

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA  
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté: SCIENCES DE L'INGENIORAT.

Département: GENIE MECANIQUE.

Domaine: SCIENCES ET TECHNIQUES.

Filière: GENIE MECANIQUE

Spécialité: FABRICATION MECANIQUE

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

Perçages par machine à commande numérique (promech)

Présenté par : Guerfi Islem

Encadrant : BOURENANE RABAH Grade: Professeur Université: UBM Annaba

Jury de Soutenance :

Dib amar	MCA	UBM Annaba	Président
BOURENANE RABAH	Pr	UBM Annaba	Encadrant
BENAMIRA MOHAMED	MCA	UBM Annaba	Examineur

Année Universitaire : 2020/2021

# DEDICACE

*J'ai toujours pensé faire où offrir quelque chose à  
mes parents*

*En signe de reconnaissance pour tout ce qu'ils ont consenti  
comme efforts, rien que pour me voir réussir, et voilà,  
L'occasion est venue.*

*A ceux qui m'ont donné la vie, symbole de beauté, et de fierté, de  
sagesse et de patience.*

*A ceux qui sont la source de mon inspiration et de mon courage, à qui je  
dois de l'amour et de la reconnaissance.*

*A mes parents.*

- *Mon encadrant **Pr. BOURENANE RABAH***

*A Mes frères et Mes sœurs surtout mon frère **SOUFIEN**.*

*et mon ami **KERIEM OUSSAMA** je vous réserve toujours une place  
dans mon cœur et mes pensées.*

- *A toute ma famille: **GUERFI***
- *A tous mes Amis de **ANNABA***
- *A tous mes Amis sans exception.*

# Remerciements

*Je remercie dieu de ma avoir donné la force et le courage Ainsi que la volonté d'effectuer mon projet de fin cycle.*

*Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance au professeur **BOURENANE RABAH** qui a su diriger ce mémoire avec intérêt et compétences, et qui a su me conseiller tout au long de cette*

*période*

*J'adresse aussi aux enseignants à notre département de Génie mécanique d'avoir m'apporté leur soutien pour réaliser ce travail.*

*J'exprime mes gratitude et mes remerciements à mes parents et toute ma famille pour leurs encouragements.*

**Listes des figures**

**Chapitre I**

<b>Figure 1.1 : Charpente Métallique.....</b>	<b>4</b>
<b>Figure 1.2 : Chaudronnerie (Cuve Nafta) .....</b>	<b>5</b>
<b>Figure 1.3 : Stations de concassage.....</b>	<b>6</b>
<b>Figure 1.4 : Ligne assemblage soudage PRS Lourd .....</b>	<b>10</b>
<b>Figure 1.5 : Table De Decoupe Oxy Plasma.....</b>	<b>11</b>
<b>Figure 1.6 : Ligne De Production Automatique De (Perçage) .....</b>	<b>12</b>
<b>Figure 1.7 : Machine De Soudage Automatique (Ficep).....</b>	<b>13</b>
<b>Figure 1.8 : Moyens De Levage Et De Manutention (Ponts Roulants).....</b>	<b>14</b>
<b>Figure 1.9 : Semi-Remorques 40 T Scania.....</b>	<b>14</b>

**Chapitre II**

<b>Figure 2.1. Exemples de trous réalisés dans des pièces issues de plusieurs secteurs de l'industrie mécanique : (a) bloc moteur et culasse (secteur automobile), (b) moteur d'avion (secteur aéronautique) et (c) plaque d'un échangeur .....</b>	<b>16</b>
<b>Figure 2.2 : : Foret à queue cylindrique et Foret à queue conique.....</b>	<b>17</b>
<b>Figure2.3 : illustration du mouvement d'un foret .....</b>	<b>18</b>
<b>Figure 2.4: La géométrie de foret hélicoïdal classique ou conventionnel à queue conique .....</b>	<b>23</b>
<b>Figure 2.4.1. Mise en situation des éléments du corps d'un foret hélicoïdal.....</b>	<b>24</b>
<b>Figure 2.4.2. Mise en situation des éléments de la pointe d'un foret hélicoïdal.....</b>	<b>24</b>
<b>Figure 2.5 : différents longueurs du forêt .....</b>	<b>28</b>
<b>Figure 2.6 : Lubrification interne et externe .....</b>	<b>29</b>
<b>Figure 2.7 : Différents types de copeaux .....</b>	<b>30</b>

## **Listes des figures**

---

Figure 2.9. Trois types de bavure de L'AISI 4118, de gauche à droite : bavure uniforme, bavure transitoire et bavure en forme d'une couronne .....	32
Figure 2.10. Différents types d'usure des forêts : (A) usure de la dépouille [9], (B) usure de la face de coupe et (C) usure des listels .....	34
Figure 2.11. L'usure par adhésion à gauche .....	35
Figure 2.12. Exemple de rupture du foret .....	36

### **Chapitre III**

Figure 3.1 : représente la machine de perçage (liberty) .....	37
Figure 3.2 : représente le panneau de commande de machine liberty .....	38
Figure 3.3 : représente Voie à rouleaux, Motrice avec pince, marqueuse a écriture.....	41
Figure 3.4 : représente les broches de liberty .....	42
Figure3.5 : SYSTÈME PEGASO de la Machine multibroche.....	44
Figure3.6 : représente Le toolF (contient la liste des outils disponibles, en ligne générale il doit correspondre au chariot avec les outils présents dans l'usine).....	45
Figure3.7 : représente le magasin (C), le magasin des outils à bord de la machine.....	45
Figure3.8 : représente le TOOLF magasin d'information d'outils .....	46
Figure3.9 : représente un nouveau programme .....	47
Figure3.10 : Choix de l'unité de mesure .....	48
Figure3.11 : Choix du matériau .....	49
Figure3.12 : représente les foret HSS .....	52
Figure3.13 : représente le foret cobalt.....	53
Figure3.14 : représente le foret titane .....	54
Figure3.15 : représente les foret Carbure de tungstène .....	55

## **Liste des tableaux**

---

### **Liste des tableaux**

<b>Tab 1.1: Représente Les Caractéristiques Des Réservoirs [1] .....</b>	<b>4</b>
<b>Tab 1.2: Représente Matériel De Laboratoire Et De Contrôle .....</b>	<b>9</b>
<b>Tab 2.1: Conjonction Des Différents Mouvements Attribués A La Pièce Et Au Forêt ...</b>	<b>21</b>
<b>Tab 2.2: Différents Types De Forêts .....</b>	<b>22</b>
<b>Tab 2.3. Familles Des Matériaux Des Forêts .....</b>	<b>27</b>

## Sommaire

Dédicace

Remerciement

Liste des figures

liste des tableaux

Introduction ..... 1

### Chapitre I : Présentation de l'Unité

I. HISTORIQUE DE L'UNITE ..... 2

I.1 Dénomination ..... 2

I.2 : INFRASTRUCTURES ENVIRONNANTES :..... 3

I.3 : Les Activités De Promech Annaba ..... 3

I.3.1 : Charpente Métallique Et Technologique:..... 3

I.3.2 : Chaudronnerie : ..... 4

I.3.3 : Equipements De Cimenterie, Sidérurgie, Mines : ..... 5

I.3.4 : Equipements De Briqueterie : ..... 6

I.3.5 : Equipement De Travaux Publics : ..... 6

I.3.6 : Equipement De Sous Traitance : ..... 7

I.3.7 : Equipements Pour Stations De Traitement D'eau Et D'épuration : ..... 7

I.4 : Liste des projets les plus importants réalisés sur les cinq dernières années. .... 7

I.5 : References Professionnelles ..... 8

I.5.1 : Clients Nationaux ..... 8

I.5.2 : Clients Internationaux ..... 9

I.6 : Materiel De Laboratoire Et De Controle : ..... 9

I.7 : Prestations De Controle Non Destructifs « Cnd » ..... 10

I.8 : Ligne Assemblage Soudage PRS Lourd ..... 10

I.8.1 : Produits Que Nous Pouvons Realises ..... 11

I.8.2 : Gabarit Standard De Réalisation .....	11
I.8.3 : Moyens De Découpe .....	11
I.8.4 : Moyens De Perçage .....	12
I.8.5 : Moyen De Soudage Automatique .....	12
I.8.6 : Moyen De Levage .....	13
I.8.7 : Moyen De Peinture.....	14
I.8.9 : Transport Prs .....	14

## **Chapitre II : Généralités sur le perçage**

II.1. Historique : .....	15
II 1.2. Les machines portatives :.....	15
II.1.3. Caractéristiques générales :.....	15
II.2. Importance du perçage dans la fabrication mécanique : .....	15
II.2.1. Généralités : .....	15
II.2.2. Les types de perçage :.....	17
II.2.3. Les forêts de perçage .....	17
II.2.4 Paramètre de coupe :.....	18
II.2.4.1. La vitesse de coupe ( $V_c$ ) .....	19
II.2.4.2. L'avance par tour ( $V_f$ ) .....	19
II.2.5. Cinématique de l'opération de perçage .....	20
II.3. Le phénomène de coupe dans le perçage.....	21
II 3.1. Les différents modèles de forets à métaux .....	21
II.3.2. La géométrie d'un foret hélicoïdal.....	23
II.3.3. Les différents types de queue.....	25
II 3.4. Quelques matériaux utilisés pour la fabrication de forets.....	25
II 3.5. Comment choisir un foret à métaux .....	27
II.3.6. Lubrification méthode et produit.....	29
II.3.7. Formation des copeaux .....	30

II.3.8. Mécanismes d'enlèvement de la matière pendant le perçage .....	31
II.3.9. Bavure.....	32
II.4. Usure sur outils de coupe.....	33
II.4.1. Introduction .....	33
II.4.2. Définition de l'usure .....	33
II.4.3. Usure de foret.....	34
II.5. Conclusions .....	36

**Chapitre III : Partie pratique**

III.1. Introduction .....	37
III.2. Caractéristique de la machine .....	37
III.3. Description de la machine .....	39
III.3.1. Banc de chargement (optionnel) .....	39
III.3.2. Voie à rouleaux de support du matériau .....	40
III.3.3. Structure de support de motrice.....	40
III.3.4. Motrice avec pince .....	40
III.3.5. Dispositif d'accrochage automatique de la pince (optionnel) .....	40
III.3.6. Etau à commande hydraulique.....	40
III.4. Machine multibroche .....	42
III.5. SYSTÈME PEGASO.....	43
III.5.1. Programmation .....	43
III.5.2. Traitement .....	43
III.5.3. Exécution .....	43
III.6. Tableaux et Setup de Perçage .....	44
III.6.1. Le Tableau .....	44
III.6.2. Le Magasin C.....	46
III.6.3. Le ToolF .....	46
III.6.4. Créer un programme .....	47

## **Sommaire**

---

III.6.5. Choix de l'unité de mesure .....	48
III.6.6. Choix du matériau .....	49
III.6.7. Programmer un trou [ DRILL_33 .....	50
III.6.8. Type d'outils pour le perçage.....	52
III.3. Les forêts de machine multibroches.....	52
III.3.1 HSS, High Speed Steel .....	52
III.3.2 Cobalt.....	53
III.3.3 Titane .....	53
III.3.4 Carbure de tungstène .....	54
III.4. Conclusion : .....	56

### **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, réalésage et certaines formes de finition comme le calibrage et le galetage. Tous ces procédés ont en commun d'utiliser en combinaison un mouvement rotatif et un mouvement d'avance linéaire. 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 plupart des machines, ce qui rend possible le perçage rapide de trous courts sur cellules flexibles, centres d'usinage et tours CN et 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.

A partir de mon stage de l'Entreprise promech je choisis le Perçages horizontal et vertical d'une charpente métallique.

La rédaction de ce mémoire est structurée en trois chapitres :

Dans le premier chapitre, nous avons présenté l'unité promech.

le deuxième chapitre forme le cœur de ce travail : elle traite la généralité de perçage qui concerne la cinématique de perçage, la géométrie et le type de foret hélicoïdal.

Dans la dernière chapitre nous avons étudié la machine de perçage multibroche (la description, caractéristique) et le système d'exploitation (Pegaso).

# **Chapitre I :**

# **Présentation de**

# **l'Unité**

## **I. Historique De L'unité**

A l'origine PROMECH Annaba dénommée EX SN-METAL Annaba II a été créée en 1972 par décision Ministérielle N° 22227 D182 en date du 01/06/1972.

Elle est entrée en exploitation en 1979 sous le nom de la SN METAL Mère, qui par la suite a fait l'objet d'une restructuration organique en 1983 donnant naissance l'ENCC, à laquelle dans le cadre de sa réorganisation donna naissance à l'Unité de Mécanique Lourde et Chaudronnerie « UMLC » qui a été transformée depuis le 01 janvier 2001 en filiale, sous la dénomination « Production Mécanique et Chaudronnerie » PROMECH Annaba et dont les actions sont détenues à 100% par le groupe ENCC.[1]

### **I.1 Dénomination**

#### **Groupe I METAL**

Entreprise Nationale de Charpente et Chaudronnerie « E.N.C.C »

Unité de Production Mécanique et de Chaudronnerie « [PROMECH ANNABA](#) »

PROMECH-ANNABA est une Unité de l'Entreprise Nationale de Charpente et Chaudronnerie « [ENCC](#) » au capital social de 6.906.450.000.00 DA, du Groupe Industriel

#### **Métal**

-Capacité de production	: 10 000 T/An
-Implantée sur une superficie de	: 299 124 M <sup>2</sup>
-Superficie bâtie	: 55 598 M <sup>2</sup>
-Ateliers de production	: 43 400 M <sup>2</sup>
-Aire de stockage pour matière première	: 24 233 M <sup>2</sup>
-Aire de stockage pour produit finit	: 48 685 M <sup>2</sup>

**I.2 : Infrastructures Environnantes :****Distance**

Port	: 11 Km
Aéroport	: 12 Km Gare ferroviaire
Gare ferroviaire	: 11 Km
Autoroute	: 02 Km

**I.3 : Les Activités De Promech Annaba**

PROMECH-ANNABA active dans les domaines suivants :

**I.3.1 : Charpente Métallique Et Technologique:**

- Hangars de stockage (avec ou sans pontroulant)
- Hangars à usage industriel
- Structure métallique pour Bâtiment administratif
- Structure métallique pour Supermarché
- Hall de sport
- Structure métallique pour Tribune de stade
- Tabliers métalliques de ponts routiers
- Tabliers métalliques de ponts ferroviaires
- Passerelles métalliques pour piétons et autres.
- Ouvrages d'arts (structures métalliques).



Figure 1.1 : Charpente Métallique

I.3.2 : Chaudronnerie :

- Bacs de stockage, différentes capacités.
- Réservoirs
- Cuves
- Silos
- Colonnes, etc.....

Nous fabriquons aussi des réservoirs sous pression pour le stockage de GAZ dont ci après les caractéristiques

Volume	Ø mm	Longueur mm	Epaisseur mm	matériaux	Temps de calcul	Pression d'épreuve bar
100m3	3000	15982	25	A 48 APR	ambiante	30
100 kg	1000	3270	10	SA516Gr70	50° C	28,5
1750 kg	1200	3970	11	SA516Gr70	50° C	28,5
2500 kg	1200	5450	10	A48 AP	55° C	30
7800 kg	1900	6016	16	A 48 AP	55° C	30

Tab 1.1: représente les caractéristiques des réservoirs [1]



**Figure 1.2 : Chaudronnerie (Cuve Nafta)**

**I.3.3 : Equipements De Cimenterie, Sidérurgie, Mines :**

- Viroles de four
- Casing du broyeur ou concasseur
- Electrofiltres
- Séparateurs
- Cyclones, Réchauffeurs
- Ventilateurs
- Trémies (tous types)
- Conduites (tous types)
- Transporteurs

**I.3.4 : Equipements De Briqueterie :**

- Wagonnets de cuisson
- Wagonnets de séchages
- Divers équipements

**I.3.5 : Equipement De Travaux Publics :**

- Stations de concassage
- 50 m<sup>3</sup>/h
- 80 m<sup>3</sup>/h
- 120 m<sup>3</sup>/h 200 m<sup>3</sup>, 250 m<sup>3</sup>, 300 m<sup>3</sup> 400 m<sup>3</sup> et plus, à la demande du client



**Figure 1.3 :** Stations de concassage

Vous assurons également à vos clients

- Le transport
- Le montage
- La mise en route
- Le service après-vente
- La garantie d'une année

**I.3.6 : Equipement De Sous Traitance :**

- Poche de coulée
- Répartiteurs
- Cuillère à ferrailles
- Bacs d'avaries
- Lingotière
- Pièces mécaniques

**I.3.7 : Equipements Pour Stations De Traitement D'eau Et D'épuration :**

- Décanteurs flocculateur
- Filtres Ø 1600 mm type : AQUASID 40
- Station d'épuration type : AEROSID

PROMECH-ANNABA, dispose d'un capital expérience dans ces domaines d'activité de plus de quarante (40) ans, et d'une main-d'œuvre qualifiée.

**I.4 : Liste des projets les plus importants réalisés sur les cinq dernières années.**

- Brigade gendarmerie à LEMHARA EL-BAYEDH
- 02 Blocs administratifs El-Jilaine à El-Bayedh + Celibaterium
- Brigade gendarmerie à BNOUDEL-BAYEDH
- Rénovation des passerelles entre les machines (Alfa Pipe)
- Réhabilitation d'un transporteur au port d'Annaba
- 02 étables Agriculture Guelma (en cours de fabrication)
- Bâtiment de stockage 24 x 72 x 12 GERMAN Constantine
- Extension Bâtiment Production 29X200 X 12 GERMAN Constantine
- Ossatures Métalliques : 11 Bts 900 m<sup>2</sup>, 02 Bts 810 m<sup>2</sup> et 03 Bts 936 m<sup>2</sup>. (Ouargla)
- Réalisation d'une Salle Omnisport de 1000 places à Mila
- Réalisation d'une salle Omnisport de 1000 Places à Chelghoum Laid
- Réalisation salle de sport KSER SBIHI

Ossature métallique Hall d'emplissage METALENG

- 02 Préaux véhicules EMO El-Khroub
- 12 cuves de 100 m<sup>3</sup> sur skid BATENCO Ouest
- Réservoir contre bas ALTRO SKIKDA
- 03 Bacs de décantation AFRICAVER Jjel
- 03 Bacs de décantation ENTP Hassi Messaoud
- 09 Bacs dépôt Naftal Ain Mlila.
- 02 Fours sécheur SOMIPHOS Bir El-Ater
- 02 Bacs de 500 M<sup>3</sup> TARSIS Hamiz
- 10 Cuves de 100 M<sup>3</sup> TARSISetif
- 03 Cuves de 70 M<sup>3</sup> avec cuvettes de rétention SONAHES Hassi Messaoud
- 25 Cuves de 100 M<sup>3</sup> NAFTAL DarEl-Baida
- 17 Cuves de 10 M<sup>3</sup> + 02 Cuves de 07 M<sup>3</sup> URC
- 40 Réservoirs à air comprimé de 2,5 M<sup>3</sup> ENAFOR Hassi Messaoud
- Station de Concassage de 80t/h EVSM Sidi Moussa
- Station de concassage 120 t/h ENGCB OuedSmar
- 05 montes sacs réversibles de 12 M ASFERTRADE Annaba
- 03 Gerbeuses de 24 M ENASEL Const

**I.5 : References Professionnelles**

**I.5.1 : Clients Nationaux**





I.5.2 : Clients Internationaux



I.6 : Materiel De Laboratoire Et De Controle :

TYPE D'EQUIPEMENT ET ORIGINE	QTE	SPECIFICATIONS TECHNIQUES
Mouton pendule type PS W 300N-France	01	Puissance de travail 300 J
Machines pour essai ultrason - Allemagne	01	-
Négatoscope à haute Intensité -France	02	-
Microscope -Allemagne	01	-
Machine de marquage Scripta -France	01	-
Dispositif frigorifique -Allemagne	01	Appareil de résilience (Frigo)
Pompe à pression PMH TF 50-France	01	Pour épreuve hydraulique
Four de traitement thermique RIPOCHE France	01	Pour traitement de détente, Ø de la pièce à traiter 5 m, longueur 19 m
Station de barèmage - France	01	
Appareil à ultra-son	01	EPOCH LT
Mesureur d'épaisseurs	01	SOFRANEL
Mesureurs de peinture	01	SOFRANEL
Magnétoscope	01	SOFRAMEL
Appareil numérique de contrôle de dureté des aciers.	01	SOFRAMEL

Tab 1.2: Représente Materiel De Laboratoire Et De Controle

### I.7 : Prestations De Controle Non Destructifs « Cnd »

Nous pouvons réaliser pour nos clients des :

- Essais hydrostatiques pour bacs, cuves et tuyauterie
- Essais de traction et pliage, pour tous matériaux ferreux
- Essais de résilience
- Barémage de cuves et camions citernes,
- Prestation de dureté des aciers.

### I.8 : Ligne Assemblage Soudage PRS Lourd

PROMECH Annaba dispose d'une machine de soudage Bi-têtes arc submergé PRS, acquise auprès d'AIR LIQUIDE WELDING France, pour la fabrication de différentes formes de poutres de petites ou grandes dimensions (PRS) à partir des plans jusqu'à la livraison sur chantier.

L'outil actuel permet d'atteindre une production mensuelle de 800 tonnes.



**Figure 1.4 :** Ligne assemblage soudage PRS Lourd

**I.8.1 : Produits Que Nous Pouvons Réaliser**

- PRS droite, à inertie variable, cintrée ou à ailes variables
- Caisson droit, à inertie variable ou cintré
- Tout élément chaudronné à partir de PRS à titre d'exemple les passerelles
- 

**I.8.2 : Gabarit Standard De Réalisation**

- hauteur d'âme : 400 à 3000 mm
- longueur de poutre : Mini 2000 mm, Maxi 20000 mm
- hauteur d'ailes : 200 à 800 mm maxi
- Epaisseur : 10 à 80 mm
- Ecartement maxi des têtes : 3000 mm
- Capacité de production moyenne mensuelle : 500 tonnes

**I.8.3 : Moyens De Découpe**

Nous utilisons plusieurs procédés tel que l'oxycoupage, la découpe plasma et la découpe laser.



**Figure 1.5 : Table De Decoupe Oxy Plasma**

**I.8.4 : Moyens De Perçage**

Machine FICEP 3 axes

longueur : 20 ml

largeur : 2 ml hauteur :600mm

Diamètre de perçage jusqu'à 40 mm

épaisseur maxi : 80 mm

En sus du perçage de profilés lamés à chaud, cette machine permet le traitement de la PRS en termes de perçage.



**Figure 1.6 :** Ligne De Production Automatique De (Perçage)

**I.8.5 : Moyen De Soudage Automatique**

Machine de marque FICEP

Capacité : largeur PRS de 200 mm jusqu'à 2,5 ml

Longueur de PRS : jusqu'à 30 m



Figure 1.7 : machine de soudage automatique (ficep)

### I.8.6 : Moyen De Levage

Divers ponts pour les manutentions de PRS d'un poids unitaire de 15 t à 40 t + 02 Grues de 30 et 40 T



Figure 1.8 : Moyens De Levage Et De Manutention (Ponts Roulants)

**I.8.7 : Moyen De Peinture**

Aire de peinture : application principalement d'un primaire anti rouille.

**I.8.9 : Transport Prs**

Nous disposons d'un parc matériel roulant important et pour le transport des grandes longueurs nous soustraitons auprès des transporteurs locaux spécialisés [1]



**Figure 1.9** : Semi-remorques 40 T SCANIA

# **Chapitre II :**

## **Généralités sur le**

### **perçage**

## **II.1. Historique :**

Le perçage (ou forage) est une très ancienne technique d'usinage déjà appliquée par les Egyptiens, il y a 40 siècles, au découpage en carrière des blocs de pierre, au moyen de trous profonds et très rapprochés. Ils utilisaient un mécanisme à rotation alternative d'où naquit la perceuse à archet.

## **II 1.2. Les machines portatives :**

Les perceuses portatives ou chignoles sont utilisées lorsqu'il est nécessaire d'exécuter le travail sur chantier.

### **-En fabrication :**

-Exécution de travaux réservés au montage : trous d'arrêt, goupillage, etc.

- Exécution de travaux de détail sur pièces très encombrantes : carrosserie, avion, charpente métallique, etc.

### **-En réparation :**

-Agrandissement de trou existant :

-Extraction d'élément cassé (goujon, etc.).

## **II.1.3. Caractéristiques générales :**

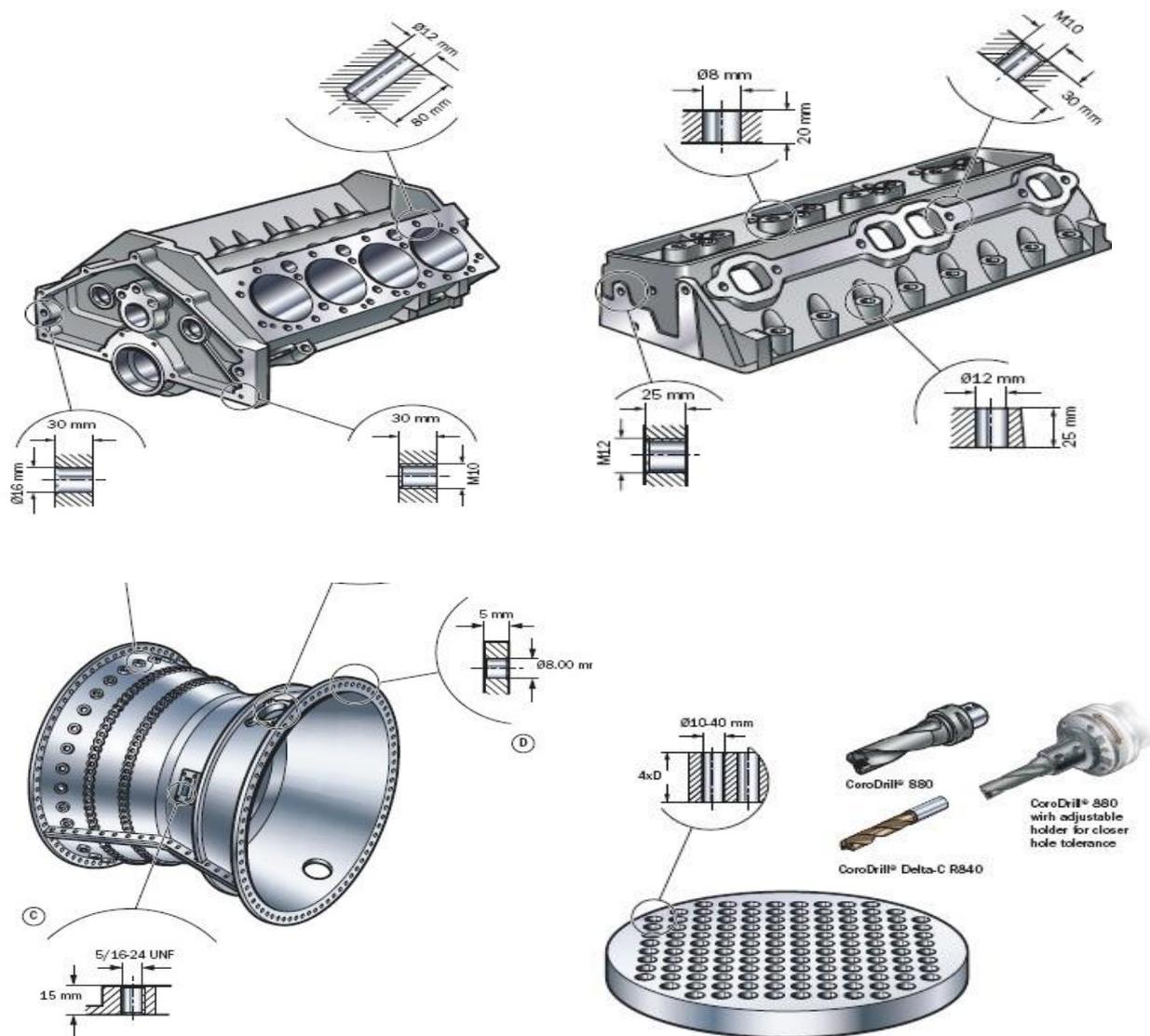
Les machines à percer portatives sont caractérisées par leur capacité (diamètre de perçage sans avant-trou) et par leur source d'énergie. Le sens normal de rotation est « droite » (sens des aiguilles d'une montre) mais généralement une commande permet d'inverser les sens (pour dégager lors d'un blocage intempestif, mais fréquent au débouchage) .

## **II.2. Importance du perçage dans la fabrication mécanique :**

### **II.2.1. Généralités :**

Le perçage est une opération d'usinage consistant à faire un trou dans une pièce. Ce trou peut traverser la pièce de part en part, on l'appelle trou débouchant ou bien ne pas la traverser, c'est alors un trou borgne. Ce trou peut être effectué par un foret, par découpe à l'aide d'un poinçon (trous débouchant), par électroérosion, par laser, par brochage, etc. Ce trou peut servir

à faire passer une pièce ou un fluide, il peut être lisse ou taraudé pour recevoir un rivet ou une vis d'assemblage. L'étude est limitée au perçage de trous cylindriques lisses réalisés à l'aide d'un outil rotatif coupant appelé foret. Le perçage est l'opération d'usinage la plus courante dans l'industrie mécanique, la **Figure 2.1** donne quelques exemples de pièces de l'industrie automobile et de l'industrie aéronautique. [12]



**Figure 2.1.** Exemples de trous réalisés dans des pièces issues de plusieurs secteurs de l'industrie mécanique : (a) bloc moteur et culasse (secteur automobile), (b) moteur d'avion (secteur aéronautique) et (c) plaque d'un échangeur [12].

### II.2.2. Les types de perçage :

**-Perçage ponctuel** : Le but du Perçage ponctuel est de percer un trou qui servira de guide pour percer le trou final. Le trou n'est percé que partiellement dans la pièce car il n'est utilisé que pour guider le début du prochain processus de perçage.

**-Perçage au centre** : Le but du perçage central est de percer un -trou qui servira de centre de rotation pour les opérations suivantes possibles. Le perçage au centre est généralement exécuté à l'aide d'un foret avec une forme spéciale, connu comme un foret au centre.

**-Perçage profond** : Le perçage en profondeur est défini comme une profondeur de trou supérieure à dix fois le diamètre du trou. Ces types de trous nécessitent un équipement spécial pour maintenir la rectitude et les tolérances. D'autres considérations sont la rondeur et la finition de surface.

**-Perçage d'arme** : Le perçage d'arme a été développé à l'origine pour percer des canons d'arme et est employé couramment pour forer des trous profonds de plus petit diamètre. Le rapport profondeur/diamètre peut être même supérieur à 300

### II.2.3. Les forêts de perçage

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

Nous traiterons ici uniquement du foret à métaux et non pas de la mèche à bois ou à béton.



Figure 2.2 : : Foret à queue cylindrique et Foret à queue conique.

### II.2.4 Paramètre de coupe :

Le perçage avec un foret combine deux mouvements : une rotation et une translation, Ces deux mouvements sont caractérisés par la fréquence de rotation et vitesse d'avance

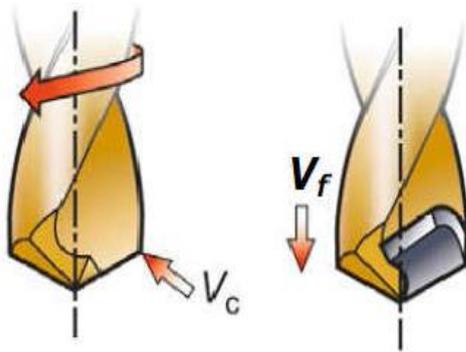


Figure2.3 : illustration du mouvement d'un foret [12]

**II.2.4.1. La vitesse de coupe (Vc)**

La fréquence de rotation des forêts, exprimée en tours par minute et notée *N* peut se déduire d'après la formule empirique (1)

$$V_c = \frac{\pi * d * N}{1000} \dots\dots\dots(1)$$

La vitesse de rotation (*N*) (tr/min) désigne le nombre de tours par minute accomplis par la pièce dans le mouvement de coupe. En permutant les termes de la formule précédente, on obtient (2) :

$$N = \frac{1000 * V_c}{\pi * d} \dots\dots\dots(2)$$

*d* : diamètre outil et trou (mm)

*V<sub>c</sub>* : vitesse de rotation (vitesse de coupe) (m/min)

*N* : la fréquence de rotation de l'outil (tr/min)

**II.2.4.2. L'avance par tour (Vf)**

L'avance exprimée en mm par tour et notée *f* (mm/ tr), elle est calculée par l'expression suivante (3).

$$V_f \text{ (m/min)} = f \text{ (mm/tr)} * N \text{ (tr/min)} * 1000 \dots\dots\dots(3)$$

*f* : avance par tour en (mm/tr)

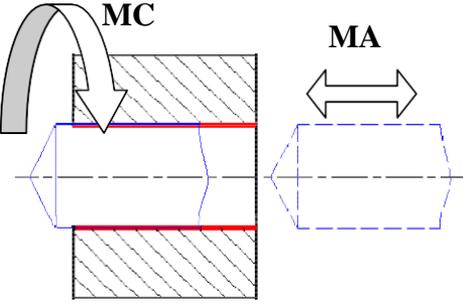
*V<sub>f</sub>* : vitesse d'avance en (m/min)

II.2.5. Cinématique de l'opération de perçage

Technologiquement, pour générer un trou cylindrique lisse, la cinématique de l'opération de perçage, nécessite deux principaux mouvements devant exister entre la pièce à usiner et le foret. Un mouvement de rotation (ou mouvement de coupe **MC**) et un mouvement de translation (ou mouvement d'avance **MA**. Le processus de perçage peut être comparé au tournage et au fraisage, mais à la différence que les exigences au niveau de la formation et de l'évacuation des copeaux sont plus strictes pour le perçage. Le perçage, comme le tournage, combine deux mouvements :une rotation et un déplacement linéaire.

Par conséquent, une opération de perçage peut être effectuée sur différents types de machines-outils permettant la combinaison de ces deux mouvements. (**Tab 2.1**).

Mouvement pièce	Mouvement foret	Illustration
<p><b>R=0</b> <b>T=0</b></p>	<p><b>R=1(MC)</b> <b>T=1 (MA)</b></p>	<p>The diagram shows a drill bit (Outil de perçage) and a workpiece (Pièce). The drill bit is rotating, indicated by a curved arrow labeled <b>MC</b>. Simultaneously, the drill bit is moving downwards into the workpiece, indicated by a vertical double-headed arrow labeled <b>MA</b>. The workpiece has a hole being drilled, shown in cross-section with a blue outline of the drill bit's path.</p>
<p><b>R=0</b> <b>T=1(MA)</b></p>	<p><b>R=1(MC)</b> <b>T=0</b></p>	<p>The diagram shows a drill bit (Outil de perçage) and a workpiece (Pièce). The drill bit is rotating, indicated by a curved arrow labeled <b>MC</b>. The workpiece is moving downwards, indicated by a vertical double-headed arrow labeled <b>MA</b>. The drill bit is positioned above the workpiece, and the hole being formed is shown in cross-section with a blue outline.</p>

<p>R=1 (MC) T=0</p>	<p>R=0 T=1 (MA)</p>	
<p>R: Rotation</p>		<p>T: Translation</p>

Tab 2.1: conjonction des différents mouvements attribués à la pièce et au foret

### II.3. Le phénomène de coupe dans le perçage

#### II 3.1. Les différents modèles de forets à métaux

Il existe différents types de forets pour perceuse selon la géométrie du perçage à réaliser et la pièce à usiner. Le foret le plus répandu est le foret hélicoïdal. Voici une liste non-exhaustive des principaux modèles de forets :

			
<p>Foret hélicoïdal standard</p>	<p>Foret étagé</p>	<p>Foret aléueur</p>	<p>Foret à centrer</p>

		
<b>Foret conique</b>	<b>Foret conique étagé</b>	<b>Foret à plaquettes</b>

**Tab 2.2:** différents types de forets

**-Le foret hélicoïdal :** il possède des goujures (= rainures) hélicoïdales.

**-Le foret étagé :** il permet de réaliser plusieurs perçages de diamètres et angles différents en une seule opération (par exemple) : le passage d'une vis de fixation et une fraisure pour la tête à fraisée d'une vis).

**-Le foret alésoir :** il permet de faire le travail des forêts et de l'alésoir en même temps, cependant sa précision pour le diamètre est moindre comparé à l'utilisation des deux outils.

**-Le foret à centrer :** il est très court et très rigide de manière à réaliser un petit trou positionné avec une très grande précision. Il peut être utilisé avant de percer avec un foret classique de manière à bien le positionner, ou utilisé pour effectuer un trou de centre pour une pointe de tour.

Il existe trois types de géométries pour le foret à centrer :

**-Le type A** qui ne possède pas de chanfrein de protection

**-Le type B** qui possède un chanfrein de protection

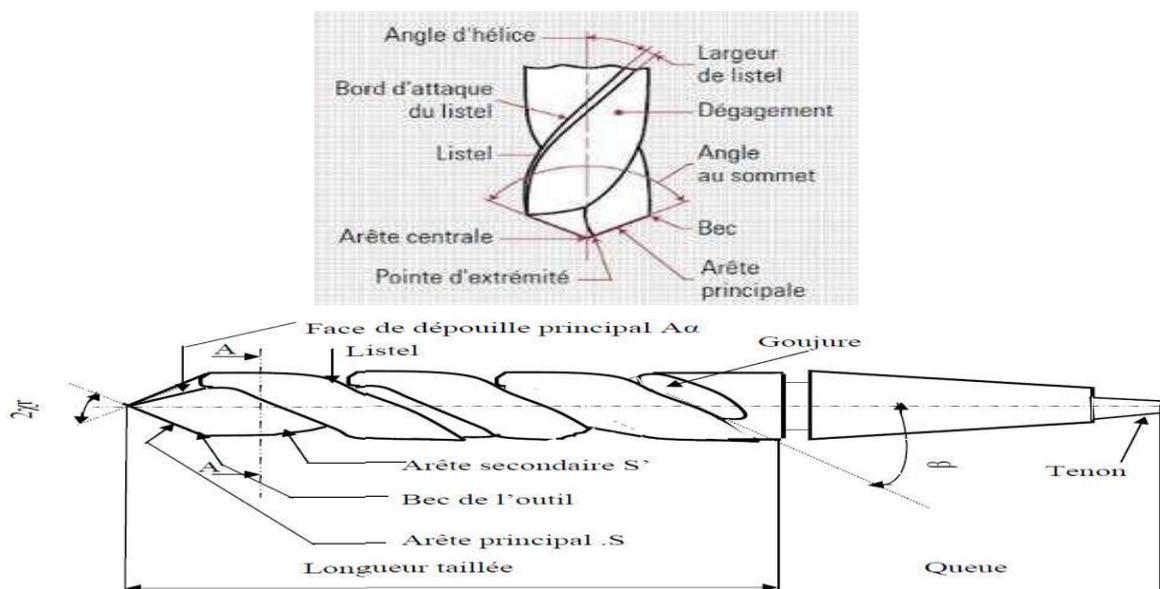
**-Le type R** qui a un profil curviligne et dont la pointe est en forme de rayon (idéal pour percer le verre, le carrelage et la céramique).

**-Le foret conique :** il permet le perçage de paroi de faible épaisseur.

-**Le foret à plaquette** : il sert au perçage de trous de grand diamètre. Il peut être utilisé à une vitesse bien plus importante que le foret monobloc hélicoïdal et sur une plus grande variété de matières.

### II.3.2. La géométrie d'un foret hélicoïdal

Un foret est constitué essentiellement d'une queue cylindrique ou conique selon le modèle, qui sert pour la fixation sur la perceuse et d'une partie taillée en forme d'hélice ce terminant par le bec de l'outil qui est la partie active du foret. Ce dernier forme un angle de pointe égale à  $120^\circ$  suivant une forme géométrique bien déterminée, pour faciliter la pénétration et l'arrachement de la matière lors de la coupe.



**Figure 2.4:** La géométrie de foret hélicoïdal classique ou conventionnel à queue conique

Les parties essentielles d'un foret sont les suivantes :

-**La queue** : elle assure le positionnement et l'entraînement du forêt.

-**Les parties actives** : arêtes de coupe : elles assurent la formation du copeau et le Centrage du foret dès l'attaque dans la matière. La géométrie des parties actives est déterminée par

L'affûtage, elle conditionne la qualité du travail réalisé ainsi que la tenue à l'usure du foret.

-**Les goujures** : elles forment la face de coupe de l'outil et participent à la formation du copeau, elles servent également à évacuer celui-ci et à amener le fluide de coupe au niveau des parties

actives. La forme et l'état de surface des goujures ont une grande importance pour la formation et l'évacuation du copeau.

-**Les listels** : ils frottent sur la portion du trou usiné, ils assurent le guidage de l'outil, ils sont généralement rectifiés. [12]

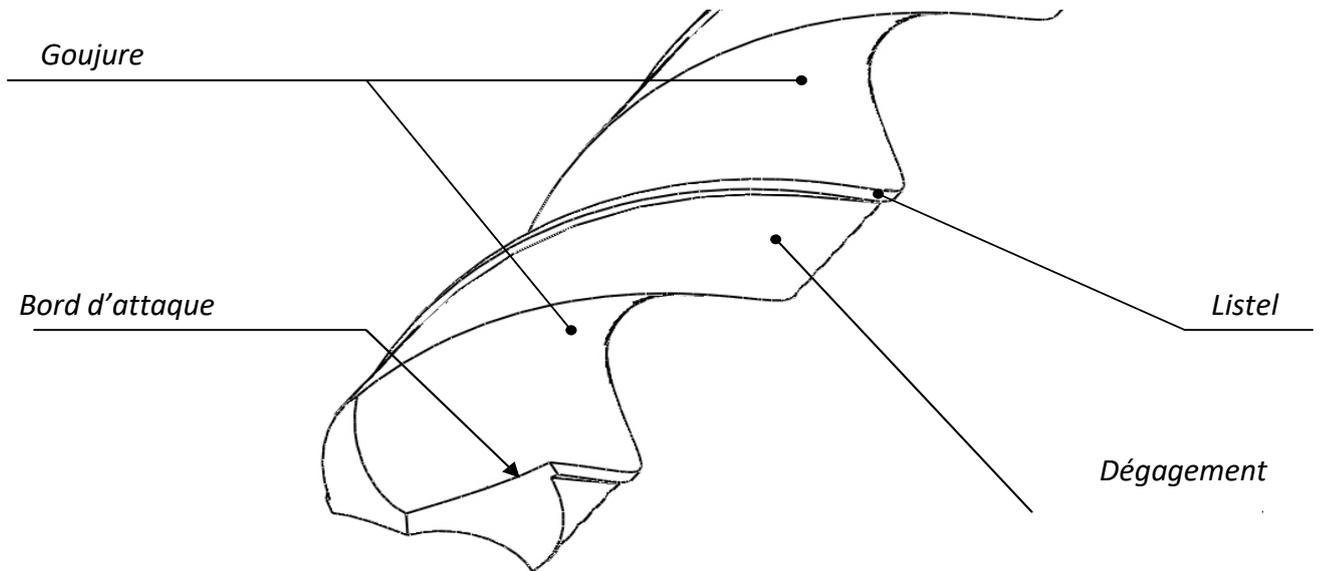


Figure 2.4.1. Mise en situation des éléments du corps d'un foret hélicoïdal

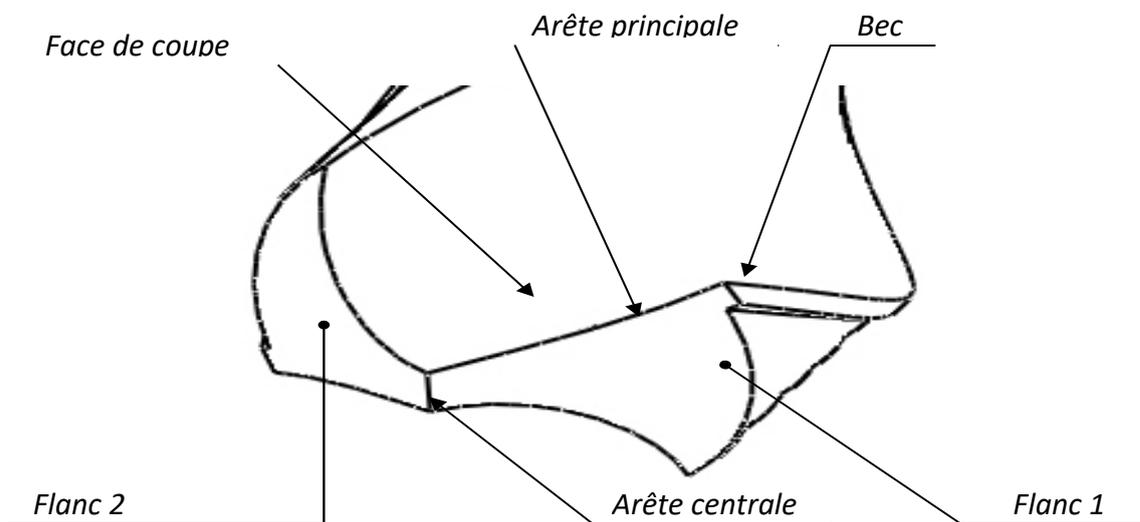


Figure 2.4.2. Mise en situation des éléments de la pointe d'un foret hélicoïdal

### **II.3.3. Les différents types de queue**

La queue du foret est la partie qui va être attachée à la machine-outil. Le foret possède trois types de queue :

- La **queue cylindrique** qui nécessite un mandrin à mâchoires pour serrer le foret
- La **queue « Cône Morse »** qui nécessite un mandrin conique correspondant au cône Morse
- La **queue SDS** qui nécessite un mandrin SDS rétractable de même dimension pour réaliser un montage et un serrage automatiques

### **II 3.4. Quelques matériaux utilisés pour la fabrication de forets**

Le foret peut être fabriqué avec différentes matières, chacune ayant sa spécificité. Voici les principales matières :

#### **-Acier rapide supérieur ou HSS (High Speed Steel) :**

Acier fortement allié dont la dureté est élevée (> 60 HRC) et garantie jusqu'à 600°C. Par conséquent, il possède une très bonne qualité de coupe. **L'affûtage** peut s'effectuer à la main. Il est généralement utilisé pour le perçage, le taraudage, l'alésage et le centrage.

L'acier rapide HSS est composé de carbone, de chrome, de vanadium, de tungstène et de molybdène. Il peut également contenir du cobalt. Selon sa teneur en cobalt, les applications du foret HSS change :

**-HSS sans cobalt** : acier rapide standard pour les outils d'usinage comme le foret

**-HSS Co5%** : acier rapide d'une teneur de 5% de cobalt à utiliser pour un usinage nécessitant une grande sollicitation thermique de l'outil. Cette nuance offre une bonne tenue à l'échauffement tout en ne fragilisant pas trop l'outil.

**-HSS Co8%** : acier rapide d'une teneur de 8% en cobalt pour un usinage nécessitant une très grande sollicitation thermique de l'outil. Cette nuance est idéale pour les aciers fortement alliés au chrome, vanadium, tungstène et molybdène. Seul inconvénient : l'outil devient cassant.

**-Carbure :** Ce n'est pas un acier à proprement parlé. Il s'agit plutôt d'un **mélange fritté** de carbure de tungstène (60 à 97 %), de métaux de liaison, titane et tantale (1 à 35 %) et de cobalt ou de nickel (3 à 30 %). Les proportions du mélange ne sont pas fixes, chaque proportion donne une qualité de carbure différente. Par exemple, une forte teneur en cobalt donne de la ténacité au carbure. Au contraire, une faible teneur de cobalt rend le foret carbure monobloc plus dur et plus fragile mais en même temps plus résistant à l'usure.

Sa dureté de 850 à 2 000 HV est maintenue jusqu'à une température de 1 000°C. Grâce à toutes ses qualités, on peut utiliser **des vitesses de coupe et des avances plus élevées** que celles pratiquées avec les outils en acier rapide.

**-Céramique :** La céramique est principalement utilisée pour l'usinage de la fonte, de la fonte trempée, des aciers de haute protection, des aciers trempés et des aciers réfractaires.

**-Diamant :** Le diamant est un carbone pur cristallisé, d'une très grande dureté. Le diamant n'est pas seul, mais seulement inclus dans le métal du foret ainsi "diamanté", afin de percer des matériaux très durs (par exemple des surfaces en céramique).

Les matériaux employés pour les forêts doivent satisfaire plusieurs critères :

-Stabilité mécanique, physique et chimique à des hautes températures

-Résistance à l'usure

-Ténacité à la rupture fragile.

Malheureusement, ces trois critères ne peuvent être satisfaits en même temps. Par exemple plus le matériau est réfractaire plus il est fragile (**Tableau1.1**).

<i>Familles</i>	<i>Stabilité thermique</i>	<i>Résistance au choc</i>	<i>Résistance à l'usure</i>
Acier rapide (HSS)	Augmente 	Augmente 	Augmente 
Carbure			
Cermet			
Diamant			

Tab 2.3. Familles des matériaux des forêts

### II 3.5. Comment choisir un foret à métaux

Avant d’opter pour un foret, il vous faut réfléchir au métal que vous voulez percer. En effet, chaque métal a une masse volumique différente, par conséquent, la dureté et la résistance au perçage diffère. Par exemple, un foret qui perce de l’aluminium ne sera pas efficace pour percer un alliage de carbone et de fer. C’est pourquoi, il existe une multitude de forets différents qui ont pour mission d’être plus durs que le métal qu’ils doivent percer.

Pour vous aider à trouver le foret qui correspond à vos besoins, nous vous avons préparé une liste des principaux critères à étudier avant l’achat.

#### **-Le diamètre**

Bien entendu, le diamètre est l’un des critères les plus importants pour choisir votre foret ! Au vu du grand nombre de diamètres que nous vous proposons, il devient même le critère le plus sélectif. Un foret métal de gros diamètre vous sera utile pour vos grands travaux de perçage tandis qu’un foret de petit diamètre est à préférer pour des travaux de précision.

#### **-La matière**

Vous avez le choix entre l’acier rapide supérieur HSS et le mélange fritté carbure. Le foret HSS cobalt a une très bonne qualité de coupe et supporte un usinage de forte chaleur. Le foret

carbure, quant à lui, permet des vitesses de coupe et des avances plus élevées que l'acier supérieur.

### **-L'angle de pointe**

Il existe de nombreux angles de pointe : 60°, 90°, 118°, 120°, 130°, 135°, 140°, 145°, 150°, etc. Cet angle de pointe doit s'adapter au métal que vous voulez percer. Par exemple, si vous souhaitez percer un métal dur, votre angle de pointe devra être grand et s'aplatir..

### **-La longueur du foret (série courte ou série longue)**

Il faut aussi savoir que le foret existe en plusieurs longueurs, ce qui vous permet de choisir celui qui s'adapte le mieux à la profondeur de votre trou à percer. En général, on distingue les forets de série courte et les forets de série longue mais certaines marques peuvent aussi créer des forets de série extra-courte et des forets de série extra-longue.

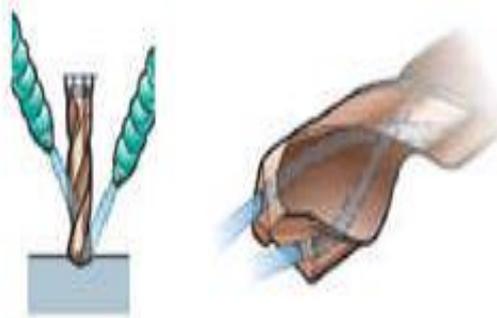
Sachez qu'il existe également des **coffrets de forets à métaux professionnels** avec différentes longueurs et diamètres afin de tout avoir sous la main ! Découvrez tous nos coffrets de perçage



**Figure 2.5** : différents longueurs du foret

### II.3.6. Lubrification méthode et produit

Le perçage de trous courts avec des forêts en carbure permet d'atteindre des taux élevés d'enlèvement de matière avec cependant une très importante génération de chaleur. Cette chaleur générée et l'important volume de copeaux produit sont évacués par le liquide de coupe dont l'apport, interne ou externe, s'effectue sous haute pression. Les conditions Extrêmes rencontrées en perçage en ce qui concerne l'évacuation des copeaux et les hautes températures rendent nécessaires une pression et un débit correct du liquide de coupe pour garantir un usinage fiable et des résultats de bonne qualité. Il existe des diagrammes fournissant des valeurs guides, mais qu'il faut cependant parfois ajuster en fonction des conditions d'usinage effectives et, entre autres, de la nature de la matière usinée.



**Figure 2.6 :** Lubrification interne et externe [2]

Aujourd'hui, l'usinage lubrifié est encore largement répandu dans l'industrie mécanique. Ce pendant des travaux de recherche ont été conduits pour minimiser voire éliminer l'emploi des fluides de coupe et un nouveau concept de lubrification minimale (ou de quantité minimale de lubrifiant) et d'usinage à sec a été introduit [3-4]

En plus d'être nocifs pour l'environnement et la santé humaine, l'emploi de ces Lubrifiants occasionne des coûts de production et d'évacuation des déchets plus élevés. Suivant les pièces usinées, l'usinage à sec permet d'économiser jusqu'à 17% du coût total de la pièce fabriquée, cette économie est principalement réalisée grâce à la suppression de plusieurs postes budgétaires, à savoir : l'approvisionnement en lubrifiant, le traitement et l'évacuation des fluides usagés et le nettoyage des pièces après usinage. La réduction des coûts associée à la

minimisation de la pollution réalisée par l'usinage à sec est la principale clé permettant à l'industrie de rester compétitive et rentable pour l'avenir. [5-6]

La caractéristique essentielle de la lubrification minimale est d'obtenir l'effet réfrigérant du lubrifiant par l'application d'un jet d'air comprimé. Un faible apport de lubrifiant est alors nécessaire, à condition qu'il soit injecté de manière efficace dans la zone de coupe. Ce lubrifiant est complètement utilisé et les copeaux formés sont quasiment secs. Cependant, tous les effets produits par l'utilisation classique de la lubrification (fort débit de fluide de coupe) ne sont pas obtenus par la lubrification minimale. Toutefois, les résultats obtenus avec la lubrification minimale en perçage sont excellents en comparaison de ceux obtenus avec la lubrification classique. [7] La lubrification minimale est alors une solution alternative intéressante d'un point de vue économique, mais aussi pour le respect de l'environnement. Elle combine en effet les deux fonctions (refroidissement et lubrification) avec une quantité extrêmement faible de lubrifiant, elle a donc le potentiel suffisant pour combler l'intervalle entre lubrification classique et usinage à sec.

### **II.3.7. Formation des copeaux**

La matière à usiner, la géométrie de l'outil, la vitesse de coupe, l'avance et le choix du liquide de coupe influent sur la formation des copeaux. Une forte avance et/ou une vitesse de coupe réduite produisent des copeaux plus courts Figure 2.7. La longueur des copeaux peut être considérée comme acceptable lorsque ceux-ci peuvent être évacués sans problème au niveau des goujures.

Des essais de l'outil, sous différentes combinaisons de vitesses de coupe et d'avance, dans la matière concernée, sont nécessaires pour trouver les bonnes conditions de fonctionnement de l'outil et de formation des copeaux. Il faut, pour assurer une bonne évacuation du copeau, que les arêtes de coupe forment un copeau continu, donc ne débouchent pas transitoirement dans le vide après amorçage du processus de coupe. Quand le foret attaque la surface de la pièce selon une direction oblique, il est donc nécessaire que le rapport vitesse de coupe sur vitesse d'avance soit inférieur à une valeur critique.

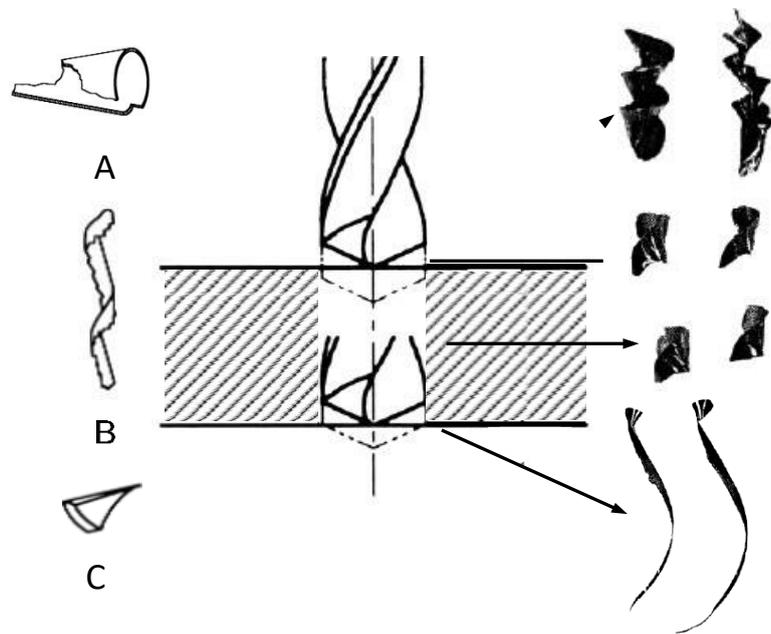


Figure 2.7 : Différents types de copeaux

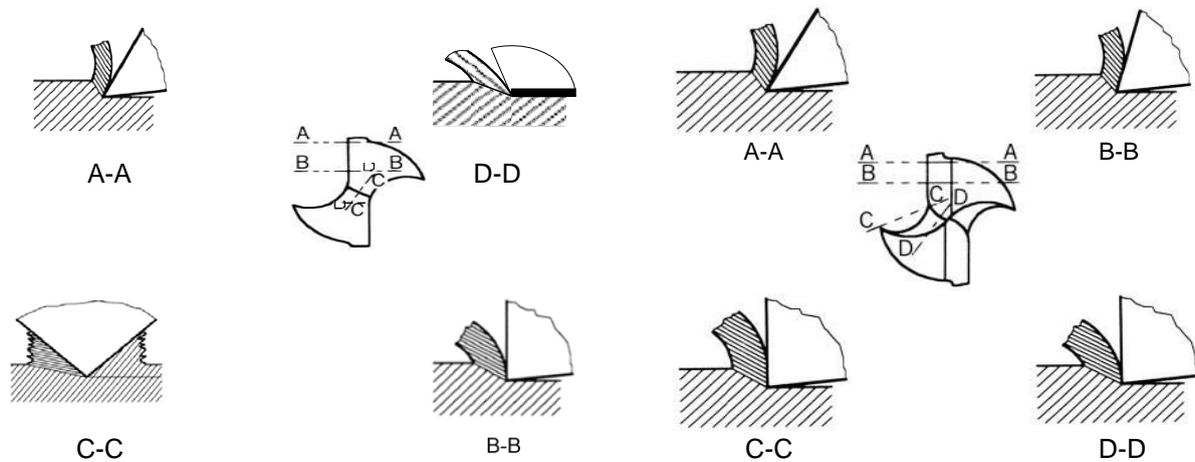
### II.3.8. Mécanismes d'enlèvement de la matière pendant le perçage

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 2.8.

-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).

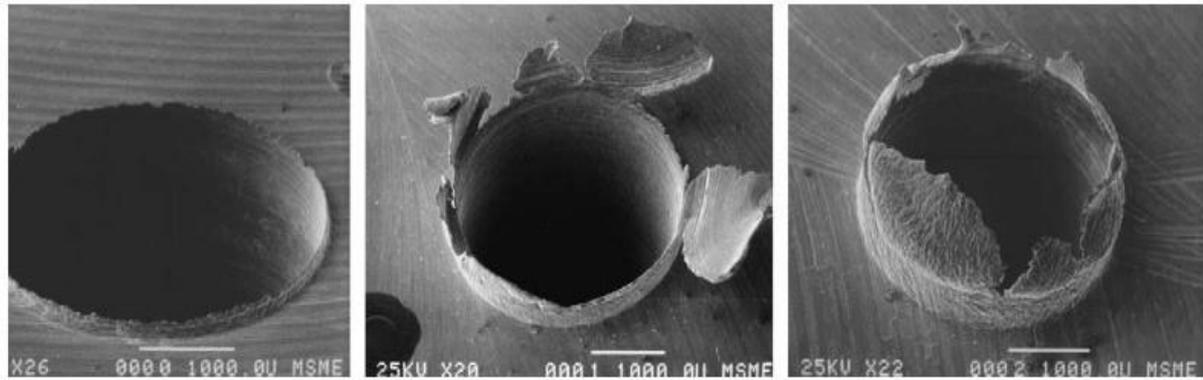
Dans les forets avec des géométries modernes, l'amincissement au niveau de l'arête centrale contribue à l'amélioration des conditions de coupe dans cette région en modifiant l'angle de coupe Figure 2.8. L'indentation est réduite à une zone très petite de quelque dizaine de micromètres juste au centre du foret.



**Figure 2.8.** Mécanisme d'enlèvement de la matière pendant le perçage avec un foret hélicoïdal conventionnel (a) et un foret de géométrie moderne (b).

### II.3.9. 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 2.9 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.



**Figure 2.9.** Trois types de bavure de L'AISI 4118, de gauche à droite : bavure uniforme, bavure transitoire et bavure en forme d'une couronne [8].

Plusieurs chercheurs ont étudié [8] 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.

## **II.4. Usure sur outils de coupe**

### **II.4.1. Introduction**

Le frottement d'un matériau est un processus complexe, étroitement lié aux facteurs mécaniques, thermiques et physico-chimiques. Le frottement est avant tout un problème d'interface, car mis à part quelques cas spéciaux, le frottement dépendra beaucoup plus des propriétés des couches superficielles que des propriétés volumiques du corps considéré. Le frottement est la cause principale de l'usure qui entraîne les effets suivants :

- Altération dimensionnelle des pièces
- Augmentation des jeux de fonctionnement

### **II.4.2. Définition de l'usure**

Par définition, l'usure est la perte progressive de la matière de la surface active d'un corps à cause du mouvement relatif d'un autre corps sur cette surface.

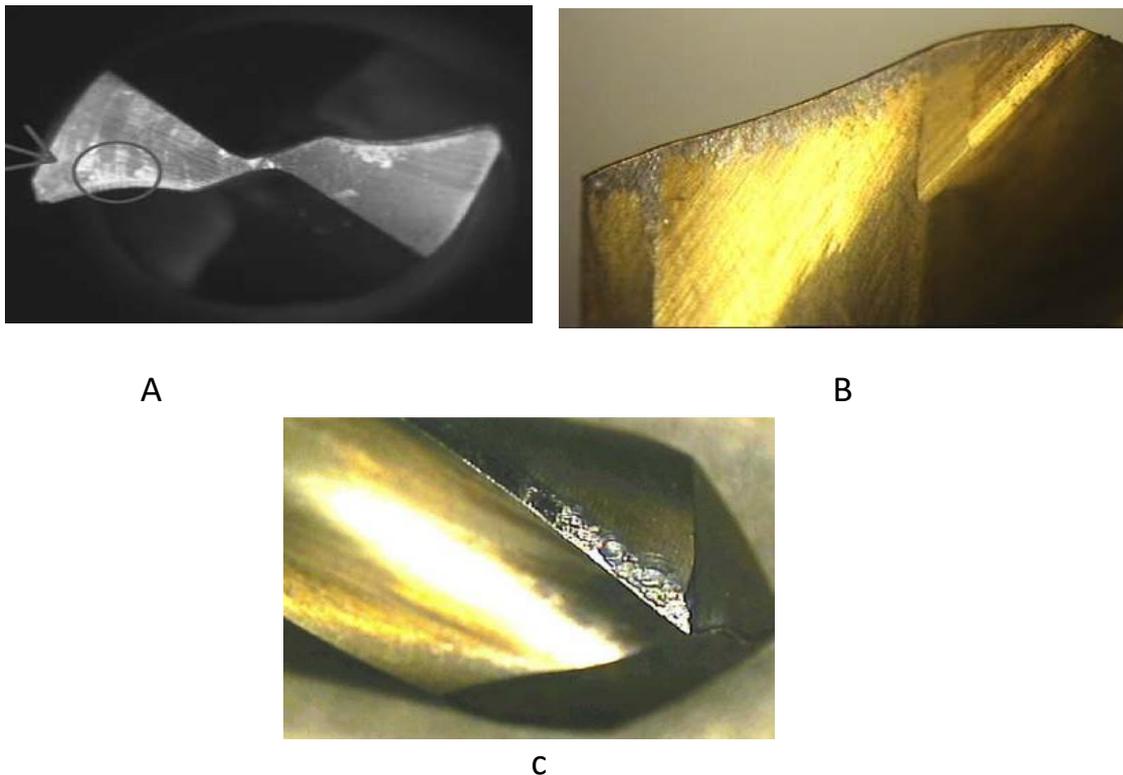
### II.4.3. Usure de foret

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 Figure 2.10-a, 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 Figure 2.10-c, 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, écrouis sable ou bien si l'affûtage n'est pas symétrique.

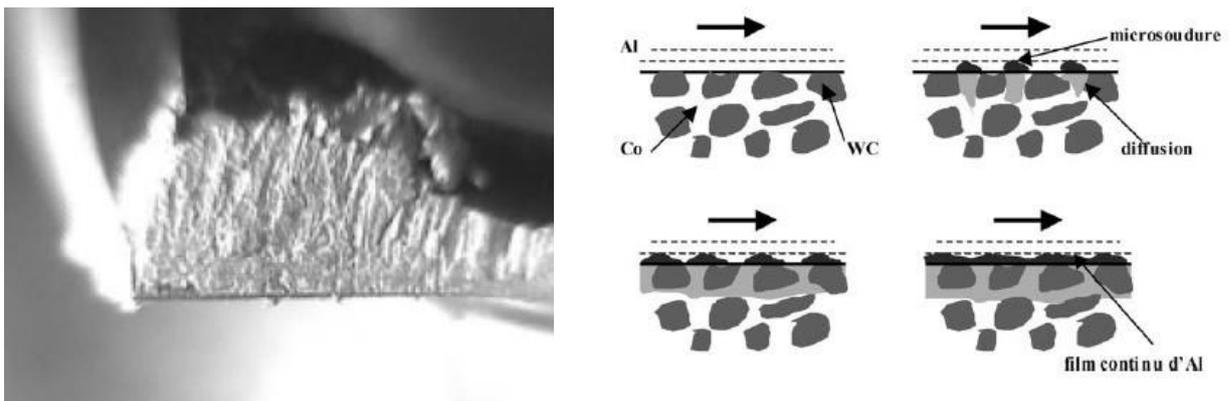
-L'usure de la face de coupe Figure 2.10-b, est constatée parfois sous forme d'une usure en cratère. Elle ne perturbe pas le fonctionnement du foret. il est rare de le faire disparaître par affûtage.



**Figure 2.10.** Différents types d'usure des forets : (A) usure de la dépouille [9], (B) usure de la face de coupe et (C) usure des listels [10].

L'usure est causée par plusieurs phénomènes ou mécanismes :

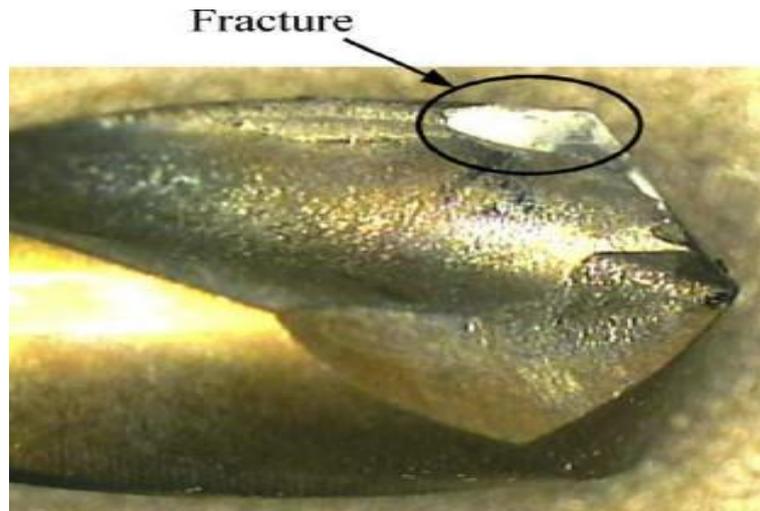
- L'abrasion Figure 2.10 a-b, est due au frottement de la matière de la pièce le long de la partie avant de la face de dépouille, ou de copeau le long de la face de coupe.
- L'adhésion Figure 2.11 est un phénomène dû à l'action conjuguée de la température et de la pression exercée par le copeau sur la 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 Figure 2.11 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 2.11.** L'usure par adhésion à gauche [10] et [11].

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 2.12.

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.



**Figure 2.12.** Exemple de rupture du foret [10].

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 [12].

## II.5. Conclusions

Le perçage des trous courts de diamètre généralement compris entre 10 et 20 mm est une opération très courante dans l'industrie mécanique. Les outils employés pour réaliser ce type de trous sont majoritairement des forêts monoblocs.

# **Chapitre III :**

## **Partie pratique**

### III. Partie pratique

#### III.1. Introduction

Lors de mon stage à l'entreprise promech. j'ai été effectué à l'atelier de perçage. Ce stage pratique m'a été très bénéfique parce qu'il complète mes connaissances théoriques acquises à l'université, il m'a permis de voir réellement les opérations de perçage et sciage.

Le stage dans cette entreprise m'a permis aussi de connaître et de découvrir les machines à commande numérique dans les procédés de la ligne de perçage. Cette ligne est composée d'un centre de perçage, la perceuse s'appelle **liberty**.

La machine est neuve, de dernière génération, et jamais utilisée. Elle est fabriquée par l'entreprise **ficep** en Italie. Pour réaliser des pièces, il est possible de programmer directement les pièces sur la machine, grâce à une interface facile à prendre en main et conversationnelle installée sur le panneau de commande.

La commande numérique est équipée d'une connexion réseau d'un port USB, lui permettant également de recevoir directement des fichiers au format dsv.



**Figure 3.1** : représente la machine de perçage (liberty)



Figure 3.2 : représente le panneau de commande de machine liberty

### III.2. Caractéristique de la machine

#### \_ Ligne automatique a CNC pour l'usinage de profiles

La ligne peut être ainsi composée

#### \_Groupe d'alimentation du profilé

-banc de chargement (optionnel)

-voie a rouleaux de support du matériau

-structure de support de motrice

-Motrice avec pince

### **\_Groupe opérationnel**

-Etau a commande hydraulique

-Unité de perçage complète avec N 2 tête de perçage horizontale et N 1 tête de perçage vertical

-dispositif de changement d'outils (optionnel)

-dispositif pour opération de scribing de lame cote inferieure

-évacuateur de copeaux

-marqueuse a écriture MKT36N

-unité de coupe a bande

-installation hydraulique avec groupe hydraulique

-installation pneumatique

-Installation électrique avec appareillage de puissance

-Unité de commande(CNC) avec pupitre de commande

### **\_Groupe d évacuation du profilé**

-Dispositif de déchargement de pièces courtes

-Voix a rouleaux de support du matériau

-banc de déchargement

### **III.3. Description de la machine**

#### **III.3.1. Banc de chargement (optionnel)**

Conformément à l'option achetée le banc de chargement peut être du type à ripeurs ou à chariots et est apte à transférer les profilés sur la voie à rouleaux de support du matériau.

La Longueur maxi et le poids maxi, de la barre transférable, les nombres de bras et leur profondeur.[13]

#### **III.3.2. Voie à rouleaux de support du matériau**

Un ensemble d'éléments à rouleaux fous, ? pour le support du profilé. Les rouleaux sont disposés de façon à placer éventuellement des bancs transversaux de déchargement

- Entraxe de rouleaux 1200 mm
- Largeur utile des rouleaux 1015mm

La voie à rouleaux est complète avec un élément à rouleaux soulevables situé entre le groupe opérationnel et l'unité de coupe pour faciliter la translation du profilé.

#### **III.3.3. Structure de support de motrice**

Une structure de support de la motrice, apte pour barres usinées de la longueur jusqu'aux mètres comme indiqué dans le lay-out .

#### **III.3.4. Motrice avec pince**

Une motrice avec pince pour le positionnement longitudinal du profilé, contrôlé par la CNC.

La pince peut être tournée et réglée pour accrocher tant l'âme que l'aile du profilé et le bras est soulevable par l'opérateur avec commande à pousoirs par un moteur à courant alternatif.

#### **III.3.5. Dispositif d'accrochage automatique de la pince (optionnel)**

La ligne peut être équipée avec le dispositif d'accrochage automatique de la pince sur le profilé (plats exclus). La CNC contrôle le positionnement automatique en hauteur du bras de la pince.

### III.3.6. Etau à commande hydraulique

Un étau à double mâchoire automatique, commandé hydrauliquement assure le serrage horizontal et vertical du matériau en usinage.

Les mâchoires de l'étau se composent d'une partie fixe, qui sert comme référence et d'une partie mobile, contrôlée par la CNC. Les commandes de fermeture et d'ouverture de l'étau sont automatiques et inclus dans le cycle de travail. Elles ne nécessitent pas de fonctions spéciales de programmation.

Un Dispositif de contrôle automatique permet d'exploiter au mieux la tête opérationnelle verticale, en évitant les possibles collisions avec les encombrements de l'étau.



**Figure 3.3 :** représente Voie à rouleaux, Motrice avec pince, marqueuse a écriture

### III.4. Machine multibroche

Les 3 broches de perçage, équipées de moteur brushless et de la technologie Direct Drive, sans réducteur ni renvoi d'angle, permet de travailler avec des vitesses de rotation importantes, et des avances faibles adaptées aux outils coupants de nouvelle génération.

Avec la même puissance théorique des moteurs, notre solution offre une capacité d'usinage 50% plus élevées que les autres solutions actuellement disponibles sur le marché.

Les broches peuvent percer simultanément les 3 faces d'un profilé, et le logiciel gère les cycles d'usinage pour éviter toute collision entre les outils.

Dans la version proposée, nous pouvons, grâce à une puissance de moteurs de broches portée à 27 kW (en S6, soit à 40% seulement de leur puissance maxi), réaliser sur la machine, dans le cycle normal, des opérations de perçage de manière extrêmement rapide, mais également l'usinage des oblongs.

LIBERTY 1003 DDEB est également équipé d'un changeur d'outils rapide à 6 positions par broche. Le temps de changement d'outils est 2 fois plus rapide que toutes les autres solutions proposées sur le marché.

+Une fois les usinages réalisés, la pince pousse le profilé jusqu'à ce qu'il soit en prise sur les rouleaux du convoyeur intermédiaire, situé entre la perceuse et la scie.[14]



**Figure 3.4 :** représente les broches de liberty

## **III.5. SYSTÈME PEGASO**

Pegaso est la CNC de nouvelle génération pour les machines Ficep. PC, CNC et PLC sont tous intégrés sur une seule carte, pour avoir une fiabilité maximale. Pegaso est basé sur la technologie de bus de terrain : CanBus et EtherCAT, avec jusqu'à 32 axes contrôlés.

La CNC est positionnée sur un panneau de commande mobile, de sorte que l'opérateur peut avoir une vue complète de la machine. La plupart des dispositifs d'interface d'entrée / sortie et des moteurs sans balais sont situés sur la machine.[14]

### **III.5.1. Programmation**

- Entrée de données simplifiée avec aperçu graphique direct
- Vue de la pièce en 3D
- Programmation du diamètre avec affectation automatique des outils
- Modèles linéaires, matriciels et à brides
- Programmation en pieds, pouces et fractions, millimètres ou pouces décimaux
- Imbrication linéaire

### **III.5.2. Traitement**

- Affectation automatique des outils
- Addition automatique de décalage d'unité
- Regroupement et ordre automatiques des opérations
- Génération de lignes de modification de configuration
- Rototraslation du programme en cours d'exécution pour suivre l'orientation de la feuille

### **III.5.3. Exécution**

- Arrêt automatique du cycle pour la modification de la configuration de l'outil
- Capacité de palpage pour ajuster les devis du programme à la position réelle du matériau
- Logiciel automatique pour éviter les collisions entre les unités de la machine

- Logiciel automatique pour éviter les collisions d'outils contre le matériau
- Gestion des outils avec paramètres de fonctionnement et gestion de la durée de vie des outils
- Messages et notifications d'alarme à l'opérateur en utilisant la langue du client avec journal d'historique
- Écrans graphiques pour afficher les tables de manutention des pièces de machines
- Enregistrement des temps de production



**Figure3.5** : SYSTÈME PEGASO de la Machine multibroche

### III.6. Tableaux et Setup de Perçage

Il existe trois environnements différents: « Tableau », « ToolF », « Magasin C ou D »

#### III.6.1. Le Tableau

équivalent à un catalogue d'outils, il contient donc une liste avec les caractéristiques nominales de chaque outil et peut être considéré comme la base de départ pour définir les outils « réels »

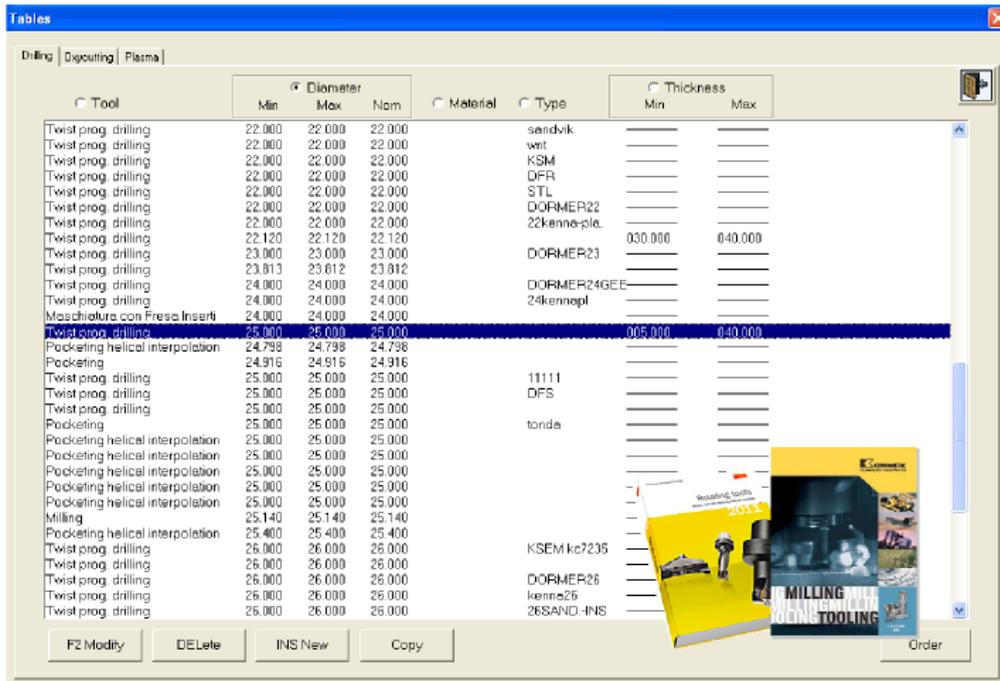


Figure3.6 : représente Le toolF (contient la liste des outils disponibles, en ligne générale il doit correspondre au chariot avec les outils présents dans l'usine).

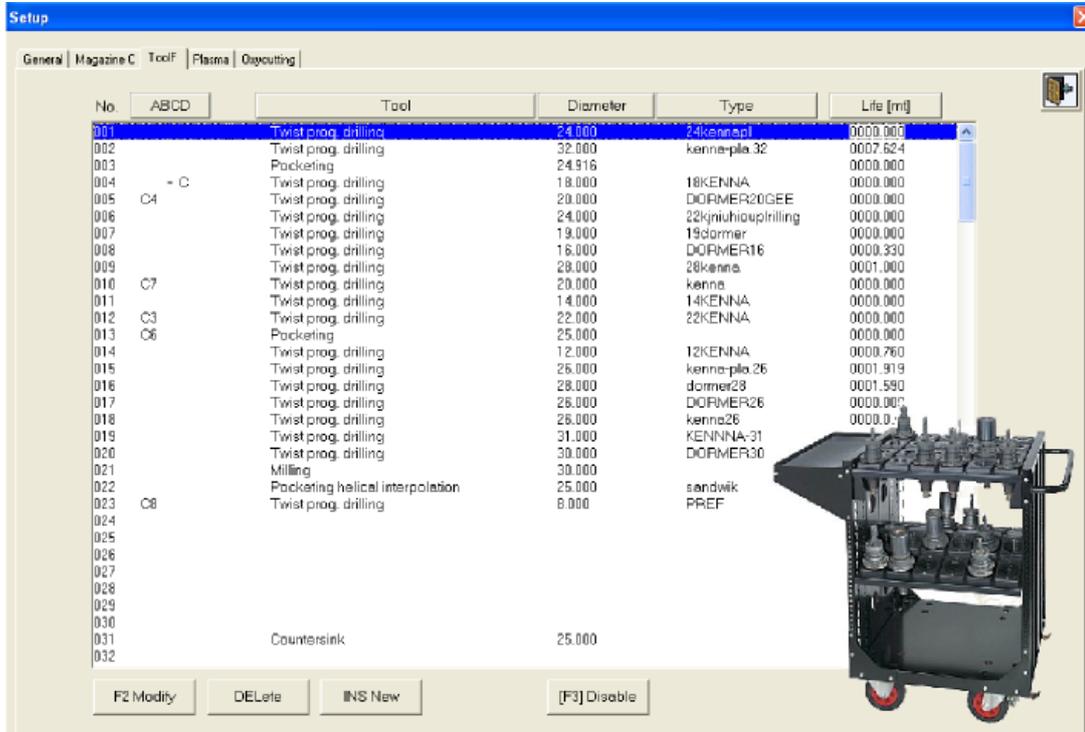
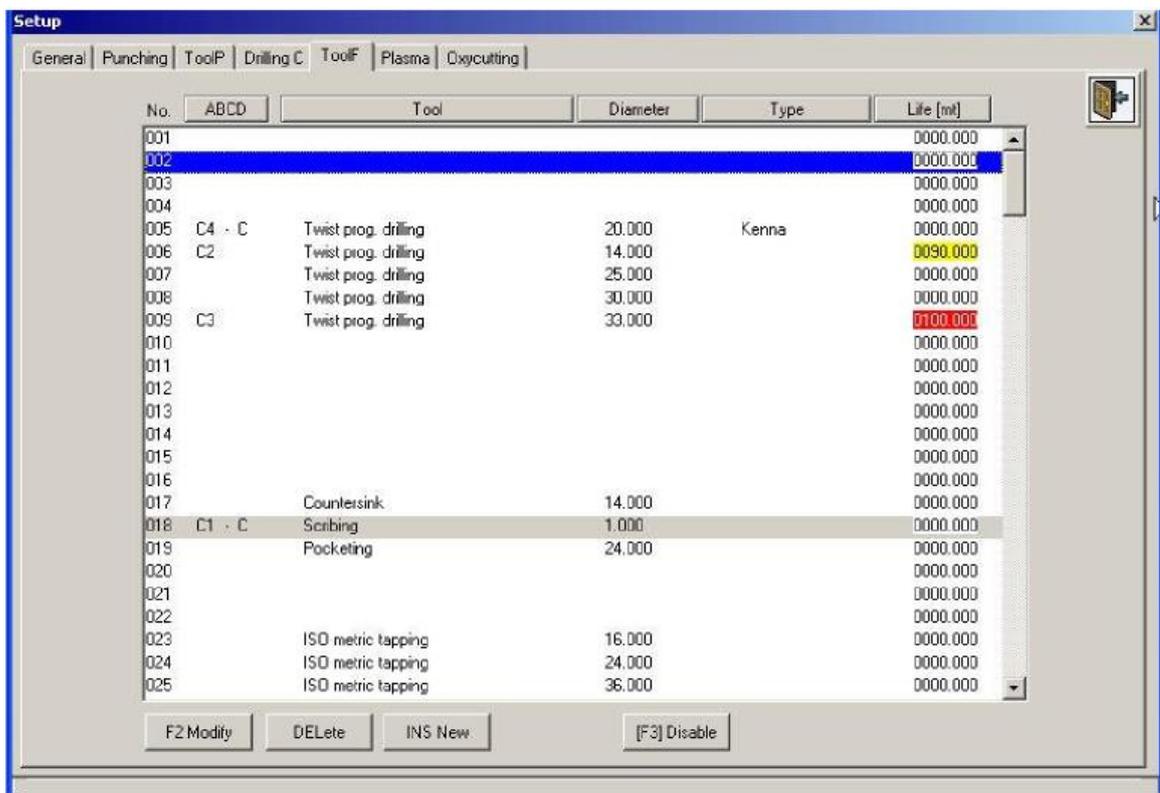


Figure3.7 : représente le magasin (C), le magasin des outils à bord de la machine.

**III.6.2. Le Magasin C** (et le Magasin D lorsqu'il existe la seconde unité de perçage), c'est le magasin des outils à bord de la machine. Il contient les références pour le positionnement correct dans le magasin à outils, la position dans la liste ToolF, les paramètres principaux et l'indication de l'outil dans la broche.

**III.6.3. Le ToolF** peut contenir jusqu'à 200 outils. La première colonne (Nbre) affiche le numéro de l'outil (sa position dans le chariot) qui véhicule toutes les informations concernant cet outil.[14]



**Figure3.8** : représente le TOOLF magasin d'information d'outils

L'outil, le diamètre et le type sont également affichés. (Dans le champ « type » il est possible d'écrire n'importe quelle information pouvant aider à reconnaître cet outil, par exemple le nom du fournisseur, le modèle, etc.), ainsi que sa durée de vie résiduelle.

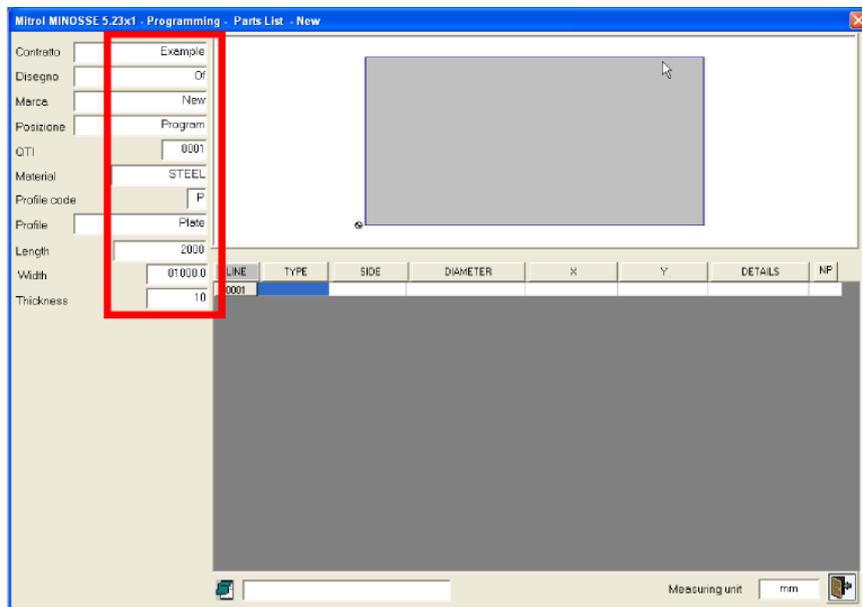
La deuxième colonne de la page affiche l'index de position dans le magasin des outils qui sont déjà disponibles sur la machine. Un indicateur -C identifie les outils nécessaires à l'usinage, de sorte que l'on puisse facilement identifier ce qui est réellement nécessaire pour l'exécution de la mise en tôle.

En appuyant sur la touche (INS New) on a accès au Tableau, ce qui permet de sélectionner et de mettre dans le ToolF un nouvel outil. Aux données disponibles il faudra ajouter celles relatives à l'outil « réel », telles que les valeurs de pré-réglage, etc., qui transforment l'outil du catalogue en un véritable outil.

### III.6.4. Créer un programme

Étant donné leur complexité, les programmes normalement sont créés avec le support de logiciels dédiés à la réalisation de mises en tôle pour plaques tels que, par exemples, « WinNest ». Il est toutefois possible de créer des programmes simples directement à bord de la machine.

**Pour créer un nouveau programme, sélectionner New**



**Figure3.9** : représente un nouveau programme

Contrat = Nom du contrat / Client

Dessin = Numéro du dessin

Marque = Nom de la mise en tôle à programmer

Position = Code de la mise en tôle dans le dessin d'ensemble

QTI = Quantité de plaques ou mises en tôle à produire

Matériau = Type de matériau

Profile Code = Type de profilé.( « P » profilé par défaut pour plaques)

Length = Longueur plaque

Width = Largeur plaque

Thickness = Épaisseur plaque

Position of pincher A = Position de la Pince A

Position of pincher B = Position de la Pince B.

Position of pincher C = Position de la Pince C.

Measuring Unit = Unité de mesure du programme (mm ou pouces)

### III.6.5. Choix de l'unité de mesure

Positionner le curseur dans la case en bas à droite « Measuring unit », appuyer sur F4 et sélectionner l'unité de mesure souhaitée, métrique ou

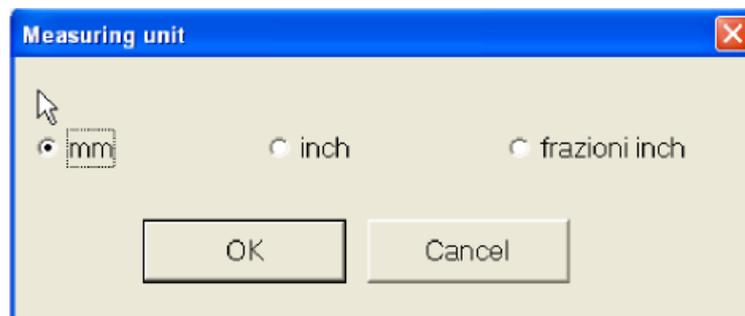


Figure3.10 : Choix de l'unité de mesure

On peut choisir entre:

x Millimètres

x Pouces (Inch)

x Fractions de pouces

### III.6.6. Choix du matériau

Positionner le curseur sur « Material », appuyer sur F4 et parmi les matériaux proposés sélectionner celui qui convient pour l'usinage.

Si le matériau souhaité n'est pas dans la liste des matériaux proposés, appuyer sur INS New pour créer un matériau nouveau, remplir les champs prévus avec les caractéristiques technologiques du nouveau matériau et valider avec OK

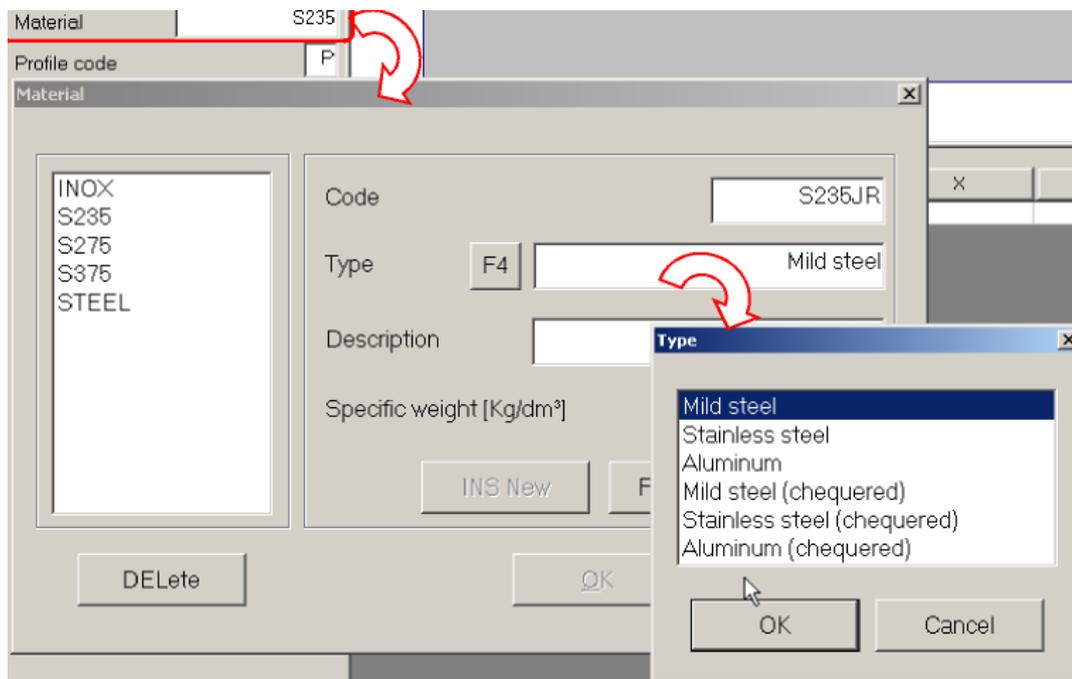
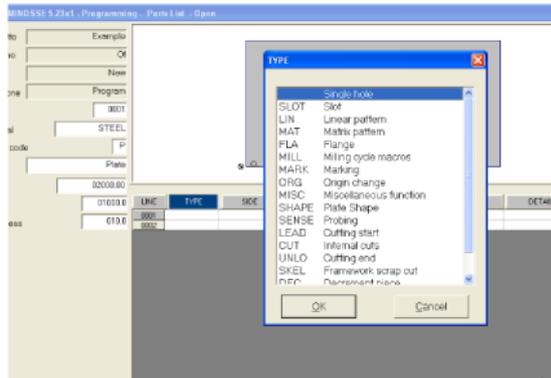


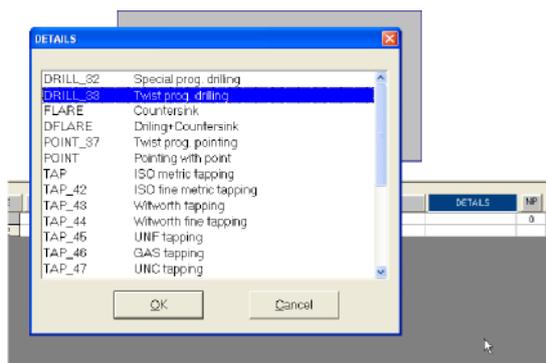
Figure3.11 : Choix du matériau

III.6.7. Programmer un trou [ DRILL\_33

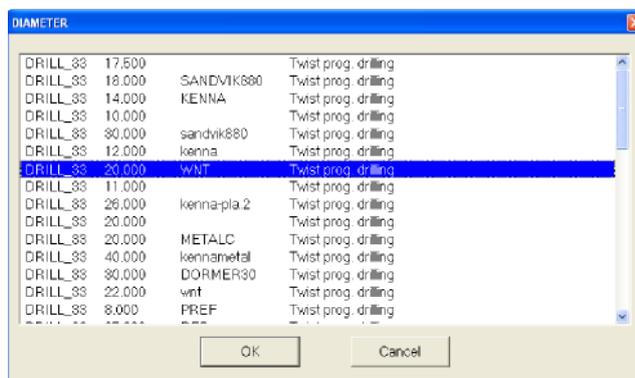
- x Positionner le curseur sur TYPE, appuyer sur F4 sélectionner Single hole et appuyer sur ENTER



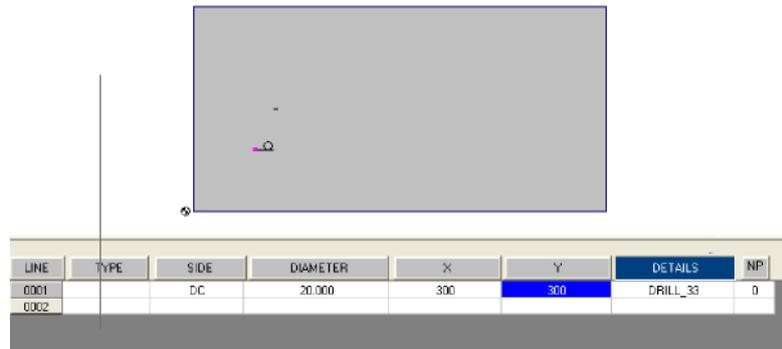
- x Positionner le curseur sur SIDE, appuyer sur F4 et sélectionner DC.
- x Positionner le curseur sur DETAILS, appuyer sur F4 et sélectionner le type d'outil. Dans l'exemple DRILL\_33, valider en appuyant sur ENTER.



- x Positionner le curseur sur DIAMETER, appuyer sur F4 et sélectionner un outil parmi ceux qui sont disponibles dans le Tool Management.

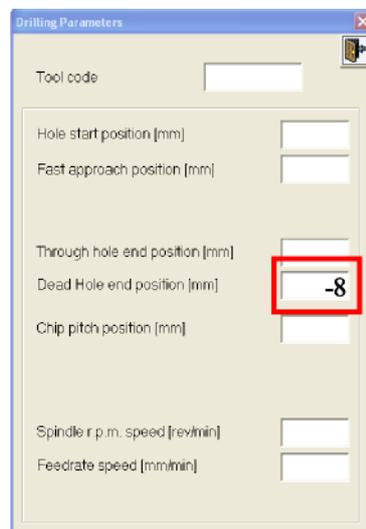


- x Dans les cases X et Y, saisir le coordonnées relatives au centre du trou avec référence à l'origine de la plaque.



Si ce n'est pas un trou passant que l'on doit exécuter, il est possible de programmer la cote de fin du trou aveugle. Positionner le curseur sur DETAILS et appuyer sur ENTER: la fenêtre ci-dessous s'ouvre.

Dans le champ Dead hole end position saisir la cote de fin du trou aveugle.



En général, il n'est pas nécessaire de remplir tous les champs prévus, car les paramètres y afférents sont en tous cas disponibles dans le setup o dans le tableau. Toutefois, les valeurs saisies sont prioritaires par rapport aux paramètres dans le setup

### III.6.8. Type d'outils pour le perçage

Drill : Perçage hélicoïdal sensitif

Drill\_32 : Perçage à plaquettes programmé

Drill\_33 : Perçage hélicoïdal programmé

### III.3. Les forets de machine multibroches

**III.3.1 HSS, High Speed Steel**, soit acier rapide, est le plus commun de tous les aciers alliés pour la conception de forets à métaux. Un foret HSS possède une dureté élevée, une bonne résistance et peut être affuté.



**Figure3.12** : représente les foret HSS

### III.3.2 Cobalt

Cobalt, en adjonction à un foret en acier allié comme un HSS (le plus souvent 5 %) confère solidité et résistance et augmente la dureté du forêt. Le cobalt maintient ses propriétés intrinsèques à une température plus haute que le titane ce qui signifie que l'on peut percer à une vitesse plus élevée.[15]



Figure3.13 : représente le foret cobalt

### III.3.3 Titane

Titane, en adjonction à un foret HSS, donne un alliage plus dur et plus résistant. Cependant, retenez que l'apport d'un élément se mesure en pourcentage et que foret en titane veut tout et rien dire, quelques microns de titane n'améliorent pas forcément la qualité d'un foret.



**Figure3.14** : représente le foret titane

### III.3.4 Carbure de tungstène

Carbure de tungstène, confère au foret une résistance accrue et une dureté élevée. Le carbure de tungstène est la combinaison de carbone et de tungstène, c'est un alliage très dense. En fonction de son pourcentage, le composé fritté donne un métal plus ou moins dur.

L'utilisation d'un foret à métaux se fait avec de l'huile de coupe, à vitesse réduite et à pression constante mesurée ; le foret à métaux doit également être affûté convenablement et fréquemment. En exagérant, le foret à métaux le plus cher et le plus dur mal utilisé à une durée de vie tout au plus de quelques perçages.

Les proportions de mélange génèrent des métaux aux propriétés intrinsèques différentes. Un faible pourcentage correspondant à un simple revêtement n'a que peu d'impact sur la qualité et la résistance d'un foret. Le traitement et le procédé de fabrication influencent également et directement la qualité d'un foret.

Différentes unités de mesure permettent d'apprécier la dureté d'un acier, la dureté de Brinell est souvent mentionnée et s'exprime en newtons par millimètre carré :  $N/mm^2$ . Plus ce chiffre est haut, plus le matériau du foret est résistant.



**Figure3.15** : représente les foret Carbure de tungstène

**III.4. Conclusion :**

Grâce à la fin du projet de recherche Promech mené au niveau de l'entreprise, j'ai découvert le domaine industriel, qui s'est considérablement développé au fil du temps grâce à la technologie de production de perçage. Lors de mon stage, nous avons discuté de certaines techniques sur le perçage et la machine (ficep). J'ai fait une recherche technique sur la machine ficep, son fonctionnement et les outils qu'elle utilise.

Ce stage m'a été très bénéfique et m'a complété mes connaissances théoriques.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Document d'unité promech
- [2] Sandvik Coromant ; Catalogue.
- [3] K. Tönshoff, A. Mohlfeld, T. Leyendecker, H.G. Fuß, G. Erkens, R. Wenke, T. Cselle, M. Schwenck; Wear mechanisms of (Ti -Al)N coatings in dry drilling ; Surface and Coatings Technology ; 1997 ; pp . 603-609.
- [4] A. S. Varadarajan, P. K. Philip and B. Ramamoorthy; Investigations on hard turning with minimal cutting fluid application (HTMF) and its comparison with dry and wet turning; International Journal of Machine Tools and Manufacture; Volume 42; Issue 2; January 2002; Pages 193-200.
- [5] F. Klocke and G. Eisenblätter; Dry Cutting; CIRP Annals – Manufacturing Technolog; Volume 46; Issue 2; 1997; Pages 519-526.
- [6] M. Lahres and G. Jörgensen; Properties and dry cutting performance of diamondcoated tools; Surface and Coatings Technology; Volume 96; Issues 2-3; 25  
November 1997; Pages 198-204.
- [7] R. Heinemanna; S. Hindujaa; G. Barrowa; G. Petuellib Effect of MQL on the tool life of small twist drills in deep-hole drilling; International Journal of Machine Tools & Manufacture; 46 (2006); pp. 1–6.
- [8] Orowan, E.; Fracture and Strength of Solids; Rep. Prog. Phys.;1948; pp.185-232.
- [9] Knott, J. F.;Some Effects of Hydrostatic tension on the Fracture Behaviour of Mild Steel; J. Iron Steel Inst;19669; pp.104-111.

[10] Erdogan F. and Sih G. C.; On the Crack Extension in Plates Under Plane Loading and Transverse Shear; J. Basic Eng.;1963; pp.519-527.

[11] Clayton, J. Q. and Knott, J. F.; Observations of Fibrous Fracture Modes in a Prestrained Low-Alloy Steel; Metal Sci.; 1976; pp.63-71.

[12] Mohamad JRAD, Modélisation du perçage à grande vitesse :  
Approches analytique, numérique et expérimentale 9 Novembre 2007

[13] Livre De Technologie Des Fabrications Mécanique

[14] Livre De Machine Ficep

[15] google scholar