

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

**UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA**  
**FACULTÉ DE TECHNOLOGIE**  
**DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE**

MEMOIRE

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE

**MASTER**

FILIÈRE : GÉNIE MÉCANIQUE

SPÉCIALITÉ : CONSTRUCTION MÉCANIQUE .

PAR :

**AKROUNE YANIS**

**SAIDANI IDRIS**

## Thème

---

**Etude et réalisation d'un système permettant le perçage de trous  
carres à l'aide d'une perceuse portable**

---

Soutenu en Octobre 2021 devant le jury composé de:

Mr.BENSAID

Président

Melle.ADJOUADI

Rapporteur

Mr.M.HAJOU

Encadreur

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2020-2021

# Remerciements

*Nous remercions le Bon Dieu de nous avoir donné la force, la patience et le courage d'avancer en cette période spéciale de notre existence.*

*À notre promoteur Monsieur HADJOU Madjid*

*Vous. Recevez nos plus sincères remerciements pour les moyens mis à notre disposition tout le temps passés au niveau de halle technologie. Votre expérience, vos grandes compétences et vos précieux conseils ont permis l'accomplissement de ce travail. Nous avons particulièrement apprécié votre enthousiasme et votre dynamisme communicatif, votre patience. Trouvez ici le témoignage de notre profonde admiration et de nos remerciements les plus sincères.*

*Tout le personnel du hall de technologie*

*Nous adresserons aussi nos sincères remerciements :*

*À tout le cadre d'enseignants qui par leur engagement scientifique et éducatif, durant ces cinq années d'études, ont été pour moi une source d'inspiration.*

*Mes vifs remerciements s'adressent aux MEMBRES DU JURY, pour l'honneur qu'ils m'ont fait en examinant ce mémoire de fin d'étude, soyez assures de ma respectueuse considération.*

*Enfin, a toutes les personnes ayant contribué de près ou du loin a la réalisation de ce travail.*

# DÉDICACES

À MES CHERS PARENTS QUI M'ONT ENCOURAGÉ ET SOUTENU TOUT AU  
LONG DU PARCOURS DE MES ÉTUDES

À TOUT MA FAMILLE

À TOUS MES AMIS

À TOUS MES ENSEIGNANTS

À TOUT LA PROMOTION GÉNIE MÉCANIQUE 2020/2021

YANIS

# DEDICACE

*A ma très chère mère, Porteuse de mes espoirs*

*A mon père pour ses sacrifices*

*A mes frères*

*toute ma famille*

*A tous mes amis,*

IDRIS

# Table des matières

---

Introduction générale .....	1
<b>Chapitre I généralité sur l'usinage</b>	
I.1 Introduction .....	2
I.2 Le perçage .....	2
I.2.1 . Définition d'une perceuse.....	3
I.2.2 Les types de perceuses .....	3
2.1 Perceuse manuelle .....	3
2.2 Perceuse sans fil .....	3
2.3 Perceuse à percussion.....	4
2.4 Perceuse à colonne .....	4
2.5 Perceuse radiale.....	5
2.6 Perceuse magnétique .....	6
2.7 Perceuse pneumatique .....	6
I.3 Outils .....	7
I.3.1 Les types de forets.....	7
3.1.1 Le foret hélicoïdal .....	8
3.1.2 Les forets à centrer .....	8
3.1.3 Le foret à pointer .....	10
3.1.4 Les forets étagés .....	10
3.1.5 Les outils spéciaux de forage .....	11
I.4 L'alésage.....	11
I.4.1 Définition .....	11
I.4.2 Les barres d'alésage à têtes interchangeables.....	12
I.4.3 Les cartouches à plaquettes amovibles .....	13
I.5 Principe du perçage .....	13
I.6 Conditions de coupe.....	14
I.7 Mécanismes d'enlèvement de la matière pendant le perçage.....	14
I.8 Bavure .....	15
I.9 Usure de foret.....	16
I.10 Perçage assisté.....	19
I.11 Conclusions .....	19

## Chapitre II

II.1 Introduction.....	20
II.2 Le Etude théorique de la trajectoire de l'outil de coupe.....	21
II.2.1 Construction (concept géométrique).....	21
II.2.2 Le triangle de Reuleaux .....	21
II.2.3 La construction du triangle de Reuleaux .....	22
II.2.4 périmètre et l'aire de triangle de Reuleaux.....	23
II.2.5 Principes de fonctionnement et de conception.....	24
II.2.6 Calcul des courbes .....	27
II.2.7 Rapport de rotation .....	28
II.2.8 Appareil et principe de fonctionnement.....	31
II.2.9 Réalisation .....	31
II.3 Conclusions.....	34

## Chapitre III : Partie pratique

III.1 Introduction .....	35
III.1 Présentation d système étudié .....	35
III.2 Fonctionnement .....	36
III.4 Dimensionnement des éléments composant le système étudié .....	36
III.4.1 La perceuse .....	36
III 4.1.2 Les caractéristiques d'une perceuse .....	37
III.4.1.3 Puissance nécessaire à la coupe .....	37
III.4.2 Joint de cardan pour transmission de couple.....	37
III.4.2.2 Rendement d'un joint de cardan.....	39
III.4.2.3 Calcul de la contrainte de cisaillement de joint de cardan .....	39
III.4.2.4 Régime et angle de transmission d'un joint de cardan.....	41
III.4.3 L'outil de coupe.....	42
III.4.3.2 La réalisation de foret.....	45
III.4.3.3 Composition chimique moyenne en % du foret .....	47
III.4.4 Le porte outil .....	48
III.4.4.1 Le guide .....	48
III.4.4.2 Le support .....	49
III.4.4.3 Le collier .....	50

III.3 Assemblage de mécanisme .....	51
III.6 Avantages et inconvénient de ce mécanisme .....	52
III. Conclusion .....	53
Conclusion générale .....	54
Bibliographie.	

## Chapitre I : généralité sur le perçage

<b>Figure I.1</b> Perceuse mobile .....	2
<b>Figure I. 2</b> Perceuse à colonne .....	2
<b>Figure I.3</b> perceuse manuelle .....	3
<b>Figure I.4</b> perceuse sans fil .....	3
<b>Figure I.5</b> perceuse à percussion.....	4
<b>Figure I.6</b> perceuse a colonne.....	5
<b>Figure I.7</b> perceuse radiale .....	5
<b>Figure I.8</b> Perceuse magnétique.....	6
<b>Figure I.9</b> Perceuse pneumatique.....	6
<b>Figure I.10</b> foret a queue conique .....	7
<b>Figure I.11</b> foret a queue cylindrique.....	7
<b>Figure I.12</b> Le foret hélicoïdal .....	8
<b>Figure I.13</b> Le foret à centrer type A .....	9
<b>Figure I.14</b> Le foret à centrer type B .....	9
<b>Figure I.15</b> Le foret à centrer type R .....	9
<b>Figure I.16</b> le foret à pointer .....	10
<b>Figure I.17</b> Le foret étagé .....	10
<b>Figure I.18</b> Alésoir à hélice.....	11
<b>Figure I.19</b> Barre d'alésage .....	12
<b>Figure I.20</b> Cartouche d'alésage.....	13
<b>Figure I.21</b> les mouvements du coupe .....	14
<b>Figure I.22</b> Mécanisme d'enlèvement de la matière pendant le perçage avec un foret.....	15
<b>Figure I.23</b> les cinq types du bavure .....	16
<b>Figure I.24</b> Différents types d'usure des forets.....	17
<b>Figure I.25</b> L'usure par adhésion.....	18
<b>Figure I.26</b> Exemple de rupture du foret .....	18

<b>Figure I.27</b> Modalisation du perçage assiste par vibrations.....	19
--	----

## **Chapitre II : Le perçage des trous carrés**

<b>Figure II.1</b> 1A) méthode d'obtention de triangle de Reuleaux; B) L'ingénieur allemand F.Reuleaux.....	20
<b>Figure II.2</b> Un cercle à l'intérieur de deux lignes parallèles .....	21
<b>Figure II.3</b> Le triangle de Reuleaux .....	22
<b>Figure II.4</b> - Triangle de Reuleaux : a) - construction ; b) la séquence de rotation pour obtenir un trou carré.....	22
<b>Figure II.5</b> A' et B' sont respectivement Périmètre et aire du triangle de Reuleaux .....	23
<b>Figure II.6</b> Le périmètre du triangle de Reuleaux correspond au périmètre d'un demi-cercle	23
<b>Figure II.7</b> Le périmètre du triangle de Reuleaux .....	24
<b>Figure II.8</b> L'aire de triangle de Reuleaux.....	24
<b>Figure II.9</b> Trajectoire de triangle de Reuleaux.....	25
<b>Figure II.10</b> position initiale .....	25
<b>Figure II.11</b> Rotation de 15° du triangle pour une rotation de son centre de 45° .....	26
<b>Figure II.12</b> Rotation de 45° du triangle pour une rotation de son centre de 135° .....	26
<b>Figure II.13</b> Rotation de 60° du triangle pour une rotation de son centre de 180° .....	27
<b>Figure II.14</b> Une rotation de 360° donne cette forme.....	27
<b>Figure II.15</b> Trajet elliptique .....	28
<b>Figure II.16</b> La variation des angles entre la rotation du triangle autour de son axe et la rotation de son axe autour du carré .l'échelle.1=1.....	29
<b>Figure II.17</b> Une autre variante de triangle de Reuleaux.....	30

<b>Figure II.18</b> Une forme carrée parfaite avec le triangle de Reuleaux .....	30
<b>Figure II.19</b> Profil réel de la partie travaillante de l'outil .....	31
<b>Figure II.20</b> Des mèches possibles.....	31
<b>Figure II.21</b> Unguide .....	32
<b>Figure II.22</b> Un cardan choisi pour la machine.....	32
<b>Figure II.23</b> Mécanisme de perçage de trou carré.....	33
<b>Figure II.24</b> Perçage de trou carrée a base de triangle de Reuleaux a l'aide d'une Perceuse mobile.....	33
<b>Figure II.25</b> mécanisme de perçage carré à base d'une autre variante de triangle de Reuleaux .....	34

### **Chapitre III : Partie pratique**

<b>Figure III.1</b> Mécanisme de perçage de trou carré.....	35
<b>Figure III .2</b> A) mise en plan d'une perceuse,B) La perceuse de hall de technologie .....	36
<b>Figure III .3</b> A) conception d'un joint decardan, B) La mise en plan de joint de cardan	38
<b>Figure III .4</b> Conception de joint de cardan de notre mécanisme .....	38
<b>Figure III .5</b> Une vue réelle du joint de cardan.....	39
<b>Figure III .6</b> Angle maximum suggéré pour une transmission â deux joints de cardan.....	41
<b>Figure III .7</b> Courbe du régime du transmission en fonction de l'angle du joint du cardan.....	41
<b>Figure III .8</b> Vue réelle de l'outil de coupe.....	42
<b>Figure III .9</b> Triangle de Reuleaux.....	42
<b>Figure III.10</b> Triangle de Reuleaux de cote a.....	42
<b>Figure III.11</b> La forme initiale de l'outil.....	43
<b>Figure III.12</b> L'enlèvement de la matière.....	43
<b>Figure III.13</b> Les arêtes tranchantes.....	43
<b>Figure III.14</b> La forme finale de l'outil.....	43
<b>Figure III.15</b> Une vue réelle de foret (outil de coupe).....	44
<b>Figure III.16</b> Conception du l'outil de coupe pour le perçage carre.....	44

<b>Figure III.17</b> Mise en plan du guide. ....	48
<b>Figure III.18</b> Une vue réelle du guide .....	49
<b>Figure III.19</b> La mise en plan du support .....	49
<b>Figure III.20</b> Vue réelle du support .....	50
<b>Figure III.21</b> A) Conception d'une partie de collier ; B) Une vue réelle de collier de serrage .....	50
<b>Figure III.22</b> Le positionnement du collier du serrage.....	51
<b>Figure III.23</b> Le positionnement des éléments de mécanisme. ....	51
<b>Figure III.24</b> Conception de mécanisme de perçage de trou carrée. ....	51
<b>Figure III.25</b> Un trou carré réalisé par notre mécanisme .....	52

# Liste des tableaux

---

**Tableau III.1** les étapes de réalisation de forêt .....47

**Tableau III.2** Composition chimique moyenne en % du forêt.....48

## Nomenclature et Symbole

---

$M_c$		Mouvement de coupe
$M_f$		Mouvement d'avance
$V_c$	m/min	Vitesse de coupe
$n$	tr/min	Vitesse de rotation de l'outil
$d$	mm	diamètre
$V_f$	mm/min	La vitesse d'avance
$f$	mm/tour	Avance par tour
$a$	mm	Profondeur de passe
$a_p$	mm	Profondeur de coupe
$a_f$	mm	Engagement de l'arête
$h$	mm	Épaisseur de coupe
$b$	mm	Largeur de coupe.
$b_D$	mm	Largeur nominale de coupe
$K_r$	rad	Angle de direction d'arête
$\alpha$	rad	Angle de direction d'arête
$\beta$	rad	Angle de taillant
$\gamma$	rad	Angle de coupe
$l$	mm	longueur

# Introduction générale

---

## Introduction générale

Le terme 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 ,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. Cet article ne traite cependant que du perçage de trous courts.

Précédemment , les trous courts étaient essentiellement percés sur des machines verticales classiques et occasionnaient souvent des goulets d'étranglement dans la production .Désormais, cette opération peut être effectuée sur la plu part des machines, ce qui rend possible le perçage rapide de trous courts sur cellules flexibles, centres d'usinage et tours Cnet CNC modernes.

Le fait que le perçage soit de loin l 'opération d'usinage la plus courante et que la majorité des trous percés aient un diamètre compris entre 10 et 20 mm montre clairement l 'importance des trous courts dans le secteur moderne de l 'usinage par enlèvement de copeaux. Le développement d'outils pour le perçage de trous courts a radicalement modifié les besoins à la fois d'usinage préliminaire et d'usinage consécutif.

Les outils moderne sont fait que le perçage dans le plein peut désormais être exécuté en une seule opération, sans point de centre et avec une qualité permettant, dans la plu part des cas, d'éliminer les opérations complémentaires destinées à améliorer la précision de côtes et le fini de surface. [22]

Le but de notre projet de fin d'étude est de concevoir un mécanisme permettant de percer des trous de forme carrée à l 'aide de perceuses portables. Le présent mémoire est compose des chapitres suivantes : chapitre I généralités sur le perçage, chapitre II le perçage de trous carres, chapitre III conception et réalisation de mécanisme propose, avec simulation numérique et gamme d'usinage.

## I.1 Introduction :

Le perçage est une forme de fraisage avec une caractéristique particulière : l'outil doit plonger dans la matière. Il faut donc qu'il soit capable de couper au centre (zone où la vitesse de coupe est nulle). Le foret le plus courant est en ARS, il peut être revêtu d'une couche de carbure (couleur or), mais il existe des fraises à percer, l'arête de coupe étant formée de deux plaquettes se chevauchant au centre, afin de pouvoir couper le centre du trou.

ARS : Acier Rapide Supérieure

Pour le perçage d'une pièce nécessite parfois l'utilisation successive de différents procédés de fabrication. De plus, les pièces obtenues peuvent subir des traitements thermiques ou des traitements de Surface afin de modifier leurs propriétés.[1]

**I. 2 Le perçage :** le perçage c'est réaliser un trou cylindrique dans une pièce par enlèvement de matière animé d'un mouvement de rotation contenu et de déplacement longitudinal par foret la perceuse est le matériel qui a été conçu pour réaliser ces trous .Cependant d'autres machines –outils sont capables de réaliser des perçage :

- Tour.
- Fraiseuse

Le terme de perçage regroupe toutes les méthodes ayant pour objet d'exécuter des trous cylindriques dans une pièce avec des outils de coupe par enlèvement de copeaux. En plus du perçage de trous courts et du forage de trous profonds, ce concept inclut également diverses opérations d'usinage consécutives, telles que brochage, alésage, réalésage et certaines formes de finition comme le calibrage et le galetage.

On peut classer les perceuses suivant plusieurs types:

Perceuses sensibles, à colonne Portatives (pneumatiques ou électriques)...



**Figure I.1** perceuse mobile.[1]



**Figure I.2** perceuse a colonne.[1]

## I.2.1 Définition d'une perceuse:

Une perceuse ou foreuse est un outil qui sert à percer ou tarauder des trous dans différents matériaux à l'aide de forets. Les perceuses modernes sont l'aboutissement de plusieurs siècles de technologie. Les vilebrequins sont apparus dans les ateliers de menuisiers et chez les charpentiers vers le XVe siècle. Les perceuses manuelles à engrenage datent du XIXe siècle, et c'est vers la fin du XIXe siècle que sont apparues les premières perceuses électriques. [2]

## I.2.2 Les types de perceuses :

### I.2.2.1 Perceuse manuelle:

Il s'agit d'une perceuse munie d'un mandrin classique pour le serrage des mèches, mais dont la force motrice est fournie par une manivelle, et un engrenage de renvoi d'angle. Les perceuses manuelles ont souvent deux vitesses, en réalité deux démultiplications différentes. On ne doit pas les confondre avec d'autres outils de perçage manuels tel le vilebrequin ou la tarière. La perceuse manuelle est communément appelée chignole à manivelle.[2]



**Figure I.3** perceuse manuelle. [2]

### I.2.2.2 Perceuse sans fil:

La perceuse sans fil est un outil équipé d'un moteur électrique fonctionnant sur une batterie, elle sert à percer des trous dans différentes matières. Sa puissance est moindre qu'une perceuse filaire, mais son utilité (en cas d'absence de courant) et sa maniabilité (pas de fil à traîner derrière soi) en font un outil indispensable. Les batteries amovibles se rechargent sur un socle spécifique, comprenant un transformateur électrique, et un coupe circuit thermique de sécurité.[2]



**Figure I.4** perceuse sans fil.[2]

**I.2.2.3 Perceuse à percussion:**

Une perceuse à percussion est équipée d'un mandrin dit « classique » qu'il soit à clé ou auto-serrant, sa fonction première de perceuse est accompagnée d'une fonction percussion afin de percer des matériaux durs tels que la brique ou le béton. Néanmoins pour des matériaux encore plus durs ou une utilisation plus intense il vaut mieux privilégier l'utilisation d'un perforateur.[2]



**Figure I.5** perceuse à percussion. [2]

**I.2.2.4 Perceuse à colonne:**

Une perceuse à colonne est une machine-outil d'atelier fixée sur un bâti, un établi ou au sol. Elle permet des perçages verticaux précis et importants (diamètres pouvant aller jusqu'à 30 millimètres dans l'acier ordinaire).

Le moteur électrique, de quelques centaines de watts, fait tourner une broche par l'intermédiaire d'une boîte de vitesses (souvent à courroies). Un mandrin ordinaire ou des forets à queue conique (cône Mors) peuvent être fixés à l'extrémité de cette broche qui peut coulisser verticalement lorsque l'opérateur manœuvre un volant, un levier ou par le moteur. La pièce à percer est maintenue fermement dans un étau fixé lui-même sur la table. La pièce peut être clamée directement sur la petite table ou sur le socle grâce aux glissières ou aux boutonnières. [2]



**Figure I.6** perceuse a colonne. [2]

## I.2.2.5 Perceuse radiale:

C'est une machine-outil semblable à une perceuse à colonne mais dont la broche est montée sur un chariot coulissant le long d'un bras pouvant pivoter avec la colonne comme axe.

Elle peut être munie d'une tête ou d'une table inclinable permettant de percer selon des axes non verticaux.

Sur ce type de machine peuvent être réalisés également des lamages et des alésages. Pour les nombreuses opérations nécessitant une grande précision des trous se trouvant dans des positions plus variées on lui préfère l'aléuseuse ou l'aléuseuse-fraiseuse. [2]



**Figure I.7** perceuse radiale. [2]

**I.2.2.6 Perceuse magnétique:**

C'est une machine-outil composée d'un corps de perceuse traditionnelle montée par l'intermédiaire d'un axe vertical sur une embase magnétique (un électroaimant) qui permet de fixer cette dernière sur les pièces que l'on doit percer. Elle s'utilise principalement en charpente métallique. Cette perceuse peut travailler avec des forets traditionnels équipée d'un adaptateur et d'un mandrin. Mais elle est prévue d'origine pour fonctionner avec des fraises (type trépan). Cette perceuse doit toujours être utilisée avec une chaîne de sécurité afin d'éviter les chutes en cas de coupure de courant. [2]



**Figure I.8** Perceuse magnétique. [2]

**I.2.2.7 Perceuse pneumatique:**

Perceuse utilisant l'air comprimé comme énergie. Elles sont souvent utilisées dans les garages de réparation automobile. Elles nécessitent d'être reliées à un réservoir d'air comprimé par l'intermédiaire d'un tuyau. [2]



**Figure I.9** Perceuse pneumatique. [2]

## I.3 Outils:

Les outils de perçage comportent tous une machine tournante (le plus souvent un moteur, mais parfois une manivelle pour le perçage à main, voire anciennement une corde enroulée autour de l'axe pour les scies à arc), un dispositif de couplage (mandrin), et un outil d'enlèvement de matière, le tout pouvant être libre (outil portatif) ou affixé à un bâti avec des accessoires (par exemple sur une perceuse à colonne, ou sur un tour). Le plus souvent, la pièce à percer est fixée et l'outil mobile, mais il peut arriver que l'on fixe le foret et fasse tourner la pièce, pour des perçages concentriques au tour par exemple.

Les sources de rotation peuvent être:

Un moteur (le plus fréquent)

- Une manivelle (perçage à main avec une chignole)
- Une corde enroulée autour de l'axe, fixée aux deux extrémités d'un arc (scie à arc) ou fixée à une extrémité sur l'axe (dans ce cas le mouvement est créé en déroulant la corde, l'inertie de l'arbre permet alors l'enroulement à nouveau de la corde).
- Un arbre simple mis en rotation entre les paumes (perçage primitif).

L'outil d'enlèvement de matière peut être:

Un foret (le plus fréquent).

- Un alésoir (pour des percés de précision).
- Une scie cloche (pour des trous dont le diamètre est grand devant la profondeur).
- Un taraud (pour réaliser un filetage).
- Une fraise (pour des profils de perçage non cylindriques).
- Un foret étagé (pour réaliser en une seule opération un trou à paliers).

### I.3.1 Les types de forets :

Suivant leur forme, on distingue :

**A) Les forets à queue conique :** On les utilise pour les diamètres supérieurs à 13mm.

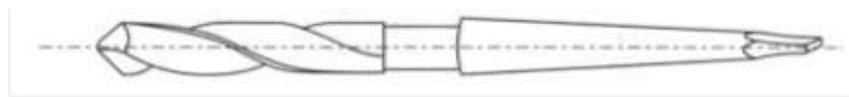


Figure I.10 Le foret à queue conique. [3]

**B) Les forets à queue cylindrique :** On les utilise pour les diamètres inférieurs ou égaux à 13mm.

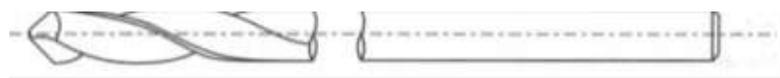
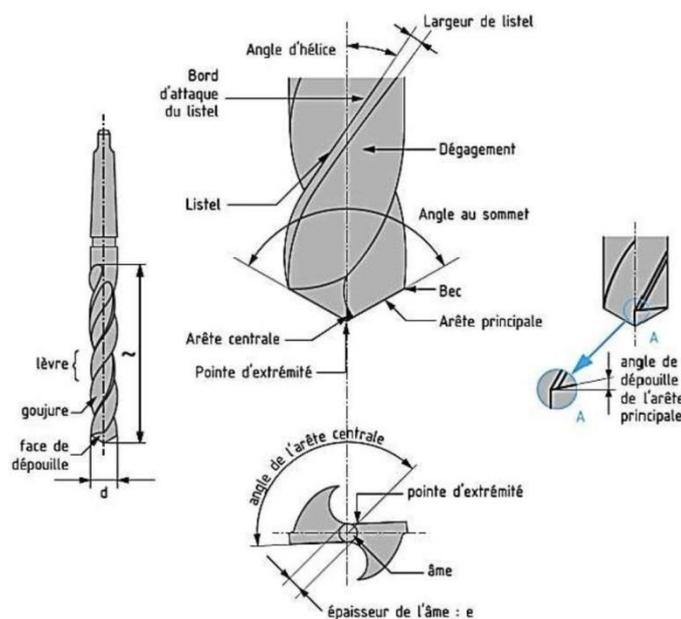


Figure I.11 Le foret à queue cylindrique. [3]

## C) Le foret hélicoïdal :

(Illustré sur la figure I.12 ) il se compose généralement de :

- Un corps (diamètre).
- Deux listels de guidage.
- Deux goujures décroissantes.
- une pointe dont l'angle est variable (suivant la matière usinée).
- La queue (cylindrique ou conique morse). [4]



**Figure I. 12** Le foret hélicoïdal. [4]

## D) Les forets à centrer :

En raison des exigences liées soit à la qualité dimensionnelle des cotes à réaliser soit à la réduction des efforts de coupe en début d'un travail de perçage, on utilise couramment des outils appelés forets à centrer. Le choix d'un foret à centrer dépend des dimensions de la pièce, des efforts supportées et de la précision du travail à réaliser.

Ces outils sont classés respectivement en :

- Hélice normale - pour les perçages courants;
- Hélice longue - pour les métaux à copeaux fragmentés;
- Hélice courte - pour des métaux à copeaux continus.

Suivant leur angle d'hélice, on classe les forets dans les catégories suivantes :

- Centre sans chanfrein de protection (type A),
- Centre avec chanfrein de protection (type B),
- Centre à profil curviligne (type R) pour travaux de grande précision.

Suivant leur forme, on distingue :

- Les forets cylindriques : série extra-courte, courte, longue et extra-longue;
- Les forets à queue conique ou cône morse (utilisés pour le travail de série) : série longue, série courte et série extra-longue.
- Les forets aléseurs : à queue cylindrique et à queue conique.[4]

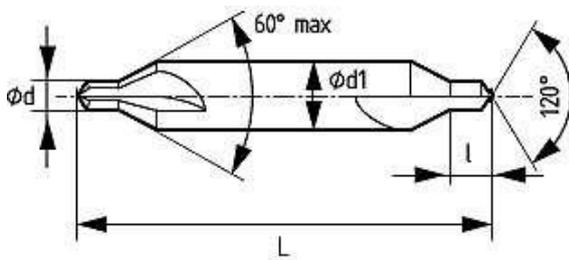


Figure I.13 Le foret à centrer type A.[4]

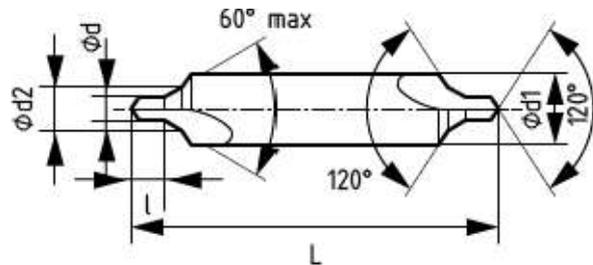


Figure I.14 Le foret à centrer type B.[4]

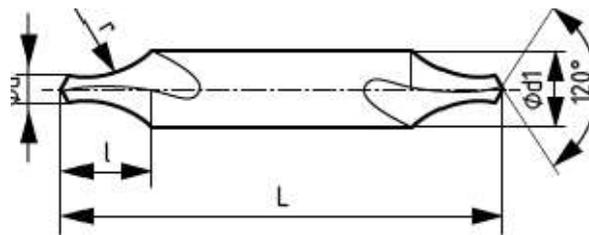
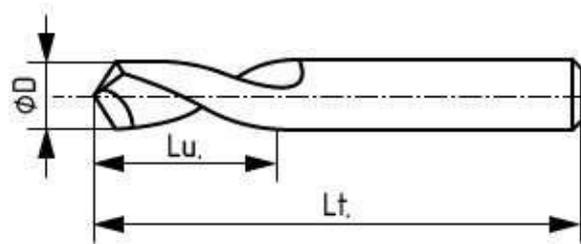


Figure I.15 Le foret à centrer type R. [4]

**E) Le foret à pointer:**

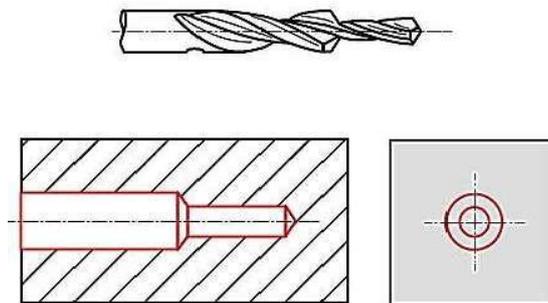
Pour préparer les perçages et pour éviter la déviation du foret au moment de l'attaque de la Pièce, on utilise un foret court dont l'angle de pointe est de 90° et amincie. Comporte une âme, cet outil s'appelle foret à pointer. [4]



**Figure I.16** le foret à pointer. [4]

**D) Le foret étagé :**

Ils permettent de réaliser des perçages étagés (figure ci-dessous) sans démontage d'outils. On les utilise généralement à 90° pour réaliser des avant-trous de taraudage avec chanfrein d'entrée [4]



**Figure I.17** Réalisation d'un perçage étagé. [4]

## F) Les outils spéciaux de forage :

Les outils spéciaux de forage (à mise carbure fixe ou à plaquettes amovibles carbure) permettent de réaliser des travaux particuliers dans divers matériaux, avec angles de coupe convenant à chaque cas. Les travaux spéciaux sont classifiés en trois catégories :

- **Forage** : réalisation d'un trou en une seule opération (travail dans le plein),
- **Carottage** : réalisation de grands diamètres dans le plein avec récupération de la chute (appelée aussi carotte),
- **Réalésage** : réalisation d'un trou plus précis à partir d'ébauche venant de forge, de fonderie ou de forage. [4]

## I.4. L'alésage:

### I.4.1 Définition:

L'opération d'alésage est le calibrage d'un trou (soit brut soit percé) au foret ou au foret aléseur. Elle peut se faire sur tout type de perceuse, sur machines-outils à commande numérique, sur tour (à l'alésoir machine ou à l'outil d'enveloppe).

L'alésoir est conçu pour réaliser un enlèvement de matière par les lèvres frontales et un calibrage (copeau très fin) par les lèvres périphériques.

L'hélice est prévue pour diriger le copeau :

- Soit vers le haut, pour les trous borgnes.
- Soit vers le bas, pour les trous débouchant.

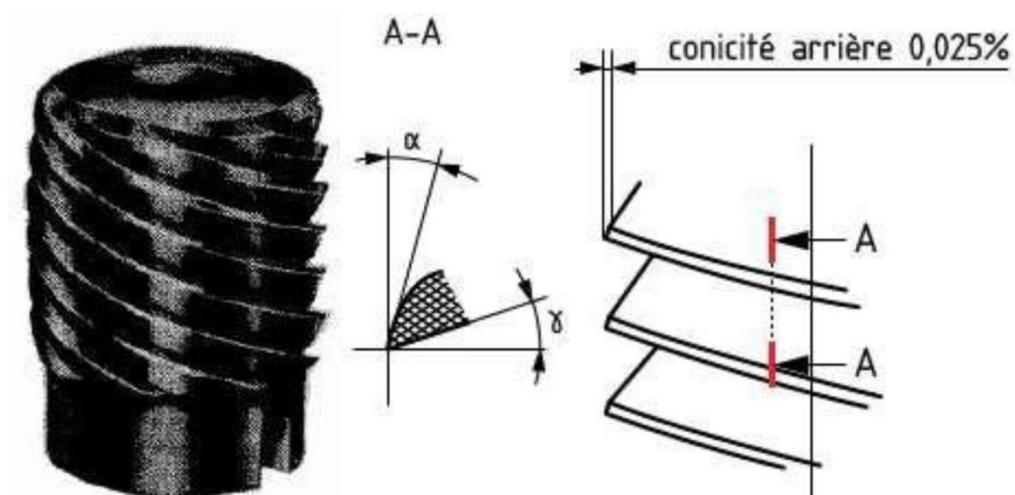


Figure I.18 Alésoir à hélice. [4]

Les alésoirs utilisés en production sont en ARS (petits et moyens) ou à lames carbure.  
Leurs principales dimensions sont normalisées.

L'alésoir ne coupe qu'en bout par trois ou quatre lèbres (ébauche) ou plusieurs lèbres ( finition).  
Un alésoir est guidé sur une longueur  $l \geq 0.5d$  par ses listes rectifiés.

$l$  : longueur

$d$  : diamètre

Suivant la normalisation, on classe les alésoirs machine en :

- Alésoirs creux à alésage conique.
- Alésoirs pleins à queue cylindrique.
- Alésoirs pleins à queue conique.
- Alésoirs pour cônes morses ou métriques (à queue cylindrique ou conique).
- Alésoirs longs, pour machine, à queue cône morse.

Habituellement, les alésoirs sont fabriqués avec la tolérance m6 (qualité courante normalisée) pour réaliser des alésages H7 dans des conditions normales. Le diamètre effectif réalisé dépend, lui, de nombreux facteurs : la matière à usiner, la surépaisseur à enlever, l'angle de coupe, etc...  
Les barres d'alésage à têtes interchangeables. [4]

## I.4.2 Les barres d'alésage à têtes interchangeables:

Ce type d'outil comporte deux éléments principaux :

- La barre support,
- La tête interchangeable.

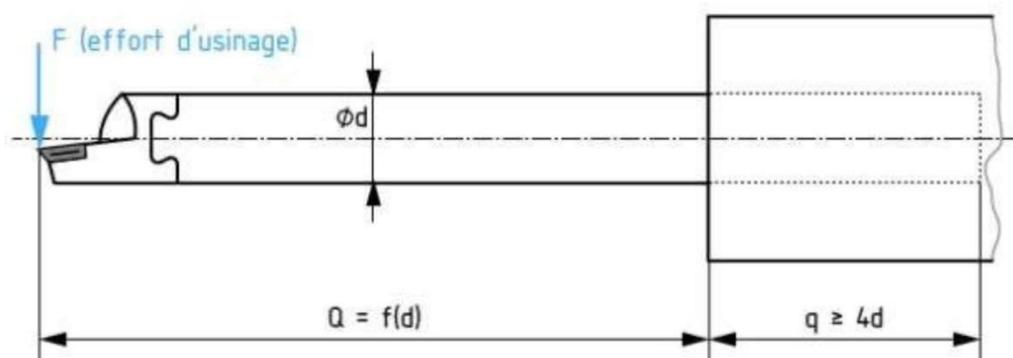


Figure I.19 Barre d'alésage. [4]

Le choix du type de barre dépend :

- Du diamètre de l'alésage à réaliser.
- De la section du copeau.
- Du porte-à-faux de la barre défini par la côte.
- De la longueur d'encastrement définie par la côte.
- Le choix de la tête est fonction des formes à obtenir et des opérations à réaliser (alésage, chambrage).

### I.4.3 Les cartouches à plaquettes amovibles :

#### Définition:

On entend par cartouche un outil dans lequel une plaquette amovible est fixe mécaniquement et qui est généralement utilisé sur une barre d'alésage.

La cartouche est fixée sur la barre au moyen d'une ou deux vis transversales.

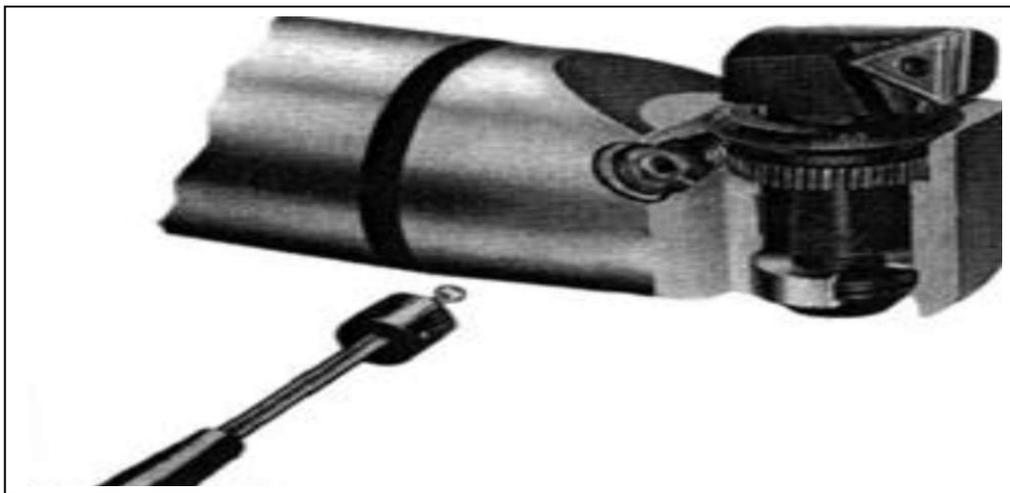


Figure I.20 Cartouche d'alésage. [4]

### I.5 Principe du perçage:

Pour réaliser un perçage, deux mouvements sont nécessaires :

Le mouvement de coupe ( $M_c$ ) : Rotation du foret (sur la perceuse) ou de la pièce (sur le tour).

Le mouvement d'avance ( $M_f$ ) : déplacement rectiligne de l'outil (dans l'axe de l'outil).

Avant toute opérations de perçage il faut : avoir contrôle le diamètre du foret , avoir contrôle l'affutage du foret (état de l'arrête de coupe)

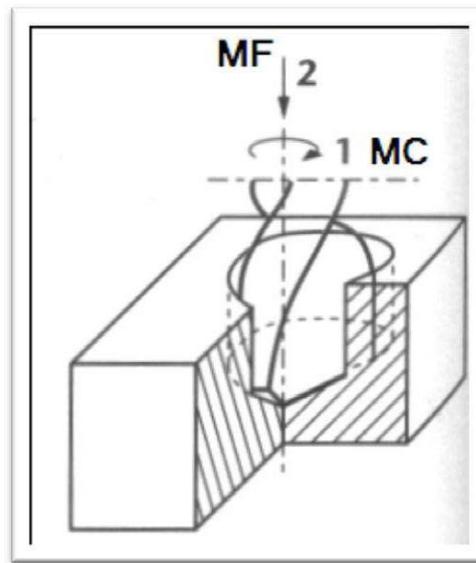


Figure I.21 Les mouvements de coupes.[3]

### I.6 Conditions de coupe:

La fréquence de rotation dépend donc du  $\varnothing$  du foret et du matériau à percer.

Méthode par calcul :

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D_c}$$

Avec :

$V_c$  = Vitesse de coupe en m/min.

$D$  = Diamètre du foret.

$n$  = Fréquence de rotation en tr/mn.

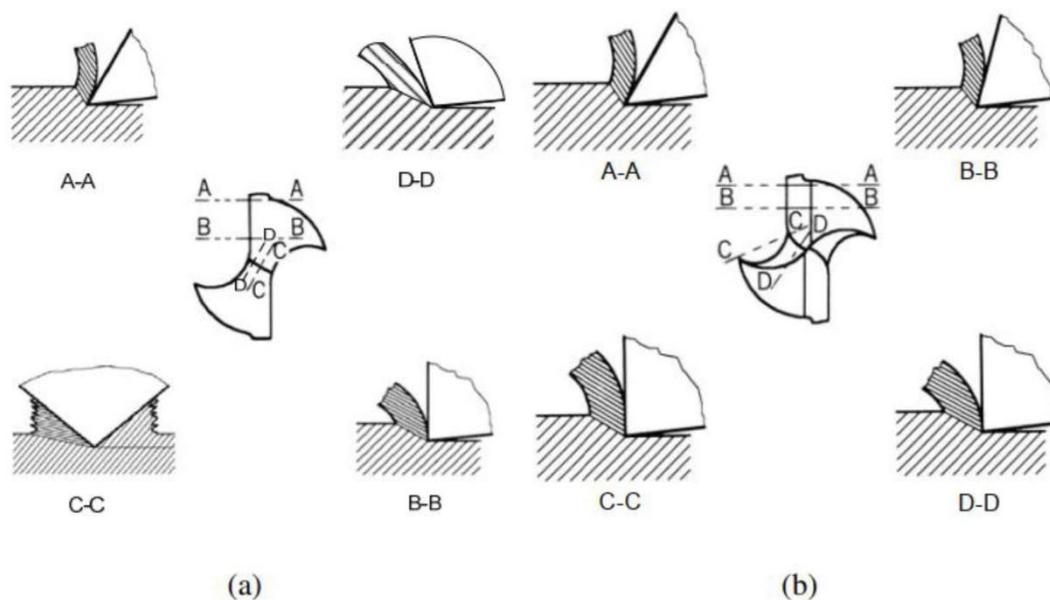
### I.7 Mécanismes d'enlèvement de la matière pendant le perçage:

Les mécanismes d'enlèvement de la matière pendant le perçage avec un foret hélicoïdal conventionnel sont classés en deux catégories :

- La formation des copeaux le long des arêtes principales qui est très semblable à une opération de coupe Figure I.22.a.

- La formation des copeaux le long de l'arête centrale est plus complexe. En effet, au centre du foret, où la vitesse d'avance est plus importante que la vitesse de rotation, l'enlèvement de la matière est plus proche d'une indentation que de la coupe. Enfin, sur l'autre partie de l'arête centrale, la vitesse de rotation n'est pas nulle : l'enlèvement de la matière est semblable à un mécanisme de coupe avec des conditions très sévères (angle de coupe négatif).

Dans les forets avec des géométries modernes, l'amincissement au niveau de l'arête centrale contribue à l'amélioration des conditions de coupe dans cette région en modifiant l'angle de coupe Figure I.22.b. L'indentation est réduite à une zone très petite de quelque dizaine de micromètres juste au centre du foret.



**Figure I.22** Mécanisme d'enlèvement de la matière pendant le perçage avec un foret Hélicoïdal conventionnel (a) et un foret de géométrie moderne (b).

### I.8 Bavure:

Comme pour la majorité des opérations d'usinage, le perçage d'un trou débouchant peut entraîner la formation d'une bavure sur la face inférieure et parfois supérieure de la pièce. Le terme bavure signifie Figure 23, un surplus involontaire de matière souvent de très faible épaisseur qui n'existe pas avant le perçage, c'est une petite lamelle de métal très déformée restant attachée au bord du trou. La plupart des problèmes liés à la bavure sont causés par la bavure inférieure. Ces problèmes sont très variables : du mauvais alignement pour les assemblages, réduction de la durée de vie en fatigue (causée par le comportement de la bavure comme un point d'initiation d'une fissure) et des sérieuses dégradations dans les pièces en mouvement. Pour ces raisons il est préférable d'éviter ou de minimiser les bavures, sinon une opération supplémentaire d'ébavurage s'avère parfois nécessaire. La forme et la taille de bavure

dépend de plusieurs paramètres : par exemple la matière percée et les conditions de coupe. [5]

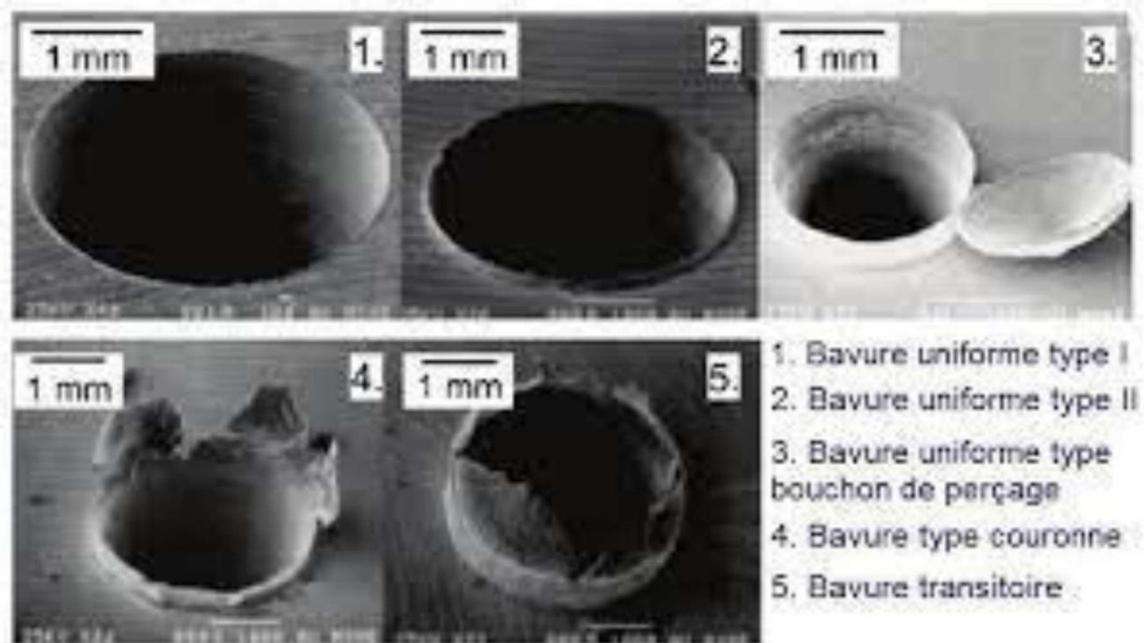


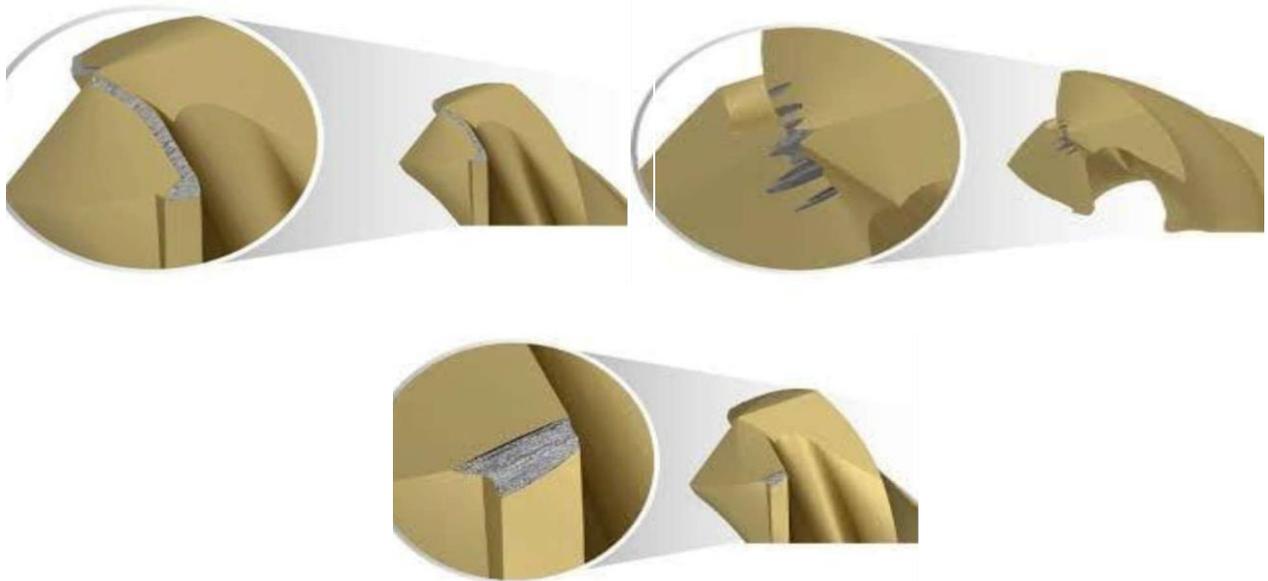
Figure I.23 Cinq types de bavures. [25]

Plusieurs chercheurs ont étudié ce phénomène afin de comprendre et de contrôler la formation des bavures. Cependant aucun modèle analytique ou empirique n'est capable de résoudre efficacement ce problème. En effet la complexité de l'opération du perçage et les nombreux paramètres qui gouvernent la formation de la bavure rendent la modélisation difficile. [5]

### I.9 Usure de foret:

Les parties du foret, en contact avec la pièce ou le copeau s'usent. On peut distinguer trois types d'usure :

- L'usure de la dépouille, est caractérisée par un marquage le long des arêtes principales et centrales dans la direction de l'écoulement du métal. Elle est maximum au niveau du bec à cause de la vitesse de coupe élevée en cette partie du foret.
- L'usure des listels, est parfois accompagnée par une entaille ; cette usure est gênante car elle oblige à enlever lors de réaffûtage une partie importante de matière. Ce type d'usure est important lorsque le matériau usiné est abrasif, écrouissable ou bien si l'affûtage n'est pas symétrique.
- L'usure de la face de coupe, est constatée parfois sous forme d'une usure en cratère. Elle ne perturbe pas le fonctionnement du foret. il est rare de le faire disparaître par affûtage.



**Figure I.24** Différents types d'usure des forets. [24]

L'usure est causée par plusieurs phénomènes ou mécanismes:

- L'abrasion Figure 24, est due au frottement de la matière de la pièce le long de la partie avant de la face de dépouille, ou de copeau le long de la face de coupe.
- L'adhésion Figure 25 est un phénomène dû à l'action conjuguée de la température et de la pression exercée par le copeau sur la face de coupe. Lorsque ces conditions sont réunies des microsoudures se développent dans la zone de contact. Ces microsoudures peuvent former ensuite ce qu'on appelle une arête rapportée qui peut s'arracher de l'outil et causer un cratère.
- La diffusion est un micro-transfert à l'échelle d'atome entre le copeau et l'outil. Il nécessite comme l'adhésion une température et une pression au niveau du contact outil-copeau élevées. Le taux d'adhésion croît généralement avec la température.
- L'oxydation peut avoir lieu à des hautes températures. Les oxydes formés sont facilement enlevés ce qui aboutit à une usure importante de l'outil.

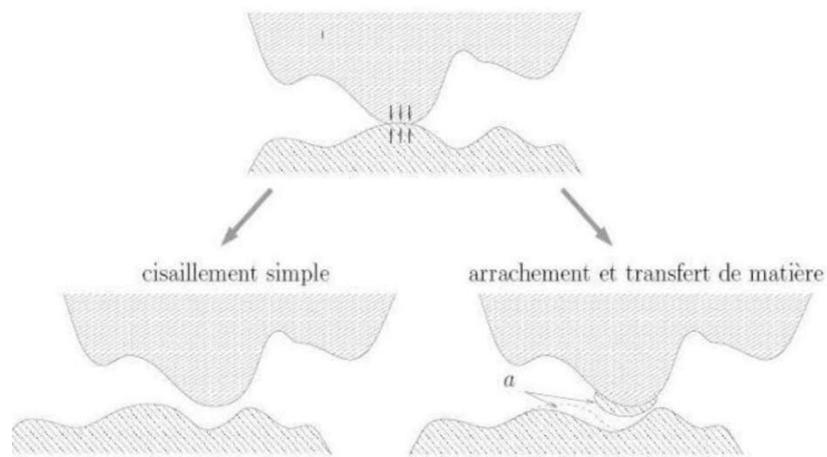


Figure I.25 L'usure par adhésion.[23]

Chacun de ces différents mécanismes dépend d'un grand nombre de paramètres (par exemple : matières de l'outil et de la pièce, conditions de coupe, l'utilisation de lubrification). Ils peuvent intervenir simultanément, successivement ou individuellement. Enfin l'usure peut aboutir à une rupture catastrophique du foret Figure 26.

Pour déterminer quand il est nécessaire de réaffûter ou de remplacer le foret, on peut s'appuyer sur différents critères. Les critères normaux à cet égard sont l'état de surface et la dimension du trou, mais il est également courant de se baser sur 80 % de la durée de vie estimée de l'outil.

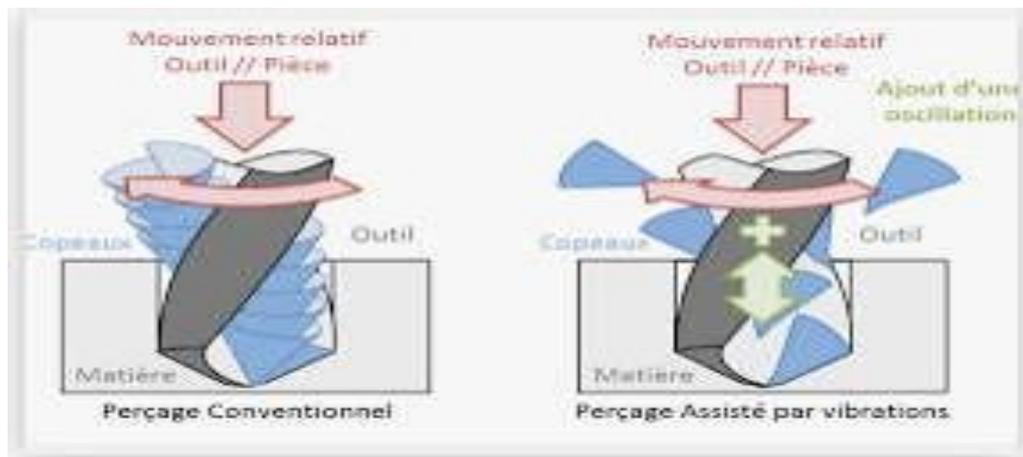
## Rupture de foret



Figure I.26 Exemple de rupture du foret. [19]

## I.10 Perçage assisté:

Pour terminer ce chapitre I, il faut noter que des nouvelles technologies sont en cours de développement afin d'améliorer la performance du perçage. Parmi ces méthodes on cite le perçage vibratoire.



**Figure I.27** Principe du perçage vibratoire. [20]

En se basant sur le constat qu'une des principales difficultés du perçage des trous profonds réside dans la fragmentation et l'évacuation du copeau, ce type de perçage suppose résoudre ce problème en rajoutant un mouvement vibratoire axial au déplacement classique du foret. Cette modification nécessite l'utilisation d'une tête spéciale permettant de générer le mouvement souhaité. Plusieurs étapes de développement sont nécessaires afin d'obtenir une tête fiable et compatible avec la majorité des machines-outils :

- Modéliser les efforts de coupe.
- Etablir les zones de stabilités.
- Développer des simulations numériques pour définir le comportement vibratoire de la tête de perçage.

Les premiers résultats observés avec cette technologie sont encourageants. Cependant des études supplémentaires sont nécessaires avant l'industrialisation de cette technologie.

## I.11 Conclusion:

Dans ce chapitre nous avons présenté des généralités sur le procédé de fabrication nommé « le perçage ». Nous avons cité les types de perceuse, les différents types de forets et leur utilisation, les mouvements produits lors d'un perçage ainsi que l'ordre des étapes de perçage, afin de se servir correctement d'une perceuse.

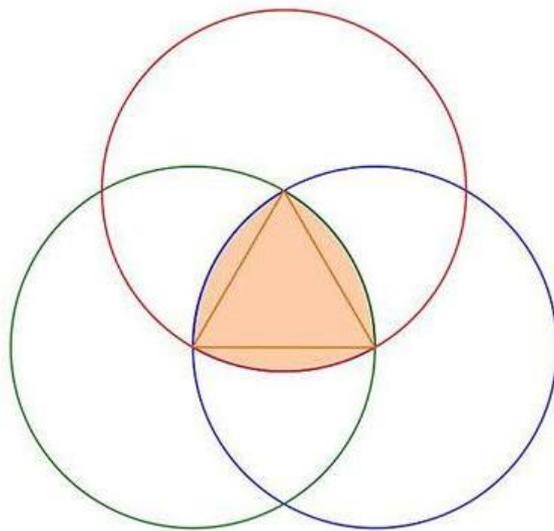
### II Le perçage carré :

#### II- I Introduction :

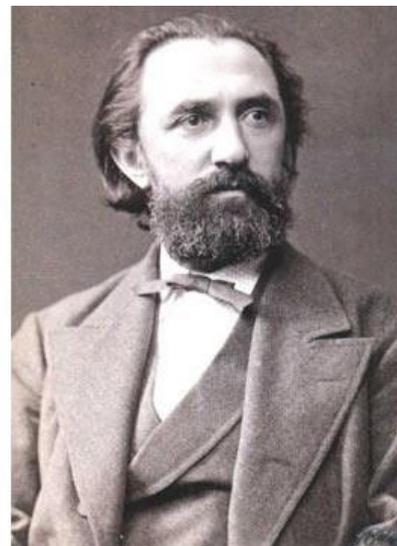
Au XVe siècle, le légendaire Léonard de Vinci, étudiant les propriétés des formes géométriques, attira l'attention sur les objets dits géométriques d'égale épaisseur. Il existe un nombre infini de telles figures, mais la plus simple - en plus d'un cercle - est un triangle arrondi, qui peut être formé comme suit. Un triangle équilatéral est dessiné, dont chacun des coins est relié par un arc de cercle tiré du centre du côté opposé. La particularité d'un tel triangle sera que tous ses côtés auront une largeur constante, qui est égale à la longueur du côté du triangle équilatéral d'origine.

Un bénéfice pratique de ce fait a été tiré par L. Euler, qui, trois siècles plus tard, a démontré la rotation d'un tel triangle arrondi : d'abord autour de son propre axe, puis avec une certaine excentricité, puisque le mécanisme à cardan était déjà connu de la science et de la technologie de cet instant.

L'ingénieur allemand F. Reuleaux est allé encore plus loin dans l'utilisation pratique de cette figure, en attirant l'attention sur le fait que la trajectoire des sommets d'un triangle en mouvement avec certains modes de rotation est très proche d'un carré. Ce n'est que directement aux coins du carré que la surface extérieure décrit un arc, cependant, d'un petit rayon. Dans la littérature technique moderne, un tel triangle est appelé triangle de Reuleaux, bien que cette figure n'ait en fait plus d'angles.[10]



A



B

**Figure II.1** A) Méthode d'obtention du triangle de Reuleaux ;

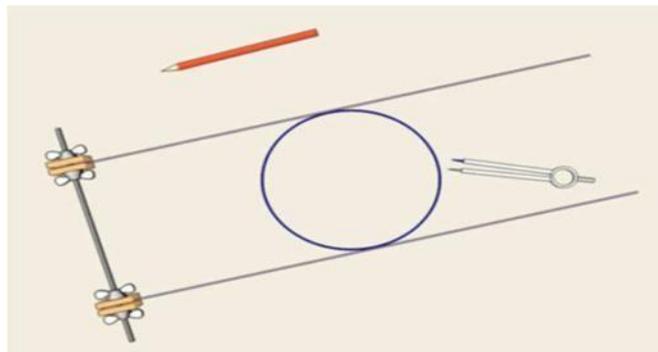
B) l'ingénieur allemand F.Reuleaux [10]

## II.2 Etude théorique de la trajectoire de l'outil de

coupe :

### II.3 II -2-1 Construction (concept géométrique):

Ces dessins illustrent comment le concept géométrique, étudié par les mathématiciens, est utilisé dans notre vie quotidienne. Prenons une roue, c'est-à-dire un cercle. Une des propriétés du cercle est sa largeur constante. Dessinons deux tangentes parallèles au cercle, et fixons leur distance. Nous commençons à les faire tourner. La courbe (dans notre cas le cercle) est toujours en contact avec les deux lignes. C'est la définition même d'une courbe fermée avec une largeur constante.[11]



**Figure II.2** Un cercle à l'intérieur de deux lignes parallèles. [11]

### II.2.2 Le triangle de Reuleaux:

Soit un carré centré à l'origine CC ou (0,0) de côté 20 mm.

On construit un triangle équilatéral ABC de côté égal à 20 dont les 3 sommets sont sur le périmètre du carré.

On construit le centre du triangle CT à l'aide de hauteurs issues des sommets et perpendiculaires à la base opposée.

Enfin on construit un triangle de Reuleaux, mathématicien allemand (1829-1905), en traçant 3 arcs de cercle ayant pour centre chacun des sommets du triangle équilatéral et pour rayon le côté du triangle.

On remarque que la mesure prise par un pied à coulisse sur ce triangle de Reuleaux donne toujours la même valeur, peu importe l'endroit où elle est prise, ce qui fait dire à son auteur qu'une courbe, qui n'est pas un cercle, peut avoir aussi un diamètre constant. [12]

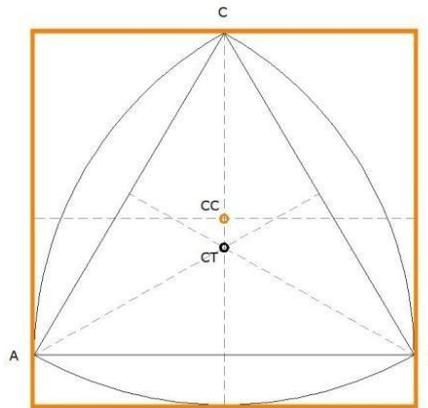


Figure II.3 Le triangle de Reuleaux. [12]

**II.3.2 La construction du triangle de Reuleaux:**

Si nous nous tournons vers la cinématique du mouvement d'un tel outil de coupe , nous pouvons constater que l'enlèvement du métal ne sera effectué que par la surface latérale, et il n'y aura pas un plan de coupe, comme dans une perceuse conventionnelle, mais quatre, ce qui est plus typique pour les fraises.

Cependant, un seul mouvement de rotation ne suffira pas pour obtenir un trou carré. Des calculs mathématiques simples montrent que pour que le "foret" pour trou carré remplisse sa fonction, il doit décrire non seulement le mouvement principal de rotation du tranchant, mais aussi le mouvement de bascule du foret / cutter autour d'un certain axe. Les deux mouvements doivent être effectués dans des directions opposées. [10]

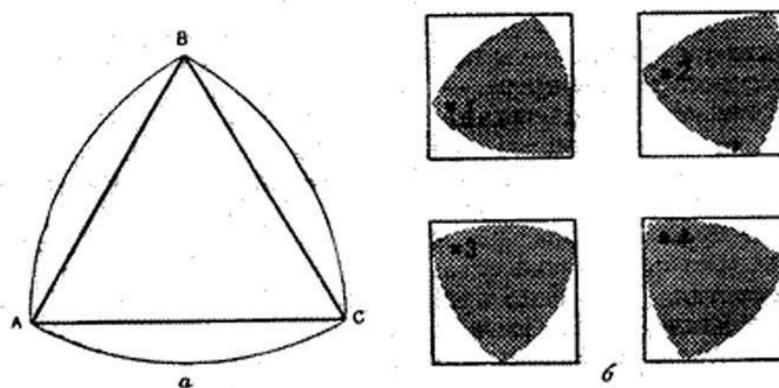


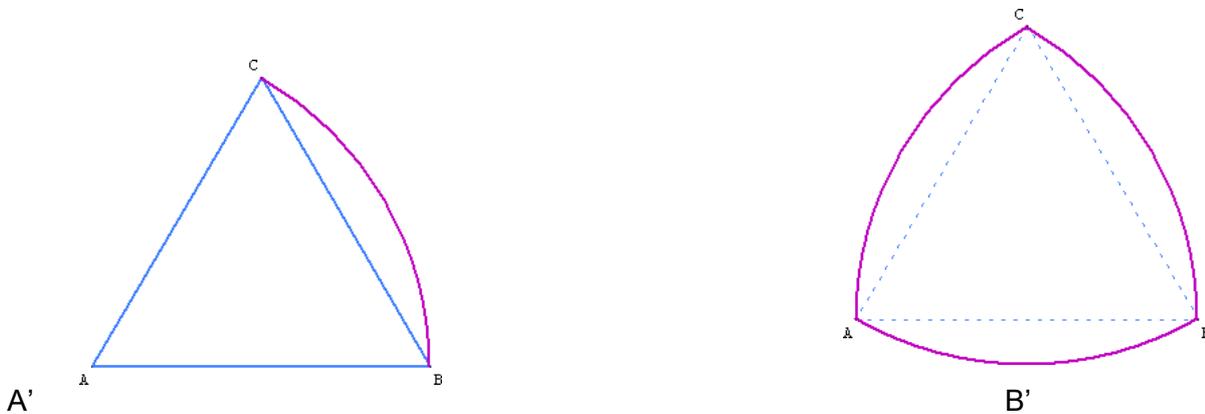
Figure II.4 - Triangle de Reuleaux : a) - construction ; b) la séquence de rotation pour obtenir un trou carré. [10]

- On trace un triangle équilatéral ABC

-On pointe sur A avec un compas et on trace l'arc de cercle BC.

-Puis ainsi de suite pour les 2 autres points B et C.

- Quand tout ceci est terminé nous pouvons distinguer un magnifique triangle arrondi de Reuleaux.[11]



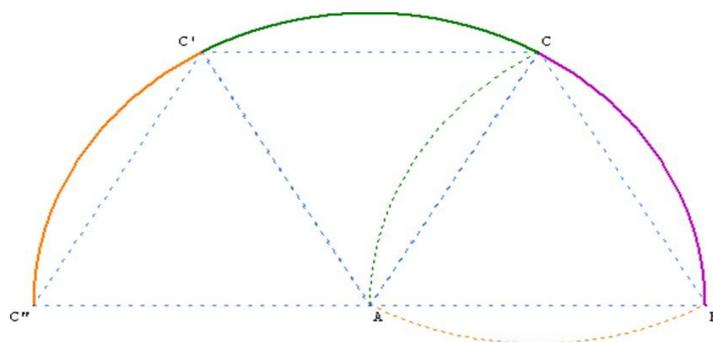
**Figure II.5** A' et B' sont respectivement Périmètre et aire du triangle de Reuleaux. [11]

### II.3.3 : périmètre et l'aire de triangle de Reuleaux :

a) **Périmètre** :On observe facilement que le périmètre P d'un triangle de Reuleaux de rayon r é qui vaut à la moitié d'un cercle de rayon r.

$$P = \pi r$$

P : périmètre en mm  
r : rayon en mm



**Figure II.6** Le périmètre du triangle de Reuleaux correspond au périmètre d'un demi-cercle. [4]

Le périmètre du triangle de Reuleaux est égal à 3 fois la longueur d'un arc d'angle (au centre) de 60°.

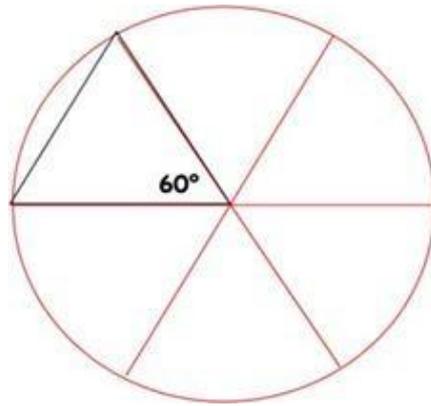
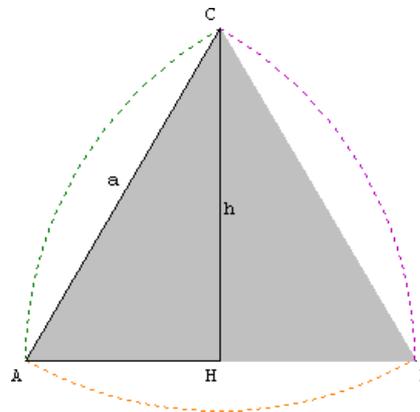


Figure II.7 le périmètre du triangle de Reuleaux.[4]

b) l'aire:

$$A = \frac{1}{2}(\pi - \sqrt{3}) \times r^2$$



A : aire en mm<sup>2</sup>

r : rayon en m

Figure II.8 l'aire du triangle de Reuleaux.[4]

**II.2.4 Principe de fonctionnement et de conception** : Pour percer un trou carré, on utilise généralement une perceuse Watts, dont la conception est basée sur une figure géométrique telle que le triangle de Reuleaux. L'une des caractéristiques les plus importantes d'une telle figure, qui est la zone d'intersection de trois cercles égaux, est la suivante : si une paire de lignes de support parallèles est tracée sur un tel triangle, la distance entre elles sera toujours constant. Ainsi, si vous déplacez le centre du triangle de Reuleaux le long d'une trajectoire décrite par quatre arcs ellipsoïdaux, ses sommets traceront un carré presque parfait, qui n'aura que des sommets légèrement arrondis.[10]

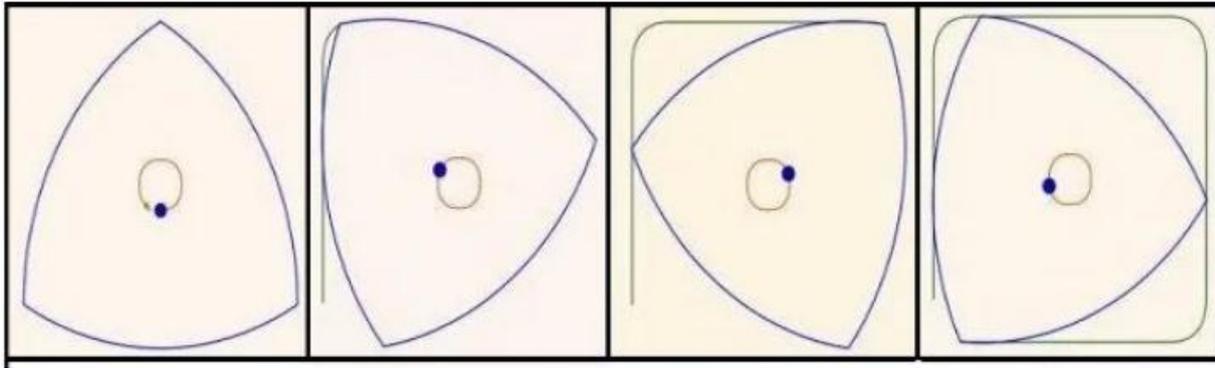


Figure II.9 trajectoire de triangle du Reuleaux. [10]

**Exemple :**

Imaginons maintenant de donner forme au carré et au triangle de Reuleaux. On a donc une boîte carrée avec son centre en orangé et un triangle de Reuleaux en bleu pâle 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.

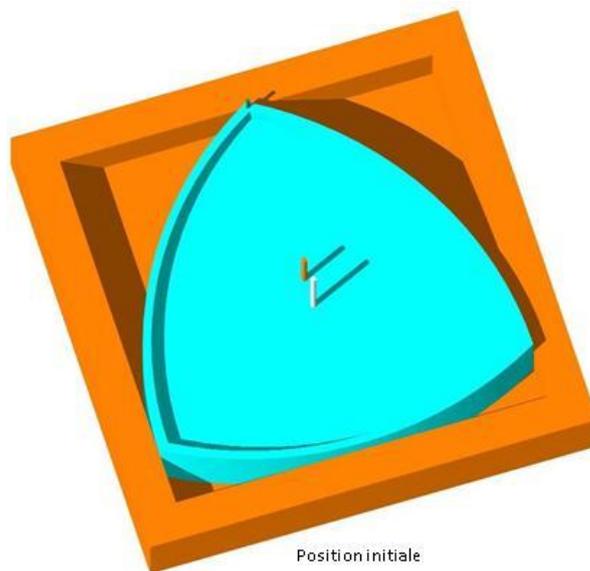
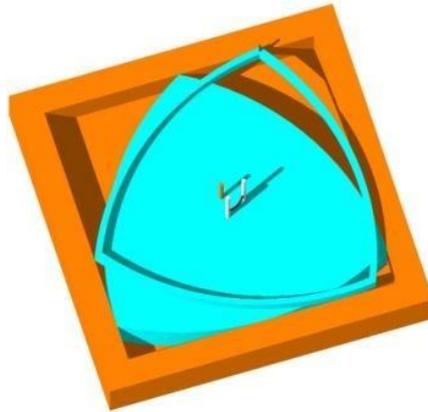


Figure II.10 position initiale. [12]

Quand on essaie de tourner le triangle ,ons'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.

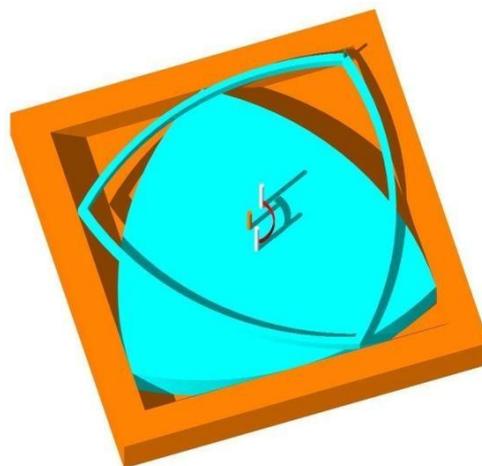


**Figure II. 11** Rotation de  $15^\circ$  du triangle pour une rotation de son centre de  $45^\circ$ . [12]

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

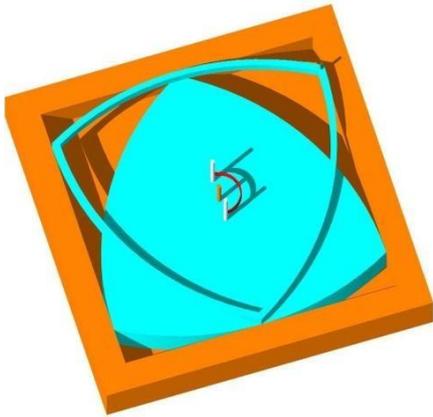
En fait, les 3 sommets du triangle suivent parfaitement les côtés du carré sauf dans les coins.

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. [12]



**Figure II.12** Rotation de  $45^\circ$  du triangle pour une rotation de son centre de  $135^\circ$ . [12]

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



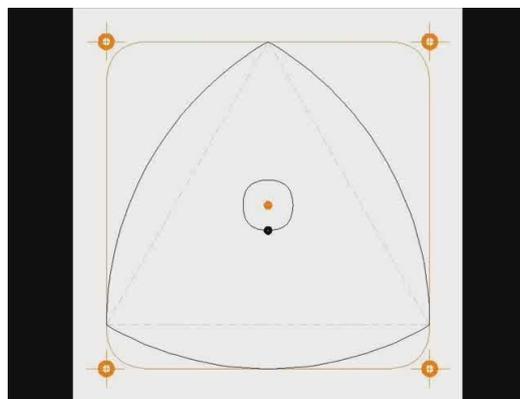
**Figure II .13** Rotation de 60° du triangle pour une rotation de son centre de 180°[12]

On peut constater ce qu'une rotation complète de 360° du triangle donnerait comme mouvement celui que l'on peut observer sur la figure au-dessous.

On remarque qu'une rotation complète du triangle entraîne 3 rotations de son centre autour de celui du carré.

On constate aussi que la trace des sommets du triangle suivent bien un carré mais laisse les coins arrondis.

Finalement, le trajet du centre du triangle n'est pas tout à fait un cercle et la courbe des coins n'est pas tout à fait un quart de cercle...



**Figure II.14** Une rotation de 360° donne cette forme [12]

**II.2.5. Calcul des courbes :**

On s'aperçoit que le déplacement du centre du triangle autour de ce lui du carré n'est pas un cercle mais plutôt qu'il suit un trajet elliptique. Le trajet complet est formé de 4 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.

Les deux ellipses ont pour centre le coin (1,1) du carré, pour grand axe la diagonale du carré et, pour demi longueur :

$1+1/\sqrt{3}$  pour l'ellipse interne

$1+\sqrt{3}$  pour l'ellipse externe

Leur petit axe a pour demi longueur.

$\sqrt{3}-1$  pour l'ellipse interne

$1-1/\sqrt{3}$  pour l'ellipse externe

Équation paramétrique de ces ellipses:

Ellipse interne:

$$X = 1 + \cos b + \frac{1}{3} \sqrt{3} \sin b$$

$$Y = 1 + \sin b + \frac{1}{3} \sqrt{3} \cos b$$

Pour l'angle allant de  $210^\circ$  à  $240^\circ$

Ellipse externe

$$X = 1 - \cos b - \sqrt{3} \sin b$$

**Fig II.15** Trajet elliptique [12]

$$Y = 1 - \sin b - \sqrt{3} \cos b$$

Pour l'angle  $b$  allant de  $30^\circ$  à  $60^\circ$

Les points remarquables sont indiqués avec l'angle  $b$  qui les génèrent.

Les 3 autres portions d'ellipses obtiennent par symétrie.

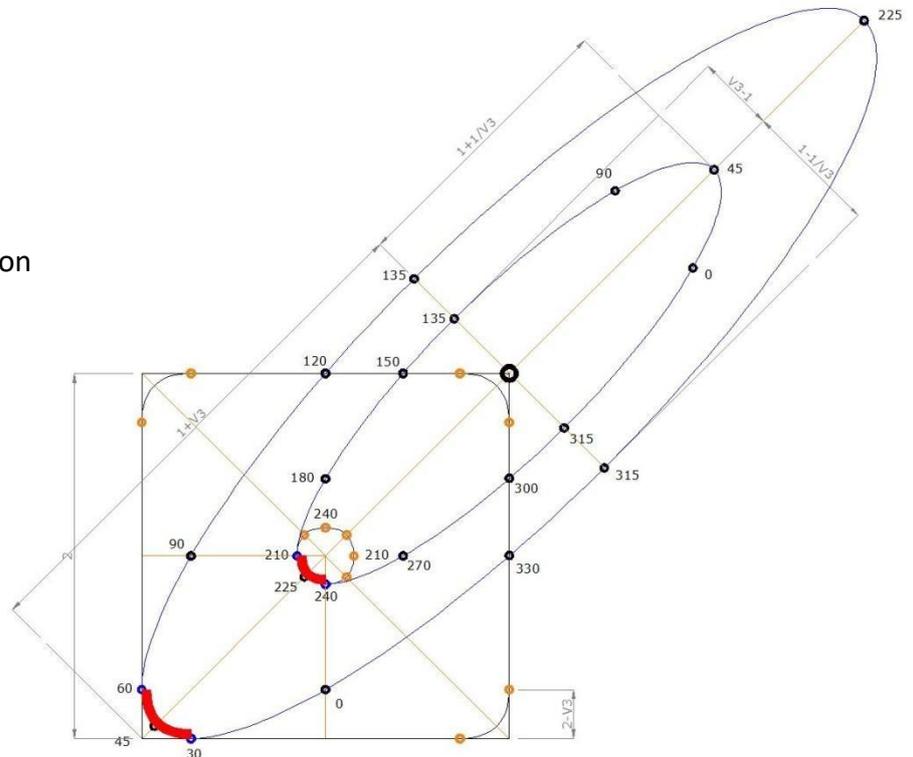
## II.2 Rapport de rotation :

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  $15^\circ$  et  $45^\circ$  respectivement, mais varie un peu entre ces valeurs.

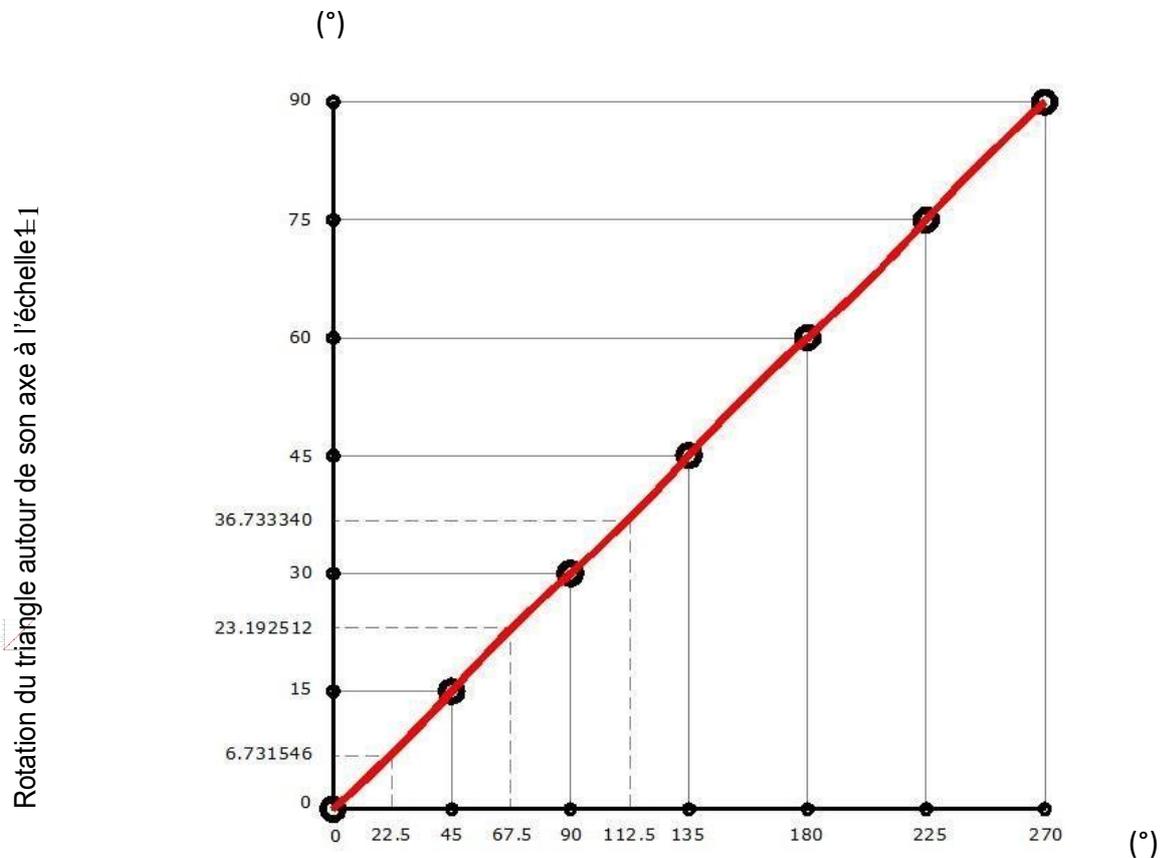
Ainsi, si le rapport était constant, on devrait avoir pour une rotation du centre du triangle de  $22.5^\circ$  une rotation du triangle autour de son axe de  $7.5^\circ$ . Or celle-ci n'est que de

$6.731546^\circ$ .



**Figure II.15** Trajet elliptique

Ce ci montre bien l'effet des portions d'ellipse que suit le centre du triangle au lieu de portion de cercle.



Rotation du centre du triangle autour du centre du carré à l'échelle 1=1

**Figure II.16** La variation des angles entre la rotation du triangle autour de son axe et la rotation de son axe autour du carré. [12]

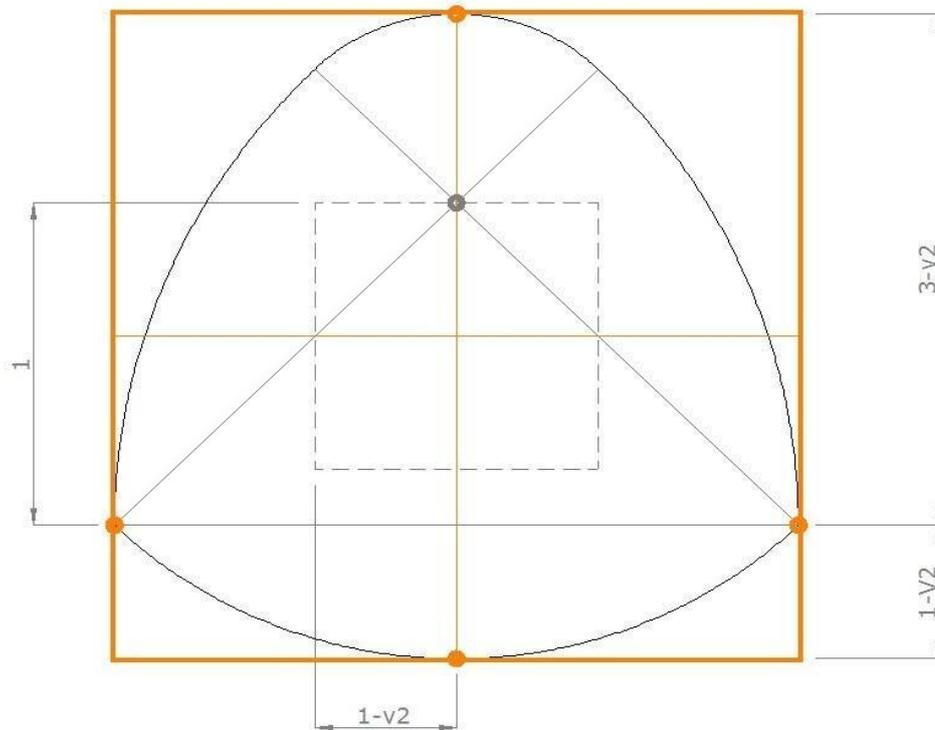
Mais il reste que le trou n'est pas parfait puisqu'il laisse les coins arrondis...

Il existe une autre forme, une variante du triangle de Reuleaux qui offre la possibilité de percer un carré parfait.

La construction de cette figure est illustrée ci-contre.

Si la figure se loge toujours à l'intérieur d'un carré en tournant, cette fois-ci le couteau se situe à l'intérieur de cette forme au point noir

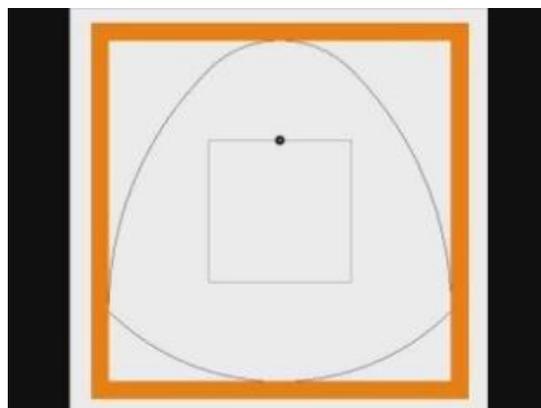
Une rotation de la figure entraîne un déplacement de ce point noir sur un carré illustré en pointillé.



**Figure II.17** Une autre variante de triangle de Reuleaux. [13]

On peut constater ce qu'une rotation complète de  $360^\circ$  du triangle donnerait comme mouvement celui que l'on peut observer sur la figure au-dessous  
On remarque qu'une rotation complète de la figure triangulaire entraîne le parcours complet du point noir sur le carré intérieur.

On constate aussi que le carré parcouru est parfait et couvre aussi les coins.



**Figure II.18** Une forme carrée parfaite avec le triangle de Reuleaux. [13]

### II.2.7 Appareil et principe de fonctionnement:

Il n'est pas possible d'utiliser directement une fraise/perceuse pour des trous carrés avec un profil triangle de Reuleaux - des rainures sont nécessaires pour éliminer les copeaux générés.

Par conséquent (voir la figure II.19 ) le profil de la partie travaillante de l'outil est la figure décrite ci-dessus, à partir de laquelle trois demi-ellipses ont été découpées. Dans ce cas, trois objectifs sont atteints : le moment d'inertie du foret, la charge sur la broche est réduite et la capacité de coupe de la fraise est également augmentée.[10]

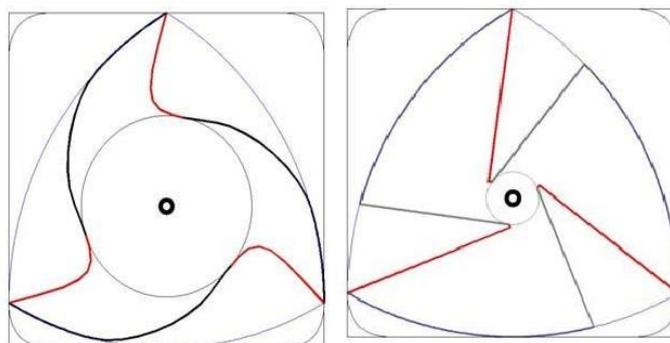


**Figure II.19** Profil réel de la partie travaillante de l'outil. [10]

### II.2.8 Réalisation :

Pour réaliser un outil, il faut donner forme à 3 processus:

1. Une mèche capable de couper le métal ou le bois en tournant. Toutes sortes de formes sont possibles et plus ou moins efficaces.



**Figure II.20** Des mèches possibles. [12]

- Un guide qui sert à déplacer le centre de la mèche à l'endroit requise long la rotation de celle-ci.

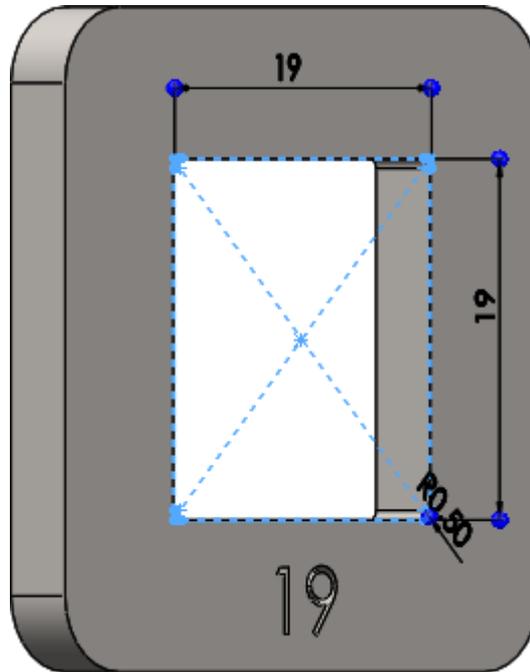


Figure II.21 Un guide

- 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 en 3 disques dont celui du centre est rainuré en deux glissières en forme de queue d'aronde, à angle droit. L'axe de la mèche peut se déplacer librement par rapport à celui de la perceuse bien que la rotation de la perceuse lui soit transmise. Une autre solution est celle d'un joint universel.



Figure II.22 Un cardan choisi pour la machine.

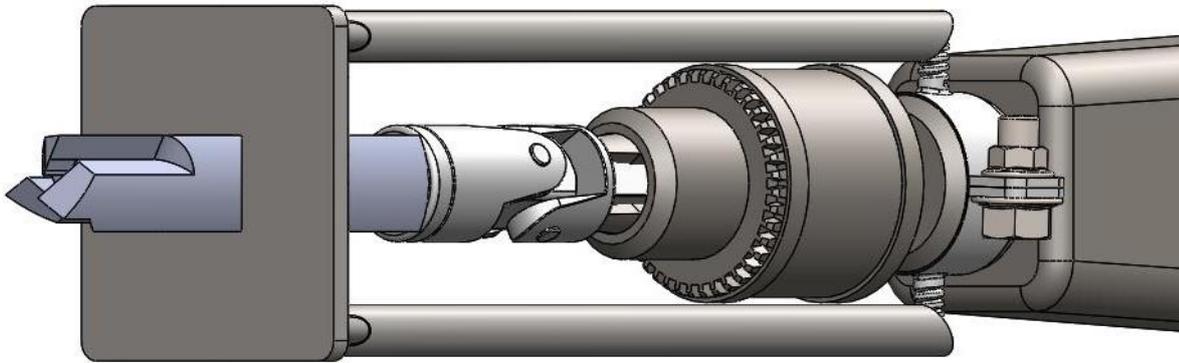


Figure II.23 Conception du mécanisme de perçage de trou carrée

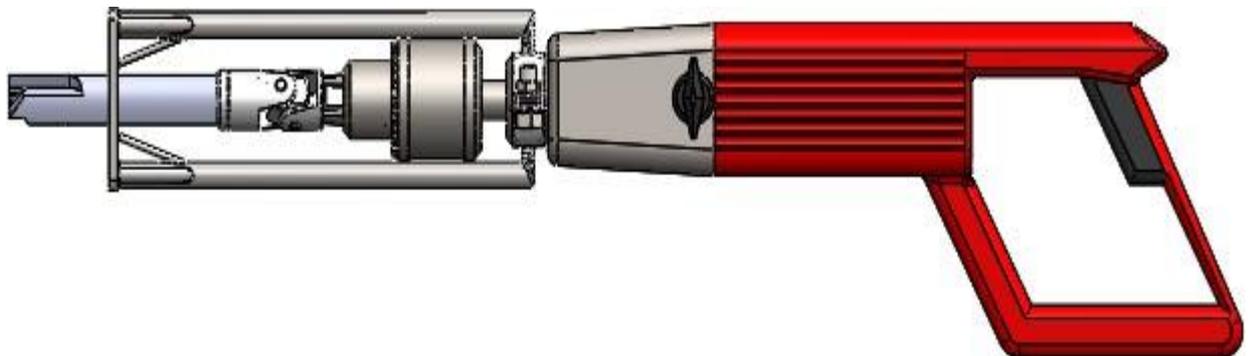
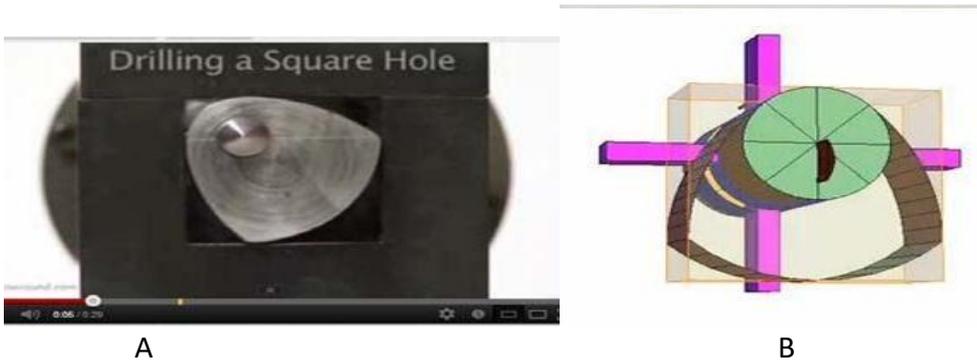


Figure II.24 Perçage de trou carrée a base de triangle de Reuleaux à l'aide d'une perceuse mobile[12]



**Figure II.25** mécanisme de perçage carré à base d'une autre variante de triangle de Reuleaux. [12]

## II.2. Conclusion

L'un des principaux types d'usinage de divers matériaux par découpe utilisé dans la technologie moderne est le perçage. Elle est réalisée à l'aide d'un outil spécial appelé foret, qui est animé d'un mouvement de rotation (dans certains cas, la pièce tourne). En forant, vous pouvez obtenir des trous de différentes profondeurs et diamètres.

Dans la plupart des cas des trous percés ont une forme cylindrique. Cependant, grâce à l'ingénieur allemand Franz Reuleaux, on peut percer un trou carré en utilisant un foret ayant une forme géométrique appelée le triangle de Reuleaux, et cela à l'aide d'un outil de coupe appelé la perceuse de Watts. Les coûts d'installation et de fabrication de ce mécanisme de perçage carré sont bas par rapport aux autres modes d'obtention de trous carrés qui sont très coûteux.

## Chapitre III.1 : La conception et la réalisation du mécanisme du perçage du trou carré :

### III.1 : Introduction

Un mécanisme est un agencement de pièces mécaniques réelles entre elles et conçu en vue de réaliser une fonction déterminée.

Un mécanisme est généralement conçu pour établir une relation particulière entre des informations d'entrée qui sont des informations exercées par le milieu extérieur sur le mécanisme et des informations de sortie qui sont des informations exercées par le système sur le milieu extérieur.

Le mécanisme réel étant toujours très complexe, il est nécessaire, pour le comprendre et l'améliorer, et d'élaborer des modèles, afin de pouvoir lui appliquer les lois de la mathématique ou de mécanique.[14]

Cette modélisation permet de comprendre de façon fine le fonctionnement réel, d'en voir les limites et de proposer des modifications sur le modelé afin de l'améliorer.

La CAO (Conception assistée par ordinateur) et le prototypage virtuel permettent de tester l'aspect, la maniabilité et les mobilités cinématiques d'un mécanisme. Différents calculs peuvent être appliqués sur ces modèles virtuels (résistance mécanique, propriétés aérodynamiques, simulation des écarts géométriques...).[15]

### III.2 Présentation du système étudié:

Nous avons fixé l'outil de coupe au triangle de Reuleaux qui se déplace dans un cadre carré et qui sert de guide. Le cadre lui-même est fixé rigidement la perceuse. Maintenant, nous devons réaliser tout le guide carré qui est une pièce fixe et rigide qui guide le triangle de Reuleaux pour se déplacer suivant le périmètre du carré, ce guide carré est lié rigidement à la perceuse à l'aide de tiges en acier, et ces tiges sont fixées à la perceuse en utilisant un collier pour fixer l'élément de support à la perceuse portable. Afin de faciliter le mouvement du triangle de Reuleaux à l'intérieur du guide de forme carré, nous avons fait le trou du carré de taille légèrement plus grande que la largeur du ce guide qui permet d'assurer la rotation de l'outil sans coincer à l'intérieur du trou carré.

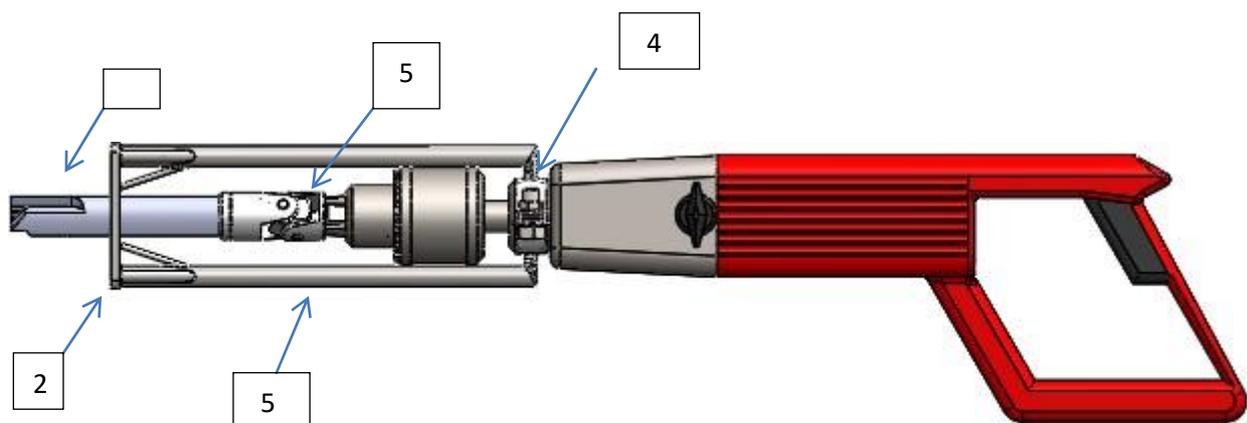


Figure III.1 mécanisme de perçage du trou carré.[12]

Le mécanisme est composé des éléments suivants:

1. Un foret avec des arêtes tranchantes capable de couper le métal ou le bois en tournant.
2. Un guide qui sert à déplacer le centre de la mèche à l'endroit requis long la rotation de celle-ci.
3. Un joint de cardan pour permettre de transmettre la rotation de la perceuse ou du tour à la mèche avec une translation libre du centre.
4. Un collier de serrage
5. Un support pour réduire les vibrations et pour que le mandrin de la perceuse soit concentrique avec le foret.

### III.3 Fonctionnement:

- Un moteur électrique entraîne en rotation une broche dans la quelle est maintenu le foret par l'intermédiaire du mandrin.
- La tige de cardan est serré dans le mandrin avec une clé de mandrin.
- La descente du foret dans la pièce entraîne une découpe du matériau. Il en résulte un trou de forme carré grâce au guide carré dans lequel se déplace le triangle de Reuleaux.
- La pièce doit être maintenue en place par un montage, il permet de percer la pièce toujours au même endroit.

### III.4 Dimensionnement des éléments composants le système étudié:

**III.4.1.1 La perceuse :** Pour fournir un mouvement de rotation à l'outil, on peut utiliser la perceuse à percussion (chapitre I). L'extrémité du joint de cardan est montée dans le porte-outil de la perceuse. La vitesse de la broche est constante pour toutes les opérations, tandis que la vitesse de coupe varie tout au long du tranchant. La vitesse de coupe est normalement calculée pour le diamètre extérieur. Cette variation de la vitesse de coupe le long des tranchants est une caractéristique importante du perçage.



Figure III.2A) Mise en plan d'une perceuse [16], B) La perceuse de Hall de technologie

**III.4.1.2 Les caractéristiques d'une perceuse:**

- ✓ Taille du mandrin, de 10 et 13 mm;
- ✓ La fonction percussion (la vitesse de percussion est réduite à environ 25000 coups par minute pour les perceuses sans fil haut de gamme) ;
- ✓ La vitesse de rotation a voisine les performances des perceuses filaires jusqu'à 3000 trs/min
  - ✓ Puissance: 350W
  - ✓ Courant : 0- 230volt

**III.4.1.3 Puissance nécessaire à la coupe :**

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

$$S_c = \frac{a \cdot D}{4} \quad (\text{III.1})$$

Expression pour laquelle (**a**) représente l'avance par tour en mm et (**D**) le diamètre du foret en mm La puissance nécessaire à la coupe peut s'écrire:

$$P_c = \frac{K_c \cdot a \cdot D \cdot V_{c_m}}{2} \quad (\text{III.2})$$

Expression dans laquelle  $K_c$  représente l'effort spécifique de coupe en perçage en  $N/mm^2$  et  $V_{c_m}$  la vitesse de coupe moyenne en m/s

Calcul de l'effort d'avance en perçage

Cet effort est déterminé de la même façon que l'effort de coupe, il faut seulement remplacer l'effort spécifique de coupe par l'effort spécifique d'avance  $k_f$ .

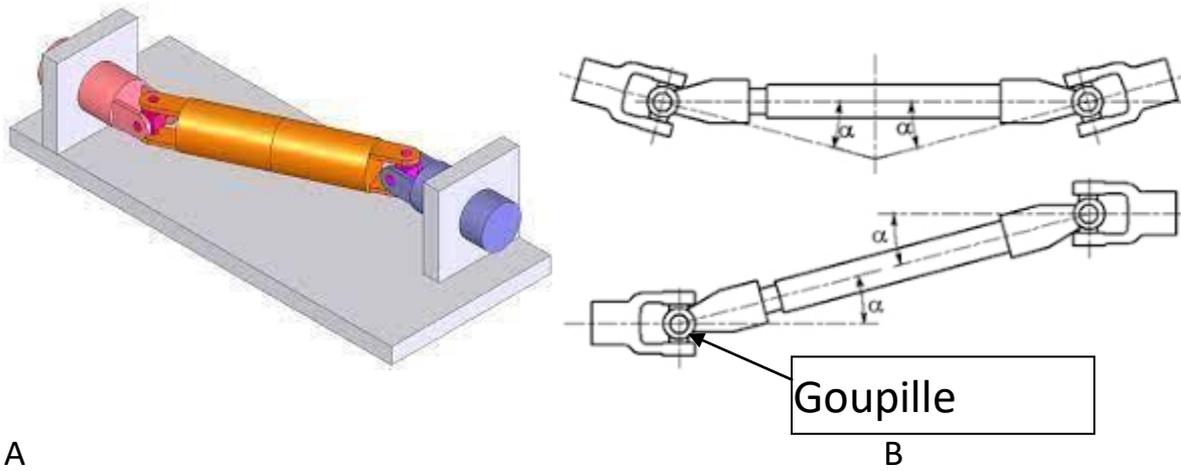
$$F_{f_2} = \frac{D \cdot f \cdot k_f}{2} \quad (\text{III.3})$$

donne des valeurs spécifique de coupe  $k_c$  et de l'effort spécifique d'avance  $k_f$  en fonction de la matière usinée et de l'épaisseur du copeau  $h$  d'après le document Hertel. Pour chaque matériau on trouve  $k_c$  sur la première ligne et  $k_f$  sur la seconde

$$h = \frac{f}{2 \sin k_r} \quad (\text{III.4})$$

**III.4.2 Joint de cardon pour transmission du couple:**

Dans le mécanisme de perçage à trous carrés, un accouplement non coaxial peut être appliqué pour la transmission du couple, car le centre de rotation de la came (triangle de Reuleaux) est inconstant et se déplace sur une trajectoire non circulaire. Le couplage de joint de cardan est largement appliqué en tant que couplage non coaxial, qui a la capacité de transmettre le couple entre des axes parallèles ou non parallèles et est connecté à deux joints de cardan.[27]

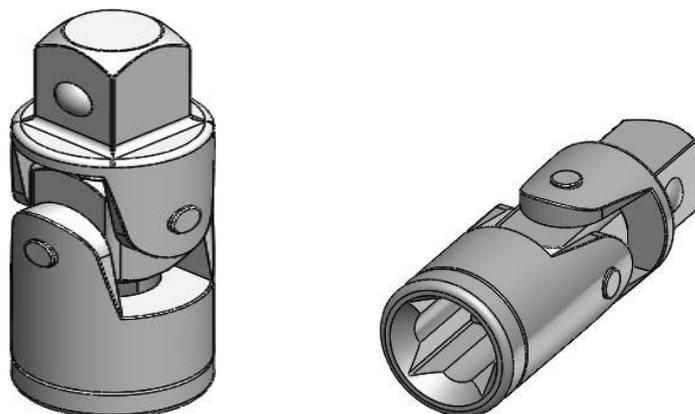


A

B

**Figure III.3** A)conception d'un joint de cardan ;B) la mise en plan de joint de cardan[26]

Le joint de cardan est utilisé pour connecter deux arbres décalés d'un certain angle pour transmettre le couple.. Accouplement ou joint pouvant transmettre une puissance rotative par un arbre à n'importe quel angle sélectionné, couplage dans une tige rigide qui permet à la tige de se «Plier» dans n'importe quelle direction, et est couramment utilisé dans les arbres qui transmettent le mouvement rotatif. Il se compose d'une paire de charnières rapprochées, orientées à  $90^\circ$  l'une de l'autre, reliées par une croix arbre. Le joint universel n'est pas un joint à vitesse constante .Ils peuvent être fabriqués dans différents aciers inoxydables standards, aciers AISI 303 (1.4305), 304(1.4301)et 316L(1.4404), mais aussi dans d'autres matériaux sur demande.



**Figure III.4**Conception du joint de cardan de notre mécanisme.



**Figure III.5** Une vue réelle du joint de cardan

#### III.4.2.2 Rendement d'un joint de cardan:

Dans des conditions standards de fonctionnement (par exemple  $4^\circ$  à 3 000 tr/min), un rendement supérieur à 99,9 %, qui ne se dégrade d'ailleurs pas à l'usage. Ce rendement diminue très légèrement avec l'augmentation de l'angle de travail et de la vitesse de rotation. Il est normalement indépendant de la valeur du couple transmis avec, cependant une chute nette à couple faible et à couple très élevé.

#### III.4.2.3 Calcul de la contrainte de cisaillement du joint de cardan :

La goupille du joint de cardan possède 2 sections cisailées, situées toutes les deux à la distance

$r = 9$  mm de l'axe du corps de l'outil. L'effort de cisaillement  $F$  dans une section est tel que : Couple maxi  $M_{\max} = 2F \cdot r$ . Par conséquent, l'effort tranchant

$$F = M_{\max} / 2r$$

Pour vérifier la condition de résistance ( $\tau \leq \tau_{\text{adm}}$ ) on doit calculer le diamètre  $d$ :

$$P = M \cdot \omega \Leftrightarrow M = \frac{P}{\omega} \quad \text{tel que} \quad \omega = \frac{2\pi N}{60} \quad \text{et}$$

Où :

F: L'effort de cisaillement N

P: la puissance de la machine (w)= 1,1kW

M : Couple moteur(N.m)

N: Vitesse de rotation en tr/mn=450tr/mn

w: Vitesse de rotation en rad/s

r : le rayon d'outil (m)= 9 mm

Application numérique :

$$M = \frac{1.1 \times 10^3 \times 60}{2 \times 3.14 \times 450} = 23.35 \text{ N.m}$$

$$M = 2 F \cdot r \Leftrightarrow F = \frac{M}{2r}$$

$$F = \frac{23.35}{0.0092} = 1297,22 \text{ N}$$

La Condition de résistance : Si S désigne l'aire de la section cisailée, la condition de rupture de la goupille s'écrit :  $F/S = R_g$ , soit  $S = F / R_g$ .

Condition de résistance au cisaillement peut s'écrire:  $F/S \leq R_g/s$  (coefficient de sécurité=3) Matière de la goupille et du joint de cardan c'est l'acier 42Cr Mo4

Avec  $R_g = 850 \text{ Mp}$

$$S \geq 3 * 1297,22 / 850 = 4,58 \text{ mm}^2$$

$$\text{Avec } S = 3,14 d^2 / 4 \rightarrow d \geq \sqrt{4 * S / 3,14} \text{ soit } \underline{d \geq 2,42 \text{ mm}}$$

Le diamètre de la tige de couplement qui égale à 5.6 mm est supérieure au résultat trouvé (2,42mm), donc la condition est vérifiée, alors on peut dire que notre tige va résister à l'effort de cisaillement dans ces conditions.

III.4.2.4 Régime et angle de transmission

Angle maximum:

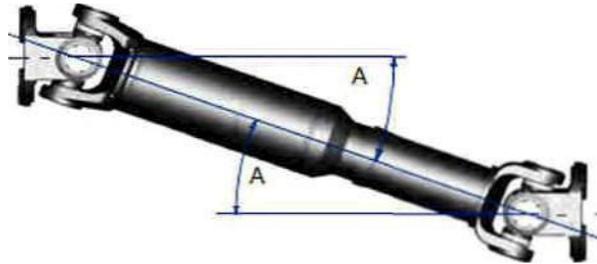


Figure III.6: angle maximum suggéré pour une transmission à deux joint de cardan.[17]

Régime de la transmission (tr/mm max.):

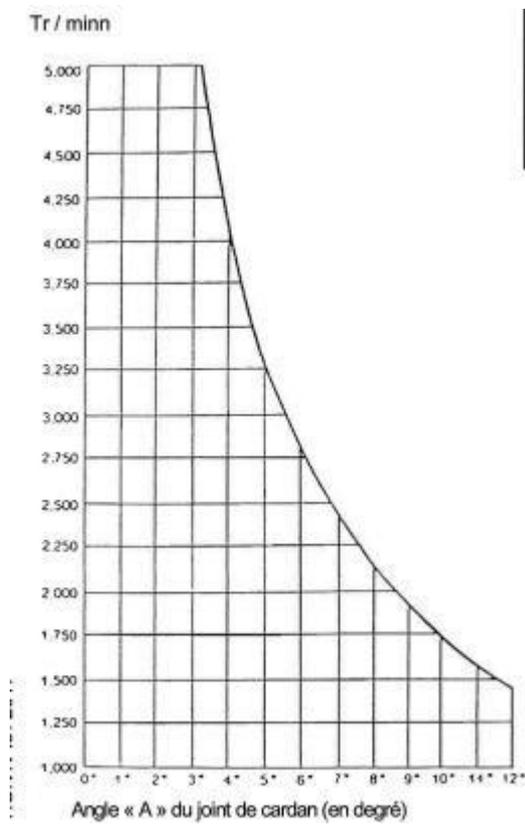


Figure III.7: courbe du régime de la transmission en fonction de l'angle du joint de cardan.[17]

D'après les deux figures on remarque que pour avoir un régime maximum de transmission de puissance il faut avoir un angle de transmission qui ne dépasse pas le 3.15

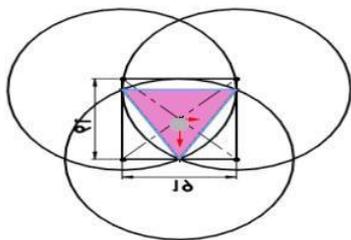
**III.4.3 L'outil de coupe:**

Pour avoir un perçage de forme carre il nous faut un foret dont les 3 arêtes tranchantes sont dans le prolongement des sommets du triangle de reuleaux

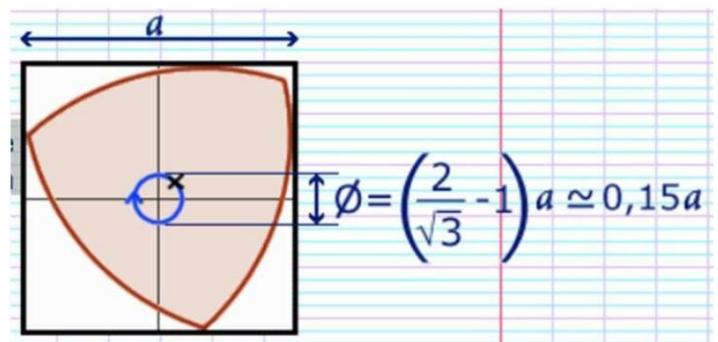


**Figure III.8** Vue réelle de l'outil de coupe

Pour percer un trou carré d côté a, on utilise une mèche en forme de triangle de Reuleaux décrit de côté a. Son axe de rotation doit tourner trois fois plus, sur un cercle dont le diamètre égale à environ 0,15 a



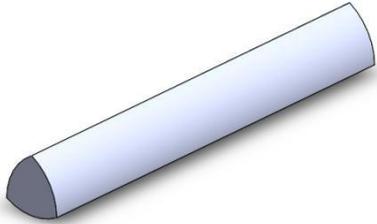
**Figure III .9**Triangle de Reuleaux.[12]



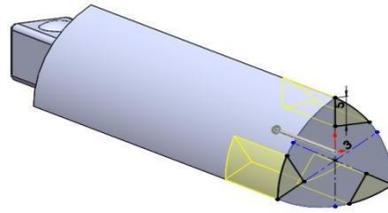
**figure III.10**Triangle de Reuleaux de cote a. [18]

Pour creuser la matière et évacuer les copeaux, il faut lui donner des arêtes tranchantes Les

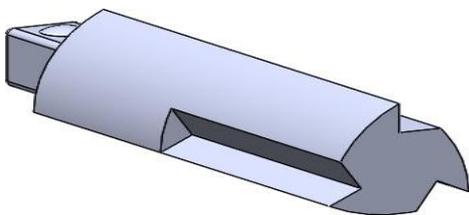
étapes pour faire la conception des arêtes tranchantes:



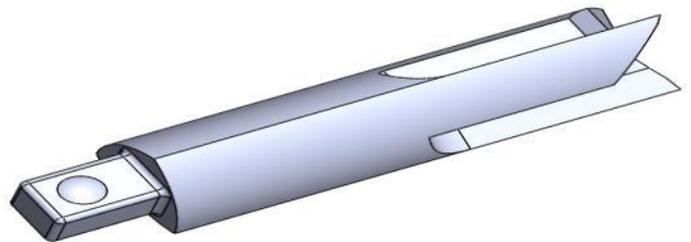
**Figure III.11** La forme initiale de l'outil



**Figure III.12** L'enlèvement de la matière



**Figure III.13** Les arêtes tranchantes



**Figure III.14** La forme finale de l'outil.



Figure III.15 Une vue réelle de foret (outil de coupe).

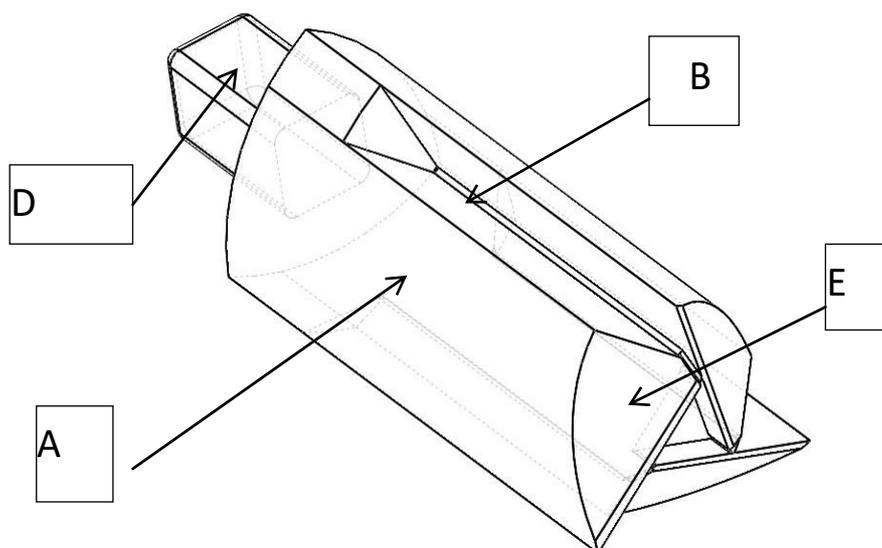
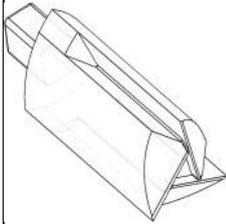
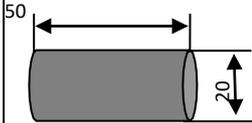
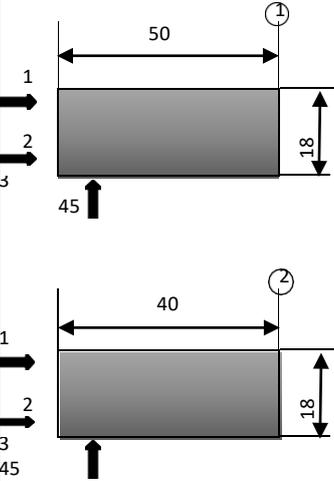


Figure III.16 Conception du l'outil de coupe pour le perçage carre.

**III.4.3.2 Réalisation du foret**

<b>GAMMED'USINAGE</b>						
<b>Ensemble</b> <b>:mécanisme de</b> <b>perçage de trous</b> <b>carrés.</b>  Elément :Foret de perçage		<b>Nombre :</b>  <b>1</b> <b>Matériau:</b>  <b>ACIER Z200</b>   <b>N: pièce</b>			<b>Croquis</b>  	
<b>N</b>	Désignation des phases  Phase opération	Machine	Appareils  et  Outillages	Contrôle		
<b>10</b>	<b>Contrôle du brut</b> :Vérifier les dimensions du brut			Pied à coulisse	<b>L:50 ; Ø:20</b>  	

<p>20</p>	<p><b>Tournage:</b>  21 : chariotage De 1  22 : Dressage de 2 en finition</p>	<p>Tour  Conventionnel</p>	<p><b>Outil a</b>  <b>Dresser</b></p> 	<p>Pied à coulisse A vernier</p> 	
<p>30</p>	<p><b>Fraisage:</b>  Surface(A) Taillage de la denture suivant le rayon 18mm en finition de toutes les surfaces</p>	<p>FraiseuseConv  entionnel</p>	<p>Fraise conique  2 tailles10mm</p> 	<p>Pied a coulisse a vernier</p>	

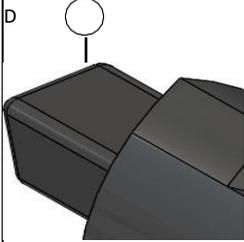
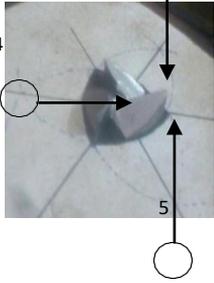
40	Réalisation de l'entaille Surface :B	Fraiseuse Conventionnel	Fraise conique 		
50	Chanfreinage Surface D	Fraiseuse			
60	Affutage Surface 3,4,5	Rectifieuse	Meule. 	Rapporteur d'angle INOX	

Tableau III.1 les étapes de réalisation de foret.

III.4.3.3 Composition chimique moyenne en% du foret:

Acier Z200 C 12 – X 200 Cr 12

La nouvelle normalisation: X 210Cr 12

C(Carbone)%	Cr(Chrome)%	W(Tungstène)%	Mn(manganèse)%
2.10	12.00	0.70	0.3

**Tableau III.2** Composition chimique moyenne en % du foret.

➤ **Propriétés :**

Acier à 12% de chrome, résistant à l'usure et d'une tenue à la coupe élevée.

➤ **Trempe:**

Température: 950-980°C

Milieu de trempe : huile à 80°C, air, vide ou bain chaud 500-550°C Dureté

après trempe : 64HRC

HRC : un symbole normalisé pour la dureté Rockwell (

➤ **Recuit d'adoucissement:**

Température : 800-840 °C

Refroidissement : lent au four

Dureté: 250 HB maxi

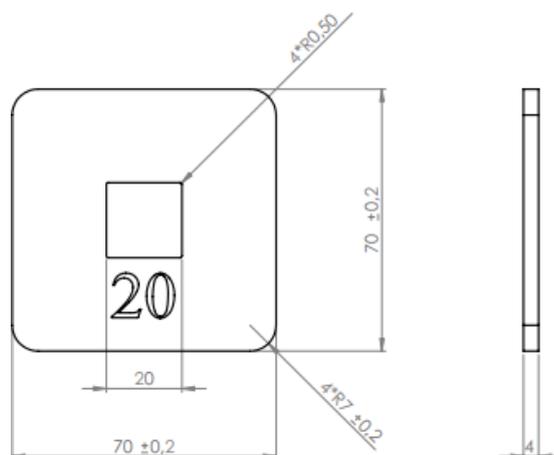
250 HB maxi : L'échelle de Brinell mesure la dureté de matériaux

**III.4.2 Le porte outil:**

Il ya trois éléments qui constituent le porte outil:

**III.4.2.1 Le guide:**

Une plaque métallique qui guide le foret dans une poche carrée, cette dernière est la trajectoire de foret au moment de la rotation



**Figure III.17** Mise en plan du guide.

Cette plaque va résister au frottement avec le foret et elle va le guider à percer le trou carré.



Figure III.18 Une vue réelle du guide

III.4.2.2 Le support:

Le guide est relié à la perceuse par deux tiges parallèles, les tiges maintiennent le guide par une soudure chaque une.

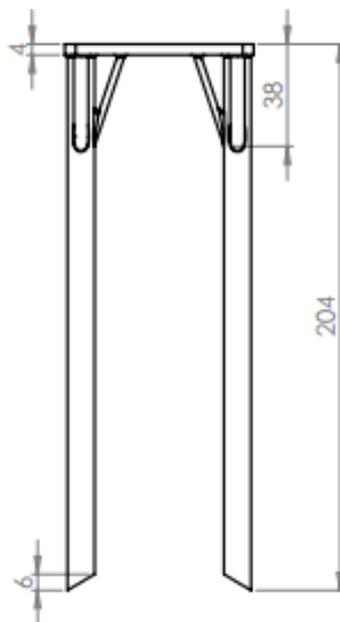


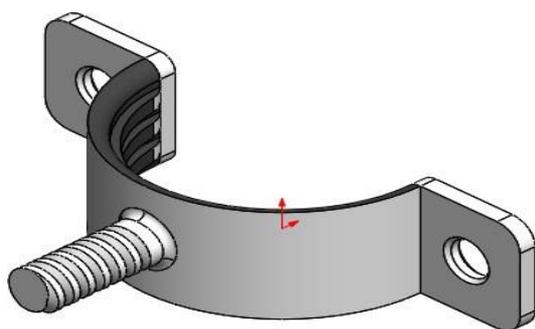
Figure III.19 La mise en plan du support



Figure III.20 Vue réelle du support

Le support va diminuer les vibrations au cours de perçage, et il va assurer l'axialité de mandrin avec le foret.

III.4.4.3 Le collier de serrage :

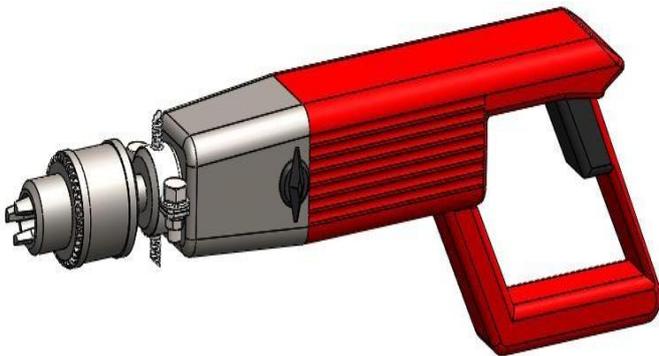


A



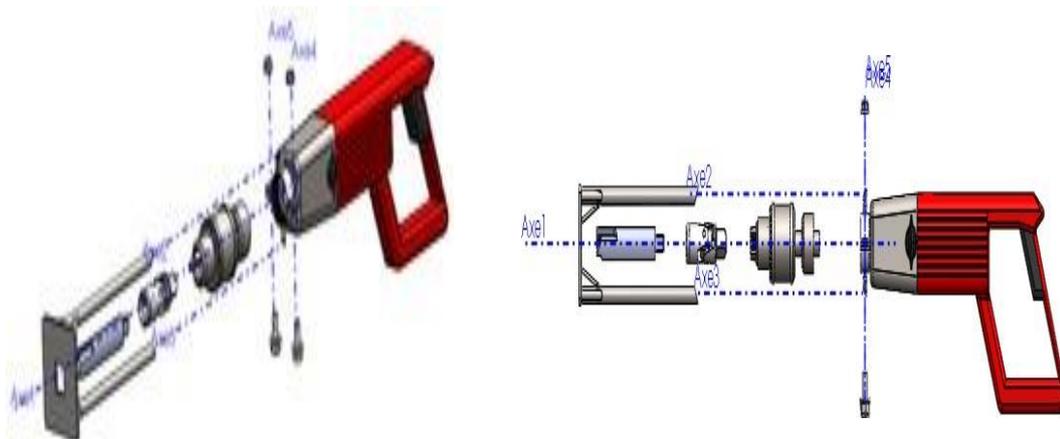
B

Figure III.21 A) Conception d'une partie de collier ; B) Une vue réelle de collier de serrage.

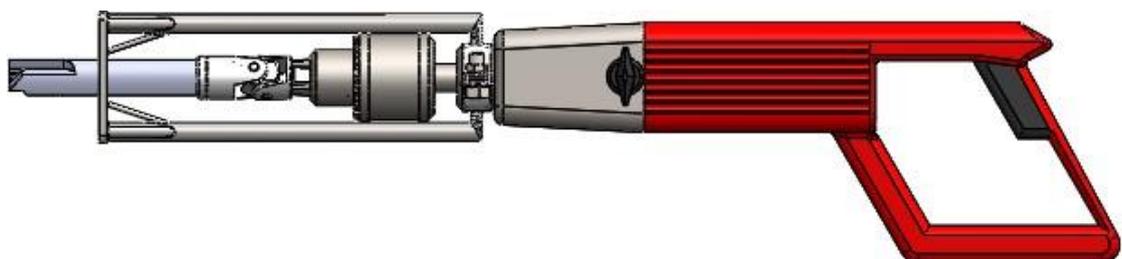


**Figure III.22** Le positionnement de collier de serrage Le collier est attaché à la perceuse par deux vis.

**III.4 Assemblage de mécanisme:**



**Figure III.23** Le positionnement des éléments de mécanisme.



**Figure III.24** Conception de mécanisme de perçage de trou carré.



Figure III.25 Un trou carre

### Avantages et inconvénients de ce mécanisme:

#### Avantage:

- 1) Le seul procédé conventionnel pour créer un trou carré avec les paramètres souhaités en un minimum de temps possible.
- 2) C'est une machine compacte et légère pour fonctionner sans fatigue pour l'opérateur.
- 3) Le trou carré créé par d'autres méthodes alternatives prend du temps et n'est pas économique lorsqu'il est fait pour une production à petite échelle.
- 4) La découpe à grande vitesse du trou carré peut être effectuée là où le carré exact n'est pas requis, en évitant les opérations de finition.
- 5) Il s'agit de la conception la plus simple d'une foreuse à trous carrés avec un investissement initial minimum.

#### Inconvénient:

- 1) Pour créer le trou de différentes formes et tailles, le support et l'outil de la machine doivent être remplacés par la taille souhaitée du trou.
- 2) Les vibrations et le bruit créés dans la machine en raison du plus grand nombre de composants mobiles sont difficiles à amortir en raison de la limitation de conception, telles que le poids et la taille de la machine.

3) Le coût combiné du nombre d'outils et de support requis pour la variation de taille et de forme n'est pas économique pour la production à petite échelle.

### **III.6 Conclusion**

Le mécanisme conçu et installé sur la perceuse mobile e permet de percer des trous carrés sur divers matériaux à partir du mouvement de rotation de la broche de la perceuse. Le projet est de construction simple et de taille compacte. Les coûts d'installation et de fabrication de ce mécanisme simple sont bas par rapport aux autres modes d'obtention de trous carrés. Pour réduire les efforts de coupe le pré-perçage ou avant trou est recommandé.

### Conclusion générale

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à l'étude, conception et la fabrication d'un mécanisme adaptable à la perceuse à mobile qui permet le perçage de trous de forme carrée à partir du mouvement de rotation de la broche de la perceuse. Pour atteindre cet objectif on s'est inspiré de la théorie de Reuleaux expliquée dans la partie théorique de notre projet de fin d'études.

Le projet comporte 2 parties : Une partie théorique expliquant la méthode du tracé du triangle de Reuleaux et ses caractéristiques géométriques et la deuxième partie concerne la réalisation pratique du mécanisme qui permet le perçage de trous carrés ainsi que l'outil de coupe.

Les résultats expérimentaux sont satisfaisants : Le mécanisme étudié et conçu nous a permis de percer des trous de forme carrée.

Ce mécanisme est simple de conception, pas cher et peut être adapté à tous types de perceuse set même au tour avec des modifications légères du support rigide en fonction du type de machines. La rigidité du mécanisme peut être améliorée en utilisant des supports beaucoup plus fiables et solides. La qualité de l'usinage du triangle de Reuleaux et son guidage carré peut être améliorée pour obtenir des trous carrés précis.

La partie tranchante de l'outil peut être aussi améliorée en utilisant des matériaux adéquats en vue d'augmenter la résistance à l'usure de cet outil et réduire l'effort de coupe en améliorant la géométrie de la partie active de l'outil de coupe



## Référence bibliographique

- [1] <https://fabrication1.blogspot.com/2013/06/le-perceage>
- [2] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Perceuse>
- [3] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Perceage>
- [4] Précis de méthodes d'usinage : méthodologie, production et normalisation, 5ème édition", Ed. NATHAN - AFNOR, 2004
- [5] Jinsoo Kim, Sangkee Min , David A. Dornfeld; Optimisation and control of drilling burr formation of AISI 304L and AISI 4118 based on drilling burr control charts; International Journal of Machine Tools & Manufacture; 2001; pp. 923–936.
- [6] <https://www.google.com/imgres?imgurl=https://docplayer.fr/docs-images/70/62965875/images/27-1.jpg&imgrefurl=https://docplayer.fr/62965875-Industrialisation-d-un-procede-de-perceage-ebavurage-sur-lisses-et-rails.html&tbnid>
- [7] J.L. Cantero,, M.M. Tardi'ob, J.A. Canteli, M. Marcos, M.H. Migue'lez ; Dry drilling of alloy Ti–6Al–4V; International Journal of Machine Tools & Manufacture; 2005; pp.1246–1255.
- [8] H.L. Coldwell, R.C. Dewes, D.K. Aspinwall, N.M. Renevier, D.G. Teer; The use of soft/lubricating coatings when dry drilling BS L168 aluminium alloy; Surface and Coatings Technology; 2004; pp.716–726.
- [9] N. Guibert, H. Paris, J. Rech, Influence of the chisel edge geometry on the vibratory drilling behaviour, 5° International Congress HSM, Metz -14/15 et 16 Mars 2006

- [10] <https://hiddenshell.ru/fr/otverstie-kvadratnogo-secheniya-sverlenie-kvadratnyh-otverstii-sverlo>)
- [11] <https://www.etudes.ru/fr/etudes/wheel-inventing/>consulté en 2020
- [12] [Claude Parisel, Novembre 2012. Pour tout commentaire, question ou permission sur l'utilisation de ce document, s'adresser à: [cparisel@vieotron.ca](mailto:cparisel@vieotron.ca). [www.claudeparisel.com](http://www.claudeparisel.com) Percer un trou carré ?
- [13] : [http://www.maa.org/mathtourist/mathtourist\\_08\\_31\\_09.html](http://www.maa.org/mathtourist/mathtourist_08_31_09.html) consulté en 2021
- [14] <https://www.google.com/search/Lycée+P.+Mendès+France+-+Modélisation+des+Mécanismes>. consulté en 2021
- [15] ATammam SALLOUM - Thèse de doctorat 2009 - ENS de Cachan - LURPA
- [16] <https://www.google.com/search?q=la+mise+en+plan+dune+Perceuse> consulté en 2021
- [17] P. Coupe des métaux, Pierozak-Jean Pierre. Editrion OPU Alger 1988
- [18] P. [www.juggling.ch](http://www.juggling.ch) › [gisin](#) › [MathZero](#) › [perceuse4](#)
- [19] <https://www.sandvik.coromant.com/fr/knowledge/drilling/pages/drilling-wear-and-troubleshooting.aspx> consulté en 2021
- [20] <https://www.google.com/search?q=percege+vibratoire> consulté en 2021

- [21] Jinsoo Kim, Sangkee Min , David A. Dornfeld; Optimisation and control of drilling burr formation of AISI 304L and AISI 4118 based on drilling burr control charts; International Journal of Machine Tools & Manufacture; 2001; pp. 923–936.
- [22] <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mecanique-th7/procedes-d-usinage> consulté en 2021
- [23] <https://www.google.com/imgres?imgurl=https://www.researchgate.net/profile/Mohamed-Kchaou-2/18-Schematisation-de-lusure-par-adhesion-a-represente-le-volume-arrache>. consulté en 2021
- [24] <https://www.google.com/imgres?imgurl=https://s7g10.scene7.com/is/image/planseemedia/wnt-zerspanungswerkzeuge-restart-verschleiss-bohren>. consulté en 2021
- [25] <https://docplayer.fr/62965875-Industrialisation-d-un-procede-de-percage-ebavurage-sur-lisses-et-rails> consulté en 2021
- [26] <https://www.google.com/search?q=LA+MISE+EN+PLAN+DUN+JOINT+DE+CARDAN&rlz> consulté en 2021
- [27] H.Chr. Seherr-Thoss, F. Schmelz, E. Aucktor. (2006). "Universal joints and driveshafts", Springer, Verla Heidelberg 60(3): mini- dissertation.

## Résumé

La conception mécanique d'un outil qui réalise des trous carrés est basée sur la géométrie du triangle de Reuleaux. L'objectif principal est d'étudier comment le mouvement circulaire peut être converti en un mouvement carré par des liaisons purement mécaniques.

Cette application consiste à construire un mécanisme spécial qui permet le perçage de trous carrés ; cela nécessite un guide de forme carré dans lequel se déplacera le triangle de Reuleaux le long des côtés du guide carré. Ce mouvement est possible en utilisant de joints de cardan. Au centre du triangle de Reuleaux est fixé rigidement l'outil de coupe à trois arêtes coupantes. Les trois arêtes de l'outil de coupe coïncident strictement avec les trois sommets du triangle.

L'importance pratique de cette conception est que l'extrémité motrice animée d'un mouvement de rotation peut être installée sur une perceuse mobile ; l'autre extrémité se déplacera à l'intérieur du carré fixe grâce aux joints de cardan et on obtiendra un mouvement de forme carré ce qui permettra d'obtenir un trou de perçage de forme carré.

**Mots clés** : perçage carré, triangle de Reuleaux.

## Abstract

The mechanical design of a tool that makes square holes is based on the geometry of Reuleaux's triangle. The main objective is to study how the circular motion can be converted into a square motion by purely mechanical links.

This application consists in constructing a special mechanism that allows the drilling of square holes; this requires a square guide in which the Reuleaux triangle will move along the sides of the square guide. This movement is possible using cardan joints. In the center of the Reuleaux triangle is rigidly fixed the cutting tool with three cutting edges. The three cutting edges of the cutting tool strictly coincide with the three vertices of the triangle.

The practical importance of this design is that the driving end with a rotating movement can be installed on a standard drill press; the other end will move inside the fixed square thanks to the cardan joints and a square-shaped movement will be obtained, which will result in a square-shaped drill hole.

**Keywords** : Reuleaux triangle, square drilling

*Chapitre I*  
*Généralités sur le perçage*

***Chapitre II***  
***Le perçage des trous carrés***

***Chapitre III***  
***Partie pratique***

# *Conclusion générale*

# *Annexes*

## *Liste de figure*

# *Liste des tableaux*

# *Bibliographie*

# *Table des matières*

# *Nomenclature et symboles*

# *Dédicace*

# *Remercîment*

# *Introduction générale*