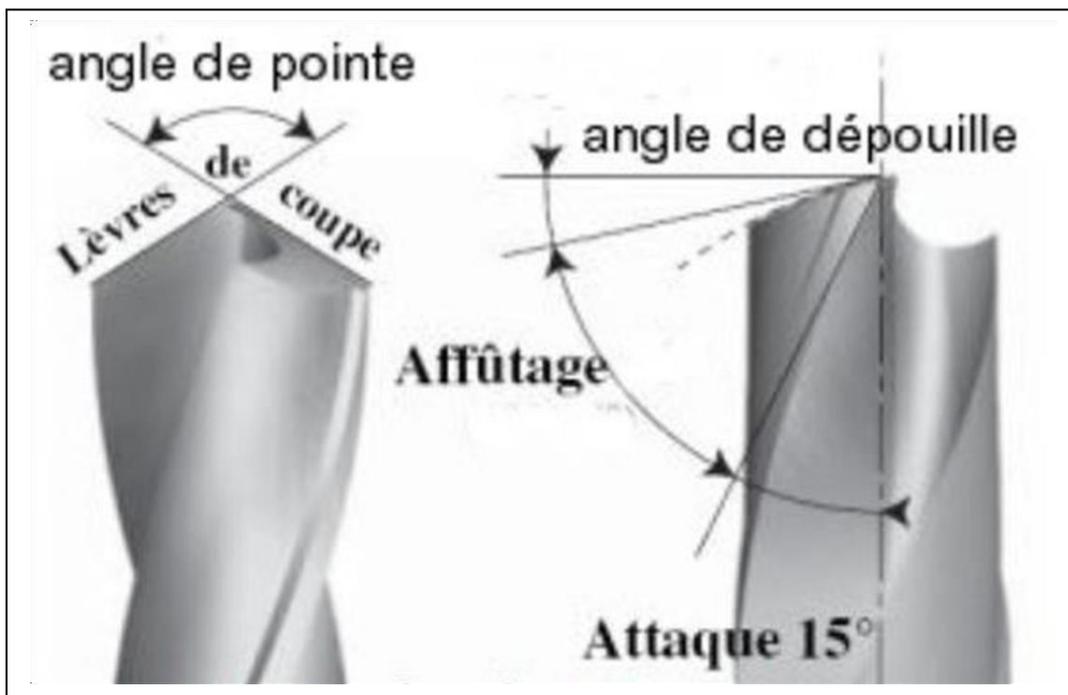


Figure I.4 : Paramètre géométrique d'un foret.

- ✓ **L'angle de dépouille** : de 1° à 10° , permet au foret de ne pas talonner.
- ✓ **L'angle de pointe** : influe sur la facilité de pénétration. Il varie en fonction de matière à percer. (120° pour l'acier doux, 90° pour le laiton, 135° pour l'aluminium et 135° pour les aciers inoxydables).
- ✓ **L'angle de coupe** : est choisi pour une bonne formation du copeau.
- ✓ **L'angle de taillant (attaque)** : confère la résistance de l'arête tranchante.

➤ **Le montage des forets**

Ils sont serrés dans un mandrin pour les forets à queue cylindrique et par emmanchement pour les forets à queue conique. Ces cônes sont appelés cônes morses et ont une conicité de 3° environ.

Les cônes sont numérotés en fonction de leur taille :

- ✓ **n°1** : cônes pour des forets inférieurs ou égaux à 15mm.
- ✓ **n°2** : cônes pour des forets entre 15 et 23 mm de diamètre.
- ✓ **n°3** : cônes pour des forets entre 23 et 32 mm de diamètre.
- ✓ **n°4** : cônes pour des forets entre 32 et 50 mm de diamètre.
- ✓ **n°5** : cônes pour des forets entre 50 et 80 mm de diamètre.
- ✓ **n°6** : cônes pour des forets entre 80 et 100 mm de diamètre.

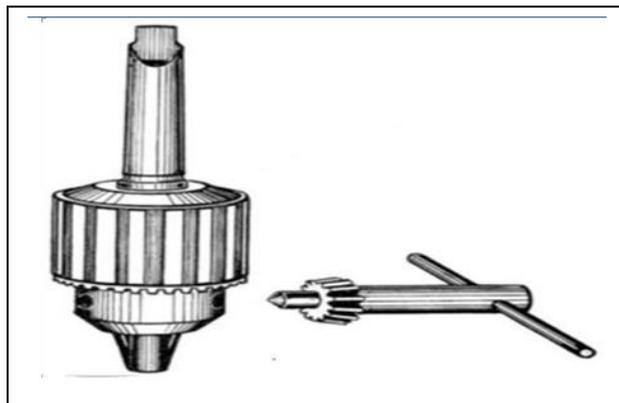


Figure I.5 : Mandrin et clé de mandrin.

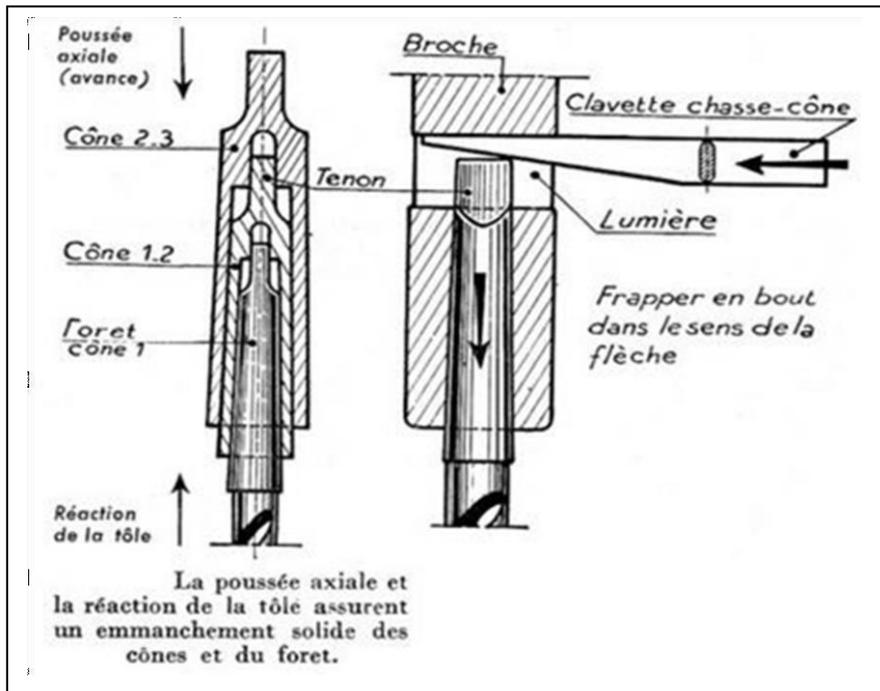


Figure I.6 : Cônes et chasse-cône.

I.2.3. Vitesse de coupe en fonction du métal :

La vitesse de coupe est la distance parcourue en une minute, par un point situé sur le listel du foret. Elle est exprimée en **m/min**. Elle est fonction du matériau percé, de la qualité du foret et de la lubrification. Pour un acier S235 la vitesse indicative est comprise entre 20 à 40 m/min.

- ✓ Pour un acier S355 la vitesse indicative est comprise entre 23 à 30 m/min.
- ✓ Pour une fonte la vitesse indicative est comprise entre 12 à 18 m/min.
- ✓ Pour un acier inox austénitique la vitesse indicative est comprise entre 10 à 20 m/min.
- ✓ Pour un aluminium et ses alliages la vitesse indicative est comprise entre 30 à 60 m/min.
- ✓ Pour un cuivre et ses alliages la vitesse indicative est comprise entre 30 à 60 m/min.
- ✓ La lubrification est indispensable pour améliorer la qualité du travail et limiter l'usure des forets. Malgré tout un perçage à sec doit être effectué, la vitesse de coupe devra être réduite d'environ 50%.

I.2.3.1 La vitesse de rotation du foret :

La vitesse de rotation du foret est exprimée en tour/minute et elle fonction de la vitesse de coupe et du diamètre du foret. Elle est définie par calcul avec la forme :

$$N = 1000.V_c/3.14.D \quad (\text{tr/min}) \quad (\text{I.1})$$

Avec :

- ✓ N (vitesses de rotation) en tours/minute
- ✓ V_c (vitesse de coupe) en m/minute
- ✓ D (diamètres du foret) en mm

I.2.3.2. La vitesse d'avance :

La vitesse d'avance est la vitesse de pénétration du foret dans la matière. Certaines machines sont équipées d'un système d'avance automatique. Elle s'exprime en mm/tour. Sa valeur dépend des mêmes paramètres que pour la vitesse de coupe, mais aussi du diamètre du foret.

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

Avec :

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

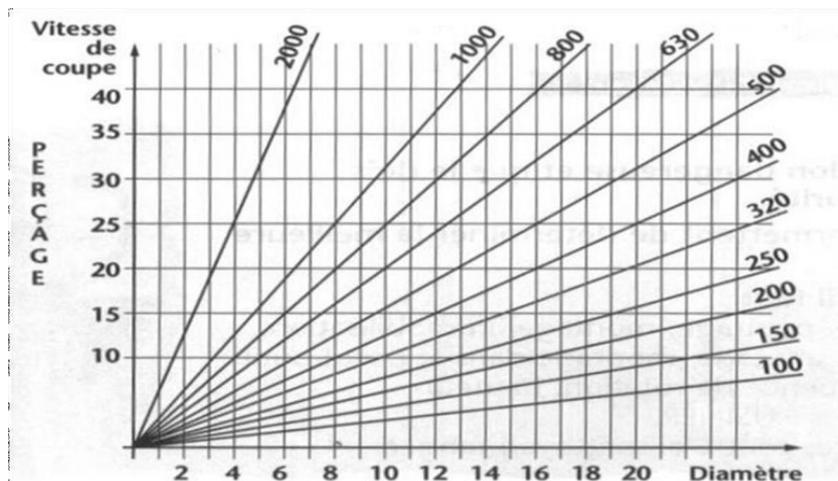


Figure I.7 : Vitesse de coupe en fonction du diamètre.

Le tableau suivant résume quelques vitesses de coupe utilisées en perçage, l'outil (le foret) étant en acier rapide supérieur :

Matériaux	Vitesse de coupe
C 35 E (acier)	20 m/min
Fonte	18 m/min
Laiton	40 m/min
Aluminium	100 m/min

Tableau I.1 : Les vitesses de coupe de foret ARS en fonction de matériaux à percer.

I.2.4. Différents types des perceuses :

I.2.4.1. La perceuse sensitive

1. Socle ou table.
2. Colonne.
3. Moteur.
4. Poulie étagée.
5. Carter.
6. Courroie.
7. Bâti.
8. Cabestan.
9. Broche.
10. Mandrin.
11. Blocage de la hauteur.
12. Réglage de la hauteur

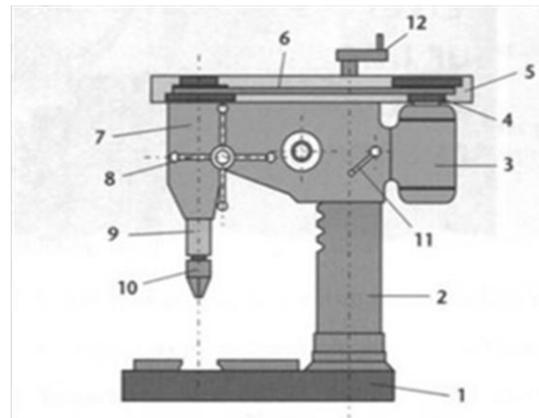


Figure I.8 : Perceuse sensitive [1].

I.2.4.2. La perceuse à colonne :

La figure ci-contre montre une perceuse à colonne

1. Moteur à deux vitesses.
2. Carter de protection des poulies et de la courroie.
3. Levier pour le travail en sensitive.
4. Mandrin.
5. Foret.
6. Table (tablier) à hauteur réglable

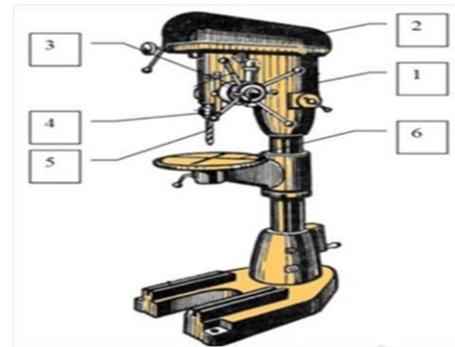


Figure I.9 : Perceuse a colonne

I.2.4.3 La perceuse radiale :

Figure I.10 : Perceuse radiale.

I.2.5.Présentation de la perceuse à colonne existante au niveau du hall de technologie de l'université.

I.2.5.1.Définition :

Une perceuse à colonne est un équipement électrique utilisé pour percer des trous de différents diamètres. L'équipement est composé d'un foret, d'une broche, d'un mandrin et d'un moteur qui assure son fonctionnement. La machine fonctionne grâce à l'entraînement en rotation d'une broche dans laquelle est maintenu le foret par l'intermédiaire du mandrin. La perceuse à colonne est un outil idéal pour réaliser sans difficulté des perçages ultra précis. La perceuse à colonne est un outil dont l'usage est tout simplement incontournable dans un atelier. Elle est notamment utilisée pour travailler le bois ou parfois le métal selon les spécialités du bricoleur ou artisan. En menuiserie, la perceuse à colonne sert notamment à réaliser des mortaises avec une très grande précision. Le dispositif peut être de grande dimension ou de petite taille selon qu'il est à poser au sol ou installé sur un établi.

C'est un matériel pratique pour répondre à plusieurs besoins du bricoleur polyvalent. Grâce aux nombreux modèles proposés, les professionnels peuvent ainsi choisir celui réellement conforme à leurs besoins. Lors de l'acquisition du matériel, ils doivent évaluer les capacités d'usinage du dispositif et diverses caractéristiques : vitesse minimale et maximale en tours/min, puissance, poids, dimension, passage entre colonne et tête, hauteur disponible entre colonne et tête, déplacement de la table, etc. Plusieurs marques de perceuses à colonne de très grande qualité et offrant une réelle fiabilité à l'usage sont disponibles en rayon : Fartools, Bosch, Hitachi, Sidamo, Einhell ... [2].

I.2.5.2.Description de la machine :

La perceuse à colonne Solid B20 est appropriée à la fabrication par pièces ou en séries. Sa construction simple et son emploi facile, permet une manipulation par des ouvriers spécialisés. Au moyen d'un variateur, la perceuse à colonne Solid B20 sera actionnée par un moteur bridée normalisée. 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

buté de profondeur de perçage se trouve la partie Electrique de la commande de la broche. Le plateau porte pièce est réglable en hauteur, afin de donner 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 la douille d'entrainement. Les travaux occasionnels de taraudages seront effectués à l'aide d'un dispositif de taraudage a renversement indépendant et sera à commander en supplément en tant qu'accessoires spéciales [3].



Figure I.11 : Perceuse à colonne.

I.2.5.3. Caractéristiques techniques de la perceuse à colonne :

Les caractéristiques de la perceuse à colonne [3].

Capacité de perçage dans l'acier	16mm
Longueur de table	415mm
Largeur de table	350mm
Cône de broche	2CM
Ecartement	245mm
Course de la broche	100mm
Vitesse de broche	250 tr/min à 4000 tr/min
Puissance	1,1 KW

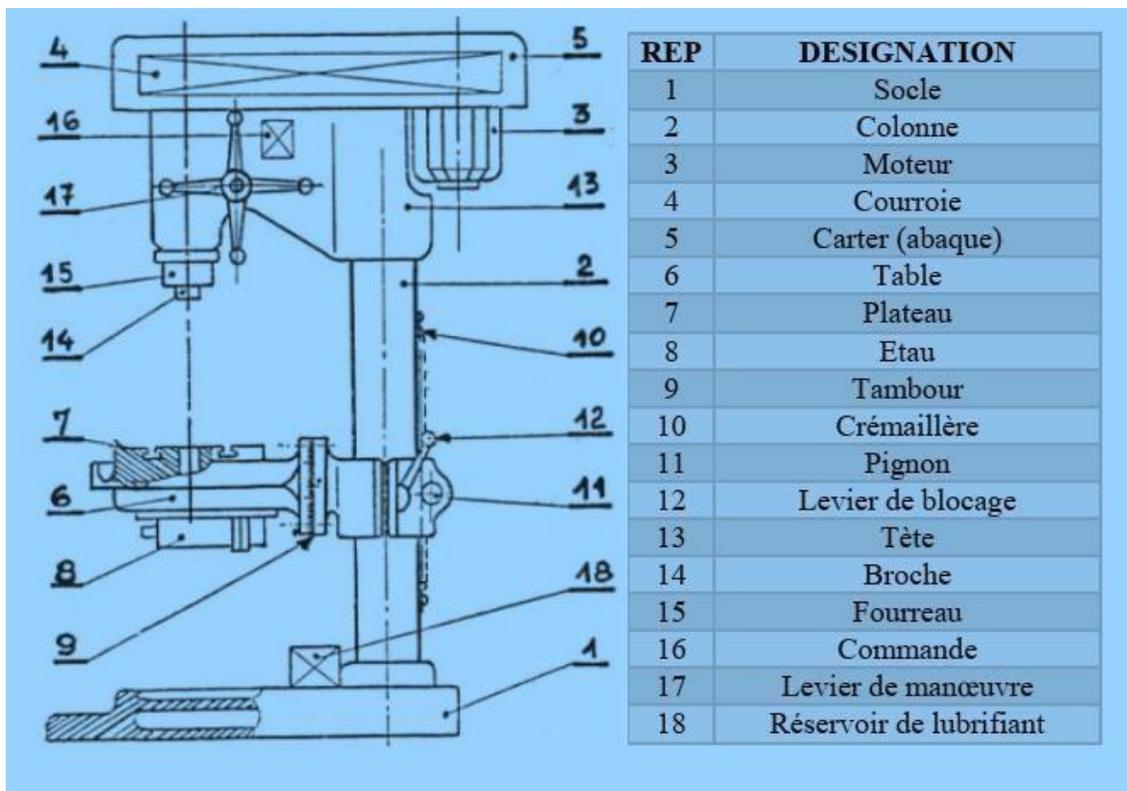


Figure I.12 : Principaux organes de la perceuse.

I.2.5.4.Installation :

La perceuse à colonne sera installée sur le fond, mise à niveau et puis fixée par quatre vis. Par conséquent, une fondation n'est pas nécessaire [3].

I.2.5.5.Diagramme de FAST :

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 [4].

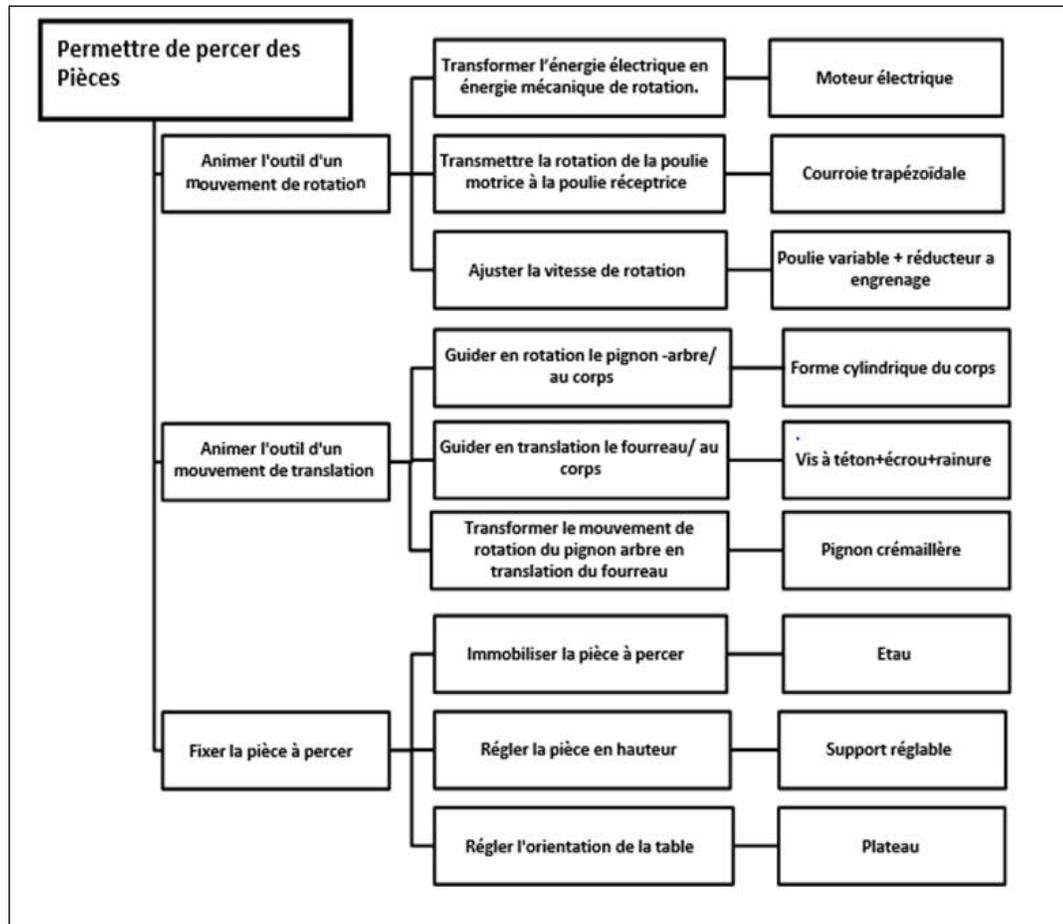


Figure I.13 : Diagramme de FAST.

I.1.5.6. Schéma cinématique : [5]

On appelle Schéma cinématique minimal celui qui représente un mécanisme avec au plus une liaison mécanique entre deux pièces ou classe d'équivalence. On peut aussi dire que c'est une représentation d'un mécanisme qui met en évidence les possibilités de mouvements relatifs entre les groupes cinématiquement liés.

A : Liaison pivot

B : Liaison pivot

C : Liaison glissière (fourreau / carter).

D : Liaison crémaillère (fourreau / cm de descente). E : Liaison glissière

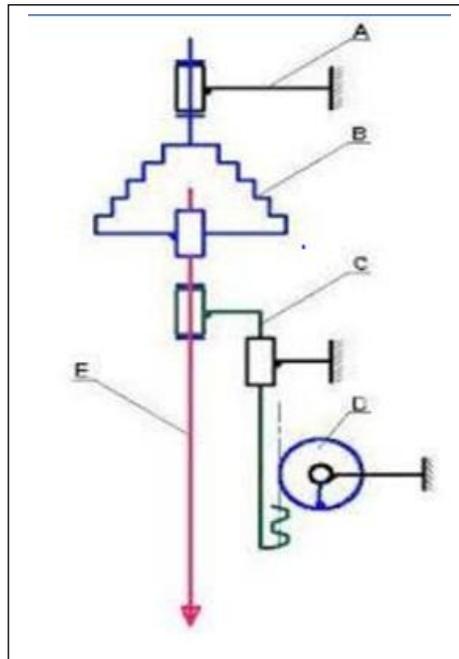


Figure I.14 : Schéma cinématique de la perceuse à colonne.

I.2.6.Méthode de perçage :

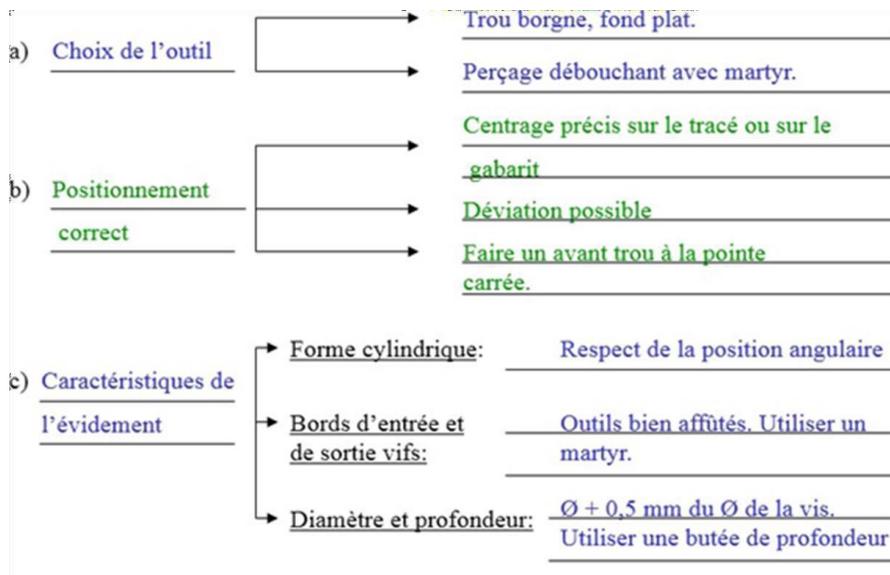


Figure I.15 méthode de perçage.

I.2.6.1. Blocage des pièces sur un étau :

Le blocage des pièces s'exécute avec un étau pour les plus petites pièces et avec des brides pour des pièces dont la forme et/ou la dimension ne permette pas d'utiliser l'étau. Il est important de bien bloquer la pièce afin que cette dernière ne bouge pas, ne tourne pas avec le foret. Ce qui pourrait provoquer une blessure.

1. Foret.
2. Pièce.
3. Étau.
4. Cales si les mors de l'étau n'ont pas d'épaulement.

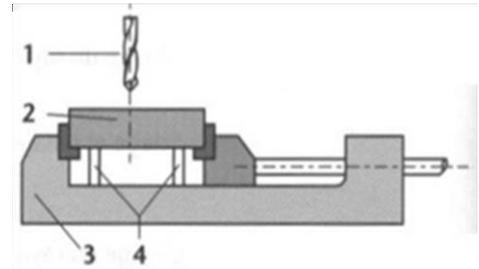


Figure I.16 : Etau.

I.2.6.2. L'isostatique :

I.2.6.2.1. But :

Définir la mise en position géométrique d'une pièce dans une phase de transformation, de contrôle ou de manutention, en liaison avec la cotation de fabrication [6].

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

Figure I.17 : Type de technologie employer.

Surface usinée (1 trait)	
Surface brute (2 traits)	

Figure I.18 : Nature de la surface.

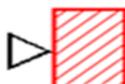
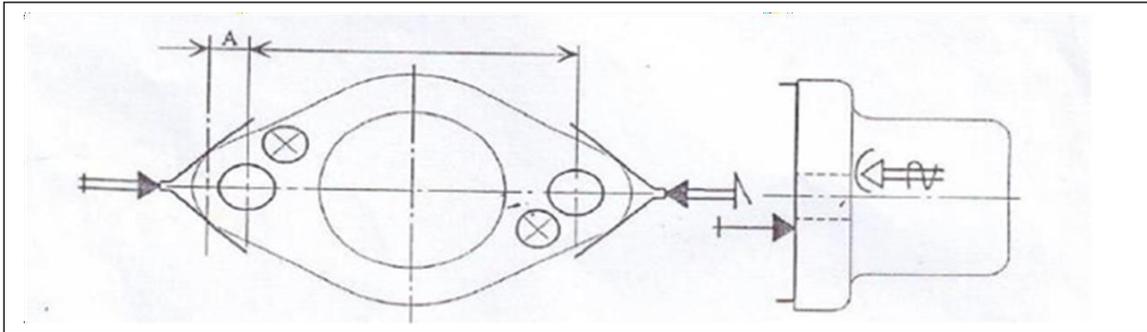
Fonction		Symbolisation frontale	Symbolisation projetée	
MIP	Mise en position rigoureuse			
	Centrage	Centreur complet		
		Centreur dégagé (locating)		
MAP	Immobilisation de la pièce			

Figure I.19 : Fonction de l'élément technologique.

				
Contact ponctuel	Touche plate	Contact strié	Pointe fixe	Pointe tournante
				
Touche dégagée	Cuvette	Vé	Palonnier	Orienteur

Figure I.20 : Symbole de touche.

I.2.6.2.2.Exemple :**Figure1.21 : Mise en position en perçage.**

- La pièce est usinée en perçage. La mise en position est réalisée dans un montage d'usinage.
- La pièce est en appui plan sur une surface préalablement usinée. La perpendicularité implicite des trous par rapport à cette surface impose un triangle noir.
- Les deux trous doivent être balancés par rapport au brut, c'est le rôle des deux << Vés>>. Celui de gauche supprime deux degrés de libertés. Il est à l'origine de la cote A. Celui de droite ne supprime qu'un degré de liberté. Il participe avec celui de gauche à l'obtention de la symétrie implicite entre les trous de brut. La pièce étant positionné longitudinalement par le Vé de gauche. Celui de droite doit être irréversible. Triangle noire pour les deux vés.
- Le maintien est réalisé par deux brides. Triangle blanc.

I.2.7.Théorie de Reuleaux :**I.2.7.1.Le triangle de Reuleaux :**

Un triangle de Reuleaux est une courbe de largeur constante, c'est-à-dire une courbe dont tous les diamètres ont la même longueur. Dans ce cas un diamètre correspond au segment formé par un sommet et n'importe quel point du côté opposé (qui est un arc de cercle dans ce cas). Cette courbe tient son nom de l'ingénieur allemand Franz Reuleaux, qui fut au 18^e siècle un pionnier du génie mécanique [7].

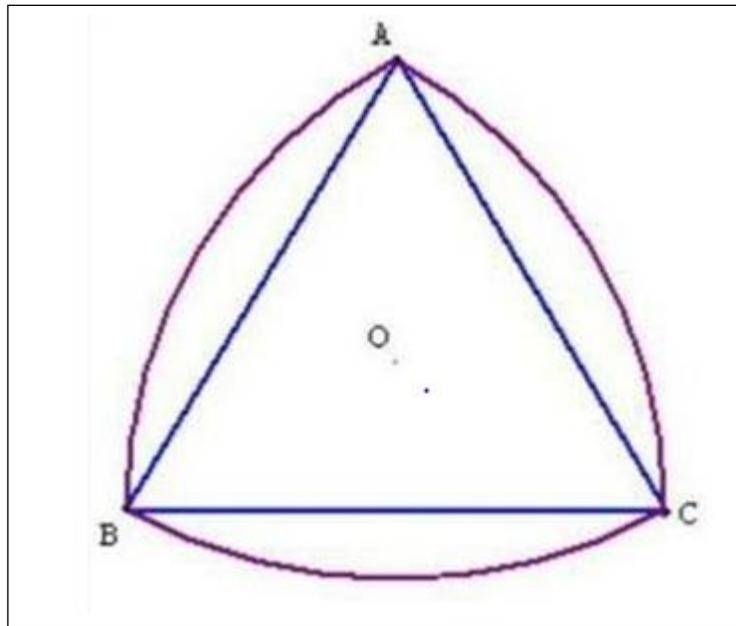


Figure I.22 : Triangle de Reuleaux.

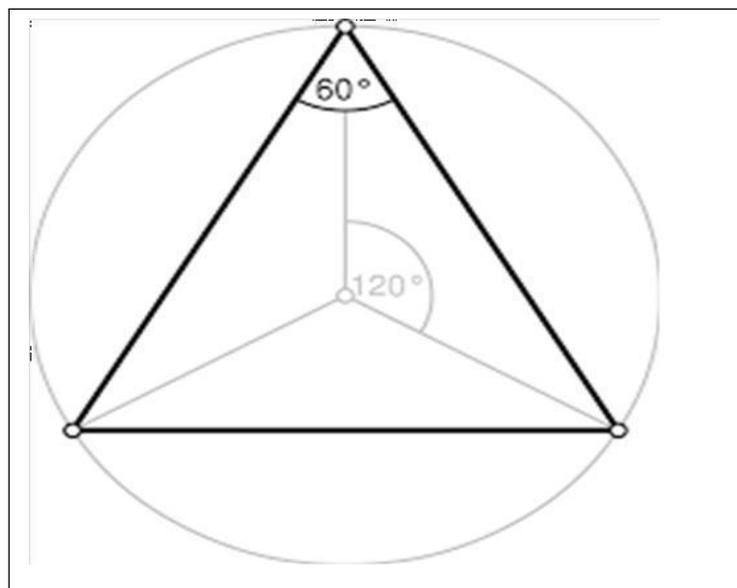


Figure I.23 : Triangle de Reuleaux à l'intérieur d'un cercle.

I.2.7.1.1. Construction du triangle de Reuleaux :

Pour le définir, le plus simple est de partir d'un triangle équilatéral dont nous noterons A, B et comme représentée dans la figure 22, les trois sommets. L'équilatéralité signifie que les distances AB, BC et CA entre les sommets sont égales, et nous supposons que cette distance entre sommets vaut 1. Ainsi, le cercle de centre A et de rayon 1 passe par les sommets B et C. De même, le cercle de centre B et de rayon 1 passe par C et A, et le cercle de centre C et de rayon 1 passe par A et B. Traçons ces trois cercles. Ils bordent trois disques de rayon 1. Le triangle de Reuleaux est l'intersection de ces trois disques ; ce n'est donc pas un triangle au sens usuel. Comme on le voit sur la figure présentée ci-dessous, le triangle de Reuleaux s'obtient en ajoutant trois lunules au triangle équilatéral ABC dont nous sommes partis.

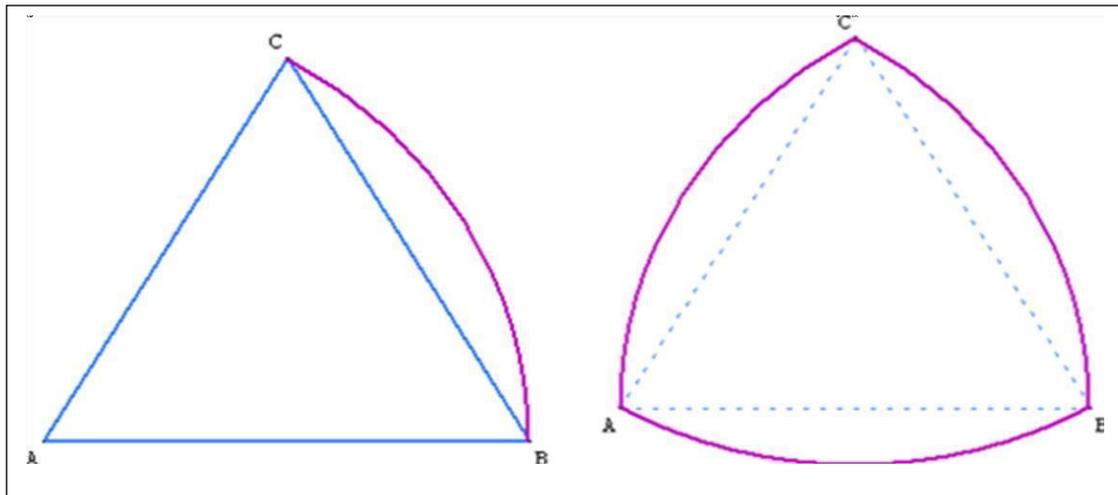


Figure I.24 : Construction du triangle de Reuleaux.

I.2.7.1.2. Périmètre du triangle de Reuleaux :

Pour ce cercle de rayon r_1 (voir la figure ci-dessous), un angle de 360° correspond

à $2\pi r_1$, un angle de 1° correspond à $\frac{2\pi r_1}{360}$

Un angle de 60° correspond à $\frac{2\pi r_1 \times 60}{360}$

$$\frac{2\pi r_1 \times 60}{360} = \frac{2\pi r_1 \times 60}{6 \times 60} = \frac{\pi r_1}{3} \quad (\text{I.3})$$

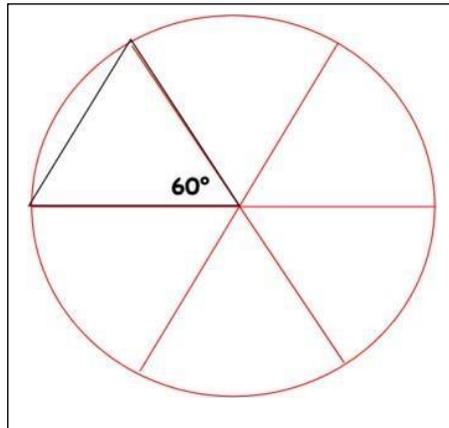
Nous remarquons que l'angle de 60° représente le sixième de 360° . donc la longueur d'un arc de cercle est :

$$\frac{1}{6} \times 2\pi r1 = \frac{2\pi r1}{6} = \frac{\pi r1}{3}$$

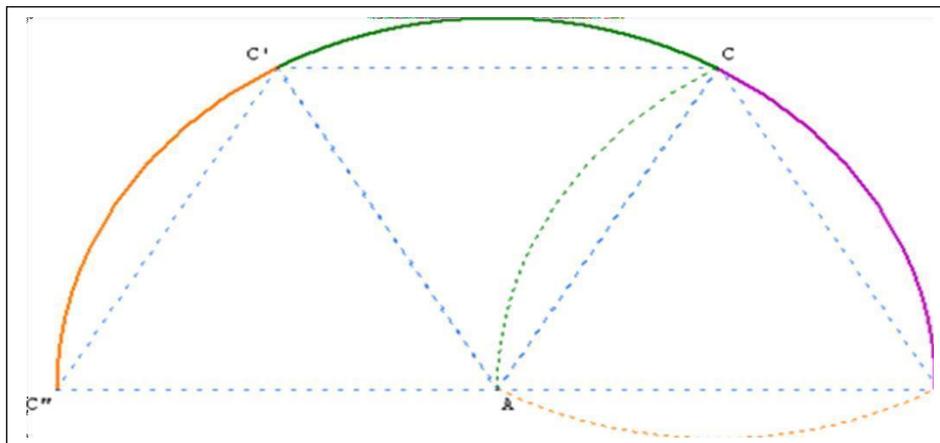
Le périmètre du triangle est donc :

$$3 \times \frac{\pi r1}{3} = \pi r1 \quad (I.4)$$

Le périmètre est : $\pi r1$



FigureI.25 : Un cercle divisé par six.



FigureI.26 : Périmètre du triangle de Reuleaux.

Le périmètre du triangle de Reuleaux correspond au périmètre d'un demi-cercle. Soit $r_1\pi$ où r_1 est la longueur AB .

I.2.7.1.3 Aire du triangle de Reuleaux :

L'aire du triangle de Reuleaux est la somme des aires colorées (gris, violet, vert et orange) sur le dessin ci-dessous. L'aire d'un tel triangle est donc égale à l'aire d'un demi-disque de rayon a diminuée de deux fois l'aire d'un triangle équilatéral de côté a (les deux triangles jaune).

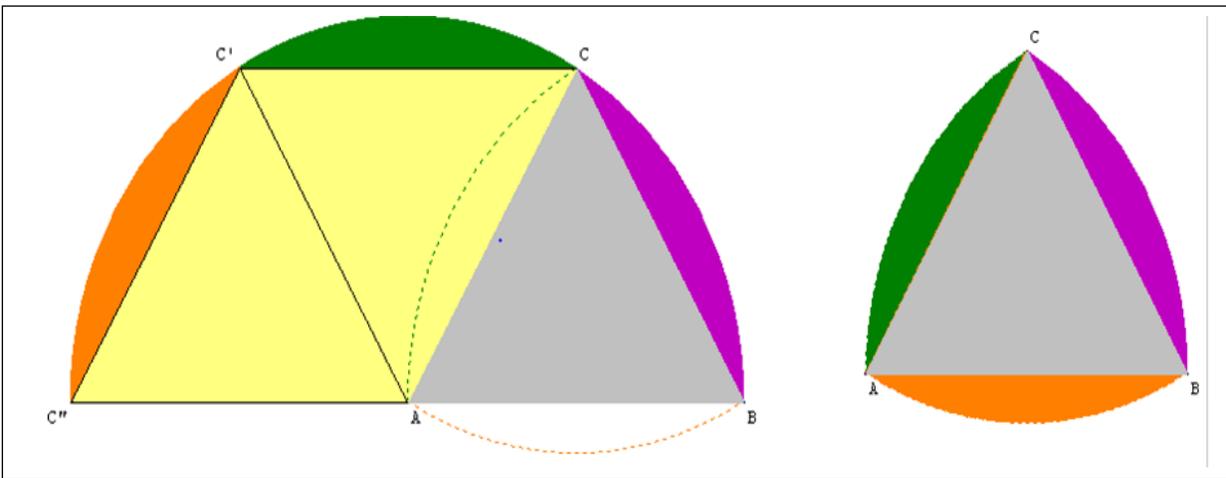


Figure I.27. : Aire du triangle de Reuleaux.

$$A = \frac{2\pi r^2}{2} - 2 \times \frac{r^2\sqrt{3}}{4} \text{ soit } A = \frac{\pi r^2}{2} - 2 \times \frac{r^2\sqrt{3}}{4} = \frac{\pi r^2}{2} - \frac{r^2\sqrt{3}}{2}$$

En mettant $\frac{r^2}{2}$ en facteur, nous obtenons :

$$A = \frac{r^2}{2} (\pi - \sqrt{3}) \quad (\text{I.4})$$

On peut constater que l'aire d'un triangle de Reuleaux est Identique à l'aire d'un demi-cercle moins le parallélogramme jaune.

Calcul de la hauteur h

Pour calculer la hauteur nous utilisons le théorème de Pythagore dans le triangle AHC.

$$AC^2 = CH^2 + HA^2 \quad (I.5)$$

Avec $AH = a/2$

$$a^2 = h^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2 \Leftrightarrow a^2 = h^2 + \frac{a^2}{4} \Leftrightarrow a^2 - \frac{a^2}{4} = h^2$$

$$h^2 = \frac{4a^2}{4} - \frac{a^2}{4} \Leftrightarrow h^2 = \frac{3a^2}{4}$$

$$h = \frac{a\sqrt{3}}{2} \quad (I.6)$$

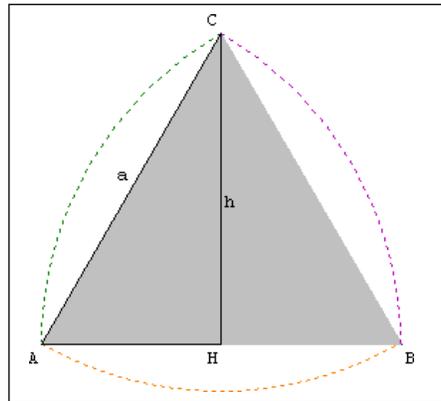


Figure I.28 : Triangle de Reuleaux.

I.2.7.1.4. Quelques propriétés du triangle de Reuleaux/

Il a un diamètre constant. En particulier il peut tourner entre deux droites parallèles.

Le triangle de Reuleaux peut aussi tourner dans un carré et l'enveloppe que l'on obtient est le carré.

Conclusion :

Nous avons utilisé la théorie de Reuleaux pour l'adapter à l'usinage de trous de forme carrée. Les trois sommets du triangle de Reuleaux lors de leur mouvement simultané (rotation plus la translation) sont en contact permanent avec les côtés du guide de forme carrée. En se déplaçant dans le guide carré les trois sommets du triangle de Reuleaux décrivent un carré de côté égal au côté du guide. Si, donc on prévoit trois arêtes tranchantes dans le prolongement des sommets du triangle de Reuleaux on peut usiner des trous de forme carrée.

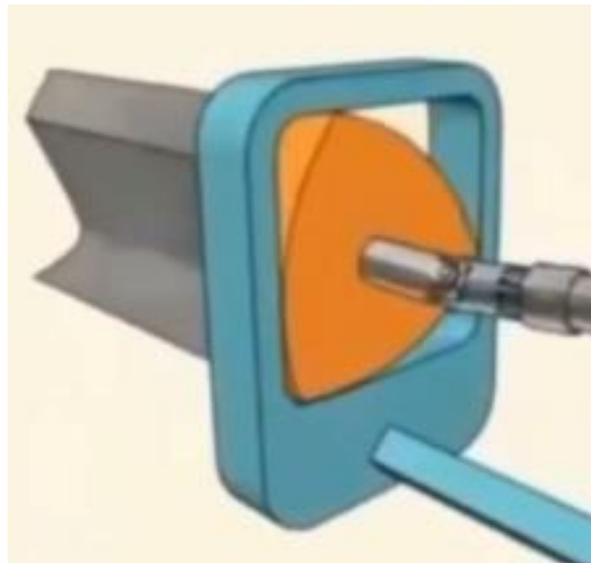


Figure I.29 : système de perçage carré.

***Chapitre II présentation du
système de perçage de trou
carré***

II.1. Introduction :

Nous avons utilisé la théorie de Reuleaux présentée au premier chapitre pour l'adapter aux besoins du perçage de trous carrés. Nous allons étudier puis réaliser un système, qui permettra à l'outil un bon fonctionnement et un usage facile. Le système sera fixé et testé sur la perceuse à colonne SOLID PC03 existante au niveau du hall de technologie de l'université, il peut également s'adapter à d'autres machines comme le tour et la fraiseuse.

II.2.Présentation du système :

II.2.1 Vue éclatée du système :

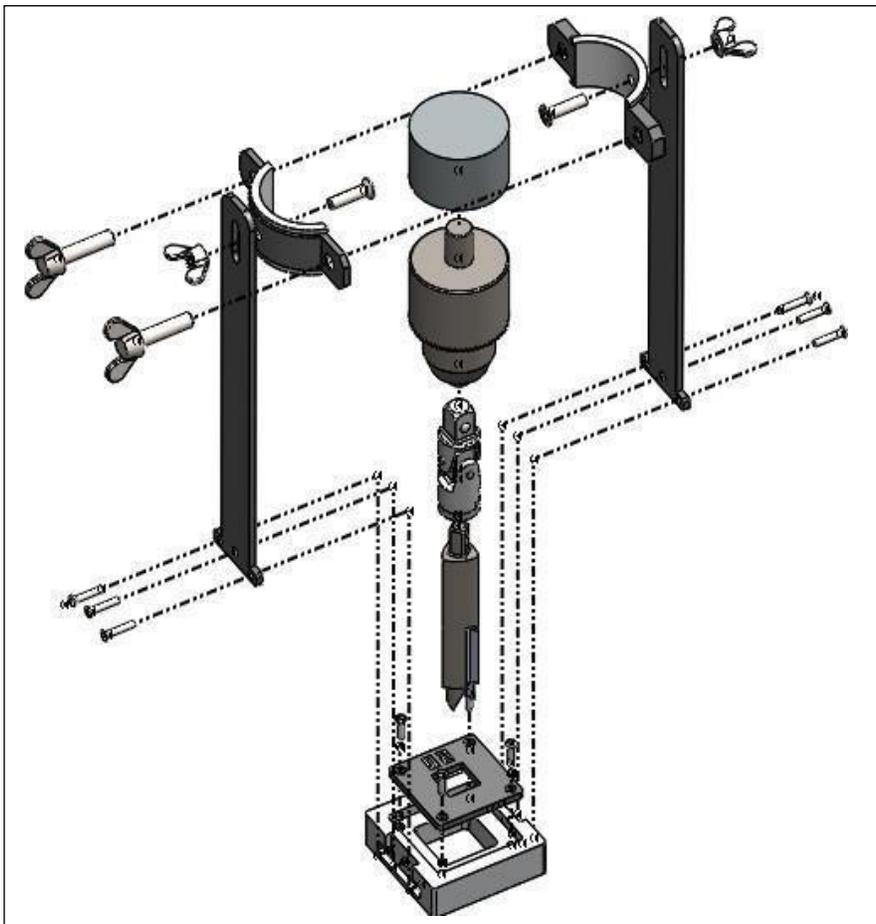


Figure II.1 : Vue éclatée du système de perçage de trous carrés.

II.2.2. Différents composants du système :

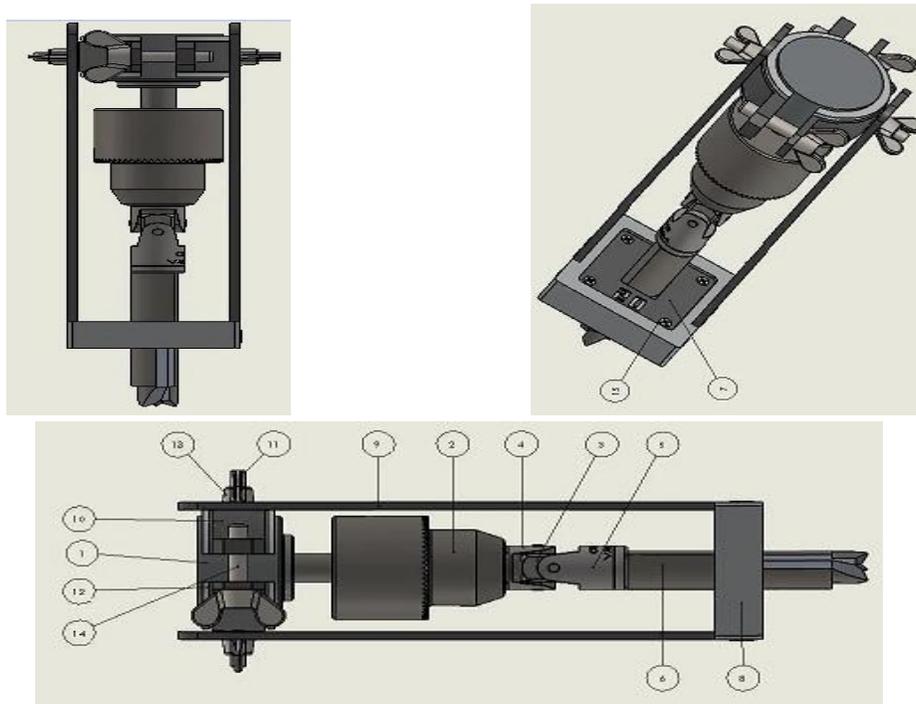


Figure II.2 : Assemblage du système sur la broche de la perceuse à colonne :

Numéro de pièce	Noms de pièce	Nombre de pièce	Numéro de pièce	Noms de pièce	Nombre de pièce
1	Broche	1	8	Porte guides	1
2	Mandrin	1	9	Bras de soutiens	2
3	Croisillon	1	10-12	Collier de serrage	2
4	Fourche male	1	11	Vis	2
5	Fourche femelle	1	13	Ecrou	2
6	Outil	1	14	Ecrou	2
7	Guide 20	1	15	Vis	4

Tableau II.1 : Nomenclature.

II.3. Etude de l'outil de coupe :

II.3.1.Introduction :

Pour percer un trou carré de côté a , on utilise une mèche en forme de triangle de Reuleaux (qu'on a décrit dans le premier chapitre) de côté a . Son axe de rotation doit tourner trois fois plus, sur un cercle dont le diamètre égale à environ $0,15 a$. [8]

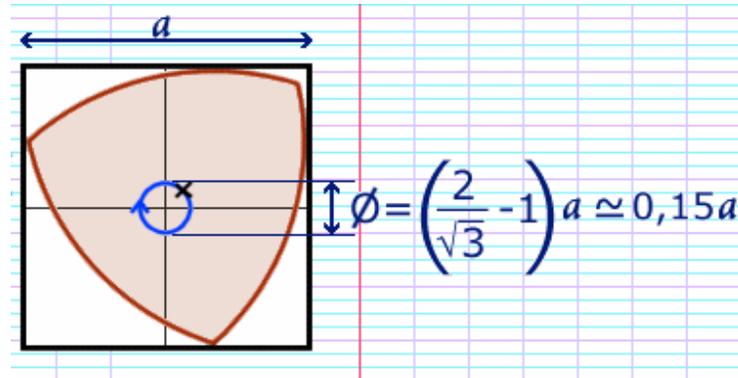


Figure II.3 : Triangle de Reuleaux.

II.3.2.Réalisation du mécanisme d'usinage :

Pour assurer l'usinage de trous carrés, il est nécessaire d'avoir : [8]

1. Un outil de coupe solidaire du triangle de Reuleaux animé d'un mouvement simultané de rotation et de translation qui permettra l'usinage de trous de forme carrée.
2. Un guide qui sert à déplacer le centre de la mèche à l'endroit requis selon la rotation de celle-ci.
3. Un mécanisme de flottement pour permettre de transmettre la rotation de la perceuse ou du tour à la mèche avec une translation libre du centre. La solution générale consiste à l'utilisation d'un jeu de cardan qui va permettre à l'outil de se déplacer et tourner facilement dans le guide.

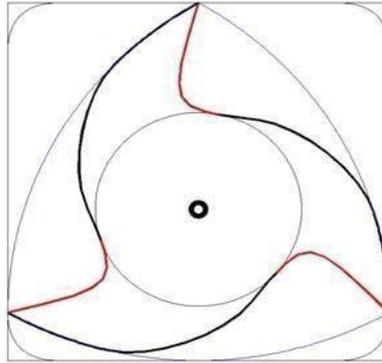


Figure II.4 : forme de l'outil dans le guide.

II.3.3.Réalisation de la forme de l'outil :

Pour réaliser un outil pour le perçage d'un trou carré de dimension normalisée, on prend l'exemple d'un carré de cotés 25*25, on a qu'à suivre la théorie de Reuleaux :

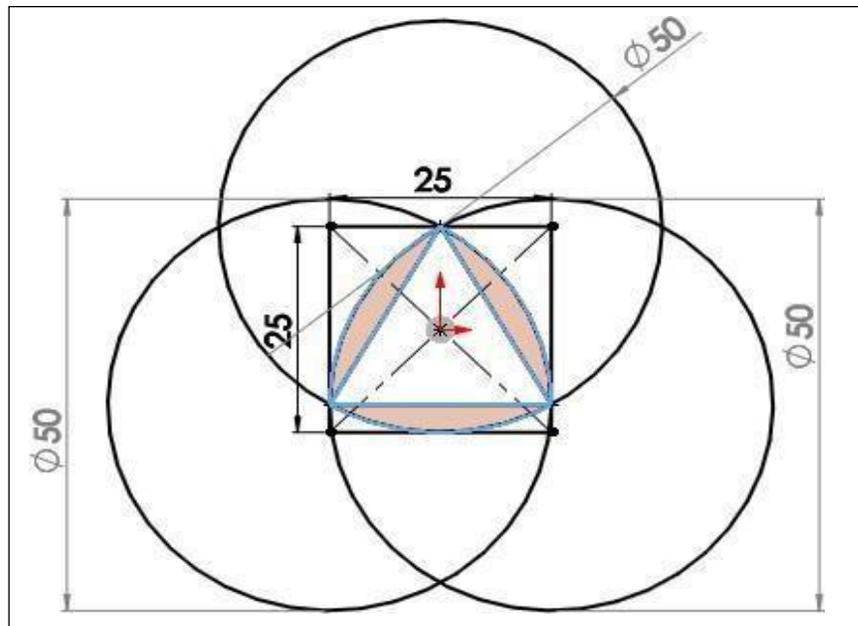


Figure II.5 : Réalisation du triangle de Reuleaux dans un carré normalisé de côté $a= 25\text{mm}$.

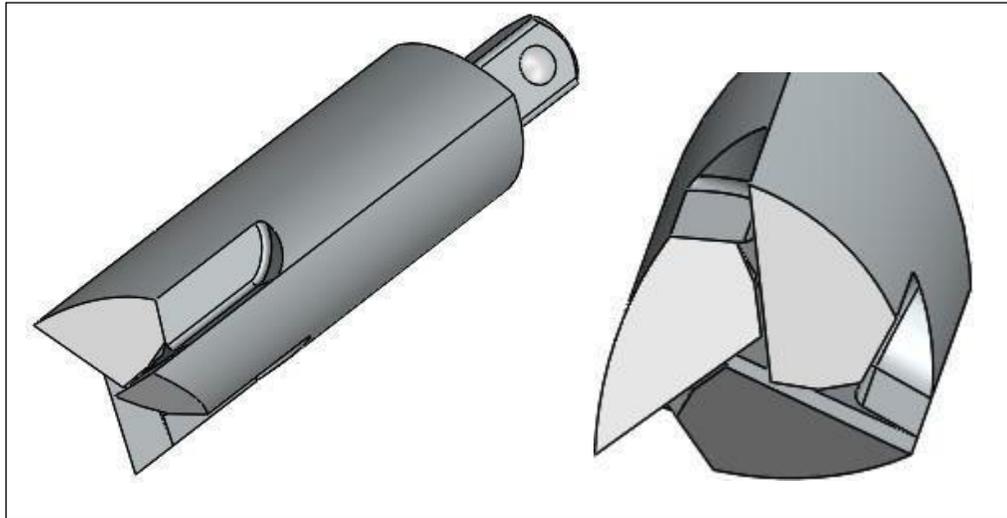
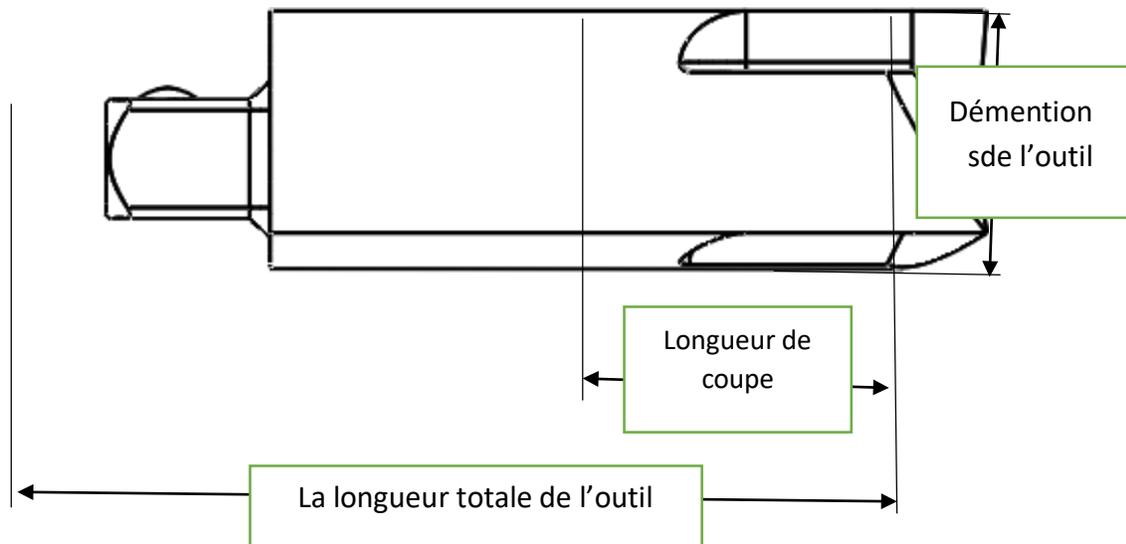


Figure II.6 : Forme réel de l'outil de coupe.

III.3.4 Géométrie de l'outil de coupe :



FigureII.7 : Profil de l'outil conçu.

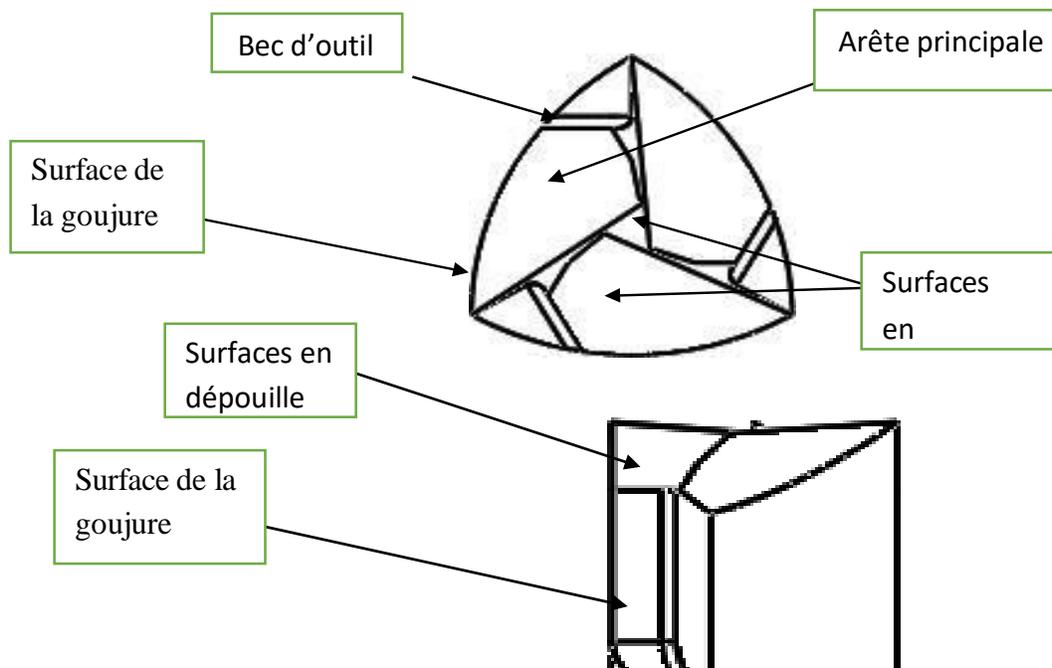


Figure II.8 : L'outil pour reperçage de trous carrés.

II.3.5 Réalisation des arrêtes tranchants :

Pour réaliser des arrêtes tranchantes adaptées au sens de rotation des aiguilles d'une montre (M03) de la perceuse à colonne, nous allons faire des arrêtes de forme L inversés d'un angle de 90° sur les trois sommets du triangle, comme le montre la figure ci-dessous :

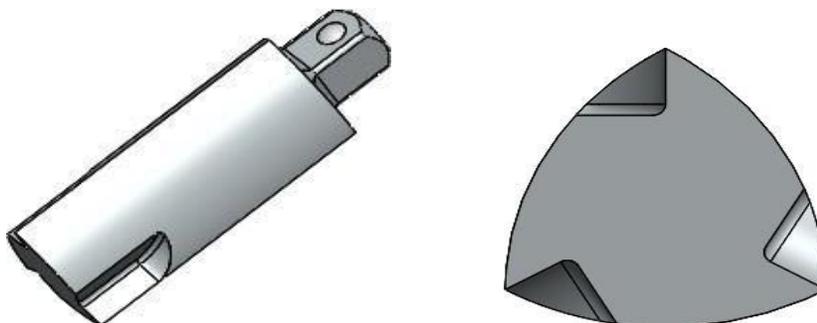


Figure II.9 : Formes des arrêtes tranchantes

II.3.6. Dégagement des copeaux :

Pour faciliter le dégagement des copeaux, nous allons réaliser des congés à l'extrémité des arêtes tranchantes, comme le montre la figure suivante :

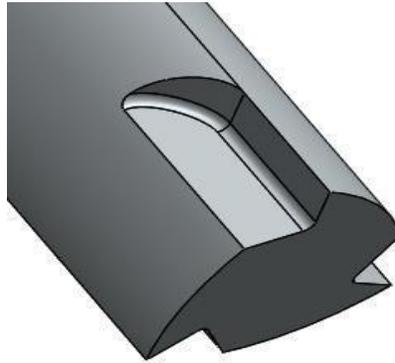


Figure II.10 : Réalisation des congés.

II.3.7.: Réalisation des lèvres de l'outil de coupe :

Pour permettre à l'outil de pénétrer dans un matériau à usiner, le foret travaille en coupant la matière à son extrémité. Nous allons donc réaliser des angles de coupe à la pointe de l'outil de coupe d'un angle de 45° , comme le montre la figure ci-dessous :

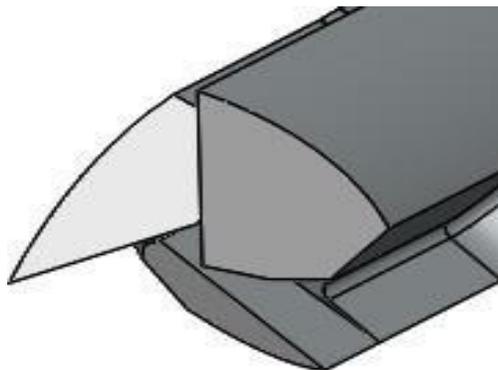


Figure II.11 : Forme de la pointe de pénétration.

II.4.Principe de fonctionnement de l'outil dans le guide carré :

Pour donner la forme au carré au triangle de Reuleaux :

-On a donc une boîte carrée avec son centre en orange et un triangle de Reuleaux en bleu avec son centre en blanc.

-Sur un des sommets du triangle, on a mis une petite tige pour aider à faire tourner le triangle autour de son centre.

-Quand on essaie de tourner le triangle, on s'aperçoit qu'il reste toujours collé au carré sur les 4 côtés, mais que son centre se déplace.

-Une rotation du triangle autour de son centre, dans le sens des aiguilles d'une montre, induit d'ailleurs une rotation de son centre autour de celui du carré dans le sens contraire des aiguilles d'une montre [8].

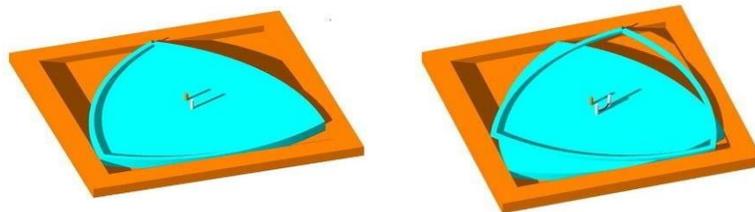


Figure II.12 : Rotation de 15° du triangle Pour une rotation de son centre 45° .

En continuant le mouvement, on remarque que pour une rotation de 45° , le sommet du triangle qui a servi à tourner le triangle, n'est plus sur la périphérie du carré.

En fait, les 3 sommets du triangle suivent parfaitement les côtés du carré sauf dans les coins.

On remarque aussi que le centre du triangle continue de se déplacer autour du centre du carré, mais sous un angle beaucoup plus important que celui de la rotation du triangle sur son propre centre.

En continuant toujours on constate que pour une rotation du triangle autour de son axe de 60° , celui-ci a fait une rotation de 180° autour de celui du carré.

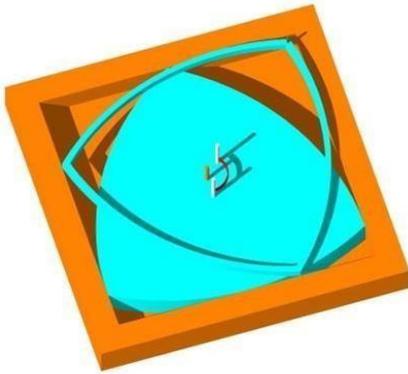


Figure II.13 : Rotation de 45° du triangle pour une rotation de son centre de 135° .

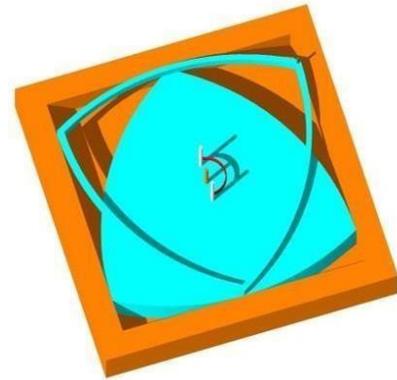


Figure II.14 : Rotation de 60° du triangle pour une rotation de son centre de 180° .

II.4.1. calcul des courbes :

On s'aperçoit que le déplacement du centre du triangle autour de celui du carré n'est pas un cercle mais plutôt qu'il suit un trajet elliptique. Le trajet complet est formé de quatre portions d'ellipse. On l'appellera l'ellipse interne. De même le trajet des sommets du triangle dans les coins du carré suit une autre portion d'ellipse. On l'appellera l'ellipse externe.

II.4.1.1. Les équations paramétriques de ces ellipses

➤ **Ellipse interne :**

$$\begin{cases} X = 1 + \cos b + \frac{1}{3} \times v_3 \times \sin b \\ Y = 1 - \sin b + \frac{1}{3} \times v_3 \times \cos b \end{cases} \quad (\text{II.1})$$

Pour l'angle b allant de 210° à 240°

➤ **Ellipse externe :**

$$\begin{cases} X = 1 - \cos b - v_3 \times \sin b \\ Y = 1 - \sin b - v_3 \times \cos b \end{cases} \quad (\text{II.2})$$

Pour l'angle b allant de 30° à 60°

Les points remarquables sont indiqués avec l'angle b qui les génèrent. Les 3 autres portions d'ellipse s'obtiennent par symétrie.

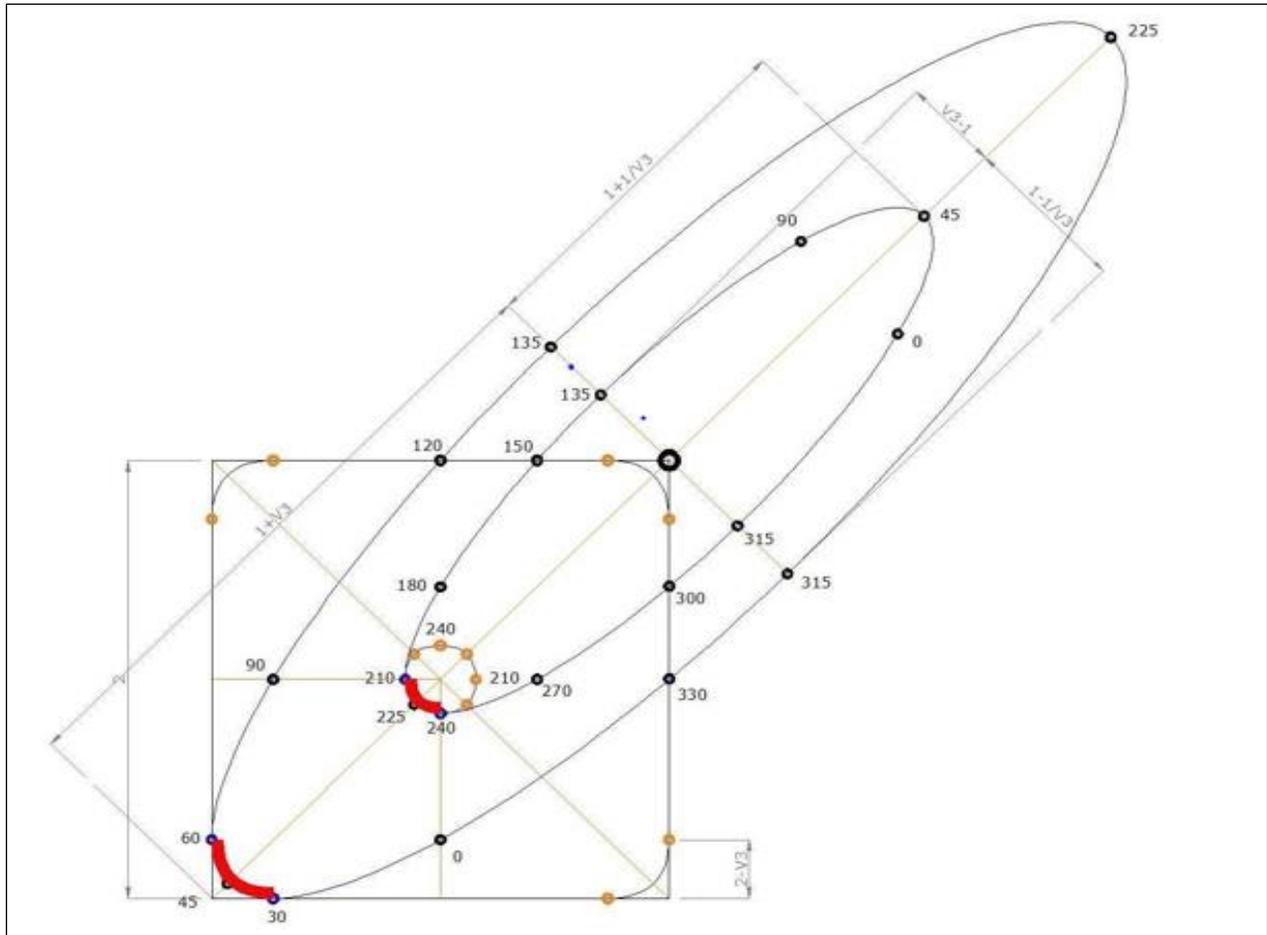


Figure II.15 : Trajet elliptique.

II.4.1.2. Rapport de rotation :

On remarque que les rapports d'angle entre celui de la rotation du triangle autour de son axe et celui de son axe autour de celui du carré est presque de 1 pour 3.

Il prend exactement cette valeur des valeurs multiples de 15° et 45° respectivement, mais varie un peu entre ces valeurs.

Ainsi, si le rapport était constant, on devrait avoir pour une rotation du centre du triangle de 22.5° une rotation du triangle autour de son axe de 7.5° . Or celle-ci n'est que de 6.731546° . Ceci montre bien l'effet des portions d'ellipse que suit le centre du triangle au lieu de portion de cercle.

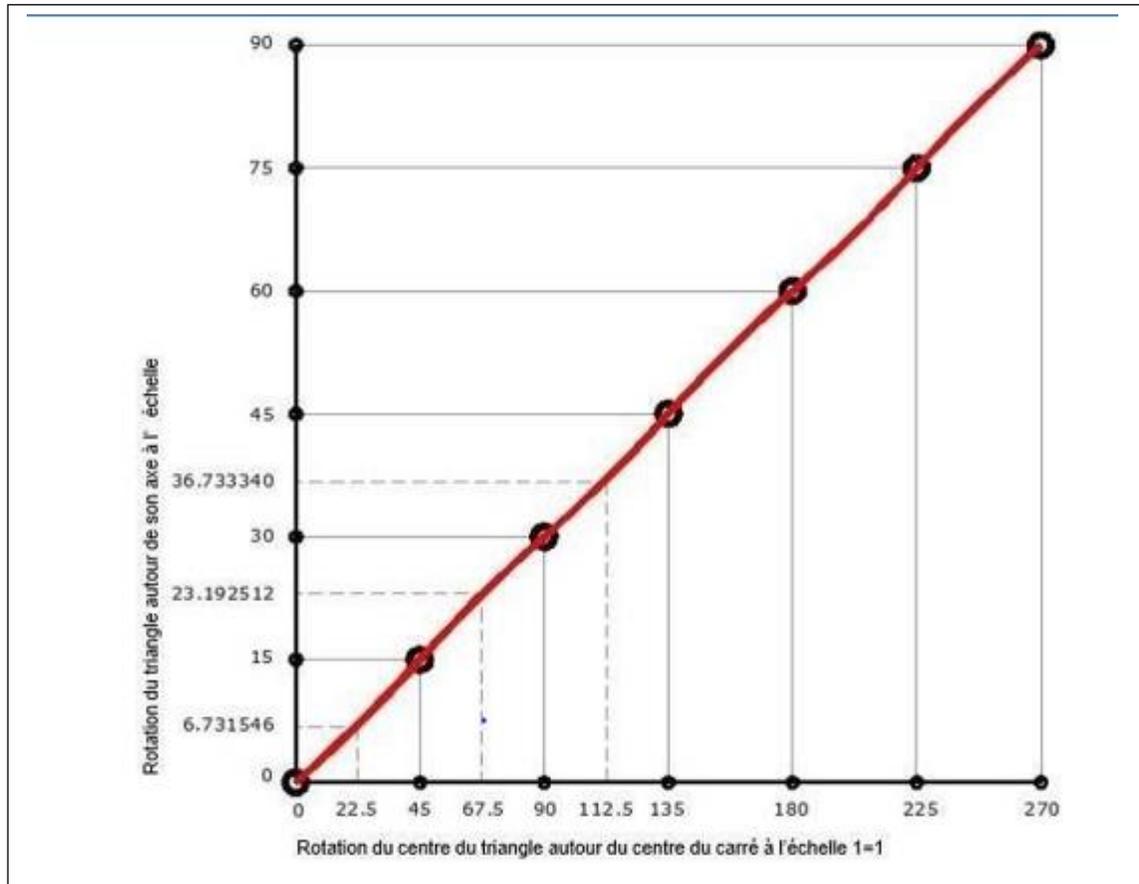


Figure II.16 : Rotation du triangle autour de son axe à l'échelle 1 en fonction de la rotation du centre du triangle autour du centre du carré à l'échelle 1.

On peut ensuite se poser les questions suivantes :

1. Est-ce que ça fait vraiment des carrés ?
2. Quelle est son utilité ?
3. Quels sont ses intérêts ?

On peut donc répondre par :

- ✓ A peu près, oui, mais avec les coins arrondis, comme indiquée sur la figure ci-dessous :

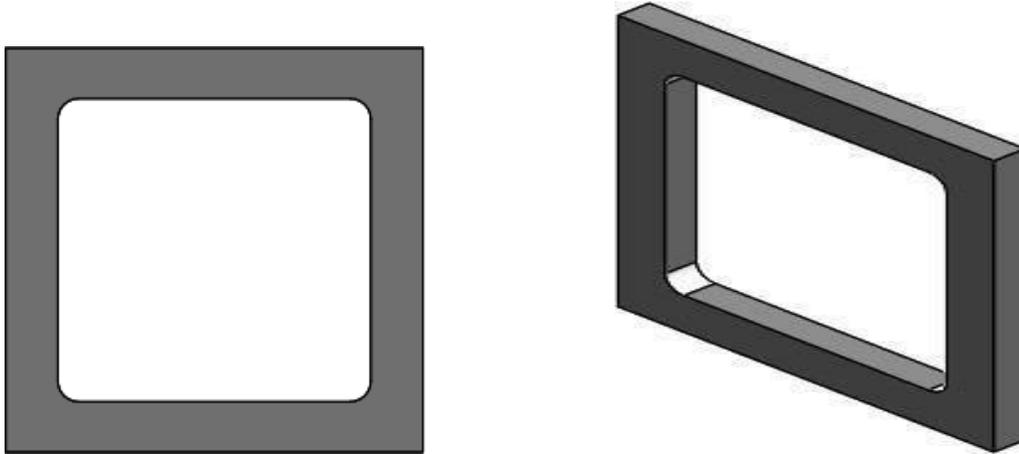


Figure II.17 : Carré avec des angles arrondis.

Pour faire des carrés avec des angles vifs, il faudrait utiliser d'autres procédés comme laser, électro-érosion, ultra-sons, faisceau d'électrons, jet d'eau.

Par contre avoir des angles arrondis ça fait partie de l'objectif de notre travail, par exemple dans un assemblage d'un arbre et une roue (impulseur, roue dentée,), pour la transmission de mouvement, les angles arrondis ont une importance pour faciliter l'assemblage et le glissement entre la roue et l'arbre.

✓ Utilité et intérêts :

Le perçage de trous carrés est d'une utilité et intérêts très importants que ce soit pour réduire le temps de travail, faciliter le travail ou procéder à la fabrication des mécanismes ou des assemblages beaucoup mieux que ceux qui existent déjà et moins coûteux.

➤ **Argumentation :**

✓ réduire le temps du travail :

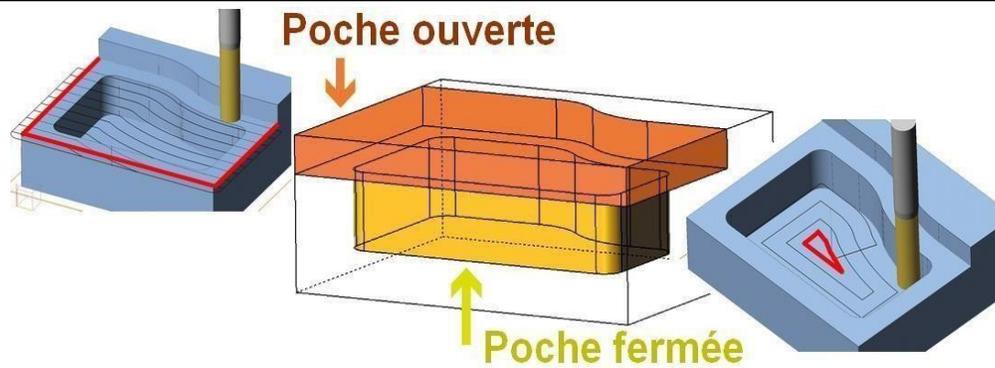
D'habitude pour avoir un trou carré pendant l'usinage dans une plaque d'acier ou dans une roue de grandes épaisseurs il fallait procéder à l'empochage (poche) qui est un procédé d'usinage qui nécessite en général l'enlèvement d'un important volume de matière en ébauche ou en ébauche et finitions combinées. D'un point de vue géométrique, une **poche** est constituée d'un fond et d'une surface latérale s'appuyant sur un contour ouvert ou fermé comme le montre les figures suivantes :



Figure II.18 : Trou carré sur un disque.
plaque.



Figure II.19 : Trous carré sur une



FigureII.20 : Réalisation d'une poche.

Mais à présent notre projet permettra le perçage de trous carrés qui est beaucoup plus rapide et facile, on pourra réaliser le travail en une seule fois. L'outil pourra suivre une seule trajectoire qui est perpendiculaire au centre de la pièce à usiner et sa course varie en fonction de la profondeur voulue obtenir, donc le résultat sera obtenu en un moins de temps de cette manière par rapport aux procédés existants déjà.

✓ Faciliter le travail :

L'usinage de trous carrés avec ce système proposé est beaucoup plus facile que de procéder à l'aide d'autres procédés d'usinage comme l'empochage, car pour faire une poche carrée sur une fraiseuse il faudrait beaucoup de manipulation, en translatant la fraise sur les trois axes de la poche à usiner qui sont :

- Z suivant la profondeur de la poche à obtenir.
- X et Y suivant les dimensions de la poche à obtenir.

Mais en utilisant le jeu d'outil du perçage de trous carrés on a seulement à faire une manipulation qui est la projection d'outil perpendiculaire au centre de la pièce à usiner (soit l'axe Z), les autres manipulations se feront automatiquement en utilisant deux liaisons pivot (une rotation autour de l'axe X et l'autre autour de l'axe Y). Grâce à un joint d'articulation qui sera assemblé avec l'outil pour permettre les deux rotations.

Les dimensions doivent être respectées. Pour cela on va utiliser des guides carrés de différents cotés normalisés. Comme le montre la figure suivante :

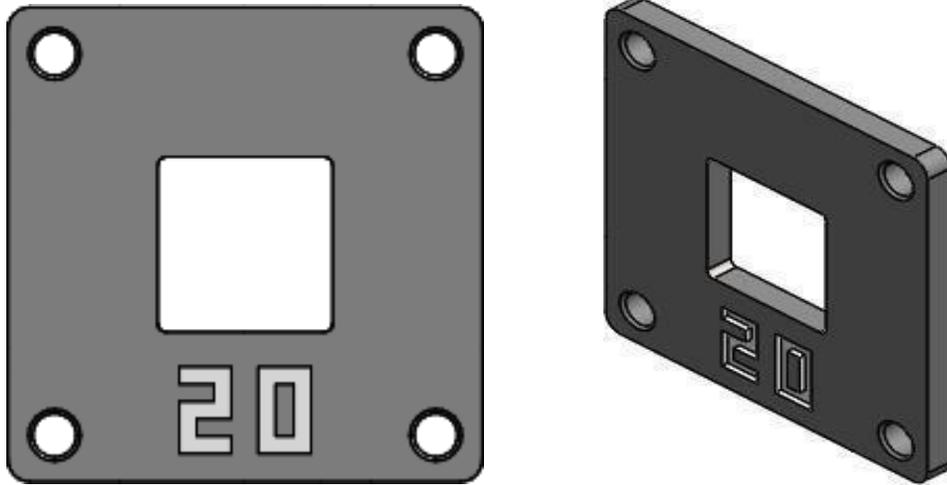


Figure II.21 : Guide 20*20.

-Avoir des assemblages beaucoup mieux que ceux existants déjà, moins coûteux et beaucoup résistants peut être utilisé pour la transmission d'un mouvement de rotation grâce au trou de forme carré de moyeu et de l'arbre et vis-versa.

II.5. La description des pièces du système à réaliser :

II.5.1. Le porte guides du triangle de Reuleaux :

Cette partie du système est de forme carré (73*73*20mm) en aluminium (figure ci-dessous) sert à loger les guides carrés du triangle de Reuleaux. Elle est conçue en acier ordinaire de telle manière à éliminer les vibrations et empêcher tout déplacement des guides. Le jeu (glissant juste) entre le porte-guides et le guide tel que ce dernier puisse être monté et démonté facilement. Les différents guides de forme carrée seront montés dans le porte-guide et immobilisés à l'aide de quatre vis de fixation.

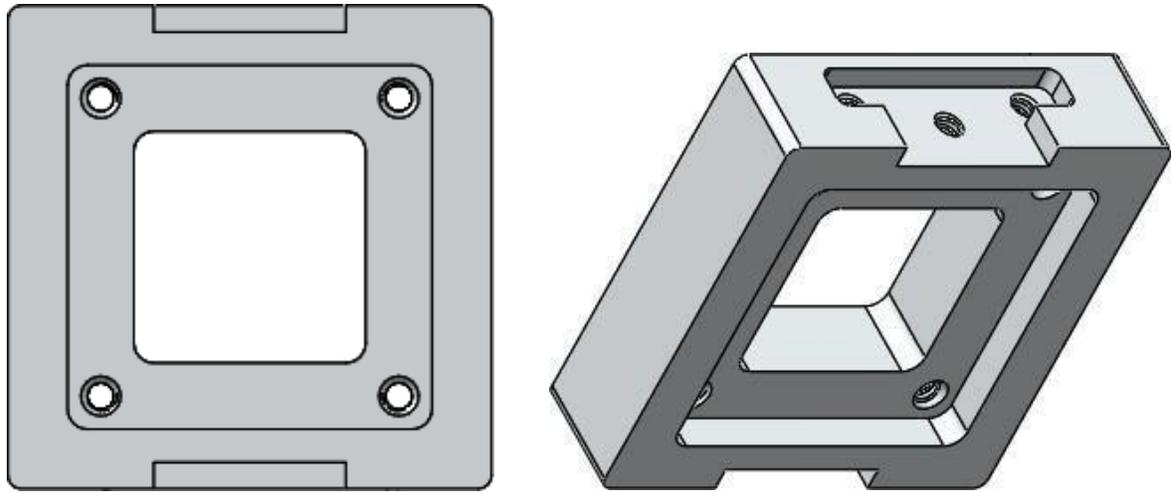


Figure II.22 : Porte guides de triangles de Reuleaux.

II.5.2. Les guides :

Ce sont des plaques en acier de construction de dimensions 45*45*4mm appelés les guides. Au centre de ces plaques on réalise des poches de dimensions normalisées différentes, soit des carrés de dimensions très précises de 16*16, 20*20 et 25*25. Dans ces poches va se déplacer le triangle de Reuleaux en liaison avec le corps de l'outil de coupe pour obtenir des trous carrés de mêmes dimensions que les guides dans la pièce à percer et ceci avec un intervalle de tolérance de 0,2mm pour rentrer et sortir facilement dans le porte-guides.

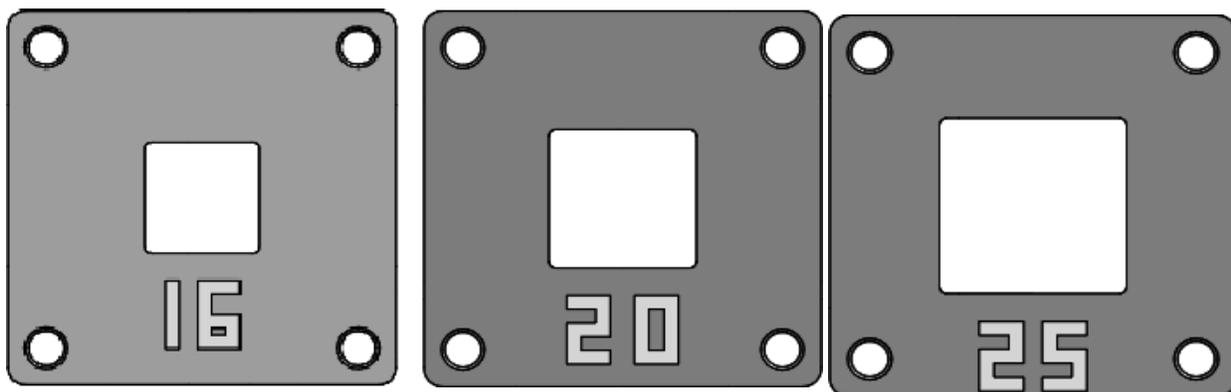


Figure II.23 : Les guides (16*16, 20*20 et 25*25).

II.5.4. Les bras de soutien :

Ce sont des plaques en acier de construction de dimensions 240*30*4mm, munies d'une embase de 45*8mm dans le but de renforcer l'assemblage. Les dimensions de ces bras ont été calculés en fonction de la longueur d'outils, la longueur du joint d'articulation (joint de cardan) et y compris la course d'outils qui est entre 60 et 70mm. Ces plaques seront assemblées au porte guides à la partie inférieure qui va entrer dans une poche adéquate avec la partie inférieure sur la porte guides, les plaques seront trouées et la poche sera taraudé pour les assemblés avec des vis.

Les plaques seront assemblées au porte guides de part et d'autre (gauche et droite) et sont parallèles à la broche de la perceuse à colonne pour permettre le bon fonctionnement du système et sur la partie supérieure elles seront assemblées à un collier de serrage avec des vis.

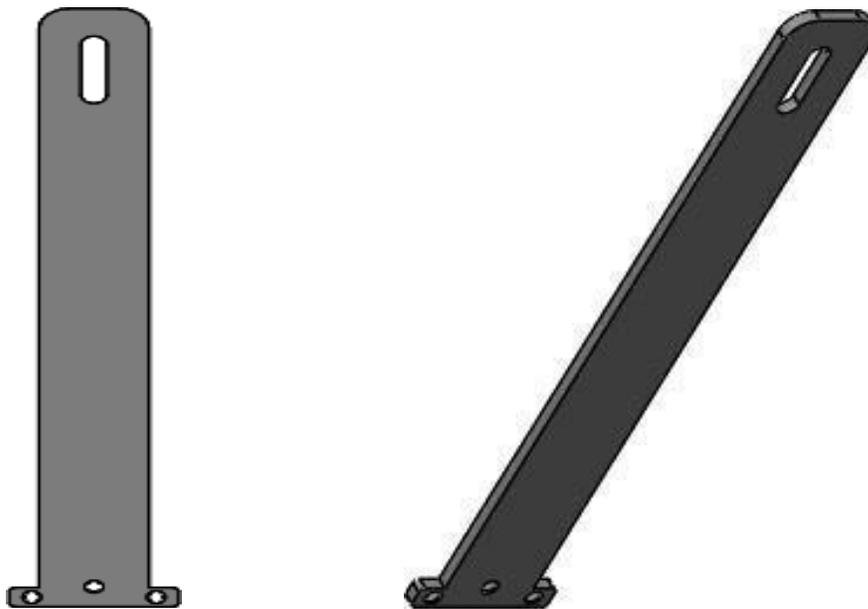


Figure II.24 : Les bras de soutiens.

II.5.5. Le collier de serrage :

Le collier sert à fixer l'ensemble du système à la broche de la perceuse il est fabriqué avec un bout de cylindre de longueur 30mm et de diamètre un peu supérieur au diamètre de la broche, (le diamètre de la broche est de 55), le diamètre intérieur du collier sera donc de 60mm. Cela va

permettre d'ajouter un caoutchouc autour de toute la surface intérieure du collier et compenser les 5mm entre le collier et la broche et en même temps assurer l'adhérence entre les deux derniers (collier broche).

Le caoutchouc son rôle est le freinage, pour une fois fixé le collier a la broche de la perceuse avec l'ensemble du système et serré avec un boulon et un écrou, il ne va pas y avoir ni de rotation du système autour de lui-même (autour de l'axe Z), ni de glissement.

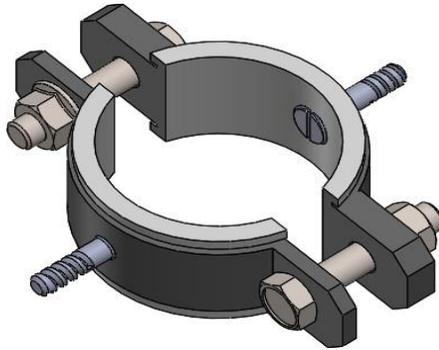


Figure II.25 : Le collier de serrage.

II.5.6. Le cardan :

Le cardon sert d'intermédiaire entre l'outil de coupe et le mandrin de la broche de la perceuse .IL sert à transmettre le mouvement simultané de rotation et de translation du triangle de Reuleaux donne son guide.

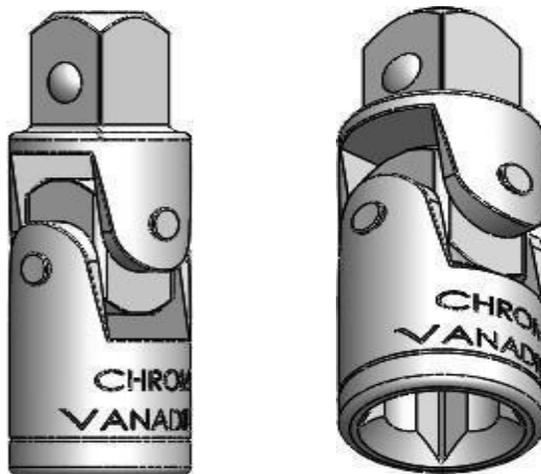


Figure II.26 : Cardan.

II.6.Conclusion :

Théoriquement, on a démontré qu'avec l'aide du triangle de Reuleaux il est possible de percer des trous carrés précis en utilisant un jeu de cardan, un outil en forme de triangle de Reuleaux, des guides de formes carrés et un mouvement rotatif de la broche.

*Chapitre III choix du
matériau, étude et simulation.*

III-1-Introduction

Pour assurer la résistance et la rigidité des pièces mécaniques composant le système ou le mécanisme à réaliser, il est nécessaire de faire une étude de dimensionnement et de simulation numérique après avoir choisi au préalable, le matériau de construction pour chacun des éléments du mécanisme et déterminé et quantifier les différentes contraintes qui s'exercent sur chacune des pièces ainsi que leurs directions.

Nous avons choisi l'acier Z200 (X200Cr12) pour la fabrication de nos outils de coupe, C'est un acier dont la teneur du carbone est de 2% et 12 % du chrome. Résistant à l'usure et d'une tenue à la coupe élevée. Il est utilisé dans la fabrication des outils de découpage à rendement très élevé.

III -2- Propriétés principales des matériaux de construction mécanique :

III- 2-1- Définition d'un matériau :

Un matériau est une matière d'origine naturelle ou artificielle que l'homme façonne pour en faire des objets. C'est donc une matière de base sélectionnée en raison de propriétés particulières et mise en œuvre en vue d'un usage spécifique.

III- 2-2- Caractéristiques des matériaux :

Un matériau peut être caractérisé selon de nombreux paramètres :

- Sa contrainte admissible (souvent notée en sigma, son unité est le Pascal).
- Sa déformation.

La contrainte est proportionnelle à la déformation, le facteur de proportionnalité est noté E et appelé module d'élasticité (ou module de Young) selon la loi de HOOK.

- $\text{contrainte} = (\text{Module d'élasticité}) \times (\text{déformation})$.

III-2-3- Propriétés physiques :

- Masse volumique :

Les matériaux à masse volumique importante sont utilisés à la fabrication de contrepoids (équilibrage), volants d'inertie, etc.

Ceux à faible masse volumique sont utilisés dans l'aéronautique par exemple.

- Coefficient de dilatation :

Entre en jeu, par exemple pour des matériaux soumis à des écarts de température importants.

- Chaleur massique :

Utilisés dans les accumulateurs thermiques des habitations.

- Température de fusion : Matériaux appelés à fondre (fusibles).

Coefficient de Poisson.

- Aspect du produit.
- Surface.
- Couleur.
- Conductivité thermique, conductivité électrique.
- Porosité, perméabilité.

III- 3- Choix des matériaux pour les outils de coupe :

Un matériau désigne toute matière utilisée pour réaliser un objet au sens large. Ce dernier est souvent une pièce d'un sous-ensemble. C'est donc une matière de base sélectionnée en raison de propriétés particulières et mise en œuvre en vue d'un usage spécifique. La nature chimique, la forme physique (phases en présence, granulométrie et forme des particules, par exemple), l'état de surface des différentes matières premières, qui sont à la base des matériaux, leur confèrent des propriétés particulières [9].

Pour la conception et la fabrication de nos outils de coupe, on a choisi l'acier Z200 pour son domaine d'application et large ses caractéristiques techniques :



Figure III.1 : Acier Z200 sous forme de cylindres pleins.

III.3.2 Caractéristiques de l'acier Z 200 C 12 ou X 200 Cr 12 :

Le tableau ci-dessous présente les propriétés physiques et composition sur produit en % du Z 200

Propriété physique	Composition sur produit en %
Densité : 7.7	Carbone 2
Module d'élasticité : 2100000 MPa	Silicium 0.2
Conductibilité thermique : 20 W/m/°C	Manganèse 0.3
Coefficient moyen de dilatation en m/m°C Entre 20°C et 100 °c : 10.5×10^{-6} Entre 20°C et 300°C : 11.0×10^{-6} Entre 20°C et 500°C : 12.0×10^{-6}	Chrome 12

Tableau III.1 : les propriétés physiques et composition sur produit en % du Z 200

➤ Les nouvelles normalisations :

DIN : X 210 Cr 12

(W. Nr 1.2080) NF

EN ISO 4957 05/00

: X 210 Cr 12

➤ **Domaine d'application :**

Outils de découpage, emboutissage (poinçons, matrices). Outils d'usinage (outils pour le travail du bois).

Outils de formage (outils pour l'extrusion des alliages légers et des matières plastiques, outils pour compression des matières abrasives).

Instruments de mesure (calibres, tampons, jauges).

III. 4. Différents traitements thermiques :

III. 4.1 Définition des traitements thermiques :

Le traitement thermique d'un matériau est un groupe de procédés industriels utilisés pour modifier les propriétés physiques, mécaniques et parfois chimiques de ce dernier soit la trempe, le revenu et le recuit. Ce traitement est utilisé lors de la fabrication des matériaux comme le verre, le bois, les aliments et surtout les métaux [10].

Le traitement thermique implique l'utilisation du chauffage et/ou du refroidissement, normalement à des températures extrêmes, pour obtenir le résultat souhaité, tel que la modification de la friabilité, de la dureté, de la ductilité, de la fragilité, de la plasticité, de l'élasticité ou de la résistance du matériau.

Les traitements thermiques jouent également un rôle important dans le domaine de la tribologie.



Figure III.02 : Matériau en traitement thermique.

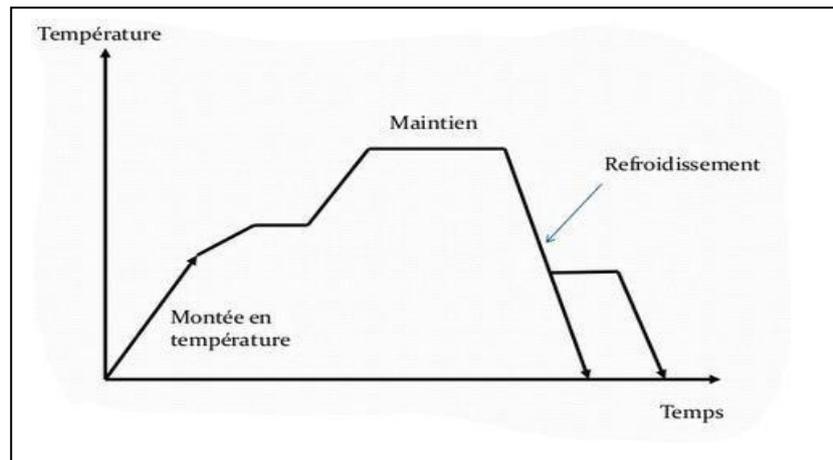


Figure III.03 : Diagramme de base d'un traitement thermique.

A- La trempe :

La trempe s'effectue après une mise en solution de certains composés : Il s'agit de maintenir le matériau à tremper à une température suffisante et suffisamment longtemps. On plonge ensuite la pièce dans un liquide (bain d'huile, eau, plomb fondu, etc.) ou on le refroidit avec un gaz (azote, air, etc.).

Dans le cas des aciers, le but est d'éviter la précipitation de certains composés et ainsi augmenter la dureté du matériau. Pour d'autres métaux, la trempe peut avoir l'effet inverse, par exemple avec les alliages d'aluminium ou aciers inoxydables.

B- Le revenu :

Le revenu se pratique après une trempe, par chauffage à une température inférieure à celle de la trempe. Il permet d'améliorer la résistance mécanique des pièces traitées en diminuant leur fragilité (en favorisant la dissolution de certains composés fragiles tels que les carbures) et les contraintes thermiques internes obtenues lors de la trempe. On chauffe à une température inférieure à celle d'austénitisation, puis on refroidit plus ou moins rapidement. Dans certains cas (alliages à durcissement structural) le revenu permet après trempe d'augmenter les caractéristiques mécaniques telles que la résilience.

C- Le recuit :

Le recuit se fait après un traitement mécanique, une opération de soudage, etc. afin de rendre plus homogène le matériau et lui rendre une partie de ses propriétés antérieures. On chauffe jusqu'à austénitisation totale de la pièce, puis on laisse refroidir lentement, ce qui lui fait retrouver ses anciennes propriétés.

III- 4-2- Traitement thermique de l'acier Z200 :**A- Recuit : à température 800-850°C.**

Refroidissement lent au four.

- ✓ Dureté maxi : 250 HB
- ✓ Recuit de détente : 650°C.
- ✓ 1 à 2 h après chauffage à cœur.
- ✓ Refroidissement dans le four.
- ✓ Suppression tensions internes.

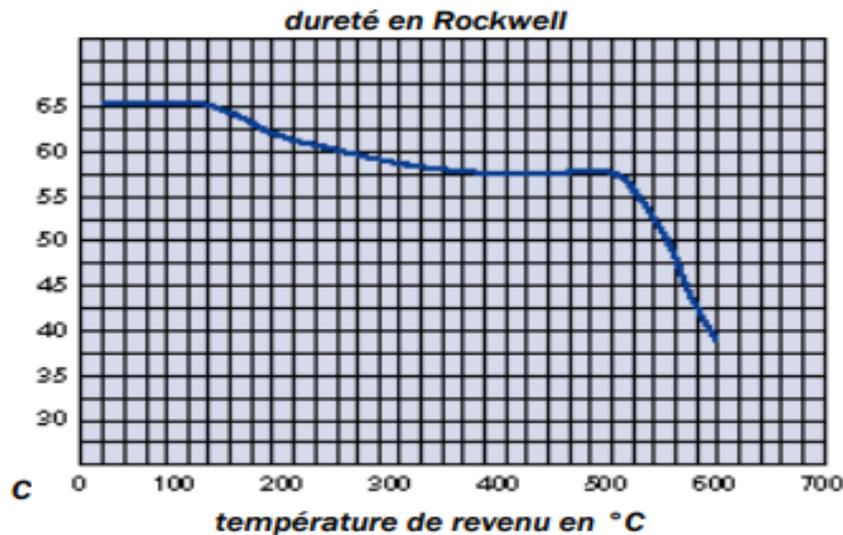
B- Trempe : à température 930-980°C.

- ✓ Maintien après chauffage à cœur :
- ✓ pour épaisseur < 20mm : 20 mn
- ✓ pour épaisseur >20 : 1 mn/mm supplémentaire.
- ✓ Refroidissement : huile, bain de sels, gaz sous pression (petite section).
- ✓ Dureté : 63-65 HRc.

C- Revenu

Au-dessus de 525°C selon caractéristiques désirées (immédiatement après trempe). Voir la courbe ci-dessous

Maintien : pour épaisseur < 20 mm : 1 hAjouter 1h/20 mm supplémentaire.



éprouvette : \varnothing 20 mm

Figure III.4: Diagramme du revenu

D- Aptitudes :

Nuance standard des aciers lédéburitiques à 12% de chrome, à bonne stabilité dimensionnelle et granderésistance à l'usure.

Etat à la livraison : recuit, avec une résistance d'environ 80 Kg/mm²

III- 5-Efforts et puissance de coupe :[11]

III- 5-1- Introduction :

En usinage par la coupe, la formation du copeau ne peut avoir lieu sans une force requise et par conséquent, une puissance de coupe P_c requise à la broche. Cette dernière est assurée par le moteur électrique de la machine-outil d'une puissance P_m légèrement supérieure compte tenu du rendement mécanique η induit par les pertes par frottement des mécanismes de transmission de mouvements.

La connaissance des efforts de coupe F_c et de la Puissance de coupe P_c s'avère très utile car elle permet :

- Le dimensionnement des montages d'usinage.
- Le contrôle du serrage de la pièce et de l'outil.

- Le choix de la machine-outil par rapport au critère de puissance **P_m**.
- Le contrôle et la régulation des paramètres de coupe pour une meilleure adaptation du régime decoupe.
- Dans le cas où la possibilité de choix de la puissance de la machine il faut calculer **P_c** et prendre celle dont **P_m ≥ P_c/η**.
- Dans le cas où la possibilité de choix de la machine outil n'est pas offerte, il y a lieu de modifier les paramètres de coupe afin d'aboutir à la relation **P_c ≤ P_m · η**.

Avec :

P_c : la puissance de coupe.

P_m : la puissance du moteur (puissance absorbée par la machine).

η : le rendement mécanique.

F_c : l'effort de coupe.

III 3-5-2-Les composantes de l'effort de coupe :

Dans l'exemple d'une opération de chariotage sur un tour, l'effort de coupe peut être décomposé suivant les trois directions principales

Ce qui donne :

- **F_t** : Effort tangentiel en direction du mouvement de coupe

- **F_a** : Effort axial en direction du mouvement d'avance

- **F_r** : Effort radial en direction du mouvement de pénétration

La répartition est variable selon le genre d'outil et sa configuration géométrique.

Approximativement, elle est estimée à :

$$F_a = (0.3 - 0.6) \times F_t$$

$$F_r = (0.1 - 0.4) \times F_t$$

$$F = \sqrt{(0.45 \times Ft)^2 + (0.25 \times Ft)^2 + (Ft)^2} \quad (\text{III.1})$$

$$F = 1.2 \times Ft \approx Ft$$

La résultante serait alors :

Par rapport à la valeur, on assimile donc F à Ft.

III. 5.3 Paramètres d'influence :

Les paramètres d'influence sur les efforts de coupe sont très nombreux mais les plus importants sont :

- le procédé de coupe (tournage, fraisage, perçage, ...)
- la nature du métal à usiner (caractérisé par **Rt** ou **Ks**)
- l'avance f (mm/tr. dent) ou l'épaisseur du copeau hm
- la profondeur de passe en (mm)
- le type d'outil défini par l'angle d'attaque **Kr**
- l'angle de coupe γ

D'autres paramètres sont susceptibles d'influence plus ou moins nuancée (lubrification, état de l'outil.). Malgré l'influence de la vitesse de coupe sur l'effort, elle n'est prise en compte que

Dans le calcul de la puissance du fait que l'on ne dispose pas d'un grand choix. Néanmoins il faut éviter le domaine de l'apparition de l'arête rapportée.

III- 5-4- Calcul des efforts et puissances de coupe :

A- Première approche :

Comme première approche pour la détermination des efforts de coupe, il a été retenu le modèle basé sur la section du copeau et la résistance à la rupture par traction du matériau de la pièce suivante :

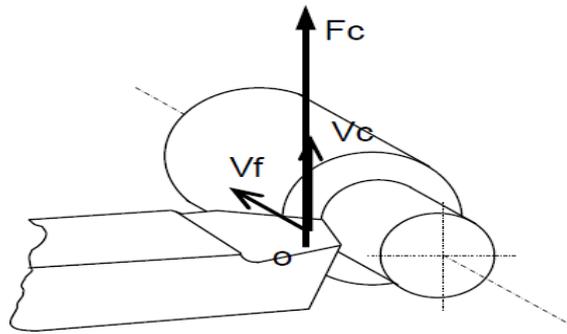


Figure III.5 : Efforts de coupe en tournage.

$$F_C = K \times S_C \times R_t$$

Avec :

F_C : Effort de coupe (en N)

S_C : Section du copeau (en mm)

R_t : Résistance du métal à usiner (en N/mm²) **K :** Coefficient spécifique de coupe

K = 2,5 à 4 pour les Aciers
K = 4 à 5 pour les Fontes.

Exemple :

Le chariotage d'une pièce en acier C38 avec a=4mm :

F = 0,3mm/tr et V_c = 32 m/min donne les résultats suivants :

$$F_c = 3,25 \times 650 \times 4 \times 0,3 = 1950 \times 4 \times 0,3 = 2730 \text{ N}$$

$$P_c = F_c \times V_c / 60 \times 1000 = 2730 \times 32 / 60000 = 1,46 \text{ kW}$$

Remarque :

Le modèle n'est pas assez satisfaisant en raison de l'usage de la caractéristique de résistance à la traction.

B- Deuxième approche :

Afin de minimiser l'erreur sur F_c due à l'usage de la caractéristique de résistance du matériau de la pièce, il a été retenu le modèle basé.

Sur le coefficient spécifique de coupe :

$$F_C = K_S \times S_C = K_S \times a \times f$$

Avec :- F_C : Effort de coupe (en daN)

- S_C : Section du copeau, $S_C = a \times f$ (en mm²)

- K_S : Coefficient spécifique de coupe (en N/mm²)

Le facteur K_S est déterminé expérimentalement par une série d'essai, il dépend essentiellement de la nature du matériau à usiner mais peut aussi être mise en relation de dépendance avec d'autres facteurs de coupe tel que l'avance f , l'épaisseur de copeau hm et aussi l'angle de coupe γ et aussi de l'angle d'attaque kr . Il est indispensable de relever avec précision la valeur de ks pour chaque type de matériau et aussi pour chaque procédé de coupe expérimenté.

III-5-5- Cas du Perçage :

La décomposition de l'effort de coupe donne :

- Deux forces tangentielles F_C sur les deux lèvres et qui génèrent un moment M_t
- Deux forces radiales F_p opposées qui s'annulent en cas de symétrie parfaite.
- Deux forces axiales F_a qui s'ajoutent pour donner une poussée axiale $F_A=2 \times F_a$.

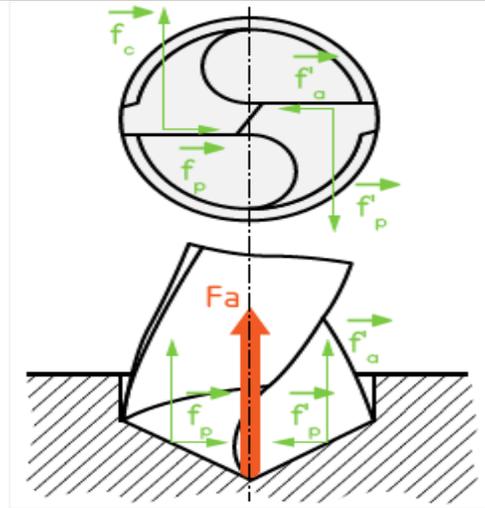


Figure III.6 : Efforts de coupe en perçage.

$$FA = k_s \times f \times D$$

FA (en N), f (en mm/tr) et D (en mm)

Ks est donné par la table (en N/mm²) La puissance de coupe est :

$$p_c = \frac{k_s \times f \times D \times v_c}{1000} \quad (\text{en kW})$$

Ks, donné par la table (en N/mm²). On peut aussi déduire le couple C, le Moment Mc et la Force Fc.

Matière à usiner	K _S	k _s
Acier R<60 hbar	11	1000
Acier R > 60 hbar	11.5	1200
inox	15	1300
Acier au Ni, Cr	14	900
Acier au Cr, Mo	13	1600
Fonte grises	8	700
Fonte GS	7.5	1100
Laiton U-Z10	3.5	800
Alliages d'aluminium	5	850

Tableau III.2 : Les coefficients Ks et ks en perçage.

III- 5-6- - Cas du Fraisage :

Dans ce cas on peut estimer la puissance de coupe par le produit de la section latérale de coupe avec la vitesse d'avance V_f et un coefficient spécifique de coupe déterminé expérimentalement.

$$p_c = k_s \times l \times a \times v_f$$

$$= k_s \times l \times a \times f \times z \times N$$

$$p_c = \frac{k_s \times l \times a \times f \times z \times v_c \times 1000}{\pi \times D}$$

Ce qui donne (en Watts) :

La relation de calcul est valable pour le fraisage de bout et le fraisage de profil en roulant, le coefficient K est légèrement différent entre l'un et l'autre.

Ceci pour un outil neuf, pour un outil utilisé, il faut estimer une part de 25% en plus.

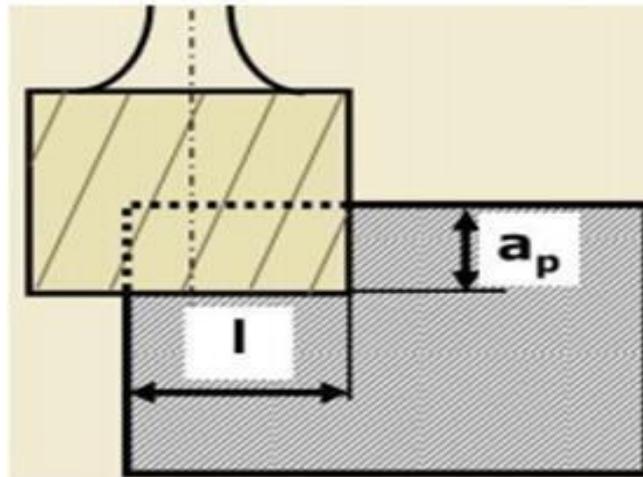


Figure III.7 : Efforts de coupe en fraisage.

III.6 Calcul des efforts et puissances de coupe agissent sur l'outil du triangle de Reuleaux

III.6.1 Cas du perçage sur l'aluminium :

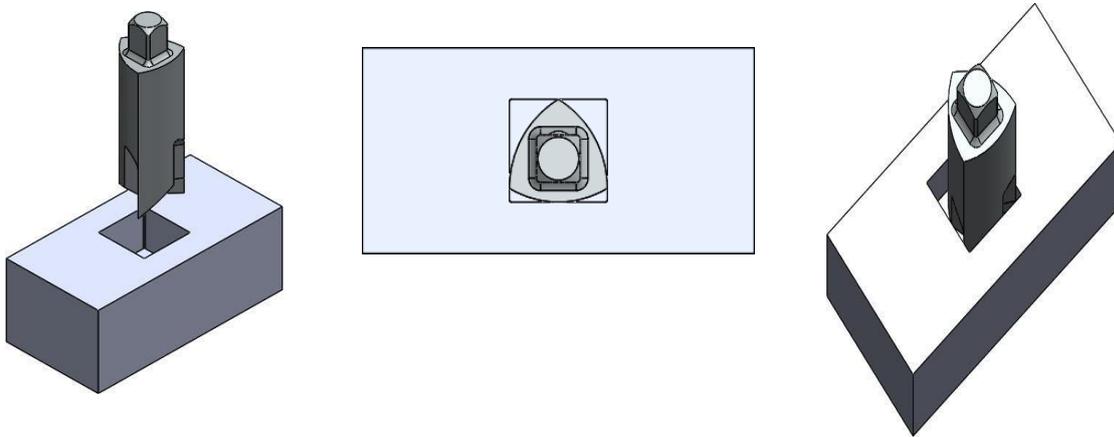


Figure III.8 : Outil de coupe et pièce à percer.

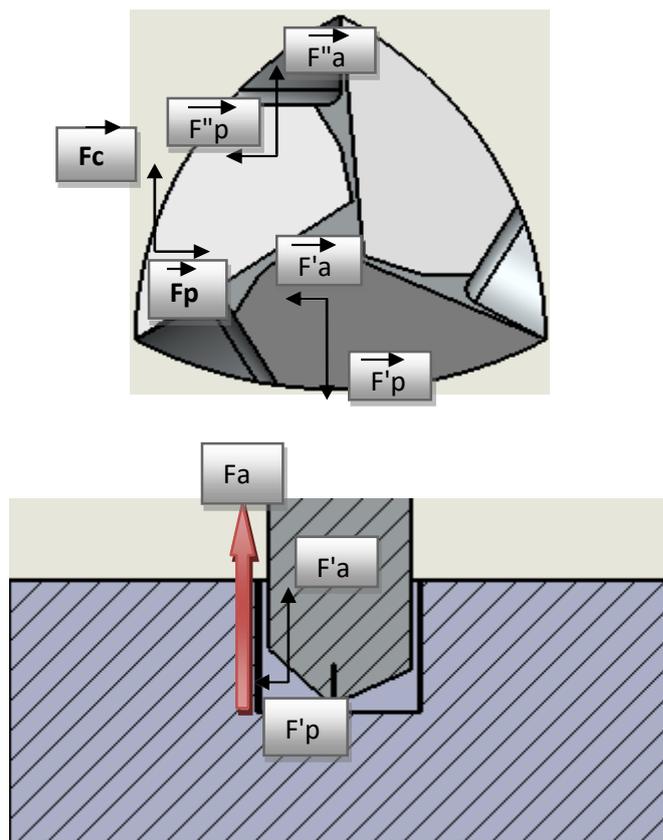


Figure III.9: La disposition des efforts de coupe sur l'outil de coupe.

A- calcul de la puissance de coupe :

La force axiale (force d'avance) :

$$F_a = k_s \times f \times D$$

Avec : $k_s=850 \text{ N/mm}^2$.

$f = 0,3 \text{ mm/ tour}$.

$D = 25 \text{ mm}$.

D'où :

$$F_a = 850 \times 0.3 \times 25 = 6.375 \text{ KN}$$

Donc : la puissance de coupe sera (en kW) :

$$P_C = \frac{k_s \times f \times D \times V_C}{1000}$$

$$p_c = \frac{f_a \times V_C}{1000}$$

- Calcul de V_c pour des vitesses de rotation différentes : $N_1= 250 \text{ tr/min}$ et $N_2= 1200 \text{ tr/min}$. Pour $N_1= 250 \text{ tr/min}$

-

$$V_{C1} = \frac{\pi \times D \times N_1}{1000} = \frac{3.14 \times 25 \times 250}{1000} = 19.625 \text{ m/min}$$

Donc : $P_{C1} = 125.11 \text{ W}$

Pour $N_2= 1200 \text{ tr/min}$ $V_{C2} = 94.2 \text{ m/min}$,

Donc : $P_{C2} = 600.525 \text{ W}$.

III- 7- Simulation numérique :**III .7.1 Introduction :**

Après la représentation de la conception en 2D et 3D de nos outils de coupe, une autre étape suit cette dernière et qui est celle de la simulation numérique et son rôle est de simuler le comportement de cette pièce avant qu'elle ne soit fabriquée, ce qui nous offre la possibilité de nous assurer de son fonctionnement efficace dans les conditions d'utilisation prévues et qui nous permet d'économiser des coûts énormes.

III.7.2 Etude statique :

Il est nécessaire de réaliser une étude statique ou statique non linéaire sur le modèle complet (appliquer les charges, les déplacements imposés, les contacts et les paramètres de maillage). Celle-ci pourrait être exécutée avec un maillage grossier, le but étant de faire une analyse rapide, par contre elle doit fournir une solution fiable pour les déplacements.

III.7.3 Application des conditions aux limites :

A-Appliquer un matériau :

Le comportement d'une pièce dépend du matériau appliqué à la pièce. On doit connaître les propriétés élastiques du matériau de la pièce. On attribue un matériau à la pièce en le choisissant dans la bibliothèque de matériaux. Dans SOLIDWORKS, les matériaux ont deux types de propriétés : visuelles et physiques (mécaniques). On utilise les propriétés physiques des matériaux définis dans la bibliothèque de matériaux SOLIDWORKS. Les matériaux peuvent être isotropiques, ortho-tropiques ou aniso-tropiques. On ne prend en charge que les matériaux isotropiques.

Dans notre cas on utilise pour :

- Les outils de coupe : acier Z200 (X200Cr12).
- Le cardan : acier chromé.

B-Fixation de l'ensemble :

Le site géométrie fixe proposé par le logiciel est importante pour définir l'environnement de travail de la pièce, cette étape définit l'encastrement d'un coté de l'outil, puis nous allons appliquer des chargements de l'autre coté. Dans notre cas nous allons appliquer l'encastrement sur la face de l'extrémité de l'outil tel que la figure nous le montre :

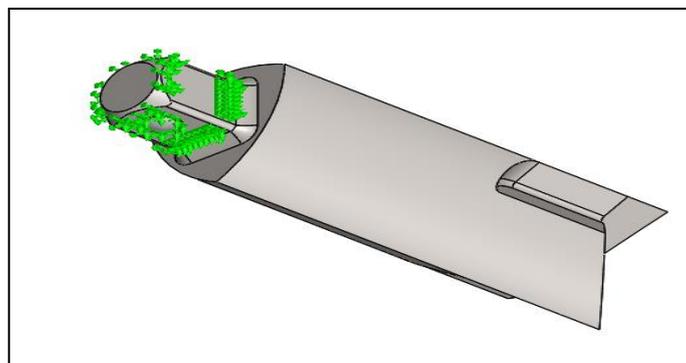


Figure III.10 : fixation de l'outil.

C- Chargements appliqués :

L'étape consiste à appliquer des forces suivant une direction voulue sur la surface la plus sollicitée de l'outil de coupe (les arêtes de coupes) suivant l'environnement dans lequel notre outil travaillera. Dans notre cas on prend les deux puissances de coupe nécessaires et on calcule les efforts de coupe :

Si le point d'application d'une force \mathbf{F} se déplace à la vitesse instantanée \mathbf{V} , alors la puissance instantanée vaut :

$$P = F \times V \quad \Rightarrow \quad F = \frac{P}{V}$$

Avec :

- P = La puissance en watts (Puissance de coupe).
- F = L'effort en newton (Force de coupe).
- V = vitesse en m/s (Vitesse de coupe).

Nous avons : $V_{C1} = 19,625 \text{ m/min} = 0,3270 \text{ m/s}$.

$$V_{C2} = 94,2 \text{ m/min} = 1,57 \text{ m/s}.$$

$$\text{Et : } P_{C1} = 125,11 \text{ watts}.$$

$$P_{C2} = 600,525 \text{ watts}.$$

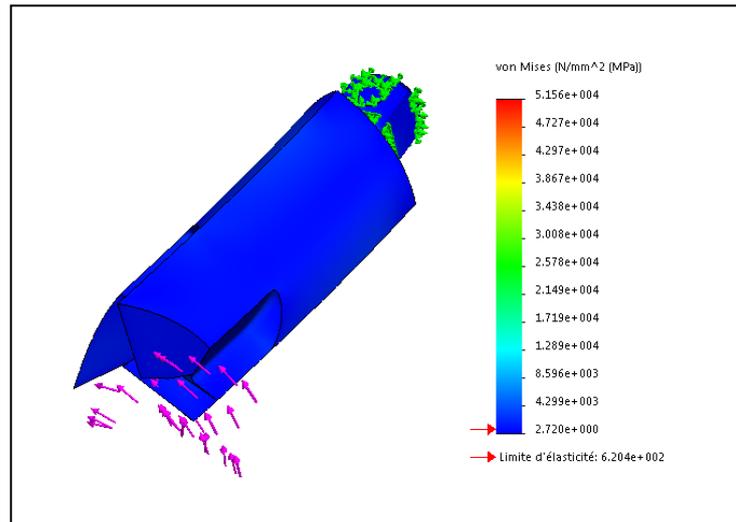
D'où :

$$F_C = \frac{P_C}{V_C} \Rightarrow F_{C1} = F_{C2} = 382,5 \text{ N}$$

Après les calculs nous avons trouvé que les deux efforts de coupes sont constants. Donc l'effort qu'on va appliquer est de $F_C = 382,5 \text{ N}$.

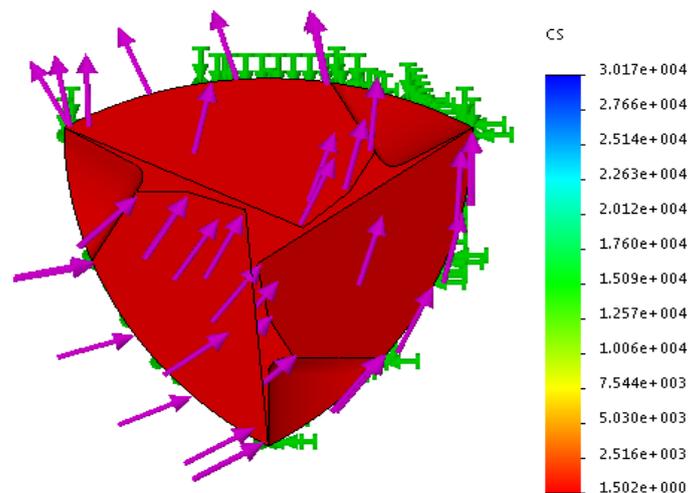
E- Résultats et discussions :

1-Contraintes de Von Mises :

**Figure III.11 :** Contraintes de Von Mises.**Discussion :**

Après notre étude de simulation on a obtenu des résultats après l'application d'une force

$FC = 382,5 \text{ N}$, on voit que les sollicitations sur les arêtes de coupe vont entre 820 MPa et 910 MPa, ce qui explique que les arêtes de coupe elles peuvent travailler sur des conditions plus que celles-ci ce qui nous donne aussi un coefficient de sécurité très rassurant entre 1,5 et 3 comme le montre la (figure III-16)

**Figure III.12 :** les coefficients d sécurité

2- Les déplacements :

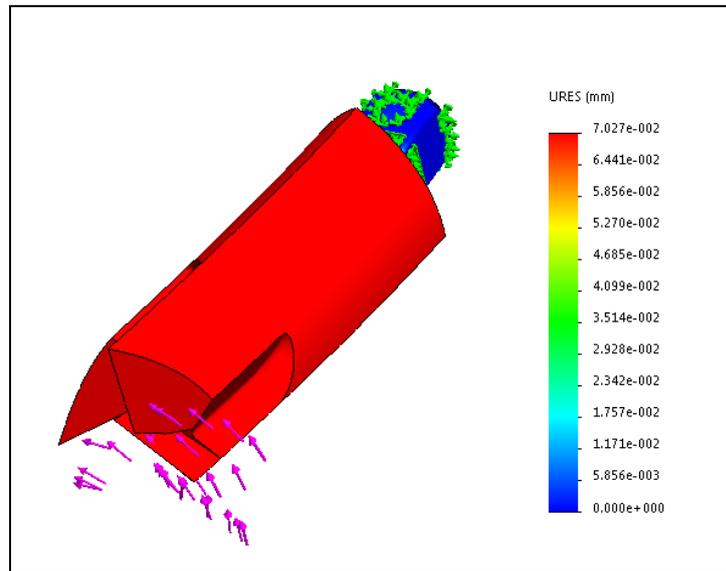


Figure III.13 : les coefficients de déplacement

Discussion :

Dans ce cas les déplacements sont des mouvements rotationnel selon l'axe Z, le champ de déplacement maximal est au niveau des arêtes de coupes, le déplacement maximal est de 0,07 mm ce qui explique que le déplacement des arêtes pendant leurs sollicitations est négligeable donc elles sont rigides.

III.7.4 Simulation du cardan :

Sur le cardan les sollicitations qui existent sont exactement au niveau du croisillon, donc nous allons faire une simulation sur les axes du croisillon avec un moment de torsion et la puissance de coupe maximale qu'on a déjà déterminée avant ($P_c = 600,575 \text{ W}$), le matériau du cardan est l'acier chromé :

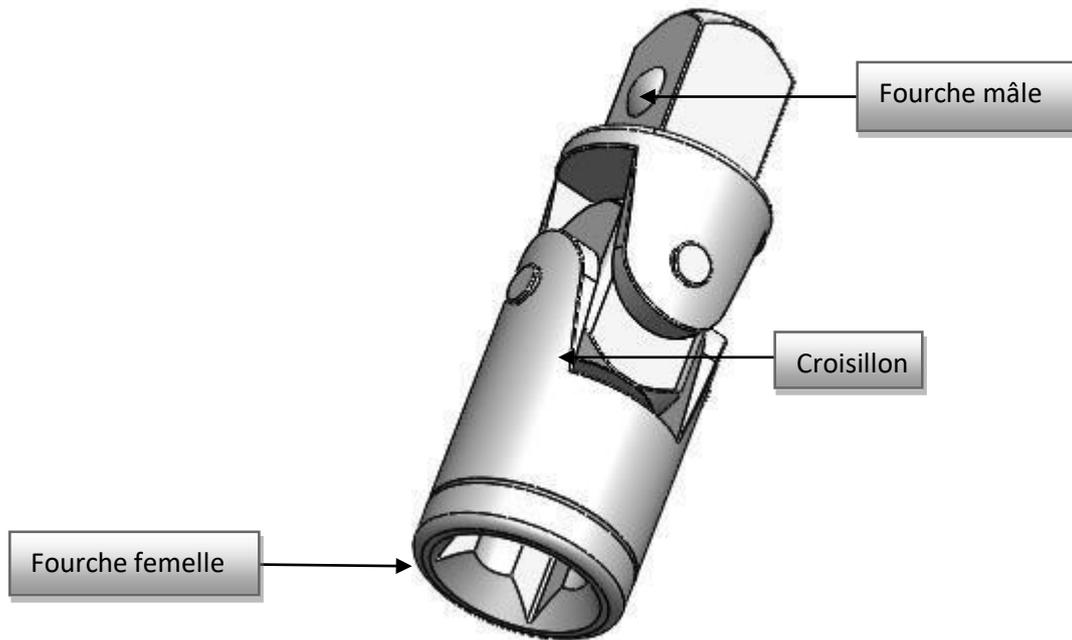


Figure III.14 : Le cardan.

III.7.4.1- Application des conditions aux limites :

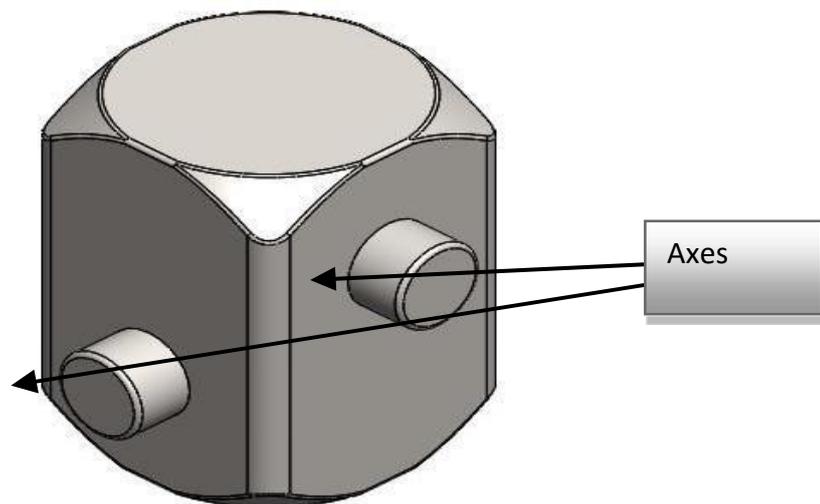


Figure III.15 : Croisillon.

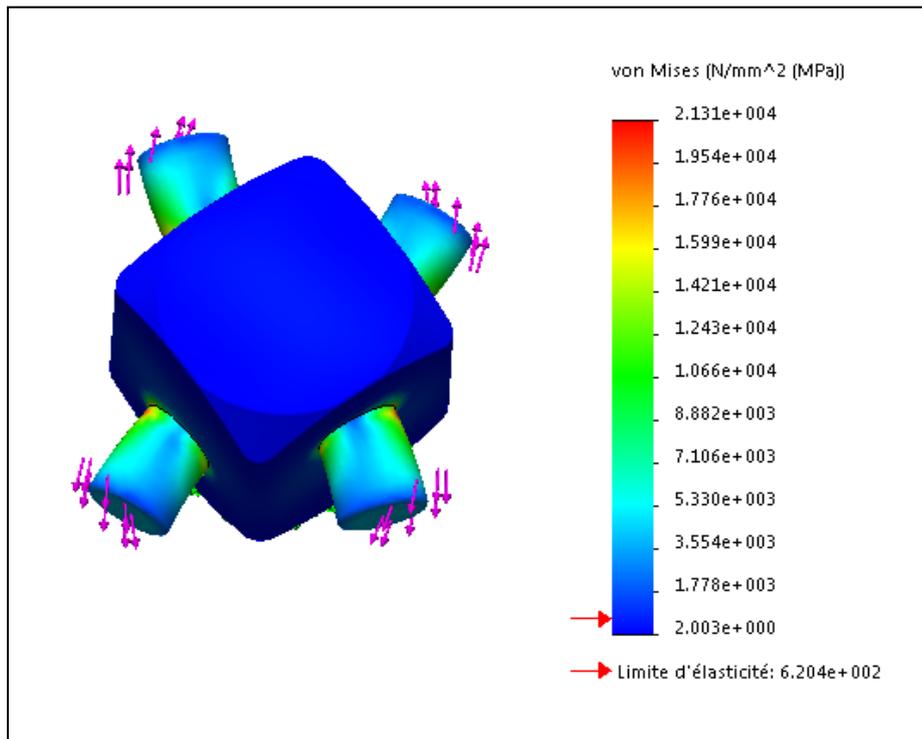


Figure III.16 : Contraintes de Von Mises.

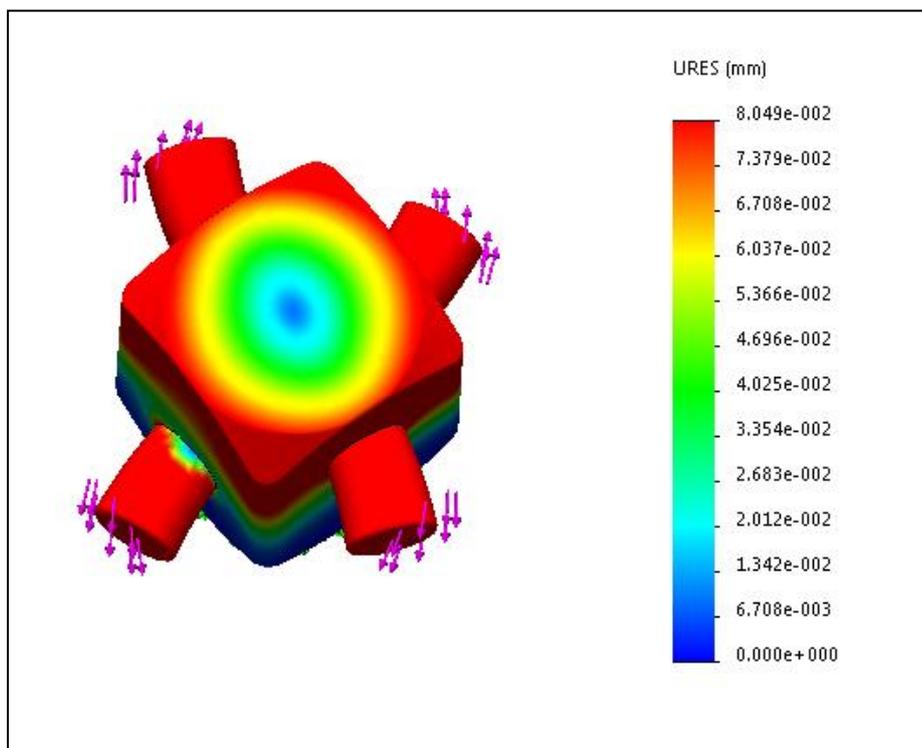


Figure III.17 : Les déplacements.

Discussion :

Dans notre cas ici on a deux axe qui encasté au croisillon, Et on fixe le croisillon et on applique le moment de torsion sur les deux axe, et constate Que la connotation de contrainte et au niveau de deux axes et le déplacement maximale et de 0.08 mm alors on peut négliger donc le cardon et vérifier.

III- 8- Conclusion :

Après avoir choisi le matériau pour la fabrication de l'outil de coupe et après avoir calculé les efforts de coupe ainsi que les puissances nécessaires à la coupe, nous avons dimensionné la forme de l'outil de coupe de sorte qu'il résiste en toute sécurité aux différentes contraintes qui s'exercent sur lui lors des opérations de perçage des trous carrés. Enfin nous avons effectué une simulation numérique pour vérifier et valider la rigidité et l'efficacité de notre conception.

Nous concluons que l'outil de coupe et le cardan résistent parfaitement aux sollicitations auxquelles ils sont soumis. Les déplacements des arêtes de coupe dus au chargement du moment de torsion sont très petits ainsi que pour les déformations. Après l'étude de conception concluante qu'on a effectuée on pourra donc passer à la fabrication de ces outils.

Chapitre IV réalisation du système

IV.1. Introduction

Nous avons fait une étude sur la construction et la fabrication du triangle de Reuleaux, dans le but de l'adapter au système de perçage de trous carrés de différentes dimensions, ainsi que l'étude de conception du système de fixation qui sera adapté à la perceuse à colonne qui se trouve au niveau du hall de technologie de l'université de Bejaia.

La fabrication de l'ensemble du système de notre projet a été réalisé sur une machine-outil à commande numérique à quatre axes commande SIEMENS, existante au niveau de l'entreprise GUERROUT, ETS BEJAIA A.M.P.I à la cité Aouchiche, route de l'université Bejaia.

IV.2. Généralités sur la fabrication numérique

IV .2.1. Description de la machine utilisée

Le DIAM est un centre à commande numérique de grande précision. Il est équipé d'une CN pour apprentissage, permettent une utilisation manuelle.

Cette machine est équipée d'une commande numérique ultra moderne de type SIEMENS 840 D SL et du logiciel conversationnelle OPERATE SHOP MILL. Il est destiné à l'usinage de pièces unitaires mais aussi de petites séries.

La particularité de cette machine réside dans le concept de la commande numérique qui permet à un opérateur, ne connaissant pas le langage de programmation, d'usiner des pièces, mêmes complexes, en réduisant au maximum le temps de préparation et du réglage du centre [12].



Figure IV. 01 : Le centre d'usinage à quatre axes.

IV -2-2- Les différentes principales parties de la machine :

A- Le bâti :

Le centre DIAM 600/700 est équipé des dernières générations de glissières à billes, de type guidage linéaire à quatre rangées de billes pour optimiser la rigidité de la précision et des déplacements.

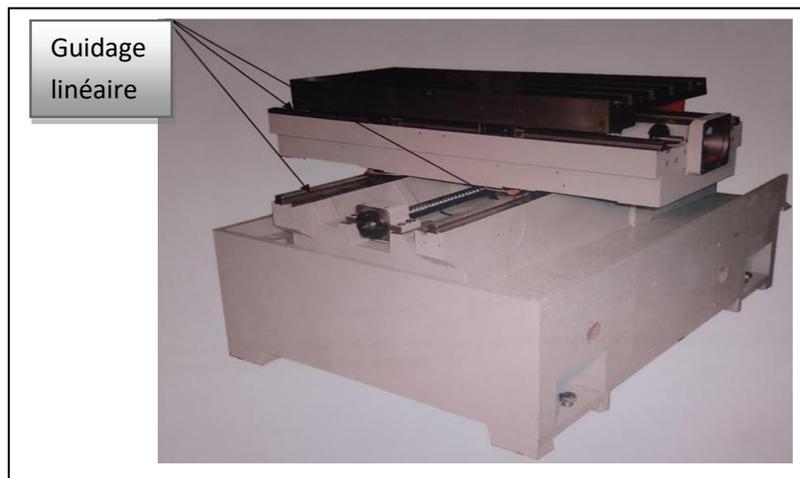


Figure IV.2 : Le bâti.

B- La table :

La table, de fabrication compacte, possède quatre rainures pour accueillir divers montages d'usinage ou des étaux de fraisage. Elle est facilitée par des vérins mécaniques à chaque extrémité du bâti favorisant aussi la stabilité de l'ensemble.

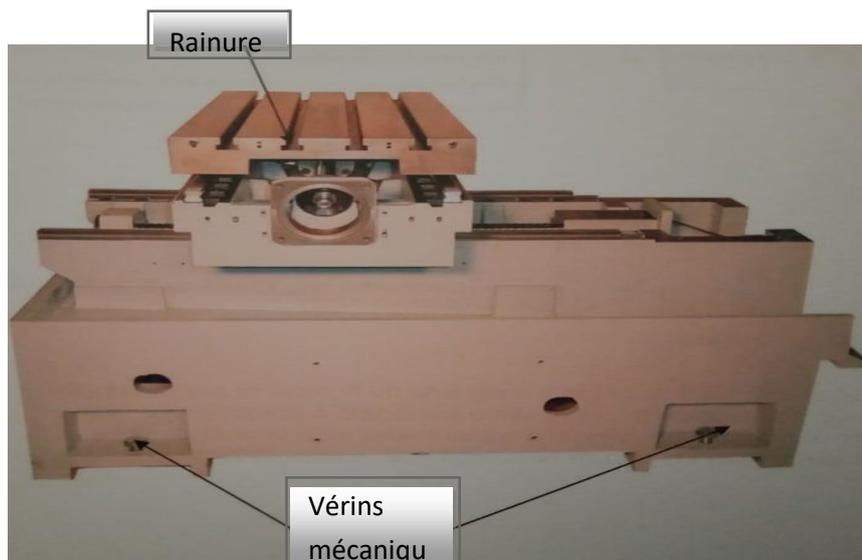


Figure IV.03 : La table.

C- La broche :

La conception de la broche, du type (cartouche/ fourrure), utilise des roulements de haute précision de classe P4. Ils sont graissés pour toute la durée de vie des roulements avec une graisse synthétique haute performance KLUBER type NBU15.

Par conséquent, elle ne nécessite pas d'entretien particulier.



Figure IV.04 : La broche.

D- Le chargeur d'outils :

Les chargeurs d'outils sont de type (parapluie). Ce mode de chargement d'outils consiste à placer les outils sur un disque rotatif qui se déplace en combinaison avec la broche pour effectuer un changement d'outils. Ce système est très fiable et très robuste de par sa conception éprouvée depuis de nombreuses années dans le domaine industriel.



Figure IV.5 : Le chargeur d'outils.

IV .3. La conception et fabrication assistée par ordinateur (La CFAO)

IV 3.1 Introduction

La conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO) est la synthèse de la CAO et de la FAO apparue dans les années 1970 avec l'introduction des machines-outils à commande numérique.

On va prendre un exemple sur la conception assistée par ordinateur (sur SolidWorks) et la fabrication par ordinateur (sur Rhinocam) d'une pièce, on prendra l'exemple du guide du triangle de Reuleaux.

A- La conception assistée par ordinateur (CAO) du guide :

Elle se compose de trois parties principales qui sont : représentation de la pièce principale en 3D du guide qui servira pour faire une simulation, la partie assemblage où on peut faire l'assemblage de plusieurs pièces pour représenter l'ensemble du mécanisme et la partie mise en plan où on peut réaliser le dessin de définition de chaque pièce avec le cartouche, nomenclature et les différentes cotations de la pièce.

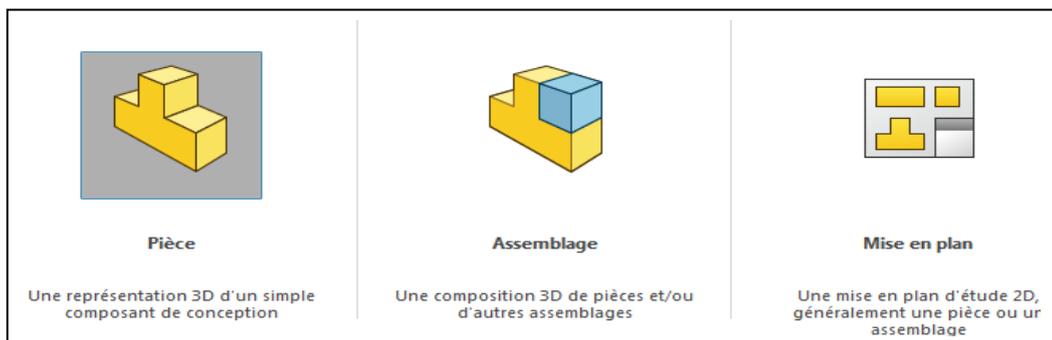


Figure IV.6 : Les différentes principales parties de la CAO.

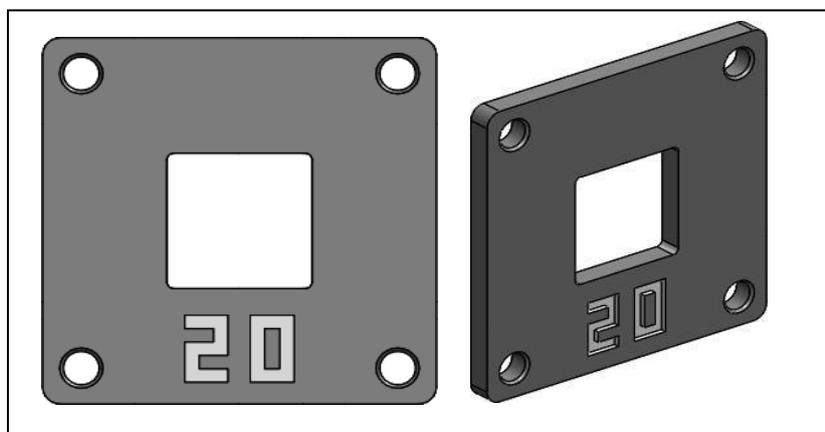


Figure IV.7 : Représentation 3D du guide.

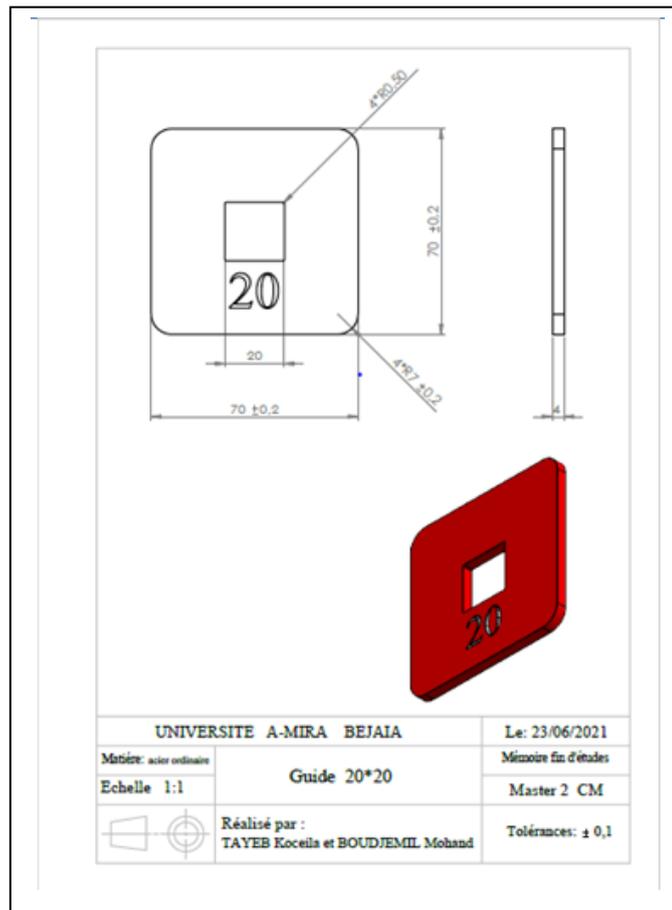


Figure IV.8 : Représentation du dessin de définition du guide du triangle de Reuleaux.

Après avoir représenté le modèle 3D, l'étape qui suit c'est la simulation là où on doit appliquer des contraintes sur la pièce et les conditions aux limites, puis les résultats et discussions pour savoir si la pièce résiste à cet effort :

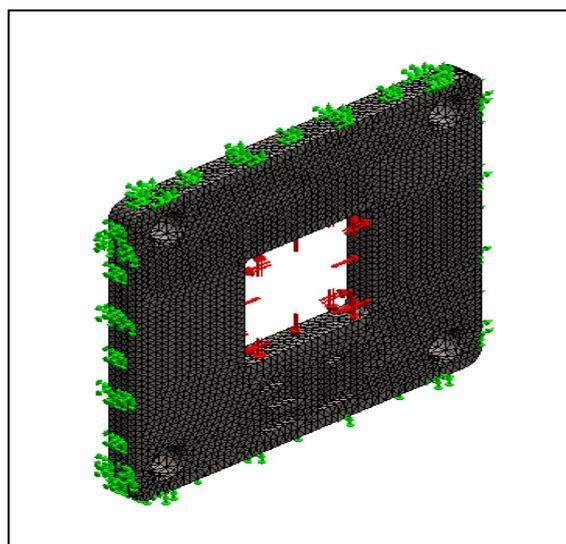


Figure IV.9 : Pièce soumise à l'effort de frottement.

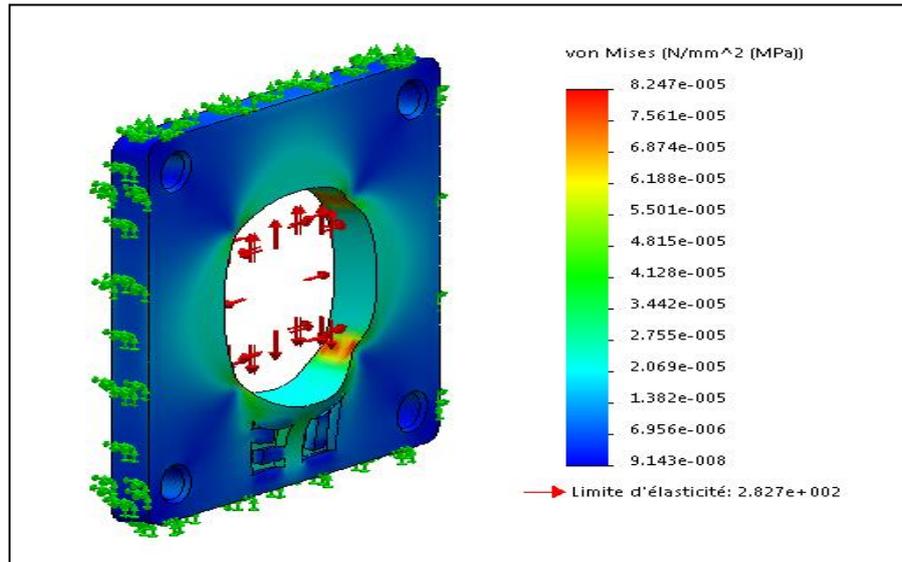


Figure IV.10 : Résultats de la simulation.

Après cette étape et si les résultats sont bons, on pourra donc passer à l'autre étape qui est la fabrication assistée par ordinateur (FAO), pour cela il faudra transférer la pièce du logiciel CAO (SolidWorks) au logiciel de FAO (Rhinocam) sous format IGES.

B- La fabrication assistée par ordinateur (FAO) du guide du triangle de Releaux. :

Le but de la fabrication assistée par ordinateur ou FAO est d'écrire le fichier contenant le programme de pilotage d'une machine-outil à commande numérique. Ce fichier va décrire précisément les mouvements que doit exécuter la machine-outil pour réaliser la pièce demandée. On appelle également ce type de fichiers : programme ISO ou blocs ISO.

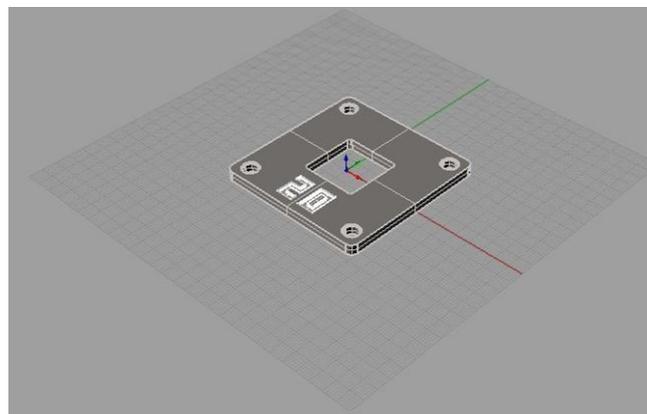


Figure IV.11 : Ouverture du plan de la pièce dans le logiciel FAO.

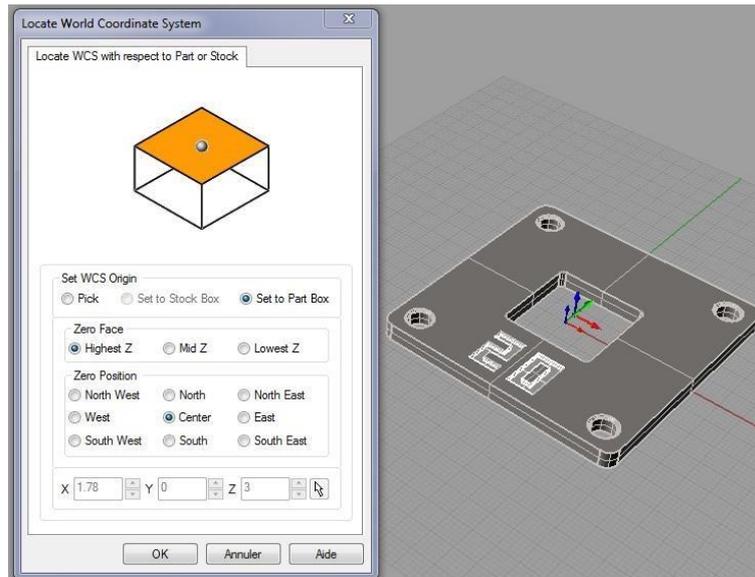


Figure IV.12 : Réglage des axes (X,Y,Z).

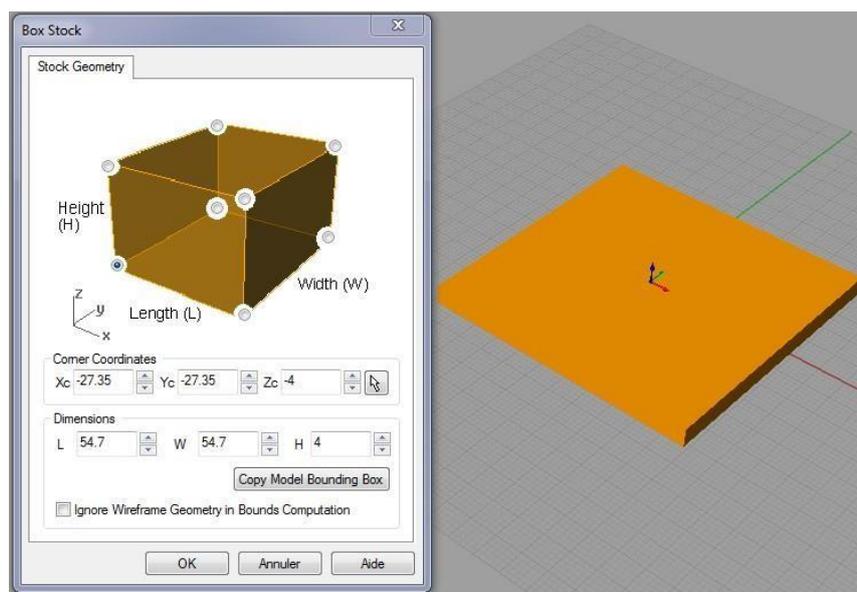


Figure IV.13 : Application de la brute.

Une fois qu'on a réglé les axes et appliqué le brute, on va choisir un procédé d'usinage soit sur 2, 3, 4 ou 5 axes et sur le tableau des paramètres (étude de l'usinage) on doit choisir les conditions de coupe, les vitesses de rotation et d'avance, les paramètres de coupe, les faces à usiner, l'outil de coupe aussi va apparaître. Dans le cas suivant, on donne l'exemple du procédé de contournage pour usiner le contour extérieur du guide.

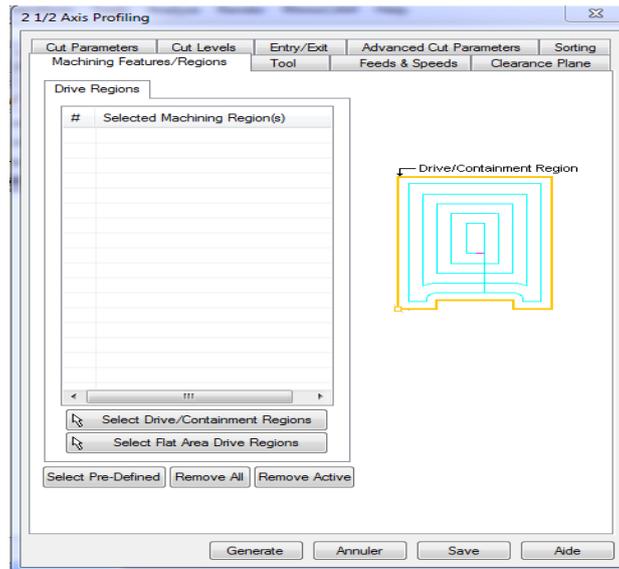


Figure VI.14 : Tableau des paramètres d'usinage.

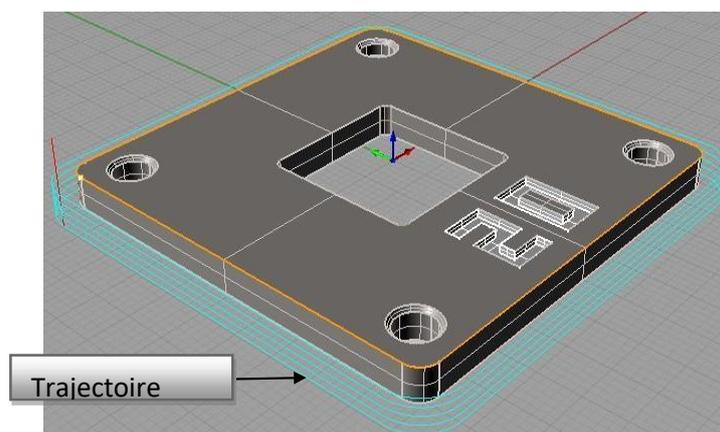


Figure IV.15 : Trajectoire de l'outil de coupe.

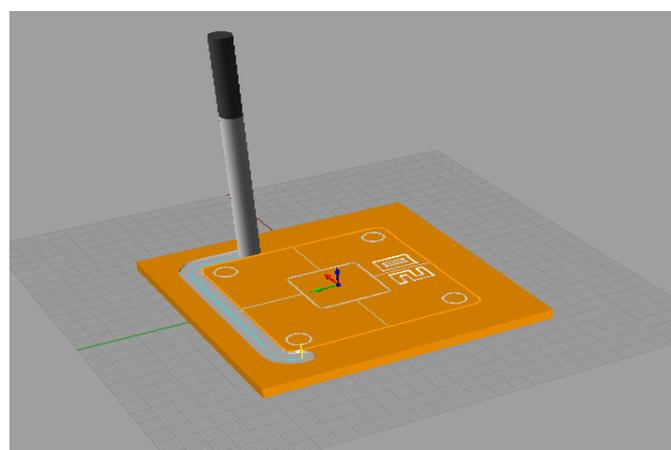


Figure IV.16 : Simulation de l'usinage

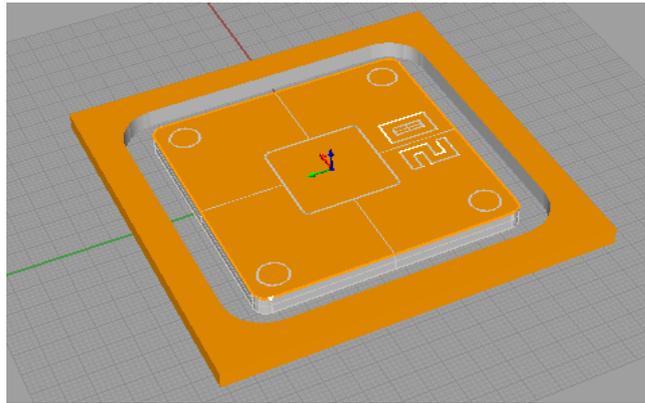


Figure IV.17 : Contournage final.

Une fois que l'étude de l'usinage est faite, on peut générer le programme G-code, pour l'exécuter sur la machine-outil à commande numérique :

```

N1 G64 SOFT
N2 T="14L" D1 M6
N3 S12936 M03
N4 G00 X-30.3326 Y25.0781
N5 Z6.
N6 G01 Z-1. F 87.6
N7 X-30.1994 Y26.0579 F 43.8
N8 X-30.0925 Y26.5131
N9 X-29.8595 Y27.1094
N10 X-29.6361 Y27.5502
N11 X-29.4175 Y27.9055
N12 X-29.1183 Y28.3109
N13 X-28.8398 Y28.6286
N14 X-28.4749 Y28.9799
N15 X-28.1475 Y29.2458
N16 X-27.7324 Y29.5286
N17 X-27.3709 Y29.7329
N18 X-26.925 Y29.9387
N19 X-26.5463 Y30.0772
N20 X-26.0895 Y30.2043
N21 X-25.7098 Y30.2782
N22 X-25.1603 Y30.3334
N23 X-23.0632 Y30.35
N24 X24.85

```

Figure IV.18 : Le programme G-code.

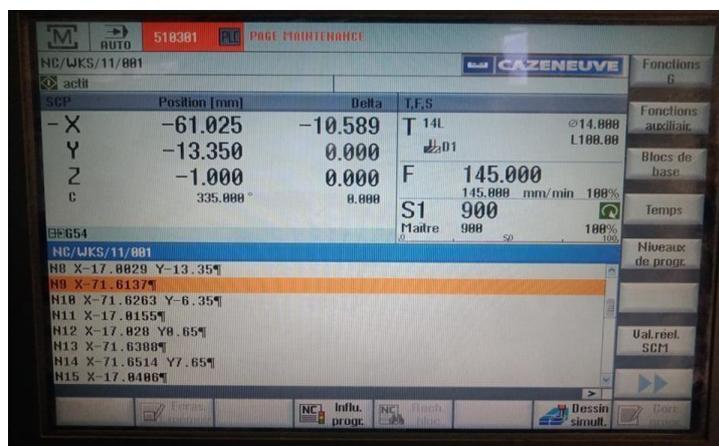


Figure IV.19 : L'exécution du programme sur la machine.

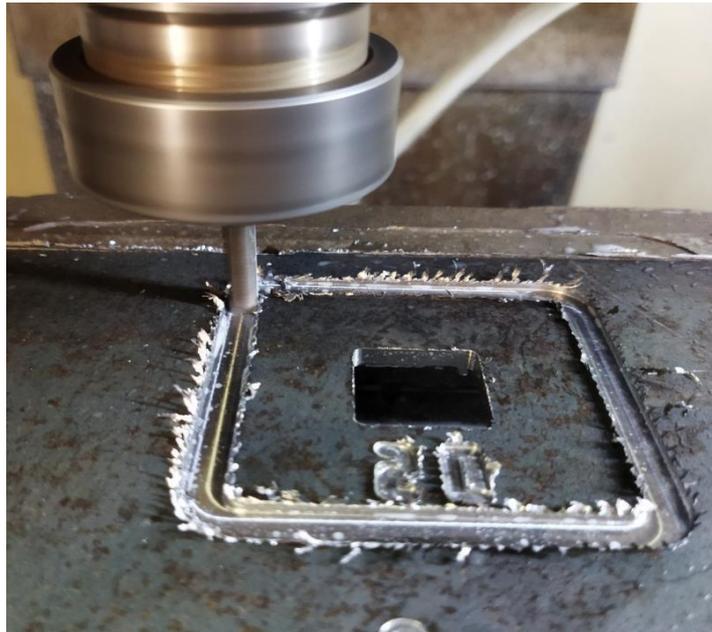
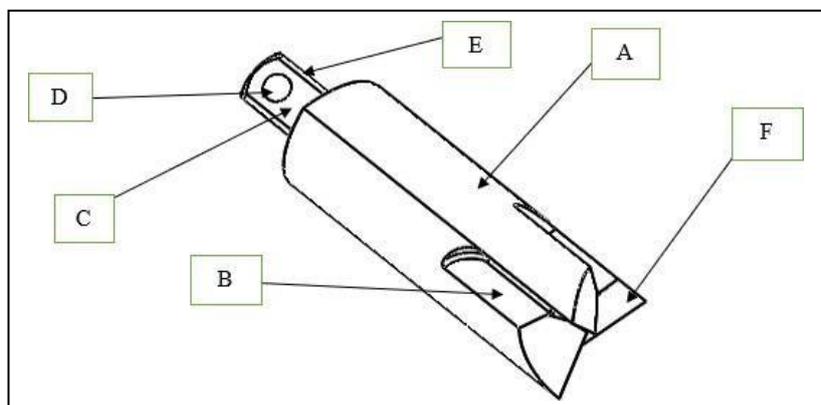


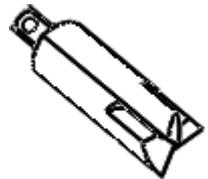
Figure IV.20 : Réalisation du contournage.



Figure IV.21 : Pièce finale réelle.

C- Gamme d'usinage ou étapes de fabrication de l'outil de coupe :



<p>Ensemble : mécanisme de perçage de trous carrés. Elément: foret de perçage</p>		<p>Nombre : 3 Les outils : 16², 20² et 25² Matériau : Z200 (X200Cr12)</p>		<p>Croquis: pour l'outil 20²</p> 
Numéro de phases	Désignations des phases et sous phases	Machines	Appareillage outils-coupants Vérification	Croquis
100	Tronçonnage et débitage	Tronçonneuse alternative	Pied à coulisse et règle.	<p>L= 140 mm et D=25mm</p> 
200	210- Tournage 220- Chariotage 230- Dressage	<p>Tour</p> 	 <p>Type ARS</p>	<p>L=114 mm et D=20mm</p> 
300	Fraisage : Contournage de surface A	<p>Fraiseuse FU</p> 	<p>Fraise bombée de diamètre 8mm</p> 	
400	Fraisage de surface B	Fraiseuse FU	Fraise conique	

				
500	<u>Surfacage</u> de surface C	<u>Fraiseuse</u> FU	Fraise à 4 lèvres de diamètre 14 mm 	
600	<u>Chanfreinage</u> de surface E	<u>Fraiseuse</u> FU et Fraise de <u>chanfreinage</u>		
700	<u>Percage</u> de surface D	<u>Perceuse</u> à colonne	foret de diamètre 6 mm 	
800	<u>Affûtage</u> des trois surfaces de F	<u>Rectifieuse</u>		
900	<u>Traitement Thermique</u>	<u>Dans</u> un Four à 950°C		

IV.3 Les traitements Thermiques réalisés pour les outils de coupe

Après la fabrication par usinage de nos outils de coupe, nous avons effectué des traitements thermiques sur ces outils dans le but d'améliorer leurs caractéristiques mécaniques et rendre ceci plus résistants à l'emploi auquel ils sont destinés et cela à partir des modifications suivantes :

- ✓ Augmentation de la résistance à la rupture et la limite élastique Rem, Re et A% en donnant une meilleure tenue de l'élément.
- ✓ Augmentation de la dureté lui permettant au mieux de résister à l'usure et aux chocs.

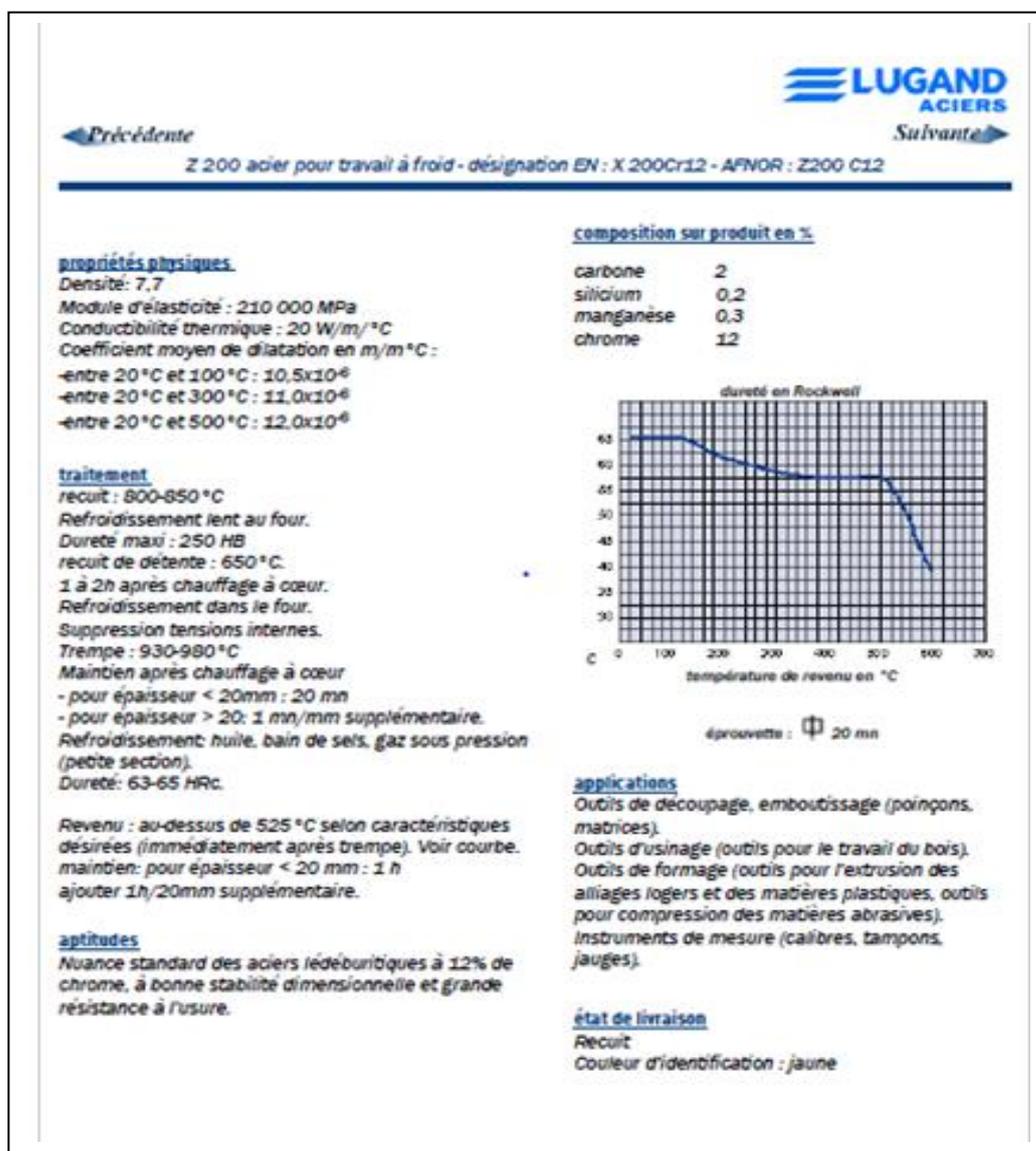


Figure IV.22 : Fiche technique de l'acier Z200.

IV-3-1- Réalisation du recuit

Nous avons allumé le four jusqu'à une température de 850 °C. Une fois cette température atteinte nous avons mis l'outil de coupe à l'intérieur du four sous cette température et le laisser chauffer pendant une durée de 1 à 2 heures. Ensuite après chauffages à cœur, on éteint le four et laisser l'outil à l'intérieur se refroidir lentement.



Figure IV.23 : Le four.



Figure IV.24 : Le four sous une température de 840 °C.



Figure IV.25 : L'outil de coupe après une heure et demie sous la température de 840 °C.

IV.3.2 Réalisation de la trempe

On allume le four à une température de 950 °C, puis on maintient l'outil après chauffage à cœur pour une durée de 20 minutes. Après on le refroidit dans un bain d'huile.



Figure IV.26 : Le four sous une température de 950 °C.



Figure IV.27 : Trempe dans un bain d'huile.

Après la trempe on peut passer à la finition des arrêtes de coupe de l'outil :



Figure IV.28 : L'outil de coupe après le traitement thermique.

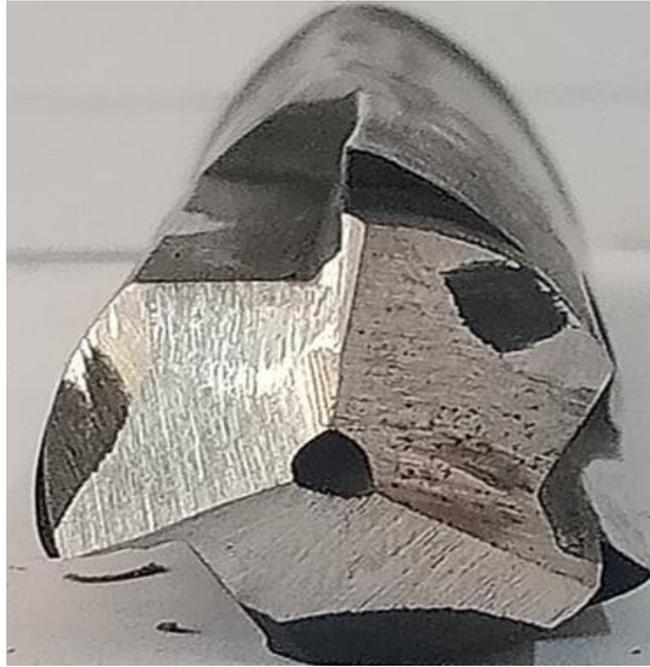


Figure IV.29 : Affûtage des arrêtes de coupe.

IV.4 Conclusion

Dans ce chapitre on a résumé toutes les différentes étapes de fabrication par usinage des différents composants de notre système (les outils de coupe, le mécanisme de fixation ainsi que les systèmes de guidage), alors on peut dire que notre conception est prête à l'emploi en vu de faire des perçages des trous carrés dimensions normalisées..

Conclusion générale

Conclusion Générale

L'objectif de notre projet fin d'étude est de faire une étude de conception et réalisation d'un jeu d'outils pour le perçage de trous carrés de différentes dimensions adapté à la perceuse à colonne, qui se trouve au niveau du hall de technologie de l'université de Bejaia (SOLID B20). Pour cela nous avons utilisé la théorie de Reuleau, pour faire un trou carré de dimensions quelconque il suffit de dessiner le carré et à l'aide de la théorie de Reuleau on réalise la forme de l'outil de coupe puis l'étude la réalisation des arêtes de coupe. A l'aide d'un cardan et un mouvement rotationnel qui sera fourni par la perceuse à colonne l'outil tournera à l'intérieur des guides de dimensions différentes pour guider l'outil de coupe pour réaliser le trou carré voulu.

Avec les différents procédés et technique d'obtention notre système (conception, dimensionnement et la fabrication), à partir de la Théorie de Reuleaux qui explique la partie théorique de l'obtention de triangle de reuleaux.

Notre projet consiste à deux partie principale, la première partie c'est la partie théorique qui explique la méthode d'obtention le triangle de reuleaux à partir de théorie de reuleaux, et la deuxième partie c'est la partie pratique qui explique la méthode de la fabrication de l'outil de coupe.



Figure : Le résultat obtenu du perçage carré.

Référence bibliographique

[1]: <https://www.rocdacier.com/cours-sur-le-perceage/>.

[2]: Perceuse à colonne : Comparatif & Avis des Meilleures perceuses en 2020 .

[3]: Catalogue de la perceuse à colonne existant au niveau du hall de technologie.

[4]: <https://www.google.com/> Diagramme FAST Diagramme FAST - Blog Ac Versailles.

[5]: <https://www.iso.org/fr/ics/21.020/x/>.

[6]: l'isostatisme. <http://sbarillaro.free.fr>.

[7]: Eric W. Weisstein, « ReuleauxTriangle » [archive], sur MathWorld.

[8]: <http://www.juggling.ch>.

[9]: <https://fr.scribd.com/document/429009002/Z200-PDF>

[10]: Dominique Ghiglione, Claude Leroux et Christian Tournier, « Pratique des traitements thermochimiques », Éditions techniques de l'ingénieur, traité Matériaux métalliques.

[11]: <https://metals-industry.com/puissance-coupe/>

[12]: Catalogue de la machine (centre d'usinage 4 axes, Casneuv, commande siemens).

Résumé

La conception de notre mécanisme est basé sur la réalisation d'un système pour les perçages de trous carrés de dimensions normalisées soit $16\times 16\text{mm}$, $20\times 20\text{mm}$ et $25\times 25\text{mm}$.

Nous avons utilisé la théorie de Reuleaux pour le dimensionnement des forets de perçage ainsi de réaliser un système de fixation adapté à la perceuse à colonne SOLID B20 existante au niveau du hall technologie de l'université de Bejaia.

Notre projet de fin d'études et devisé par deux parties principales, la première partie c'est la partie théorique qui explique la méthode d'obtention le triangle de Reuleaux à partir de théorie de Reuleaux, et la deuxième partie c'est la partie pratique qui explique la méthode de la fabrication de l'ensemble du système de perçage de trous carrés.

Abstract

The design of our mechanism is based on the realization of a system for drilling square holes of standardized dimensions $16\times 16\text{mm}$, $20\times 20\text{mm}$ and $25\times 25\text{mm}$.

We used the theory of Reuleaux for the dimensioning of the drill bits as well as to carry out a system of fixing adapted to the existing column drill SOLID B20 at the level of the technology hall of the university of Bejaia.

Our project of end of studies and devised by two principal parts, the first part it is the theoretical part which explains the method of obtaining the triangle of Reuleaux starting from theory of Reuleaux, and the second part it is the practical part which explains the method of the manufacture of the whole system of drilling of square holes.