

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI-MOKHTAR-ANNABA UNIVERCITY
UNIVERSITE BADJI-MOKHTAR-ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

Faculté des Sciences de l'Ingéniorat
Département de Génie Mécanique

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

INTITULE

**Contribution a l'amélioration du fonctionnement
automatique de la machine à découpe thermique
Ficpep tipo B254**

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNIQUE

FILIERE : GENIE MECANIQUE

SPECIALITE : MECATRONIQUE

PRESENTE PAR : BENCHIHEUB FAROUK

DIRECTEUR DU MEMOIRE : Pr. BOUCHELAGHEM ABDELAZIZ

DEVANT LE JURY

PRÉSIDENT :

Prof. LAOUAR L.

EXAMINATEURS :

Dr. BOURENANE R.

Dr. YOUNES R.

Dr. DIB.A

Année : 2016/2017

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer mes plus vifs remerciements au président du jury pour l'intérêt qu'il porte à ce thème et pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury.

Je ne saurais trop remercier nos examinateurs pour nous avoir fait l'honneur d'accepter notre évaluation.

Je désire exprimer ma gratitude à mon encadreur Pr. Mr *A.M. BOUCHEL AGHEM* pour m'avoir guidé dans la réalisation de ce travail, par sa patience et ses critiques constructives qui m'ont permis de me mettre dans la bonne voie.

Que les cadres et les responsables de l'entreprise Promech - Annaba

Trouvent ici nos remerciements pour toutes les aides fournies à la réalisation de cette étude.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail de fin d'étude

à la personne la plus cher a

Mon cœur. A mon père et a

Celle qui a éclairé ma route et guidé mes pas

Celles qui sacrifié ses rêves pour voir les miens réalisés

Celle qui a sacrifié sa vie pour voir la mienne

Celle qui sans elle je ne serai jamais arrivé la

Ma mère

A mes frères, a qui je souhaite beaucoup de réussite

A tous mes amis sans exception

Farouk Benchiheb

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	01
I.La commande numérique par ordinateur (CNC)	02
I.1. Introduction à la CNC	02
I.2. Historique	02
I.3. Dispositif d'entraînement des machines CNC	03
I.4. Moteur d'entraînement et capteur	04
I.4.1. Le servomoteur DC.....	05
I.4.2. Le servomoteur AC.....	06
I.4.3. Servomoteur AC à induction	06
I.4.4. Guidage du mouvement linéaire.....	07
I.5. Accouplement.....	08
I.6. Boucle de régulation CNC.....	09
I.7. Interface homme-machine (Man-Machine Interface MMI).....	10
I.8.1. Programmation des machines à commandes numériques.....	10
I.8.2. Langage de programmation.....	11
I.8.3. Code CNC ISO de base FANUC.....	12
I.8.3.1. Les fonctions préparatoires.....	12
I.8.3.2. Les fonctions auxiliaires	12
II. Le découpage thermique.....	13
II.1.L'Introduction.....	13
II.1.1.Principe de l'opération	15
II.1.2.Les combustibles utilisés dans l'oxycoupage	15
II.1.2.1.L'Acétylène.....	15
II.1.2.2.Le Gaz naturel.....	15
II.1.2.3.L'Hydrogène.....	15
II.1.2.4.Le Méthylacétylène-propadiène stabilisé (MAPP).....	15
II.1.3.Champ d'application	16
II.1.4.Chimie de la combustion.....	16
II.1.5.Inflammabilité.....	16
II.1.6.Identification des problèmes liés à la coupe.....	17
II.1.7.Paramètres de la découpe.....	18
II.1.7.1.Caractérisation	18
II.1.7.2Rugosité	18
II.1.7.3.Dépouille.....	18
II.1.7.4.Zone affectée thermiquement (ZAT).....	18
II.2.Le découpage plasma	18

II.2.1.Développement du processus d'arc de plasma.....	19
II.2.2.Les nombreux visages de coupe au plasma	21
II.2.2.1.Manuel	21
II.2.2.2.Mécanique	21
II.2.3.Equipment, Consommables, et Gazes.....	22
II.2.3.1.Les Torches.....	22
II.2.3.1.1.Torches à un seul gaz	22
II.2.3.1.2.Torches à double flux	22
II.2.3.1.3.Torches à injection d'eau.....	23
II.2.3.1.4.Torche à haute intensité de courant.....	23
II.2.3.2. .Les combustibles utilisés dans le processus plasma.....	24
II.2.3.2.1.L’Air.....	24
II.2.3.2.2.L’oxygène.....	24
II.2.3.2.3.Nitrogène (Azote)	25
II.2.3.2.4.Argon-hydrogène	25
II.2.4.Méthodes d'initiation de l'arc.....	26
II.2.4.1.Démarrage par contact.....	26
II.2.4.2.Décharge commençant directement sur la pièce.....	27
II.2.4.3.Décharge à partir d'un arc pilote.....	27
II.2.5.Détection initiale de la hauteur de la torche.....	27
III. III.LA MACHINE D’ETUDE DE DECOUPAGE THERMIQUE.....	29
III.1.Ficep TIPO B254.....	29
III.2.Caractéristiques de la machine	29
III.3.Principales caractéristiques techniques.....	30
III.3.1.Caractéristiques de la tôle à l’entrée.....	30
III.3.2.Caractéristiques de la pièce à la sortie.....	30
III.3.3.Capacité de poinçonnage (sur tôles 400N/mm2).....	30
III.3.4.Autres caractéristiques.....	30
III.4.Description de la machine.....	31
III.4.1.Banc de Chargement à Ripeurs.....	31
III.4.2.Structure de Support de la Motrice Porte-Pinces.....	31
III.4.3.Eléments à Rouleaux Fous.....	31
III.4.4.Unité de poinçonnage.....	31
III.4.5.Poinçons et matrices.....	31
III.4.6.Dispositif de changement des outils de poinçonnage	32
III.4.7.Unité de perçage	32
III.4.8.Dispositif de changement des outils de perçage	32
III.4.9.Marqueuse à écriture à 38 positions	33
III.4.10.Unité de coupe au plasma	33
III.4.10.1.Source de courant.....	33
III.4.10.2.Console d’allumage.....	34
III.4.10.3.Console de sélection.....	34

III.4.10.4. Console de dosage.....	34
III.4.10.5. Torche.....	35
III.4.10.6. Torche pour oxycoupage	35
III.4.11. Système d'aspiration des fumées pour l'unité de coupe thermique.....	35
III.5. Installation hydraulique.....	36
III.6. Installation pneumatique.....	36
III.7. Installation électrique.....	36
III.8. Unité de commande numérique (CNC).....	36
III.8.1. Programmation.....	37
III.8.2. Elaboration.....	37
III.8.3. Exécution.....	37
III.9. Problématique, objectifs d'études et résolutions.....	38
III.9.1. Problématique	38
III.9.2. Objectifs d'études	38
III.9.2.1. Changement de capteur de détection de la hauteur de la torche.....	38
III.9.2.1.1. Principes de base de la mesure de capacité.....	38
III.9.2.1.2. Capteur voltage de l'arc	39
III.9.3. Changement des moteurs asynchrone des axes X et Y par des moteurs pas à pas.....	40
III.9.4. Avantages des moteurs pas à pas.....	41
Conclusion générale.....	42
Bibliographie	44

Résumé

Nous présentons dans ce travail une étude sur la machine de découpage thermique Ficep Tipo B254 sur laquelle nous avons effectué notre stage de fin d'études dans le cadre de la formation Master option Mécatronique. Celui-ci a été réalisé sur le site de l'entreprise PROMECH située dans la zone industrielle de Pont BOUCHET à Annaba.

La Tipo B254 offre une solution économique pour débiter les produits métallurgiques en feuille dont les largeurs vont jusqu'à 3 mètres. Outre ces capacités nous avons relevés les inconvénients majeurs lors de l'utilisation de cette machine. En particulier nous avons relevé un problème de décalage des axes de déplacement X et Y entraînant un manque de précision qui se répercute sur la qualité du produit ainsi que le problème de durée de vie des consommables très courtes (buse a durée de vie limitée).

Nous proposons afin de remédier à ces deux problèmes le changement du capteur de détection de la hauteur de la torche afin de relever la durée de vie de la buse ainsi que changement des moteurs asynchrone des axes X et Y par des moteurs pas à pas afin de minimiser le problème du décalage

Abstract

We present in this work a study on the thermal cutting machine Ficep Tipo B254 on which we carried out our internship of end of studies in the framework of the training Master option Mechatronics. This one was realized on the site of the company PROMECH located in the industrial zone of Pont BOUCHET in Annaba.

The Tipo B254 offers an economical solution for cutting sheet metallurgical products with widths up to 3 meters. Besides these capacities we have noted the major disadvantages when using this machine. In particular, we noted a problem of displacement of the X and Y displacement axes resulting in a lack of precision, which affects the quality of the product as well as the problem of the lifetime of very short consumables (nozzle with a limited life).

In order to remedy these two problems, we propose to change the sensor for detecting the height of the torch in order to increase the lifetime of the nozzle and to change the asynchronous motors of the X and Y axes by stepping motors in order to minimize the problem of lag.

Introduction générale

La mécatronique est la combinaison synergique et systémique de la mécanique, de l'électronique, de l'automatique et de l'informatique en temps réel. L'intérêt de ce domaine d'ingénierie interdisciplinaire est de concevoir des systèmes automatiques puissants et de permettre le contrôle de systèmes complexes.

Le terme mechatronics a été introduit par un ingénieur de la compagnie japonaise « Yaskawa Electric Corporation (en) » en 1969. Le terme mécatronique est apparu officiellement en France dans le Larousse 2005.

La norme NF E 01-010 (2008) définit la mécatronique comme une « démarche visant l'intégration en synergie de la mécanique, l'électronique, l'automatique et l'informatique dans la conception et la fabrication d'un produit en vue d'augmenter et/ou d'optimiser sa fonctionnalité »

Le présent projet de fin d'études s'inscrit dans notre formation Master Mécatronique du département de Génie mécanique de l'université Badji Mokhtar Annaba. Cette formation récemment ouverte à l'université fait partie des formations en vogue à l'internationale.

Ce travail fait suite au stage de fin d'études réalisé au sein de la société PROMECH située dans la zone industrielle de Pont BOUCHET à Annaba.

Le présent projet nous a permis de découvrir la machine de découpe thermique et poinçonnage Ficep Tipo B254 utilisée dans les ateliers de la société Promech. Nous avons essayé de montrer l'importance de la mécatronique en termes de réalisation industrielle ou la commande numérique permet de piloter une installation industrielle de découpage thermique.

Dans ce manuscrit nous avons scindé le travail en trois parties distinctes dont la première a été réservée à l'introduction de la commande numérique vue son importance dans les machines industrielles pilotées par ordinateur.

La machine étudiée lors de notre stage à PROMECH est une machine à découpage thermique. Cette notion a été introduite au deuxième chapitre

Enfin le dernier chapitre a été réservé à la présentation de la machine étudiée la Ficep Tipo B254 en montrant ces capacités ainsi que ses limites. En particulier nous avons relevé un problème de décalage des axes de déplacement X et Y entraînant un manque de précision qui se répercute sur la qualité du produit ainsi que le problème de durée de vie des consommables très courtes (buse a durée de vie limitée)

I.1.Introduction à la Commande numérique par ordinateur (CNC)

Le contrôle numérique (NC) est devenu populaire dans les magasins et les usines, car il contribue à résoudre le problème de rendre les systèmes de fabrication plus souples. En termes simples, une machine de commande numérique est une machine positionnée automatiquement selon un chemin préprogrammé au moyen d'instructions codées. Les mots-clés ici sont "préprogrammés" et "codés". Quelqu'un doit déterminer les opérations que la machine doit effectuer et mettre cette information sous une forme codée que l'unité de contrôle NC comprend avant que la machine ne puisse faire n'importe quoi. En d'autres termes, quelqu'un doit programmer la machine.

Les machines peuvent être programmées manuellement ou à l'aide d'un ordinateur, la programmation effectuée par un ordinateur s'appelle programmation assistée par ordinateur CAP (computer aided programming), parfois un programme manuel est entré dans le contrôleur de la machine via son propre clavier. C'est ce qu'on appelle l'entrée de données manuelle MDI (manual data input).

Les progrès de l'électronique et des micro-ordinateurs ont permis à l'ordinateur d'être utilisé comme unité de contrôle sur les machines modernes de contrôle numérique, cet ordinateur prend la place du lecteur de bande trouvé sur les machines NC précédentes. En d'autres termes, au lieu de lire et d'exécuter le programme directement à partir de bandes perforées, le programme est chargé et exécuté à partir de l'ordinateur de la machine. Ces machines, connues sous le nom de machines à commande numérique par ordinateur (CNC), sont les machines NC fabriquées aujourd'hui. [1]

I.2.Historique

En 1947, John Parsons de Parsons Corporation, a commencé à expérimenter l'idée d'utiliser des données de courbure à trois axes pour contrôler le mouvement des machines-outils pour la production de composants d'aéronefs. En 1949, Parsons a reçu un contrat de la Force aérienne des États-Unis pour construire ce qui devait devenir la première machine de contrôle numérique. En 1951, le projet a été assumé par le Massachusetts Institute of Technology. En 1952, le contrôle numérique est arrivé lorsque le MIT a démontré que des mouvements simultanés à trois axes étaient possibles. En 1955, après d'autres raffinements, le contrôle numérique est devenu possible pour l'industrie.

Les premières machines CN fonctionnaient sur des cartes perforées et des bandes, la bande devenant le moyen le plus commun. En raison du temps et des efforts nécessaires pour modifier ou modifier la bande, les ordinateurs ont été introduits plus tard comme aides à la programmation. L'implication de l'ordinateur était sous deux formes: les langages de programmation assistés par ordinateur et le contrôle numérique direct (DNC). Les langages de programmation assistés par ordinateur ont permis à un programmeur de pièces de développer un programme CN en utilisant un ensemble de commandes "pidgin english" universelles, que l'ordinateur a ensuite traduit en codes machine et poinçonné sur la bande. La commande numérique directe impliquait l'utilisation d'un ordinateur comme contrôleur partiel ou complet d'une ou plusieurs machines de commande numérique

Dans le passé, les systèmes DNC nécessitaient l'utilisation de systèmes coûteux d'ordinateurs centraux ou de mini-ordinateurs. Cela a limité l'utilisation de DNC aux grandes entreprises qui ne pouvaient pas se permettre ces systèmes informatiques, Le développement

d'ordinateurs personnels plus puissants a donné lieu à des systèmes CSC basés sur PC. La plupart de ces systèmes fonctionnent sur le populaire système d'exploitation Windows et sont dans les budgets de la plupart des magasins CNC.

Un autre type de système DNC appelé contrôle numérique distribué est également utilisé. Il emploie un réseau d'ordinateurs pour coordonner l'exploitation d'un certain nombre de machines CNC. En fin de compte, il est possible de coordonner une usine entière de cette manière. Le contrôle numérique distributif résout certains des problèmes qui existent dans la coordination d'un système de contrôle numérique direct. Il existe un autre type de contrôle numérique distributif qui est un dérivé du système précédemment expliqué. Dans ce système, le programme NC est transféré dans son intégralité, de la manière d'un ordinateur hôte au contrôleur de la machine. Alternativement, le programme peut être transféré à partir d'un ordinateur central ou d'un ordinateur hôte de serveur de fichiers réseau vers un ordinateur personnel (PC) sur le magasin où il sera stocké jusqu'à ce qu'il soit nécessaire. Le programme sera ensuite transféré du PC vers la machine. [1]

I.3 Dispositif d'entraînement des machines CNC

Les systèmes qui transforment les commandes de NC aux mouvements de machines sont montrés à la **figure I.1**.

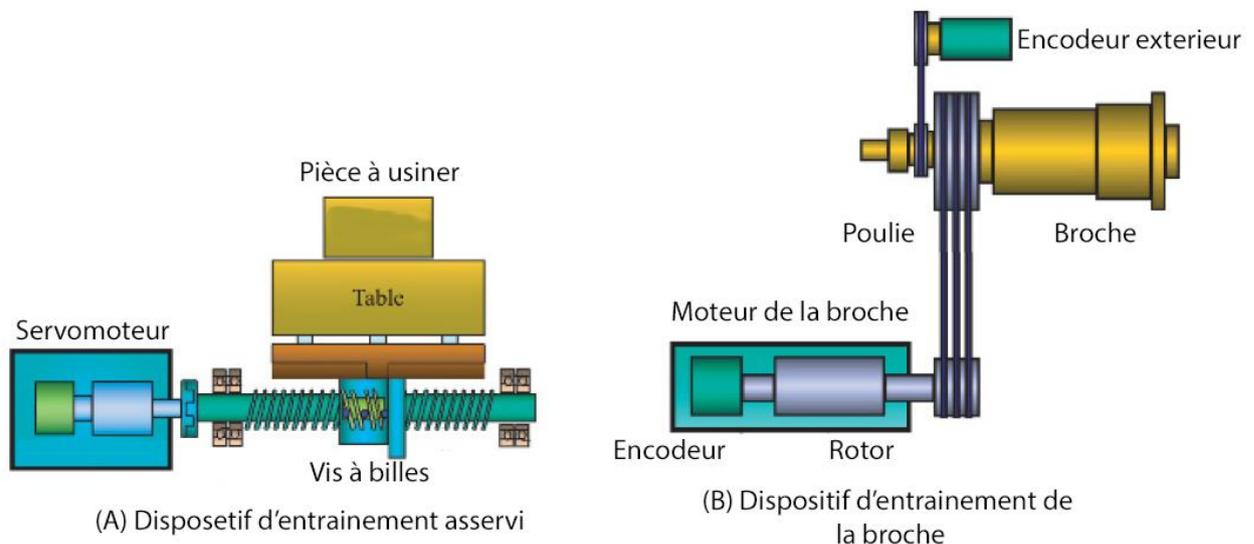


Figure I.1 Mécanismes d'entraînement des machines-outils [1]

La **figure I.1.A** représente le mécanisme qui consiste d'un servomoteur et d'un dispositif de transmission de puissance. Le servo, le mot provient de "Servuit" en latin, est l'appareil qui effectue la commande donnée. La commande de NC fait tourner le servomoteur, la rotation du servomoteur est transmise à une vis à billes via un accouplement, la rotation de la vis à billes est transformée en mouvement linéaire d'un écrou et enfin la table avec la pièce se déplace linéairement.

En résumé, le mécanisme d'asservissement contrôle la vitesse et le couple de la table via le servomoteur de chaque axe en fonction des commandes de vitesse de NC.

Récemment, les moteurs synchrones à aimants permanents ont été utilisés comme servomoteurs dans les machines-outils.

La **figure 1.B** représente l'unité de broche qui se compose d'un moteur de broche et d'un dispositif de transmission de puissance.

La rotation du moteur de la broche est transmise au corps de la broche par l'intermédiaire d'une courroie et le rapport de vitesse dépend du rapport des tailles de poulie entre le moteur et le corps de la broche.

Récemment, les moteurs à induction ont été utilisés comme moteurs à broche des machines-outils, car le moteur à induction, qui n'a pas de pinceau, est meilleur que les moteurs à courant continu en ce qui concerne la taille, le poids, l'inertie, l'efficacité, la vitesse maximale et la maintenance.

Certaines machines-outils utilisent des engrenages pour transmettre de l'énergie au lieu d'une ceinture. Cependant, la transmission de puissance par engrenages n'est pas adaptée à l'usinage à grande vitesse.

Récemment, un entraînement direct, dans lequel le moteur de la broche et le corps de la broche sont directement connectés sans dispositif de transmission de puissance, a été utilisé pour une rotation à grande vitesse au-delà de 10 000 tr/min. [1]

I.4.Moteur d'entraînement et capteur

Le terme «moteur d'entraînement» désigne à la fois le servomoteur, qui déplace la table, et le moteur de la broche, qui tourne la broche. La broche est l'appareil qui génère une vitesse de coupe et un couple adéquats en tournant l'outil ou la pièce à usiner.

Par conséquent, un couple élevé et une grande vitesse sont très importants pour les moteurs à broche et un moteur à induction est généralement utilisé en raison des caractéristiques du moteur de la broche. Contrairement aux moteurs triphasés, le servomoteur a besoin de caractéristiques telles que le couple élevé, une accélération élevée et une réponse rapide à basse vitesse et peut contrôler simultanément la vitesse et la position. Les machines-outils, telles que les machines tournantes et les centres d'usinage, nécessitent un couple élevé pour une coupe lourde dans la gamme à basse vitesse et une vitesse élevée pour un mouvement rapide dans la gamme à grande vitesse. En outre, des moteurs à faible inertie sont nécessaires pour les machines qui répètent fréquemment des tâches dont le temps d'usinage est très court; par exemple, des poinçonneuses et des taraudeuses à grande vitesse.

Les caractéristiques fondamentales requises pour les servomoteurs de machines-outils sont les suivantes:

- Pour pouvoir obtenir une puissance suffisante en fonction de la charge de travail.
- Pour pouvoir répondre rapidement à une instruction.
- Pour avoir de bonnes propriétés d'accélération et de décélération.
- Pour avoir une large plage de vitesse.
- Pour pouvoir contrôler la vitesse de manière sûre dans toutes les gammes de vitesses.

- Pour pouvoir fonctionner en permanence pendant une longue période
- Pour pouvoir assurer une accélération et une décélération fréquentes.
- Pour avoir une haute résolution afin de générer un couple adéquat dans le cas d'un petit bloc
- Pour pouvoir tourner facilement et avoir une haute précision de rotation.
- Pour générer un couple de couple adéquat pour l'arrêt.
- Avoir une grande fiabilité et une longue durée de vie.
- Être facile à entretenir

Les servomoteurs sont conçus pour satisfaire les caractéristiques mentionnées ci-dessus et le terme comprend le servomoteur a courant continu, le servomoteur à courant alternatif synchrone, et le servomoteur à courant alternatif a induction comme le montre la **figure I.2**.

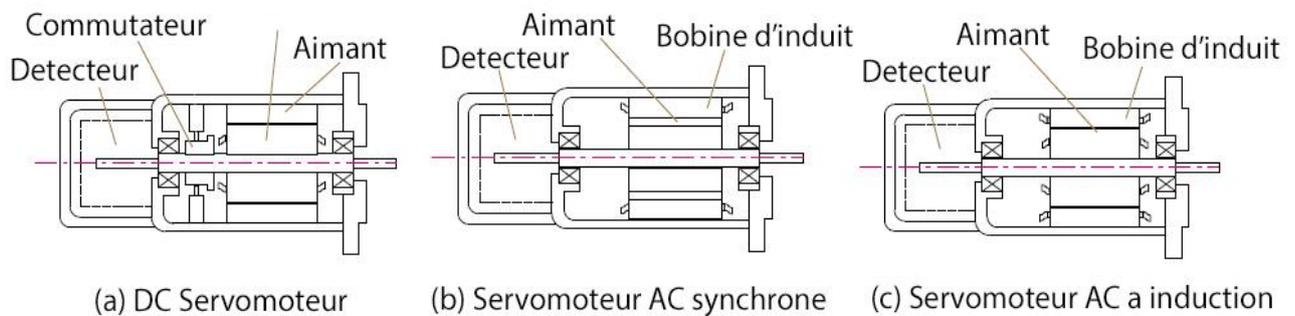


Figure I.2 Types des servomoteurs [1]

I.4.1.Le servomoteur DC

Le servomoteur DC est construit comme indiqué sur la **figure I.2.a**.

Le stator se compose d'un cadre cylindrique, qui joue le rôle du passage pour le flux magnétique et le support mécanique, et l'aimant qui est attaché à l'intérieur du cadre.

Le rotor se compose d'un arbre et d'un balai.

Un collecteur et un cadre de support de rotor métallique (noyau de rotor) sont fixés à l'extérieur de l'arbre et une bobine est enroulée dans le cadre de support métallique du rotor.

Un balai qui fournit du courant à travers le collecteur est construite avec la bobine d'induit. À l'arrière de l'arbre, un détecteur pour détecter la vitesse de rotation est intégré dans le rotor. En général, un codeur optique ou un tachymètre est utilisé comme détecteur.

Dans ce type de moteur un contrôleur peut être facilement conçu en utilisant un circuit simple car le couple est directement proportionnel à la quantité de courant.

Le facteur qui limite la sortie de la puissance est la chaleur de l'intérieur du moteur en raison du courant. Par conséquent, une élimination efficace de la chaleur est essentielle pour générer un couple élevé. La gamme de vitesse des servomoteurs CC est très large et le prix

est très bas. Cependant, le frottement avec les balais entraîne une perte et un bruit mécaniques.

I.4.2.Le servomoteur AC

Le stator se compose d'un cadre cylindrique et d'un noyau de stator. Le noyau du stator est situé dans le cadre et une bobine d'induit est enroulée autour du noyau du stator. La fin de la bobine est reliée à un fil conducteur et le courant est fourni à partir du fil conducteur. Le rotor se compose d'un arbre et d'un aimant permanent et l'aimant permanent est fixé à l'extérieur de l'arbre. Dans un servomoteur à courant alternatif de type synchrone, l'aimant est attaché à un rotor et une bobine d'induit est enroulée autour du stator contrairement au servomoteur à courant continu.

Par conséquent, l'alimentation du courant est possible de l'extérieur sans stator et un servomoteur à courant alternatif de type synchrone s'appelle un «servomoteur sans balai» en raison de cette caractéristique structurelle. En outre, parce que ce type de moteur n'a pas de balai, il peut fonctionner pendant longtemps sans entretien. Comme un servomoteur DC, ce type de servomoteur à courant alternatif utilise un codeur optique ou un résolveur comme détecteur de vitesse de rotation.

Dans ce type de moteurs car une contribution de l'induit est linéairement proportionnelle au couple, l'arrêt est facile et un freinage dynamique fonctionne pendant l'arrêt d'urgence. Cependant, en raison de l'utilisation d'un aimant permanent, la structure est très complexe et la détection de la position du rotor est nécessaire. Le courant de l'induit comprend le courant à haute fréquence et le courant à haute fréquence est la source de l'ondulation du couple et de la vibration.

I.4.3.Servomoteur AC à induction

La structure d'un servomoteur AC à induction est identique à celle d'un moteur général à induction. Si le courant alternatif triphasé traverse la bobine d'un stator, un courant est induit dans la bobine du rotor et le courant d'induction génère un couple. Dans ce type de servomoteur à courant alternatif, le stator se compose d'un cadre, d'un noyau de stator, d'une bobine d'induit et d'un fil conducteur. Le rotor se compose d'un arbre et du noyau du rotor qui est construit avec un conducteur.

Un servomoteur AC à induction a une structure simple et n'a pas besoin du détecteur de position relative entre le rotor et le stator. Cependant, comme le courant du champ devrait circuler en continu pendant l'arrêt, il se produit une perte de chauffage et un freinage dynamique impossible, contrairement au servomoteur AC.

Les atouts, les faiblesses et les caractéristiques des servomoteurs mentionnés ci-dessus sont résumés dans le **tableau I.1**.

	Servomoteur DC	Servomoteur AC	Servomoteur AC à induction
points forts	-Bas prix -Large plage de vitesse -Facile à contrôler	-Sans balai -Facile à freiner	-Structure simple -Aucun détecteur n'est nécessaire
Points faible	-Usure de balai -Chaleur -Bruit -Détection de position nécessaire	-Structure complexe - Ondulation de couple -Vibration -Détection de position nécessaire	- Freinage dynamique impossible
Capacité	-Petite	-Petite ou moyenne	-Moyenne ou large
Capteur	- Inutile	-Encodeur	-Inutile
Durée de vie	- Dépend de durée de vie de la balai	-Dépend de durée de vie du roulement	-Dépend de durée de vie du roulement
Haute vitesse	-Inadéquate	-Applicable	-Optimisé
Résistance	-Faible	-Forte	-Forte
Aimant permanent	-Existe	-Existe	-Aucun

Tableau I.1 caractéristiques des servomoteurs [1]

I.4.4.Guidage du mouvement linéaire [2]

Une vis à billes permet de déplacer le porte outil et joue le rôle de changer la rotation d'un servomoteur en mouvement linéaire. Un guide de mouvement linéaire (LM) est utilisé pour augmenter la précision du mouvement linéaire.

Un guide LM se compose d'un rail de guidage en forme de M et d'une partie de transfert comme le montre la **figure I.3** [1]. Le roulement existe entre le rail de guidage et la partie de transfert et le lubrifiant est fourni à la surface du rail de guidage LM pour diminuer le frottement pendant que la partie de transfert se déplace.

Une vis à billes est une vis mère actionnée par un roulement à billes .Un écrou est conçu pour que le roulement à billes tourne en continu et qu'un roulement à billes puisse revenir en tournant d'une extrémité de l'écrou à l'autre extrémité. Comme la bille est en contact avec une vis et un écrou, elle joue le rôle de réduire le frottement coulissant de la vis de connexion qui se produit en raison de la rotation. L'application du contact de roulement à la surface de contact entre les métaux en contact minimise la force de frottement lorsque le mouvement commence et empêche le collage lors du déplacement à faible vitesse .En outre, la réduction du jeu de réaction est possible en utilisant un roulement à billes agrandi ou un double écrou.

La tête d'une vis à billes est liée à l'unité de déplacement de la table d'usinage .En CNC, la longueur de déplacement par sortie d'impulsion de NC est définie comme un BLU (Basic Length Unit). Par exemple, si une impulsion fait tourner un servomoteur d'un degré et que le servomoteur déplace la table de 0,0001mm, un BLU sera de 0,0001mm.

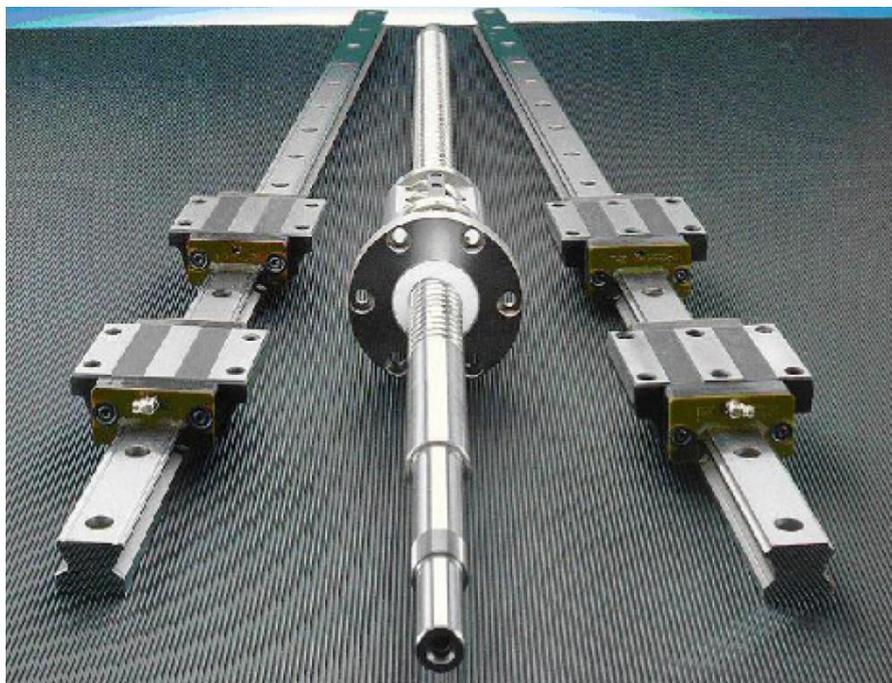


Figure I.3. guides de mouvement linéaire [2]

I.5.Accouplement

Un accouplement articulé est principalement utilisé comme composant de la machine qui relie l'arbre du servomoteur avec une vis à billes. Lorsqu'une vis à billes et un servomoteur sont reliés, le centre de leurs arbres doit être identique. Cependant, dans la pratique, c'est très difficile .Pour cette raison, une liaison doit être conçue pour être insensible aux centres de rotation mal alignés .L'accouplement flexible représenté sur la **figure I.4** répond à l'exigence mentionnée ci-dessus et facilite l'assemblage du servomoteur sur la vis à billes.

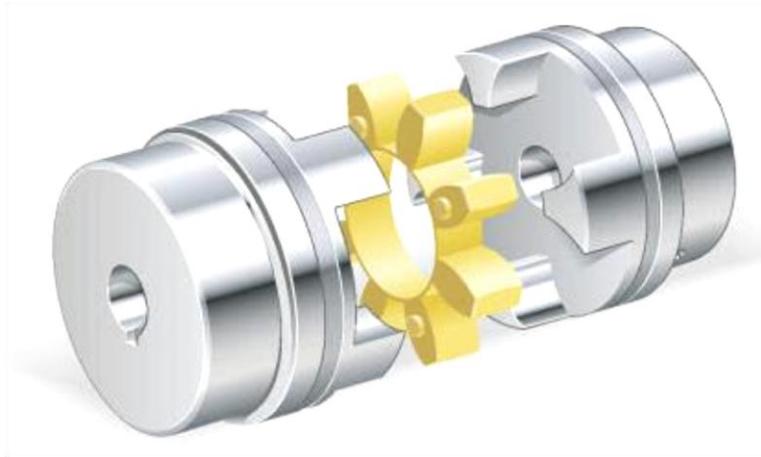


Figure I.4 accouplements articulés

I.6. Boucle de régulation CNC

Lorsque la vitesse réelle et la position détectées à partir d'un capteur sont renvoyées dans un circuit de commande, le servomoteur utilisé dans la machine CNC est commandé en continu pour minimiser l'erreur de vitesse ou l'erreur de position (**figure I.5**). Le système d'asservissement se compose de trois boucles de contrôle indépendantes pour chaque axe de la machine-outil; la boucle de contrôle la plus extérieure est une boucle de contrôle de position, la boucle centrale est une boucle de contrôle de vitesse, et la boucle la plus interne est une boucle de contrôle de courant. En général, la boucle de contrôle de position est située dans la NC et les autres sont situées dans un servomoteur. Cependant, il n'y a pas de norme absolue sur l'emplacement des boucles de contrôle et les emplacements peuvent être modifiés en fonction de l'intention du concepteur[3].

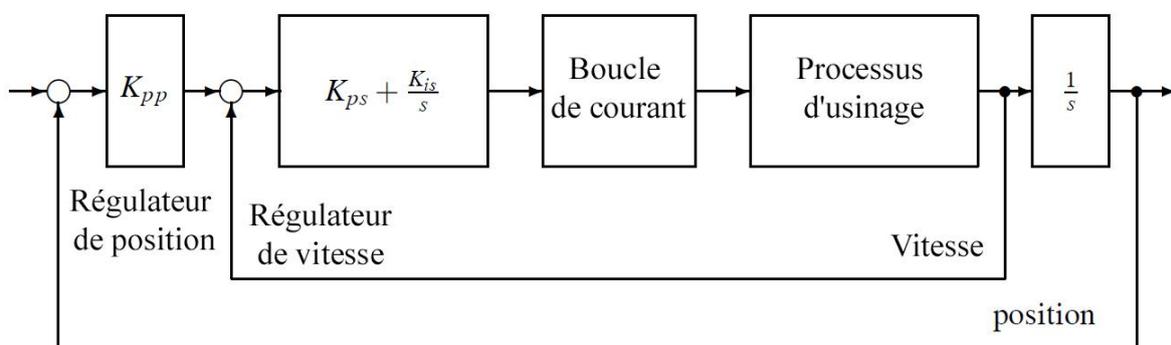


Figure I.5 Trois types de boucle de contrôle en CNC

I.7.Interface homme-machine (Man-Machine Interface MMI)

L'interface homme-machine (MMI) fournit l'interface qui permet à l'utilisateur de faire fonctionner une machine-outil, d'éditer un programme partiel, d'exécuter le programme pièce, de configurer les paramètres et de transmettre des données. Pour qu'un utilisateur puisse utiliser efficacement une machine et utiliser la fonction de la machine de manière optimale, il est nécessaire de concevoir le panneau de commande pour une utilisation conforme aux caractéristiques de la machine-outil. En d'autres termes, un panneau de commande devrait être conçu du point de vue de l'ergonomie, de la prévention des erreurs d'exploitation, du regroupement de clés et de l'attribution de clés pour des machines-outils spécifiques en ce qui concerne la commodité de l'utilisateur. En général, le panneau de commande peut être divisé en quatre zones :

- Zone d'affichage du statut
- Zone d'entrée de données
- Zone de gestion MPG (Manual Pulse Generator)
- Zone des opérations de la machine

I.8.1.Programmation des machines à commandes numérique

Pour écrire un programme, quelque soit le langage (ISO, conversationnel, informatique), il faut toujours, au préalable, préparer correctement les opérations, les moyens et les données qui seront utiles à la réalisation de l'objectif.

Pour un programme pour MOCN, il faudra donc d'abord passer par une phase de gamme d'usinage :

- Ordonner les phases de l'usinage : de quel côté je commence, sur quelle machine, ...
- Ordonner les opérations : qu'est ce que j'usine en premier, avec quel outil

Ceci étant fait, il est temps d'analyser chaque partie des phases pour approfondir la méthode de travail.

Après avoir réuni toutes ces données, je vais pouvoir construire mon programme de manière structurée en ayant toutes les données dont j'aurai besoin. Le reste (le programme), c'est plus de la copie en mettant les codes correspondants. **[4]**

La programmation structurée permet dans un premier temps d'analyser et de concevoir plus rapidement un programme de commande numérique. En effet, dans un programme, toutes les opérations d'usinage font appel à un certain nombre de fonctions identiques (appel d'outil, rotation de broche, conditions de coupe, dégagement d'outil ...). Il est donc intéressant de choisir une programmation structurée commune pour toutes ces opérations.

La configuration et le fonctionnement de la machine CN suivent le processus illustré dans la **Figure I.6.**

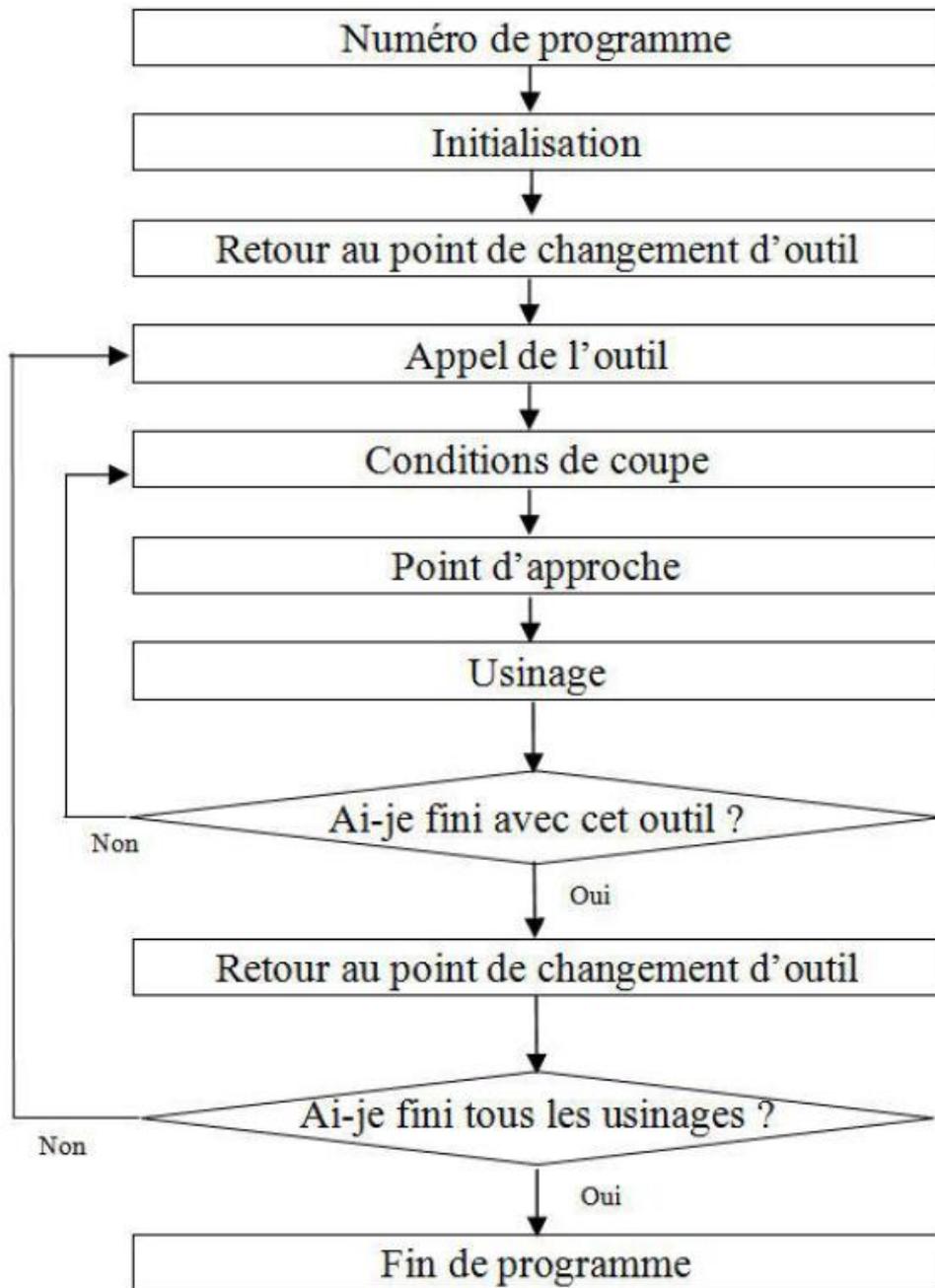


Figure I.6 le fonctionnement de la machine CN [4]

I.8.2.Langage de programmation

À l'origine, le langage de programmation était le G-code, développé par l'EIA au début des années 60, et finalement normalisé par l'ISO en février 1980 sous la référence **RS-274D/** (ISO 6983). Compte tenu de l'absence de développements ultérieurs, de la grande variété des configurations de machines-outils, et du peu de demande pour une réelle interopérabilité, peu de contrôleurs à commande numérique respectent ce standard. Des extensions et

variantes ont été ajoutées indépendamment par divers fabricants, ce qui fait que les opérateurs doivent connaître les différents dialectes et particularités des machines qu'ils utilisent, et les systèmes de CFAO doivent se limiter au plus petit dénominateur commun des machines qu'ils commandent. Beaucoup de fabricants ont essayé de contourner cette difficulté à rester compatible en suivant la route tracée par Fanuc. Malheureusement, Fanuc n'est pas conforme à la norme RS-274 ou à ses précédents standards, et a été lent à ajouter de nouvelles fonctionnalités et à utiliser la puissance croissante des ordinateurs. Par exemple, ils ont transformé la commande G70/G71 en G20/G21; ils ont utilisé des parenthèses pour les commentaires, ce qui a causé des problèmes lors de l'introduction des calculs mathématiques; ils n'ont commencé à utiliser les nanomètres que récemment (ce qui requiert 64 bits); ils ont introduit les nurbs pour compenser le faible débit des blocs depuis la mémoire (au lieu de mettre en place un cache).

Depuis l'établissement de la norme ISO 6983, et les technologies évoluant rapidement, de nombreuses extensions ont été ajoutées pour tenir compte des nouveautés et des nouvelles capacités des machines-outils. Ces extensions, bien que souvent utiles chez des constructeurs différents de Directeur de Commande Numérique, n'entrent pas dans la norme et compliquent la tâche des logiciels de FAO, qui doivent créer les lignes de ce langage pour un DCN particulier. À côté de l'ISO, de nouveaux codes sont apparus, différents selon le Directeur de Commande Numérique. Ils intègrent de plus en plus, en plus de l'ISO, des langages propres aux constructeurs de DCN (symbolique, C, etc.) ainsi que des interfaces de programmation conversationnelle. [5]

I.8.3.Code CNC ISO de base FANUC

I.8.3.1.Les fonctions préparatoires :

Le code G suivi d'un nombre détermine la signification du bloc en question. Il existe deux types de codes G.

- Code G non modal : Ces codes G ne sont actifs que dans le bloc dans lequel ils sont programmés
- Code G modal : Ces codes G restent actifs tant qu'ils ne sont pas remplacés par un autre code G du même groupe.

I.8.3.2.Les fonctions auxiliaires :

Lorsqu'une commande de déplacement et une fonction auxiliaire sont programmées dans le même bloc, les commandes sont exécutées de l'une des deux façons suivantes.

- Exécution des commandes de fonction auxiliaire diverse puis exécution de la commande de mouvement (fonction avant).
- Exécution de la commande de mouvement puis des commandes de fonction auxiliaire diverse (fonction après).

II. Le découpage thermique

La plupart des matériaux comprenant les aciers brûleront, un nombre de Processus de coupe utilise ce fait, apportant l'oxydation rapide des aciers pour former une entaille ou une découpe.

Cette manière de découpage thermique offre de nombreux avantages par rapport aux procédés d'enlèvement de matières traditionnelles comme le sciage.

Comme le processus ne nécessite pas un contact physique entre l'outil et la surface de travail, les forces de coupe sont presque négligeable, le taux d'enlèvement de matière est plus rapide et la conception mécanique des machine est très simple .en fonction de la source de chaleur, il ya de nombreux processus qu'on peut les deviser en :

- Oxicoupage
- découpage a l'arc électrique
- découpage par faisceau

L'oxycoupage décrit un groupe de processus de coupe utilisés pour enlèvement de matière découpage par haute température la réaction exothermique de l'oxygène ave le métal de base.

Dans le découpage a l'arc Electric le métal est simplement fondu a cause de la chaleur intense de l'arc puis il sera écarté ailleurs par la force de l'arc lui-même oui par les autre gazes (l'air oui les gazes de protections)

Le découpage par faisceau utilise un faisceau de lumière en tant que source de chaleur. Les avantages de ces procédés de coupe ne dépend pas des outils périssable pour former ou élaborer des méthodes de serrage par contre ces procédés de coupe utilisent des buses de chalumeau, des gazes et des matériaux abrasives

Afin de relever les défis des fabrications des composants sophistiqués dans les domaines aérospatial, transport, électronique, nucléaire plusieurs méthodes de fabrication on été développées parmi tel procédées, le Processus de coupe des métaux en utilisant le découpage thermique joue un rôle important dans la fabrication moderne, ces procédées de découpage thermique Besoin d'une bonne compréhension de la physique, mathématique ; thermodynamique. [6]

II.1.L'oxycoupage

Le fer et l'acier s'oxydent lentement dans l'air humide en formant un oxyde connu sous le nom de rouille, L'application de la chaleur à l'acier dans l'air accélère le processus d'oxydation

L'oxycoupage est un processus contrôlé de l'oxydation rapide qui se produit en préchauffant le métal à sa température d'auto-inflammation 1200 °-1300 °c et lorsqu'un jet d'oxygène pur et de haute pression est dirigé vers le point chaud brûle le métal et le jet d'oxygène écarte les oxydes formés ce qui expose la couche inférieure jusqu'en formant une saigné. Ce procédé est utilisé pour couper des pièces d'acier doux et faiblement alliés allant de 1 mm jusqu'à 300 mm

Le choix du combustible sera fonction de différents paramètres tels que l'épaisseur de la pièce, la vitesse de coupe, le temps de préchauffage ou la qualité de la coupe. [7]



Figure II.1 oxycoupages d'une tôle d'acier

II.1.1.Principe de l'opération

Le processus de coupe par oxycoupage utilise une torche avec une pointe (buse). Les fonctions de la torche sont de produire les flammes de préchauffage en mélangeant le gaz et l'oxygène dans les proportions correctes et pour fournir un flux concentré d'oxygène de haute pureté à la zone de réaction

Les caractéristiques des torches de coupe sont indiquées en **figure II.2**.

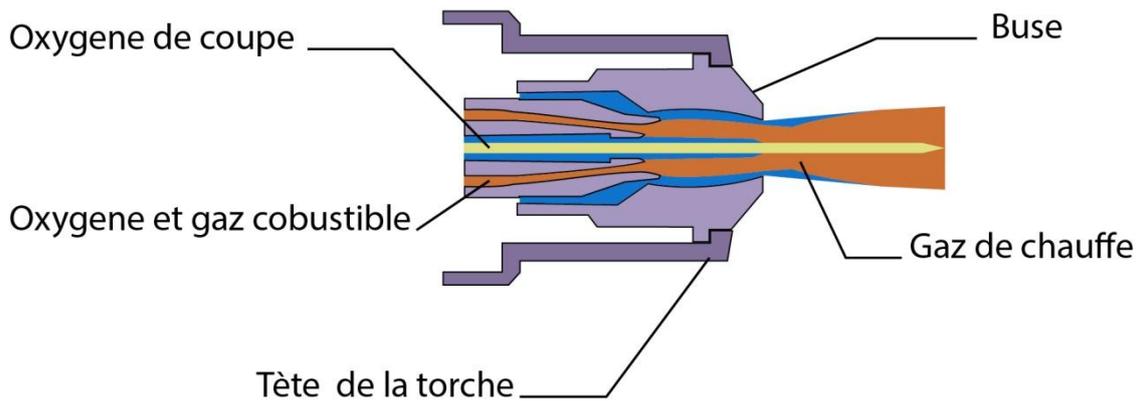


Figure II.2. Torche de coupe

II.1.2. Les combustibles utilisés dans l'oxycoupage

La flamme de chauffe a une fonction spécifique, transmettre suffisamment de chaleur à la surface de l'acier pour compenser la perte de chaleur. À cet égard, ACÉTYLENE, en raison de sa température élevée, présente des avantages par rapport au PROPANE et au gaz naturel. [7]

II.1.2.1. L'Acétylène permet d'obtenir la température la plus élevée (jusqu'à 3 087 °C). Cependant, l'acétylène ne peut être utilisé à des pressions excédant 103 kPa. [7]

II.1.2.2. Le Gaz naturel est relativement moins cher que les autres gaz combustibles. Il ne requiert pas la manipulation de bonbonnes, puisqu'on se raccorde directement à la ligne de distribution ou de service. [7]

II.1.2.3. L'Hydrogène est utilisé pour l'oxycoupage sous l'eau, car sa pression peut être augmentée sans danger (elle peut atteindre 300 kPa). La température de la flamme oxyhydrique est de 2 645 °C. Malgré les fausses manœuvres, la flamme ne s'éteint pas.

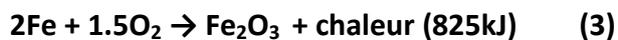
II.1.2.4. Le Méthylacétylène-propadiène stabilisé (MAPP) est un gaz très économique. La bonbonne de méthylacétylène-propadiène coûte environ le quart du prix d'une bonbonne d'acétylène. De plus, une bonbonne de 31 kg dure de quatre à cinq fois plus longtemps qu'une bonbonne d'acétylène de 7 m³. Les bonbonnes de MAPP exigent peu d'espace d'entreposage, ce qui contribue encore à réduire les frais. Aussi, le MAPP est idéal pour le préchauffage et le post chauffage du métal. On peut l'utiliser à des pressions élevées pouvant atteindre 650 kPa. [7]

II.1.3. Champ d'application

Ce procédé est utilisé pour oxycouper tous les aciers, jusqu'à une teneur en carbone de 1,97 %, et certains alliages comme l'acier au manganèse. On l'utilise pour couper des têtes de boulons et de rivets, des barres, des tuyaux, des cornières, des profilés et pour effectuer des coupes non rectilignes qu'on ne peut exécuter à l'aide de procédés mécaniques.

II.1.4.Chimie de la combustion

L'oxycoupage est basé sur la capacité de l'oxygène à haute pureté pour combiner rapidement avec le fer lorsqu'il est chauffé jusqu'à sa température d'auto inflammation. Le fer est rapidement oxydé par l'oxygène à haute pureté et la chaleur est libérée par plusieurs réactions. Les réactions chimiques équilibrées pour ces réactions sont les suivantes:



L'énorme dégagement de chaleur de la seconde réaction prédomine par rapport à la première réaction. La troisième réaction se produit dans une certaine mesure dans les applications de coupe plus lourdes. Théoriquement, 1m³ d'oxygène est nécessaire pour oxyder environ 430 cm³ de Fe. Actuellement, environ 30 à 40% du métal est fondu et dégagé sans oxydation et l'enlèvement de 600cm³ ou plus de fer par 1m³ d'oxygène n'est pas une performance rare. Dans les opérations actuelles, la consommation de l'oxygène par unité de masse de fer varie selon l'épaisseur du métal. [8]

II.1.5.Inflammabilité

L'inflammabilité de tous les gaz combustibles énumérés dans le tableau 2 est fortement magnifiée lorsqu'ils sont mélangés avec de l'oxygène pur.

Type de combustible	Portée de l'inflammabilité (%de gaz dans l'air)
Propane	2,4 – 9,5 %
Butane	1,9 – 8,4 %
Gaz naturel	5 – 15 %
Mapp	3,4 – 10,8 %
Acétylène	2 – 89 %

Tableau II.1. Portée d'inflammabilité des gaz combustibles communs.

II.1.6.Identification des problèmes liés à la coupe

Le tableau 3 identifie la différence entre ce qui est souhaitable et ce qui est à éviter pendant le processus de coupe et comment obtenir le résultat souhaité

	<ul style="list-style-type: none"> -Une bonne coupe. -Arêtes vives des bords inférieur et supérieur -Lignes de traînée verticales - Pas de scories adhérentes.
	<ul style="list-style-type: none"> -Vitesse de coupe trop rapide. -Bord supérieur n'a pas d'arêtes vives -Bord inférieur arrondi -Lignes de trainée inégales
	<ul style="list-style-type: none"> -Vitesse de coupe trop lente. -Bord supérieur arrondi et fondu -Bord inférieur rugueux. - Les scories sur le bord inférieur est difficile à éliminer - Partie inférieure de la face coupée irrégulièrement gougée -Gros dépôts sur la face de coupe
	<ul style="list-style-type: none"> -Buse trop élevée. -Fondation excessive du bord supérieur
	<ul style="list-style-type: none"> -Vitesse de coupe irrégulière - Bord de coupe ondulé - Lignes de trainé inégales
	<ul style="list-style-type: none"> -La flamme Préchauffe trop haute. -Bord supérieur arrondi -Bord de coupe irrégulier - Une quantité excessive de scories adhérant fortement au bord inférieur.
	<ul style="list-style-type: none"> -La flamme Préchauffe trop basse. - Mauvaise gouge de la partie inférieure de la face de coupe

Tableau II.2. Identification des problèmes liés à la coupe [9]

II.1.7.Paramètres de la découpe

II.1.7.1.Caractérisation

La norme internationale **ISO 9013** a été utilisée, afin de quantifier la qualité de coupe. Cette norme prend en compte la rugosité de la face de coupe, l'angle de coupe (dépouille) et la tolérance dimensionnelle. Un paramètre important dans le cas des procédés à hautes température (oxycoupage, plasma, laser) a été ajouté, il s'agit de la ZAT (zone affectée thermiquement). [2]

II.1.7.2Rugosité

Elle correspond à la moyenne arithmétique des valeurs absolues des ordonnées à l'intérieur d'une longueur de base

II.1.7.3.Dépouille

C'est l'angle formé avec la verticale entre le bord supérieur et le bord inférieur. Cet angle varie selon le procédé, la vitesse et l'épaisseur du matériau.

II.1.7.4.Zone affectée thermiquement (ZAT)

La ZAT est la zone du matériau qui a subi des modifications métallurgiques pouvant induire un changement localisé de la résistance mécanique. Ces modifications dépendent du matériau, du procédé et des paramètres de découpe.

II.2.Le découpage plasma

La découpe plasma est la méthode la plus efficace et puissante pour couper n'importe quel matériau conducteur. Alors, quel est ce Plasma? La réponse est simple si un gaz est chauffé à une température extrêmement élevée, vous obtenez du plasma.

Que se passe-t-il lorsqu'une température extrêmement élevée passe sur un gaz, il arrive que l'énergie passée sur les molécules de gaz commence à les casser et que les atomes commencent à se diviser. Comme nous le savons tous, un atome est composé de protons, de neutrons et d'électrons. Les neutrons et le proton sont dans le noyau de l'atome tandis que les électrons tournent autour du noyau comme un nuage. Mais dans le plasma, les électrons commencent à se déplacer à un taux de vitesse élevé en raison de l'énergie qui leur est transmise. Lorsque ces électrons qui se déplacent rapidement entrent en collision avec des ions, une quantité immense d'énergie est relâchée. Et c'est l'énergie qui donne au plasma la puissance de coupe.

Un système de découpe au plasma utilise un flux de plasma pour transférer de l'énergie vers un matériau conducteur. Le flux de plasma est généralement formé en forçant un gaz tel que l'azote, l'oxygène, l'argon ou même l'air à travers une buse étroite. Un courant électrique

produit par une alimentation externe ajoute une énergie suffisante pour le flux de gaz pour l'ioniser, en le transformant en un arc de plasma avec des températures approchant de 22000°C. L'arc de plasma coupe la pièce en la fondre et dégage le métal fondu. [3]

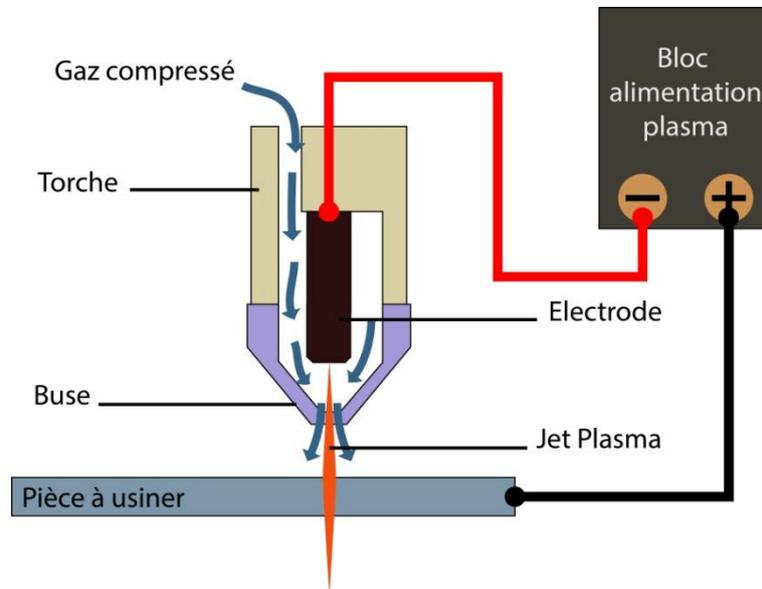


Figure II.3. Fonctionnement d'une torche plasma

II.2.1. Développement du processus d'arc de plasma

En 1941, l'industrie de la défense des États-Unis cherchait de meilleurs moyens relier les métaux légers ensemble pour l'effort de guerre et, plus précisément, pour la production d'avions. À partir de cet effort, un nouveau procédé de soudage est né. Un arc électrique a été utilisé pour faire fondre le métal, et un bouclier de gaz inerte autour de l'arc et de métal en fusion a été utilisé pour déplacer l'air empêchant le métal fondu de ramasser de l'oxygène de l'air. Ce nouveau procédé "TIG" (Tungsten Inert Gas), semblait être une solution parfaite pour l'exigence très spécifique d'un soudage de haute qualité.

En 1950, **TIG** s'était fermement établi comme une nouvelle méthode de soudage pour des soudures de haute qualité. Tout en poursuivant les travaux de développement sur le processus TIG, Les scientifiques du laboratoire de soudage Union Carbide ont découvert que lorsqu'ils ont réduit l'ouverture de la buse qui dirigeait le gaz inerte de l'électrode de la torche TIG (cathode) vers la pièce (anode), les propriétés de l'arc TIG pourraient être fortement modifiées. L'ouverture réduite de la buse a rétréci l'arc électrique et le gaz et a augmenté sa vitesse et sa chaleur résistive. La température et la tension de l'arc ont augmenté de façon spectaculaire, et l'élan du gaz ionisé et non ionisé a enlevé la flaque fondue en raison de la vitesse supérieure. Au lieu de souder, le métal a été coupé par le jet de plasma.

Sur la **Figure II.4**, les deux arcs fonctionnent avec l'argon à 200 ampères, Le jet de plasma n'est réduit que par le diamètre de l'orifice de la buse (4.8 mm), mais il fonctionne à deux fois la tension et produit un arc de plasma beaucoup plus chaud. Si le même courant est forcé à travers une buse avec une ouverture encore plus petite, la température et la tension augmentent. Dans le même temps, l'énergie cinétique supérieure du gaz sortant de la buse éjecte le métal fondu, créant une coupe. [3]

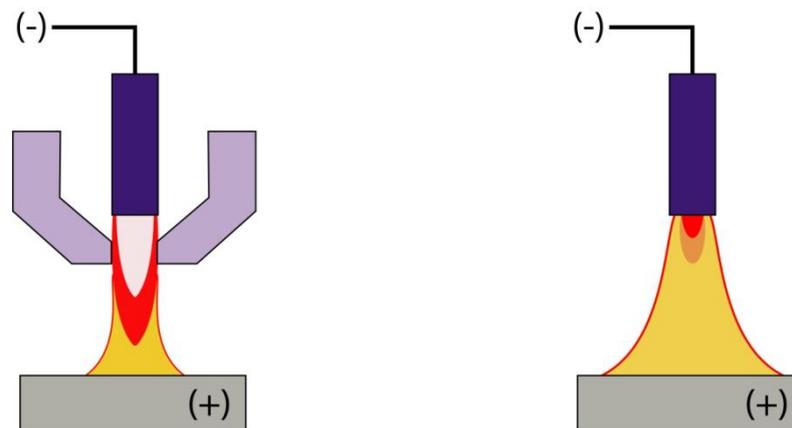


Figure II.4 Jet plasma avec et sans buse

Le travail de l'opérateur a également été facilité grâce à des améliorations dans la fonctionnalité de contrôle de hauteur automatique. L'opérateur n'a pas besoin de faire des ajustements lorsque les pièces consommables dans l'usure de la torche sont épuisées.

La coupe de trous a été améliorée avec une grande base de données d'information dans le logiciel CAM qui reconnaît automatiquement les caractéristiques de la CAO et met en œuvre les meilleurs paramètres de coupe. Ce processus est transparent pour l'opérateur de la machine et le programmeur du système, éliminant ainsi la nécessité d'être des experts.

Le logiciel amélioré de chanfreinage des plaques a simplifié l'intégration et le fonctionnement d'une tête de chanfrein avec des machines à couper XY CNC. Cet avancement, associé à nouveau avec le logiciel CAM du système, enregistre une grande partie des tests d'essai et d'erreur du programmeur ou l'opérateur qui ont toujours été nécessaires pour maintenir les meilleures tolérances sur les applications de chanfreinage au bord de la plaque, telles que la préparation de soudure.

De nombreuses autres avancées ont été faites pour améliorer la fiabilité, la performance, la durée de vie consommable, la qualité de la coupe et la facilité d'utilisation depuis la création du premier système de plasma. Le processus partage le marché de coupe avec la découpe au laser, le jet d'eau abrasif et la découpe d'oxycoupage, qui fournissent toute la précision, la productivité et la rentabilité à long terme lorsqu'il est utilisé pour les applications appropriées.

II.2.2. Les nombreux visages de coupe au plasma

Les systèmes de découpe plasma manuelle et mécanique servent à des fins différentes et nécessitent des équipements différents pour fonctionner correctement. C'est à l'utilisateur de décider quel système est le mieux adapté à l'application. Ce paragraphe fournit une introduction détaillée aux deux systèmes, à leurs capacités et à quelles applications ils sont adaptés.

II.2.2.1. Manuel

Les systèmes manuels de découpe au plasma sont des alimentations modérément petites qui utilisent une torche à plasma portative pour la coupe de divers types de métaux. Ces systèmes sont maniables, polyvalents et peuvent être utilisés pour une variété d'applications de coupe. Ces alimentations possèdent une gamme de capacités de coupe basée sur l'amplification de sortie du système de coupe. Les alimentations sont classées aussi peu que 7 à 25 ampères et jusqu'à 30 à 100 ampères. Certains blocs d'alimentation, cependant, permettent une coupe à main de jusqu'à 200 ampères, mais ce n'est pas typique. Les systèmes de plasma manuels utilisent normalement l'air du magasin comme gaz de plasma et / ou de gaz de protection, et ils sont conçus de manière à pouvoir être utilisés avec plusieurs tensions entrantes. La tension d'entrée est comprise entre 120v et 600v, en utilisant une alimentation monophasée ou triphasée. Ils sont utilisés dans des applications de métaux légers pour réduire l'excès de matière. Une torche à main de 12 ampères typique va couper un maximum d'épaisseur de 5mm à environ 380mm par minute. Une torche portative typique de 100 ampères coupe un maximum de 70mm à environ 500 mm par minute.

II.2.2.2. Mécanique

Les systèmes mécaniques de découpe au plasma sont généralement plus importants que les systèmes de plasma manuels et sont utilisés conjointement avec des tables de coupe, y compris une table à eau ou une table de tir descendante avec un système de portique qui fonctionne sur différents entraînements et moteurs. En outre, les systèmes mécanisés ont une CNC et un contrôle de hauteur de torche (THC), ce qui peut inclure une détection de hauteur initiale et un contrôle de tension. Les systèmes mécanisés de découpe au plasma peuvent être incorporés dans un système de coupe-poinçon, coupe-laser ou système de coupe robotique. La taille d'une configuration mécanisée de coupe plasma est basée sur la table et le portique utilisé. Les tables peuvent être inférieures à 2 par 4 mètres ou supérieures à 15 par 36 mètres. Le plasma et les gaz d'assistance ne sont que deux des choix essentiels qui doivent être pris en compte lors de l'installation ou de l'utilisation d'un système de plasma mécanisé. Les réservoirs de gaz sont disponibles pour l'achat ou le loyer, et ils sont offerts dans de nombreuses tailles différentes, ce qui signifie qu'une zone doit être créée pour les stocker. Une quantité importante de câblage et de plomberie pour le gaz et le liquide de refroidissement implique l'installation d'un système de plasma mécanisé. Au-delà du système de plasma mécanisé lui-même, une table, un portique, un CNC et un THC devront être choisis. [7]

II.2.3. Equipment, Consommables, et Gazes

II.2.3.1. Les Torches

Il existe quatre types basiques de torches de coupe au plasma, chacune étant distinguée par des variations dans la méthode de rétrécir l'arc :

- Torches à un seul gaz (coupe au plasma conventionnel)
- Torches à double flux
- Torches à injection d'eau
- Torche à plasma à haute intensité de courant

II.2.3.1.1. Torches à un seul gaz

L'électrode ionise le gaz plasma qui l'entoure pour former un jet de plasma (voir la **figure II.3**). Lorsque le jet est resserré en passant par l'orifice de la buse, sa température et sa densité de courant d'arc augmentent et l'arc est allongé dans un courant droit.

L'électrode se compose généralement d'un insert de tungstène (émetteur) hafnium ou thoriaisé incorporé dans un corps en cuivre.

Les électrodes de Hafnium sont utilisées avec des gaz de coupe d'air ou d'oxygène tandis les électrodes de tungstène thoriaisées sont utilisées avec des gazes de coupe non oxydante telle que l'azote H35

Les électrodes et les buses doivent être bien refroidies soit par un refroidissement au gaz ou à l'eau. La coupe ou le gougeage au plasma à un seul gaz est adaptée aux systèmes manuels et mécanisés [3]

II.2.3.1.2. Torches à double flux

Cette conception intègre les mêmes caractéristiques que la coupe au plasma conventionnel, sauf qu'un gaz de protection (gaz secondaire) circule autour de la buse comme le montre la **figure II.5**. Le gaz de protection couvre la zone de coupe pour améliorer les performances et refroidit la buse et la buse de protection.

L'avantage principal de la coupe à double gaz est qu'un gaz différent du plasma le gaz peut protéger le plasma et la zone de coupe, qui peut réduire ou éliminer les contaminations.

Un autre avantage du processus à double flux est que la buse peut être encastrée à l'intérieur d'une buse de protection, empêchant la buse de contact de la pièce et de réduire le double arc. Le double arc se produit habituellement lorsqu'une buse non protégée est détruite en connectant la buse au potentiel de masse à travers le métal fondu produit en pénétrant ou d'autres événements imprévus.

La coupe à l'arc par plasma à l'eau est une variation du processus mécanisé de coupe à l'arc à double flux dans lequel l'eau est remplacée par le gaz de protection. Le blindage de l'eau ne fournit pas de rétrécissement supplémentaire de l'arc, mais améliore l'apparence des aciers inoxydables et augmente la durée de vie de la buse grâce à l'action de refroidissement de l'eau. [3]

II.2.3.1.3. Torches à injection d'eau

Dans le processus de coupe par arc de plasma d'injection d'eau, de l'eau est injectée autour de l'arc, soit comme une pulvérisation radiale à grande vitesse, soit tangentielle, pour donner une action de tourbillonnement (voir la **figure II.5**).

L'impact de l'eau autour de l'arc fournit une constriction d'arc plus élevée que le processus conventionnel, améliorant la rectitude de la coupe, augmentant les vitesses de coupe et minimisant la formation de scorie. L'action de refroidissement de l'eau injectée permet l'utilisation d'une section en céramique qui élimine presque le double arc entre la buse et la pièce à usiner et facilite les opérations de perçage. Ce processus est utilisé uniquement avec des applications de coupe mécanisées, et généralement de 250 à 750 Ampères. [3]

II.2.3.1.4. Torche à haute intensité de courant

Ces torches de coupe à arc de plasma produisent une densité de courant extrêmement élevée. Elles coupent avec une saignée plus étroite en utilisant une constriction d'arc beaucoup plus étroite que celle des autres processus d'arc de plasma. Cette classe de torches à arc de plasma utilise une variété de techniques pour obtenir un arc super-rétréci et d'excellentes performances. Les techniques établies sont des buses à vortex à flux élevé, les chambres de mélange à haute vitesse et l'utilisation d'un aimant pour stabiliser l'arc (voir la **figure II.5**). Les systèmes de coupe à l'arc à plasma à haute densité peuvent effectivement produire une qualité de coupe laser dans la bonne application. [3]

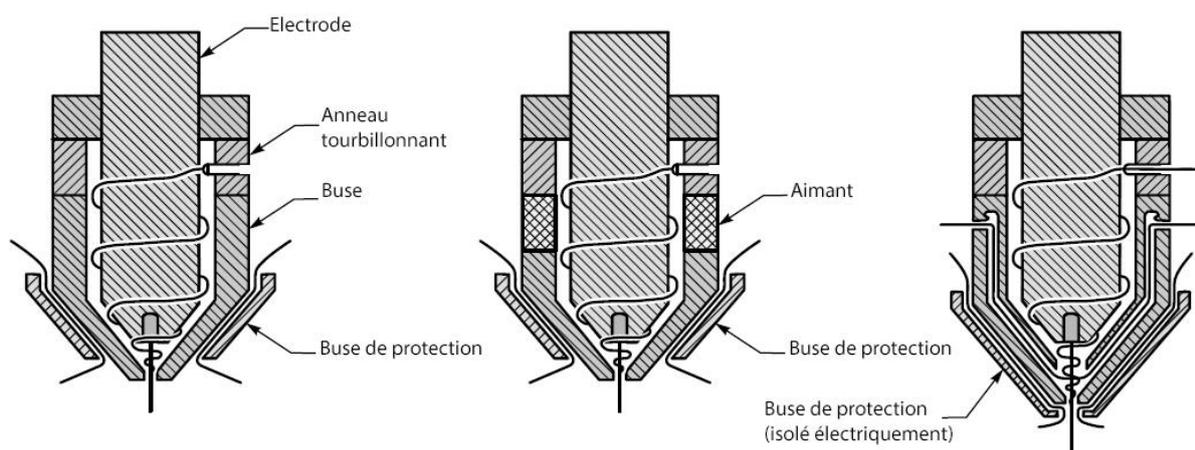


Figure II.5. Différentes méthodes pour obtenir une haute intensité de courant

Le meilleur gaz à utiliser dépend principalement de trois considérations: la qualité, la productivité et l'économie.

- Pour les aciers doux on utilise l'oxygène tant que gaz plasma et l'air pour gaz de protection pour la meilleure qualité de coupe, les niveaux de scories sont plus faibles, une excellente soudabilité, vitesse et productivité.
- Pour une meilleure qualité de coupe sur les aciers inoxydables et l'aluminium sous 15mm, utilisez l'azote en tant que gaz plasma et l'air pour gaz de protection pour un bon équilibre entre qualité de coupe et abordabilité. Pour une coupe légèrement meilleure et plus rapide, utilisez le CO₂ gaz secondaire. Si votre système le permet, un bouclier d'eau Fournira la meilleure qualité.

- Pour une meilleure qualité de coupe sur acier inoxydable et aluminium épais, utiliser de l'argon-hydrogène avec de l'azote comme gaz de protection.
- Pour la coupe la plus économique, l'air sec est le meilleur choix pour l'acier doux, l'acier inoxydable et l'aluminium.

II.2.3.2. .Les combustibles utilisés dans le processus plasma

II.2.3.2.1.L'Air

L'air est le gaz plasma le plus polyvalent; Il produit une bonne qualité et une vitesse de coupe sur l'acier doux, l'acier inoxydable et l'aluminium. L'air diminue également le coût d'exploitation car il n'est pas nécessaire d'acheter des gaz. (Pour cette raison, les systèmes de plasma d'air ne sont pas populaires auprès des fournisseurs de gaz). Cependant, l'air n'est pas gratuit. L'air de la boutique doit être nettoyé pour éliminer la contamination, comme les particules, le brouillard d'huile et l'humidité. La meilleure solution pour les systèmes de plasma à air est un compresseur d'air dédié de bonne taille, un sécheur réfrigéré et une banque de filtres pour éliminer les particules, le brouillard d'huile et toute l'humidité restante. Une autre préoccupation pour le plasma d'air est la soudabilité du bord coupé. Une certaine oxydation de la surface de coupe se produit avec le plasma d'air; Cela peut provoquer de la porosité dans les soudures. Le problème est habituellement corrigé en utilisant simplement un fil de soudure de bonne qualité. Pour une polyvalence, une bonne vitesse, un faible taux de scories et une longue durée de vie des pièces, l'air est une bonne option pour de nombreux magasins. Le gaz de protection de l'air est le meilleur choix lors de l'utilisation du plasma d'air.

II.2.3.2.2.L'oxygène

L'oxygène est devenu la norme de l'industrie pour la coupe d'acier doux, car elle fournit la meilleure qualité de coupe et la vitesse de coupe la plus rapide de tous les gaz plasma (La coupe d'acier inoxydable ou d'aluminium avec du gaz plasma d'oxygène n'est pas recommandée). L'inconvénient de l'oxygène est le coût du gaz et de la durée de vie des pièces consommables. Cependant, les systèmes de plasma d'oxygène à la fine pointe de la technologie utilisent des gaz de départ inertes (tels que de l'azote) avec du plasma d'oxygène pour obtenir une durée de vie similaire aux systèmes d'azote ou d'air. Ces systèmes peuvent avoir une durée de vie partielle dans la gamme de 800 à 1500 démarrages. L'augmentation des coûts des consommables et des gaz est en général compensée par une diminution des opérations secondaires coûteuses pour éliminer les crues et redresser les pièces chanfreinées.

II.2.3.2.3.Nitrogène (Azote)

L'azote a été utilisé dans la plupart des torches plasma précoces. C'est toujours le meilleur choix si vous coupez beaucoup d'aluminium et d'acier inoxydable. La qualité de coupe et la durée de vie des pièces sont excellentes (Plus de 1000 démarrages sont normaux) Cependant, sur des matériaux épais (habituellement sur 15mm), au haut de la capacité de votre système de plasma, passer à l'hydrogène-argon. En général, l'air est le meilleur gaz secondaire lorsqu'on utilise du plasma d'azote.

II.2.3.2.4.Argon-hydrogène

L'hydrogène-argon est le meilleur choix pour la coupe épaisse en acier inoxydable et en aluminium (> 15mm). Le mélange typiquement utilisé est 35% d'hydrogène et 65% d'argon. L'hydrogène-Argon est le gaz plasma le plus chaud et fournit le maximum (L'hydrogène argon est utilisé dans des torches d'injection d'eau jusqu'à 1000 ampères pour couper jusqu'à 150mm en acier inoxydable). Dans les torches multi-gaz, l'hydrogène Argon fournit une coupe droite et une surface très lisse presque polie sur l'acier inoxydable. Des creux déchiquetés peuvent se produire le long du bord inférieur. L'azote est généralement utilisé comme gaz protecteur avec de l'hydrogène argon. L'inconvénient de cette combinaison qu'elle est coûteuse. [3]

Gaz plasma/gaz protecteur	Acier doux	acier inoxydable	Aluminium
Air/Air	Bonne qualité/vitesse de coupe. Économique	Bonne qualité/vitesse de coupe. Économique	Bonne qualité/vitesse de coupe. Économique
Oxygène (O ₂)/Air	Excellente qualité/vitesse de coupe. Très petite crasse	Non recommandé	Non recommandé
Nitrogène (N ₂)/CO ₂	Qualité de coupe tolérable, peu de crasse, excellente durée de vie	Bonne qualité de coupe, excellentes durée de vie	Excellente qualité de coupe, excellente durée de vie
Nitrogène (N ₂) ₂ /Air	Qualité de coupe tolérable, peu de crasse, excellente durée de vie	Bonne qualité de coupe, excellentes durée de vie	Bonne qualité de coupe, excellentes durée de vie
Nitrogène (N ₂)/H ₂ O	Qualité de coupe tolérable, peu de crasse, excellente durée de vie	Excellente qualité de coupe, excellente durée de vie	Excellente qualité de coupe, excellente durée de vie
Argon Hydrogène/N ₂	Non recommandé	Excellent pour épaisseur > 15mm	Excellent pour épaisseur > 15mm

Tableau II.3. Guide illustré pour la sélection des gaz plasma [10]

II.2.4.Méthodes d'initiation de l'arc

Différentes méthodes sont utilisées pour produire le chemin ionisé qui doit être créé avant que l'arc plasma principal puisse être généré. Ces méthodes comprennent le démarrage par contacts, le démarrage de la décharge sans arc pilote et la décharge commençant par l'arc pilote.

II.2.4.1.Démarrage par contact

Le démarrage par contact est une méthode simple utilisée sur certains types de torches manuelles, dans lesquelles une tension est appliquée entre l'électrode et la buse. L'électrode et la buse sont amenées à un contact électrique momentané en poussant la pointe de la torche contre la pièce à usiner.

Un arc pilote à faible courant est généré entre l'électrode et la buse après qu'un ressort dans la torche force l'électrode et la buse à se séparer. Dans un type différent de torche de démarrage de contact, l'électrode et la buse sont forcées ensemble par pression de ressort.

L'alimentation est allumée et le courant passe à travers l'électrode et la buse dans un état de court-circuit. Ensuite, une électrovanne s'ouvre pour laisser la pression du gaz plasma forcer l'électrode et la buse, ce qui génère un arc pilote à faible courant. Dans les deux cas, l'arc pilote à faible courant réchauffe considérablement les gaz plasmatiques, ce qui rend les gaz plasma plus conducteurs. Le gaz hautement ionisé s'écoule à travers l'orifice de la buse, et l'arc principal est généré (transféré) lorsque la pièce est suffisamment proche de la torche pour le courant

II.2.4.2.Décharge commençant directement sur la pièce

Une autre méthode pour démarrer un système manuel de plasma nécessite que la buse soit mise en contact avec la pièce, après quoi une étincelle ou une décharge à haute fréquence entre l'électrode et la buse est utilisée pour ioniser le gaz plasma. L'arc principal est généré directement entre la pièce et l'électrode et la découpe peut commencer.

II.2.4.3.Décharge à partir d'un arc pilote

La décharge commençant par un arc pilote est la méthode la plus commune de démarrage de tous les types de torches à coupe par arc de plasma.

La source d'alimentation en arc de plasma génère une haute tension avec une oscillation haute fréquence. Cette haute fréquence est déchargée entre l'électrode et la buse, ionisant le gaz plasma. Un arc pilote est ensuite établi entre l'électrode et la buse et est maintenu pendant une courte période de temps nécessaire pour que l'arc se transfère à la pièce à usiner. Une fois cet arc principal établi, l'arc pilote est éteint et l'opération de coupe peut commencer.

II.2.5.Détection initiale de la hauteur de la torche

Hauteur initiale : (initial height) se réfère à la distance entre la torche et la pièce à usiner avant de commencer l'arc de coupe. Le contrôle de l'écart se réfère à un moyen de

maintenir la distance entre la torche et la pièce pendant le processus de coupe. Bien que ces fonctions sont souvent disponibles dans le même appareil fonctionnent généralement indépendamment.

La hauteur initiale optimale est celle qui permet la plus grande distance entre la torche et la pièce tout en permettant un transfert d'arc cohérent. Tel un IH minimise les dommages causés à l'extrémité avant de la torche à plasma et ses consommables à partir du renversement de métal en fusion qui se produit pendant le perçage.

Le IH peut être réglé manuellement avec un simple montage en crémaillère qui retient la torche à plasma. Il peut également être réglé à l'aide d'un interrupteur haut / bas connecté à un moteur de levage de la torche. La détection de hauteur initiale automatique (IHS initial height sensing) est disponible grâce à une variété de technologies, y compris l'arrêt et le retrait du moteur de levage, les sondes de détection inductive et le sens et le retrait du contact électrique.

Un système de contrôle d'écart maintient l'espace souhaité entre la torche et la pièce à usiner. Cela fournit une qualité de coupe constante (angle de chanfrein, arrondi de bord supérieur, scorie, largeur de l'entaille) indépendamment des variations de la surface de la table de coupe et de l'ondulation de la pièce à usiner. Les réglages optimaux de l'écart de la torche pour différentes applications se trouvent dans les tableaux de coupe de la plupart des manuels d'instructions du système de plasma.

Étant donné que l'étalement de la torche est un paramètre crucial dans la coupe mécanique d'arc de plasma, il doit être maintenu avec une certaine précision pour obtenir une qualité élevée. L'étalement de la torche dans la coupe conventionnelle d'arc de plasma est habituellement maintenu dans 0,50 mm. Dans la coupe d'arc de plasma à haute intensité de courant, l'écart doit être maintenu à 0,13 mm.

Le type de contrôle de contrainte le plus commun est le dispositif de commande de tension d'arc. Ce système surveille l'arc de coupe et indique à un moteur de levage d'augmenter ou de baisser la torche pour maintenir une tension prédéfinie. Puisque la coupe par arc de plasma est un processus d'arc électrique, la tension d'arc est directement liée à la distance entre la torche et la pièce à usiner (une hauteur supérieure signifie une tension d'arc plus élevée). L'interférence souhaitée, ou la tension d'arc, est habituellement chargée dans la commande par un cadran réglable ou un circuit automatique.

La plupart des systèmes permettent un réglage de l'écart pendant que la coupe est en cours, ce qui donne à l'opérateur la possibilité d'affiner ses conditions.

(Note: D'autres facteurs qui influent sur la tension de l'arc dans le processus de coupe de l'arc de plasma comprennent la vitesse de coupe, l'épaisseur de la plaque, le flux de gaz et l'usure des électrodes. Toute modification de ces conditions pendant la coupe peut nécessiter une modification correspondante du réglage de la tension d'arc pour maintenir l'écart souhaité.)

III.LA MACHINE D'ETUDE DE DECOUPAGE THERMIQUE

III.1.Ficcp TIPO B254

La machine d'étude est une ligne automatique de poinçonnage et perçage et coupe thermique dénommé Ficcp tipo B254 elle est situé au sein de l'entreprise Promech Annaba elle est toujours en exploitation d'environ 60%.

Sur le plan dimensionnel, la machine se situe dans la catégorie de grandes machines de la gamme Ficcp. C'est une machine de poinçonnage et découpe thermique fonctionnant automatiquement, elle est universelle, polyvalente et performante, la Tipo B254 offre une solution économique pour débiter les produits métallurgiques en feuille dont les largeurs vont jusqu'à 3 mètres.



Figure III.1 Ficcp TIPO B254 [4]

III.2.Caractéristiques de la machine

Groupe d'alimentation de la barre complet avec:

- . Banc de Chargement à Ripeurs.
- . Structure de support motrice avec motrice/pince.
- . Éléments à Rouleaux Fous.

Groupe opérationnel complet avec:

- .Unité de poinçonnage et système de positionnement axes Y et V.
- . Dispositif de changement des outils de poinçonnage

- . Unité de perçage
- . Dispositif de changement des outils de perçage
- . Marqueuse à écriture à 38 positions.
- . Magasin d'outils de poinçonnage.
- . Broche.
- . Unité de coupe au plasma
- . Torche pour oxycoupage
- . Système d'aspiration des fumées pour l'unité de coupe thermique
- . Groupe hydraulique.
- . Unité de commande numérique (CNC).

Groupe d'évacuation complet avec:

- . Dispositif de déchargement pièces finies.
- . Convoyeur automatique déchets de poinçonnage.
- . Convoyeur automatique déchets de coupe thermique.
- . Convoyeur automatique pour pièces 500 x 500.
- . Evacuateur de copeaux pour perceuse

III.3.Principales caractéristiques techniques

III.3.1.Caractéristiques de la tôle à l'entrée

Longueur maxi.	10000 mm
Longueur mini.	2500 mm
Largeur maxi.	2540 mm
Largeur mini.	500 mm

III.3.2.Caractéristiques de la pièce à la sortie

Longueur mini.	200 mm
Largeur mini.	150 mm

III.3.3.Capacité de poinçonnage (sur tôles 400N/mm²)

Force de poinçonnage	1000 kN
Force du dévétisseur	100 kN
Diamètre maxi. trou de déchargement pendant poinçonnage	100 mm
Diamètre maxi de poinçonnage sur 20 mm	38 mm

N.B: L'épaisseur maxi. qui peut être poinçonnée en rapport avec le diamètre du poinçon ne doit pas être supérieure à 4/5 du diamètre du poinçon même.

(Exemple: $D_p = 10\text{mm} \Rightarrow S_p \text{ max} = 10 \times 4 / 5 = 8\text{mm}$).

Le dépassement de ces limites cause la rupture du poinçon par suite d'excès de contrainte de compression, flexion ou chargement de pointe.

III.3.4.Autres caractéristiques

Epaisseur tôle mini.	5 mm
Épaisseur de la tôle maxi avec poinçonnage	25 mm

Épaisseur maximum de la tôle avec coupe thermique HPR260XD	
• Découpe pleine tôle	38 mm
• Bord de tôle	64 mm
Épaisseur de la tôle maxi avec perçage	100 mm
Poids maxi. positionnable (masse)	5000 kg
Poids linéaire maxi. de la tôle	750 kg/m
Vitesse maxi. translation longitudinale	30 m/min
Vitesse de positionnement transversale	40 m/min
Hauteur de travail	1100 mm

Note. La tôle brute qui peut être usinée avec cette installation doit respecter les normes suivantes:

Conditions techniques de fourniture • **UNI EN 10025**

Tolérances dimensionnelles • **UNI EN 10029**

III.4.Description de la machine

III.4.1.Banc de Chargement à Ripeurs

Banc de chargement à ripeurs pour tôle (commande en manuel) sur la voie à rouleaux en entrée.

III.4.2.Structure de Support de la Motrice Porte-Pinces

Une structure de support de la motrice porte-pince pour le déplacement des tôles. La structure est fournie complète avec glissières prismatiques et crémaillère.

La motrice porte-pinces est fourni complet avec pinces à commande hydraulique, pour le positionnement longitudinal contrôlé par la CNC. La table mobile est actionnée par un motoréducteur de précision et supporte deux robustes pinces hydrauliques pour le blocage de la tôle et le magasin de 4 positions pour les outils de poinçonnage.

III.4.3.Eléments à Rouleaux Fous

Un ensemble d'éléments à rouleaux fous pour le support de la tôle, espacés de façon à permettre l'introduction éventuelle des bancs transversaux de chargement.

III.4.4.Unité de poinçonnage

L'unité de poinçonnage oléo hydraulique est composée avec un vérin hydraulique conçu et réalisé de façon à intégrer le blocage hydraulique du poinçon et le dévêtitseur/éjecteur de type réactif avec le blocage automatique correspondant. Le positionnement de la tête de poinçonnage, de la torche et de l'unité de perçage et de marquage (si présente) selon les axes Y et V est obtenu par un pignon et crémaillère actionnée par un servomoteur.

III.4.5.Poinçons et matrices

Pour l'unité de poinçonnage deux séries de poinçons sont prévues, ayants dimensions et capacité de travail différentes:

- Poinçons type B (longs) = capacité $\emptyset 6 - \emptyset 46$ - épaisseur maxi. 20 mm
- Poinçons type C (courts) = capacité $\emptyset 5 - \emptyset 100$ - épaisseur maxi. 25 mm

III.4.6. Dispositif de changement des outils de poinçonnage

Le changement d'outils de poinçonnage (Poinçon, Dêvêtisseur, Porte-matrice et Matrice) est réalisé en automatique avec un dispositif porte outils qui moyennant deux mouvements (vertical et transversal) déplace le groupe d'outils de la table mobile (chargée manuellement par l'opérateur) à la tête de poinçonnage et au groupe porte-matrice.

La sélection des porte-outils est automatique par la CNC.

Le dispositif de changement d'outils comprend deux porte-outils. Chaque porte-outil comprend un poinçon tond avec la matrice correspondante et tous les dispositifs nécessaires (diamètres à définir).

Peut être installé manuellement de l'extérieur de la machine et ne demande pas de pré-alignement spécial parce que ceci est assuré par la même machine.

III.4.7. Unité de perçage

Une tête verticale à une broche, jointe à l'unité de poinçonnage et donc positionnée sur le même axe Y transversal contrôlé par la CNC, avec les caractéristiques techniques suivantes:

Dimensions de raccordement de la broche	ISO 45
Puissance du moteur de la broche (S6 50%)	20.1 kW
Vitesse broche réglable en continu par programme	180 - 4000 RPM
Diamètre de perçage	5 – 40 mm
Opérations de taraudage: dès	M6 à M33
Diamètre d'alésage	5 – 40 mm

La tête de perçage est complète de:

- Système de positionnement équipé d'une vis à billes et d'un servomoteur commandé par la CNC.
- Un système de lubroréfrigération interne et externe du foret, à commande pneumatique.
- Un système de blocage en proximité de la broche à fonctionnement automatique (blocage du matériau en usinage).
- Outil pour opérations d'écriture en automatique «SCRIBING» qui utilise l'unité de perçage. Ce dispositif est fourni avec un outil spécial et un système auto-adaptateur qui est automatiquement ajusté en fonction de la déformation du matériau.

III.4.8. Dispositif de changement des outils de perçage

Dispositif de changement des outils pour la tête de perçage, ayant les caractéristiques suivantes:

- Dimensions branchement porte-outils ISO 45
- Nombre de porte-outils à insérer n. 4

L'insertion et le retrait de l'outil, ainsi que le choix de l'outil, sont effectués automatiquement par le biais du CNC.

III.4.9. Marqueuse à écriture à 38 positions

Marqueuse à écriture pour marquer la partie supérieure de la tôle. L'unité de marquage se positionne en sens transversal en utilisant l'axe Y.

La marqueuse est équipée avec un disque porte-caractères dont la rotation est contrôlée par la CNC moyennant un servomoteur.

Le cycle de marquage est sélectionné en mode automatique par la CNC et utilise l'axe X de la ligne, en sens longitudinal.

Positions de marquage	n. 38
Dimensions lettre/chiffre	16 x 8 mm
Force de marquage (sur chaque caractère)	80 Kn
Type de lettre / numéro	A30492

Magasin d'outils de poinçonnage

Magasin d'outils de poinçonnage à 4 positions.

La sélection des cartouches, ainsi que leur insertion et retrait, sont effectués automatiquement par la CNC.

III.4.10. Unité de coupe au plasma

Système de coupe pour tôles au plasma qui comprend une torche installée sur un support spécial couplé avec l'unité de poinçonnage. Le système utilise une unité Hypertherm HyPerformance complète avec un circuit de refroidissement et de contrôle de hauteur de la torche.

La torche travaille sur le côté opposé de la structure (côté sortie). Pour le positionnement en sens transversal utilise l'axe de l'unité de poinçonnage, et en sens vertical utilise un dispositif de stand-off contrôlé par la CNC.

Les systèmes plasma HyPerformance sont conçus pour couper des pièces en acier doux, en acier inoxydable et en aluminium de diverses épaisseurs.

III.4.10.1. Source de courant

Il s'agit d'une source de courant constant de 150 V c.c. 260 A. Elle contient les circuits d'allumage de la torche, un échangeur de chaleur et une pompe pour refroidir la torche. La source de courant est également équipée d'une interface en série pour communiquer avec un contrôleur CNC (figure).



Figure III.2. Source du courant

III.4.10.2. Console d'allumage

La console d'allumage utilise un ensemble éclateur. Elle transforme la tension de commande 120 V c.a. de la source de courant en impulsions à haute fréquence et haute tension (9 – 10 kV) pour combler l'écartement électrode-buse de la torche. Le signal haute tension et haute fréquence est couple au faisceau cathodique et au câble arc pilote.

III.4.10.3. Console de sélection

La console de sélection permet de gérer la sélection et le mélange des gaz plasma. Elle contient des robinets motorisés, des électrovannes et des capteurs de pression. Elle inclut également un circuit imprimé de commande, un circuit imprimé de relais c.a. et un panneau de distribution d'alimentation. La console de sélection est équipée d'une lampe qui s'illumine lors de la mise sous tension du système.

III.4.10.4. Console de dosage

La console de dosage peut être éloignée de la torche jusqu'à 1,8 m. Elle commande le débit des gaz amenés à la torche en temps réel. Elle gère également la partie des gaz du processus LongLife®. La console de dosage comporte des vannes de régulation proportionnelle, un circuit imprimé de commande et un panneau de distribution de l'alimentation.

III.4.10.5.Torche (Figure III.3)

L'épaisseur de coupe pratiquement sans scories de la torche est de 38 mm pour la coupe HyDefinition. La capacité de perçage de production est de 38 mm pour l'acier doux, de 32 mm pour l'acier inoxydable et de 25 mm pour l'aluminium. La capacité de coupe maximale (amorçage sur le bord) est de 64 mm pour l'acier doux et l'acier inoxydable et de 50 mm pour l'aluminium.

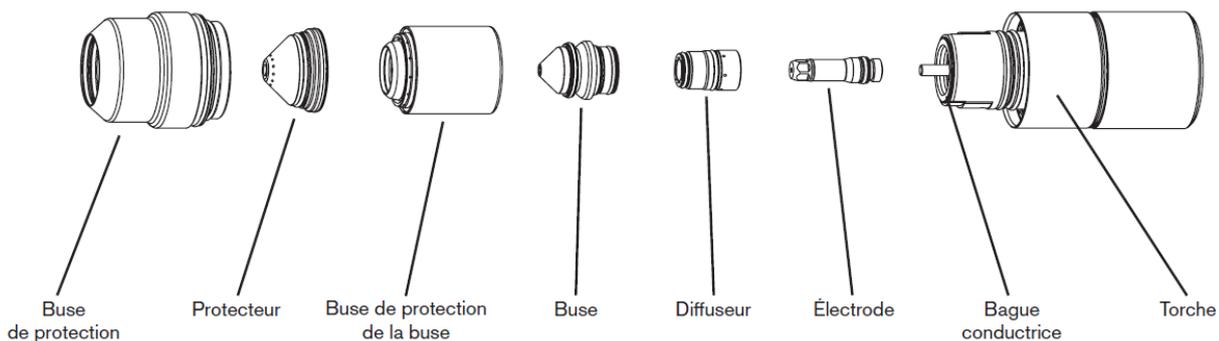


Figure III.3. (Figure III.3)

III.4.10.6.Torche pour oxycoupage

Une torche pour oxycoupage complète avec un dispositif "stand-off" et un panneau de contrôle pour le réglage du gaz.

La torche se positionne en sens transversal en utilisant le même axe de l'unité de poinçonnage, et en sens vertical moyennant un dispositif de "stand-off" contrôlé par la CNC.

III.4.11.Système d'aspiration des fumées pour l'unité de coupe thermique

Système d'aspiration complet avec filtre pour la zone inférieure de la surface d'usinage de la torche. Le dépoussiéreur (figure) est destiné à la récolte des poussières et particules en suspension dans l'air. Aussi bien en réponse au problème de la pollution atmosphérique que dans le cadre d'un processus de fabrication, le dépoussiéreur permet un dépoussiérage, en usage continu, extrêmement efficace. Les éléments filtrants constituent le cœur du dépoussiéreur. Ces éléments filtrants contribuent à garantir que seul de l'air correctement filtré est réinjecté dans l'atmosphère de l'usine.

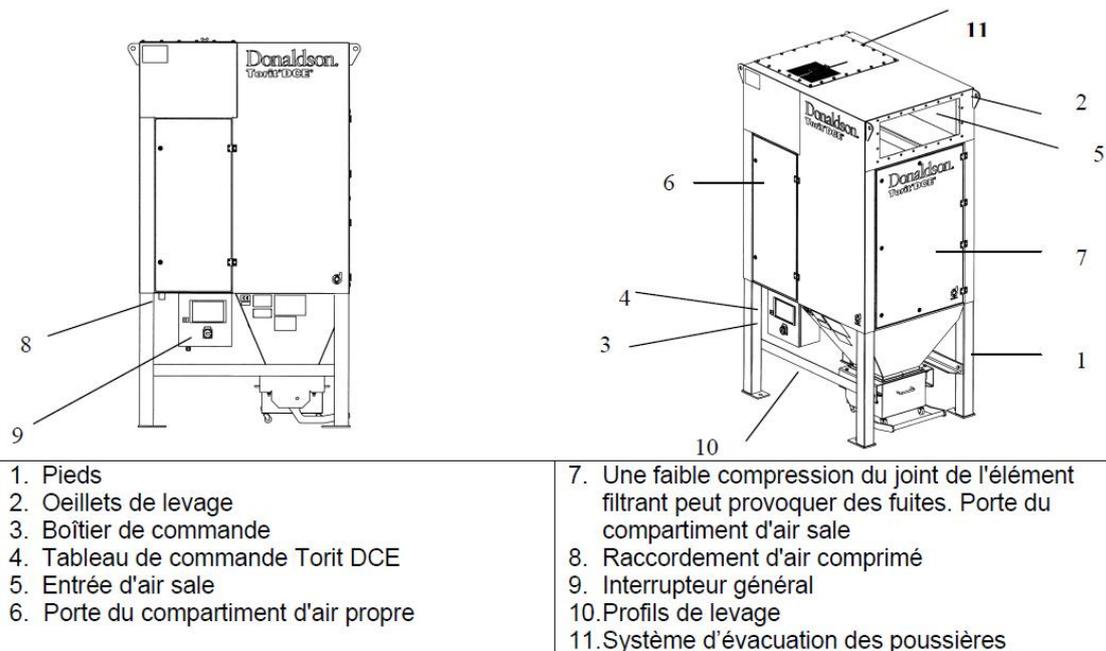


Figure III.4 Vue d'installation du dépoussiéreur

III.5. Installation hydraulique

Pression de service	300 bar
Capacité du réservoir du groupe hydraulique	200 litres
Echangeur	air/huile
Quantité d'huile pour le remplissage du circuit de la machine	~330 litres

III.6. Installation pneumatique

Pression de service:	Mini. 6 bar
	Maxi. 8 bar

III.7. Installation électrique

Ligne principale à courant alternatif	
Type	triphasé
Tension	400 volt ± 10%
Fréquence	50 Hz
Puissance installée	80 kW
Nombre des conducteurs et type	trois + terre

III.8. Unité de commande numérique (CNC)

L'unité de commande nouvelle génération, aux axes commandés, est basée sur la technologie (bus technology) CANopen.

La CNC est logée dans un panneau de commande pivotant qui permet à l'opérateur une visibilité optimale de la machine.

Toutes les cartes d'entrées et de sorties sont branchées sur le bus et logées, quand possible, directement sur la machine. Le panneau de contrôle est un ordinateur individuel (PC) comprenant la fiche du contrôle numérique.

III.8.1.Programmation

- Saisie de données simplifiée (avec tableaux et images des pièces traitées à l'écran)
- Valeurs absolues et incrémentielles
- Programmation selon diamètres
- Programmation linéaire, matricielle, par face

III.8.2.Elaboration

- Affectation automatique de l'outil
- Compensation de l'unité
- Ordonnancement des cotes

III.8.3.Exécution

- Arrêt automatique du cycle pour modification des paramètres et indication des outils à remplacer à l'écran.
- Tableau des paramètres de perçage

Toutes les indications sont clairement affichées à l'écran et concernent:

- Indication du programme actuel, avec description claire du programme en cours d'exécution
- Alarmes internes et externes de la CNC
- Enregistrement de la date et de l'heure des derniers 100 messages d'alarme
- Messages de diagnostic destinés à l'opérateur.

La machine permet aussi de recevoir des programmes en format *.FNC par un progiciel, qui a été spécifiquement étudié pour le «nesting» des programmes relatifs aux pièces dans la tôle, importés du CAD ou des progiciels spécifiques.

III.9.Problématique, objectifs d'études et résolutions

III.9.1.Problématique

Après analyse complète de la ligne automatique de poinçonnage et coupe thermique dénommée Ficep Tipo B254, l'étude de ces composants et leur fonctionnement, en concentration avec les utilisateurs expérimentés de l'entreprise Promech qui nous ont transmis les insuffisances nées d'une longue utilisation, on a recensé les problèmes majeurs suivants :

- **Problème de décalage des axes de déplacement X et Y entraînant un manque de précision qui se répercute sur la qualité du produit**

Lors de l'opération de découpe nous avons constaté le décalage des formes découpées par rapport à la position programmée. Ceci se traduit par un manque à gagner dû au pourcentage élevé de rebut.

- **Problème de durée de vie des consommables très courtes : la buse a une durée de vie très limitée**

Le positionnement de la torche par rapport à la tôle n'étant pas optimisé (précision insuffisante du palpeur), cela entraîne une détérioration rapide de la buse.

III.9.2.Objectifs d'études

Afin de palier à ces inconvénients observés lors de l'usinage nous proposons de :

III.9.2.1.Changement de capteur de détection de la hauteur de la torche

Le capteur utilisé dans la machine est de type capacitif et la détection capacitive ne fonctionne pas bien lorsque la torche est allumée, car le bruit électrique de l'arc sera plus fort que la différence de charge que nous pouvons attendre. C'est pourquoi la mesure de la tension d'arc ou du courant d'arc serait plus précise.

III.9.2.1.1.Principes de base de la mesure de capacité

Un capteur capacitif est constitué essentiellement d'un condensateur en général plan. Celui-ci est formé de deux plaques planes parallèles conductrices séparées par un isolant de constante diélectrique différente de celle de l'air.

La capacitance est la capacité d'un condensateur à stocker une charge électrique. Une forme commune est le capteur à plaque parallèle ; la capacité est calculée par $C = Q / V$, où C est la capacité liée par la charge stockée Q à une tension donnée V. La capacité (mesurée en Farads) d'un condensateur à plaque parallèle (voir La **figure III.5**) qui se compose de deux plaques conductrices est calculée par:

$$C = \frac{\epsilon_r \times \epsilon_0 \times A}{d} \quad (1)$$

Tel que :

- A est la surface des deux plaques (en mm²)
- ϵ_r est la constante diélectrique du matériau entre les plaques
- ϵ_0 est la permittivité du vide ($8,85 \times 10^{-12}$ F /m)
- d est la distance qui sépare les plaques (en mm)

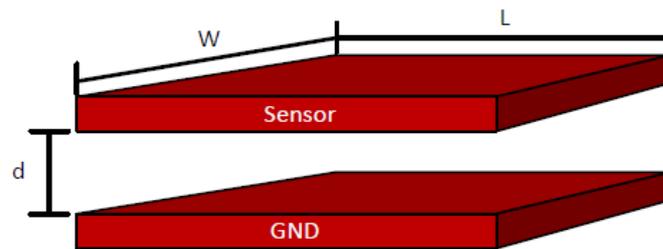


Figure III.5. Condensateur à plaque parallèle

III.9.2.1.2. Capteur de mesure du voltage de l'arc

La tension de coupe est directement proportionnelle à la hauteur entre la torche et la pièce à usiner; distance importante signifie une tension importante et vice versa. Ainsi, on peut facilement prendre la tension de coupe comme paramètre de contrôle et utiliser la même chose pour contrôler la distance d'arrêt. Cette méthode de contrôle est fréquemment appelée AVC (détection de tension d'arc). La torche est soumise à un arc pilote a haute fréquence HF, qui crée du plasma. Cette HF peut facilement traverser les circuits de mesure de tension sensibles et les endommager ou provoquer un dysfonctionnement du système. Il est absolument essentiel d'isoler les circuits de mesure du plasma HF pour pouvoir mesurer la tension avec précision. Des circuits de contrôle de tension d'arc très sensibles peuvent détecter des variations de tension inférieures à 0,5 V. Des mesures précises ainsi que l'isolation peuvent être obtenues grâce à l'utilisation de capteurs a effet Hall.

La coupe des métaux épais a un effet néfaste sur la durée de vie des consommables de la torche. Par conséquent, le perçage doit être soigneusement contrôlé afin de maximiser la durée de vie des consommables. Une séquence de perçage appropriée est expliquée ci-dessous avec des schémas:

1. Lorsqu'une commande est reçue de la CNC pour commencer la découpe, le contrôleur de hauteur de la torche déplace la torche vers le bas pour toucher la pièce, pour déterminer le niveau zéro(Voir le **figure III.6.a**). La plaque peut être détectée à travers de multiples mécanismes. Le plus couramment utilisé est la détection ohmique et la détection du couple du moteur ou une combinaison des

deux. Une fois que la plaque a été détectée, la torche se déplace maintenant vers le haut.

2. La torche continue de se déplacer vers le haut jusqu'à une hauteur de perçage programmée. En atteignant cette hauteur, l'arc de plasma frappe et la plaque commence à se percer (**fig. III.6.C**)
3. La torche se déplace maintenant vers le bas jusqu'à la hauteur de coupe programmée. L'unité THC donne maintenant un signal à la CNC pour commencer le mouvement.

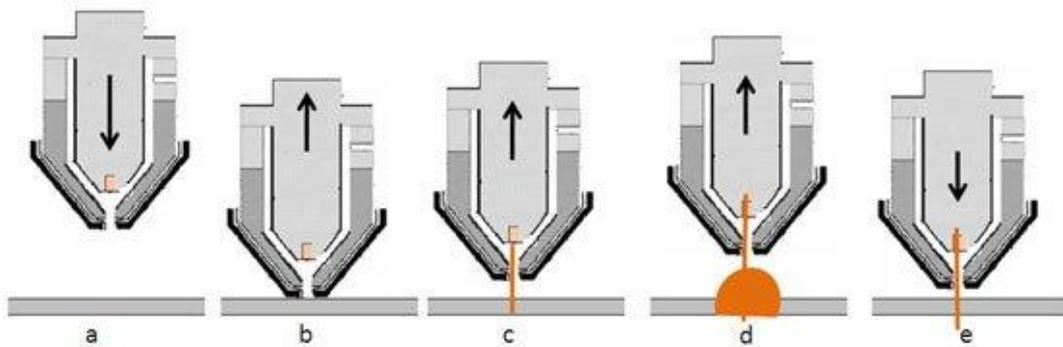


Figure III.6. Une séquence de perçage appropriée

III.9.3.Changement des moteurs asynchrone des axes X et Y par des moteurs pas à pas

De nombreux systèmes mécatronique ont eu un succès grâce au moteur pas à pas et beaucoup de mécanismes n'auraient jamais vu le jour sans l'existence du moteur pas à pas. Ce type de moteur étant généralement de faible taille comparé aux moteurs DC ou synchrones. Sa précision laisse que ce moteur est choisi en premier lorsqu'il s'agit du contrôle précis de position d'un système.

De plus, ayant une nature digitale ce type de moteur est très facilement interfaçable et intégrable dans les systèmes CNC.

Le moteur pas à pas constitue un convertisseur électromécanique destiné à transformer le signal électrique en déplacement (angulaire ou linéaire) mécanique.

Au point de vue électrotechnique, le moteur ressemble à la machine synchrone, dont le stator porte les enroulements de pilotage et le rotor est soit muni d'aimants permanents, soit constitué par une pièce ferromagnétique dentée.

Entre le moteur et son alimentation, sont intercalés trois éléments essentiels :

- une unité de calcul, qui élabore les impulsions de commande.
- un modulateur PWM, qui génère les commandes des contacteurs électroniques de commutation.
- une électronique de commutation (puissance), qui, à partir d'une alimentation, fournit l'énergie vers les enroulements appropriés du moteur

III.9.4. Avantages des moteurs pas à pas

L'angle de rotation du moteur est proportionnel à l'impulsion d'entrée.

Le moteur a un couple complet à l'arrêt (si les enroulements sont sous tension).

Un positionnement précis et la répétition du mouvement puisque les bons moteurs pas à pas ont une précision de 3 à 5 % pour un pas et que cette erreur est non cumulative d'un pas à l'autre.

Le moteur a une excellente réponse pour le démarrage/arrêt/fonctionnement inverse.

Très fiable puisqu'il n'y a aucun balai dans le moteur. La durée de vie du moteur pas à pas dépend donc simplement de la durée de vie du roulement.

La réponse des moteurs pas à pas à des impulsions d'entrée numériques fournit un contrôle à boucle ouverte, rendant le contrôle du moteur plus simple et moins coûteux.

Il est possible de réaliser une rotation synchrone à vitesse très réduite avec une charge qui est directement couplée à l'arbre.

Une large gamme de vitesses de rotation peut être réalisée puisque la vitesse est proportionnelle à la fréquence des impulsions d'entrée.

Conclusion

Le stage de fin d'étude qui s'est déroulé à Promech nous a permis de voir l'importance et l'intérêt de notre formation Master "Mécatronique" qui, à mon sens est une formation très porteuse. Cette discipline émergente est basée, comme mentionné en introduction, sur le principe de conception des produits plus complexes, plus intelligents, plus puissants, plus économiques et s'inscrivant dans une démarche de qualité environnementale. La diversité des matières de cette formation nous a permis de découvrir une grande variété de métiers qui peuvent nous offrir des perspectives de travailler dans des branches diversifiées, aussi dans la maintenance que dans la conception de produits mécatroniques.

Le présent projet nous a permis de découvrir la machine de découpe thermique et poinçonnage Ficep Tipo B254 utilisée dans les ateliers de la société Promech. Nous avons essayé de montrer l'importance de la mécatronique en termes de réalisation industrielle ou la commande numérique permet de piloter une installation industrielle de découpage thermique.

La Tipo B254 est une machine de poinçonnage et découpe thermique fonctionnant automatiquement, elle est universelle, polyvalente et performante. Elle offre une solution économique pour débiter les produits métallurgiques en feuille dont les largeurs vont jusqu'à 3 mètres.

La machine est constituée de plusieurs parties

- Un groupe d'alimentation de la barre complet avec:
 - . Banc de Chargement à Ripeurs.
 - . Structure de support motrice avec motrice/pince.
 - . Eléments à Rouleaux Fous.

- Un groupe opérationnel complet avec:
 - . Unité de poinçonnage et système de positionnement axes Y et V.
 - . Dispositif de changement des outils de poinçonnage
 - . Unité de perçage
 - . Dispositif de changement des outils de perçage

Nous avons relevé deux problèmes majeurs lors de notre stage sur la machine

- **Un problème de décalage des axes de déplacement X et Y entraînant un manque de précision qui se répercute sur la qualité du produit**
- **Problème de durée de vie des consommables très courtes : la buse a une durée de vie très limitée**

Afin de minimiser les conséquences néfastes de ces inconvénients nous avons proposé :

- Le changement du capteur de détection de la hauteur de la torche afin de relever la durée de vie de la buse
- Le changement des moteurs asynchrone des axes X et Y par des moteurs pas à pas afin de minimiser le problème du décalage

Bibliographie :

[1] : la mécatronique à la croisée des secteurs industriels « Le Parisien rubrique économie »
30.01.2012

[2] : Documentation de l'entreprise

[3] : Institut Maupertuis ; étude comparative des procédés de découpe a forte épaisseur,
N27, page 02, aout 2011 France, Livre

[4] : AIR Liquide welding , soudage & coupage , édition 2009 , France

[5] : APT international, machine d'oxycoupage (gaz + plasma), 2013, France,
www.apitint.com/fr/machineoutil

[6]: Hypertherm PAC, HPR 260 Manual ,edition 2015 , USA

[7] : Capacitive Proximity Sensors Theory of Operation, www.hypertherme.com

[8] : Welder's Handbook RevisedHP1513: A Guide to Plasma Cutting, Oxyacetylene, ARC,
MIG and TIG Welding ; Richard Finch ,21 février 2007

[9]: theory and design in CNC systems , Suh, Suk-Hwan,British Library Cataloguing in
Publication Data,2008.