



Universit éBaji Mokhtar  
-ANNABA-

جامعة باجي مختار- عنابة-

Ann é 2018

Faculté des Sciences de l'Ingéniorat

D épartement de G énie M écanique

MEMOIRE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Contribution à l'étude comparative des  
proc éés de coupage au chalumeau et au  
plasma au niveau de l'unité  
PROMECH - ANNABA

DOMAINE : Sciences Techniques

FLIERE : G énie M écanique

SPECIALITE : Fabrication M écanique et Productique

PRESENTE PAR : HEMISSI Mohamed Hichem

DIRECTEUR DE MEMOIRE : MEKHILEF Slimane MCA Universit éAnnaba

DEVANT LE JURY

PRESIDENT :

Pr BOUCHELAGHEM A.

(Pr ésidnt). Prof

EXAMINATEURS :

Pr LAOUAR L.

(Membre). Prof

Dr MEKHILEF S.

(Membre). MCA

Dr LAGRED A.

(Membre). MCA

# Remerciement :

Je tiens à remercier Dieu tout puissant de m'avoir donné la santé, la volonté et la force pour mener ce travail à terme.

Tout d'abord toute ma reconnaissance à mon encadreur de mémoire de projet de fin d'étude « Dr. MEKHILEF Slimane », qui m'a encouragé et aidé dans ce travail, sans oublier tous mes enseignants du Département de Génie Mécanique, je ne peux que leur exprimer ma gratitude et mon profond respect.

A messieurs les membres de jury Pr. BOUCHLAGHEM.A, LAOUAR.L, MEKHILEF.S, LAGRED.A, pour avoir bien voulu examiner ce Modeste travail.

Je présente mes vifs remerciements à mes parents et à ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail,

Mes remerciements les plus sincères à mes collègues et amis.

## **Dédicace :**

A mes très chers parents, par leur : amour, sacrifice, patience, soutien moral et matériel depuis mon enfance jusqu'à ce jour.

A mes frères et sœurs

A tous mes enseignants qui m'ont éclairé la voie sur ce chemin du savoir.

A mes chers amis et nos collègues

Moussaab, Amine, Chouaib, Mouad, Khaled, Mahrez, Nabil...

Farouk mon ami et professeur du génie mécanique lycée bouzaroura.

A tous ceux qui nous ont attendus à l'achèvement de ce mémoire et qui ont prié 'Dieu' pour que je réussisse.

## Table des matières :

Remerciement	
Dédicace	
Introduction générale et problématique .....	01
Partie Théorique .....	02
Chapitre I : coupage au chalumeau (oxycoupage) et coupage au Plasma .....	03
I. Oxycoupage (Chalumeau).....	03
I.1-Historique .....	03
I.2-Généralité .....	03
I.3-Principe .....	04
I.4-Chalumeaux coupeurs .....	05
I.4.1- Chalumeau coupeur complet .....	05
I.4.2-Le Chalumeau coupeur en accessoire .....	05
I.5-Types de chalumeaux .....	06
I.5.1-Les chalumeaux à débit variable .....	06
I.5.2-Les chalumeaux à débit fixe .....	06
I.5.6-Avantages du gaz naturel .....	06
I.7-Phases du procédé .....	07
I.7.1-L'amorce .....	07
I.7.2-La Coupe .....	07
I.8-Qualite du travail .....	08
I.9-Donnees techniques .....	09
II. Le Système plasma.....	10
II.1-Historique des systèmes plasma .....	10
II.2-définition du plasma .....	12
II.3-L'ionisation .....	12
II.3.1-Énergie de première ionisation .....	13
II.3.2-Formule générique décrivant l'ionisation à un électron .....	13
II.3.3-Photo-ionisation .....	13
II.4-Présentation du procédé.....	13
II.5-Les composants du système Plasma .....	14

II.6-Opérations plasma...	15
II.6.1-Opération manuelle "Conventionnel"	15
II.6.2-Opération automatique « précision »	16
II.7-Les avantages de découpe plasma	17
II.8-Les risque de découpe plasma	18
Chapitre II : Machine et logiciel.....	19
I.La Machine Oxycoupeur HPC 40.....	20
I.1-Introduction	20
I.2-Généralité	20
I.3-La machine (oxycoupage / plasma) HPC 40 et les composants	21
I.3.1-Description de la machine HPC 40.....	24
II. Le logicielle lantek expert	26
II.2-Produits de Lantek Expert	26
II.3-Applications de lantek expert.....	26
II.3.1-Lantek Expert	27
II.3.2-Lantek Flex3d	27
II.3.3-Lantek MES	27
II.3.4-Lantek Intégra	27
II.3.5-Lantek Analytics	27
II.4-Technologies ajoutées	27
II.5-Spécifications des produits	28
II.6-Retrait de composants	28
Chapitre III étude comparative	29
III.1-Généralités	29
III.2-Defaut de coupe oxycoupage	30
III.2.1-Comment résoudre les problèmes de qualité du coupage	32
III.3-Angle de coupe.....	33
III.3.1-Angle de coupe négative.....	33
III.3.2-Angle de coupe positive.....	33
III.3.3-Arrondi supérieur et inferieur	34
III.3.4-Caniveau sur le rebord supérieur	34
III.4-Asperites induites par la machine	35

III.4.1-La scorie à grande vitesse .....	35
III.4.2-Scorie a faible vitesse .....	36
III.5.2.1-Scorie sur le bord supérieur .....	36
III.5.2.2-Scorie Intermittente .....	36
III.5.2.3-Bavures .....	36
III.5.3-L'utilisation des systèmes plasma et chalumeau en industrie.....	37
III.6-Applications courantes .....	37
III.7-Types d'industries utilisant des systèmes plasma et chalumeau.....	38
III.8-Évaluer la qualité d'une coupe .....	38
III.9-Rectitude de la surface de coupe .....	40
III.10-Etude comparative entre le chalumeau et le plasma.....	41
III.11-Les Résultats sur Aluminium.....	41
III.11.1-Rugosité (Ra).....	41
III.11.2-Depouille .....	42
III.11.3- Zone affectée thermiquement (ZAT).....	42
III.11.4-Résultats : Aluminium.....	42
III.11.4.1-Vitesse de découpe .....	42
III.11.5-Performance par procédé.....	43
III.12.Inconvénients du procédé .....	43
III.13-Etude comparative des procédés de coupe de forte épaisseur.....	44
13.1-introduction .....	44
13.2-critères Sur quels on doit se baser pour décider du procédé à utiliser.....	47
Etude Pratique (expérimentale) .....	49
Chapitre IV : réalisation de deux pièces au procédé chalumeau et plasma au niveau de l'unité Promech Annaba.....	50
IV.1-Introduction .....	51
IV.2-Dessin de définition de la pièce à réaliser.....	52
IV.3 -Vue en 3D de la pièce.....	52
IV.4- Présentation gamme opératoire coupe chalumeau et son programme.....	53
IV.5- Présentation gamme opératoire coupe chalumeau et son programme .....	55
IV.6- Etude comparative technico-économique .....	57
IV.6.1.- Etude technique.....	57

IV.6.1.1. Procédé de coupe par plasma.....	57
IV.6.1.2-Procédé de coupe par chalumeau oxycoupeur.....	58
IV.6.2- Etude économique.....	59
Résultats.....	62
Discussion .....	62
Chapitre V : hygiène et sécurité.....	63
V.1 : hygiène et sécurité Introduction .....	64
V.2 : Les principaux risques dans les chaudronneries et tôleries.....	65
V.2.1 : Les risques physiques dans les chaudronneries et tôleries.....	65
V.2.2 : Risques auditifs .....	66
V.2.3 : Risques oculaires .....	66
V.2.4 : Risques liés aux manutentions .....	66
V.2.5 : Les risques chimiques dans les chaudronneries et tôleries .....	67
V.2.6 : Les solvants organiques liquides .....	67
V.2.7 : Les huiles de coupe .....	68
V.3 : Recommandations pour les risques professionnels dans les chaudronneries et tôleries.....	68
Conclusion générale et recommandations .....	76
Les Références Bibliographiques .....	77
Le Résumé (français).....	78
The Summary (Anglais).....	79

### **Liste des tableaux :**

Tableau 1 : Comparaison des coûts d’opération .....	
Tableau 2 : Paramètres de coupe (associés aux buses de coupage tout usage de la compagnie Victor® ; SI) .....	
Tableau 3 : Caractéristiques des combustibles courants en oxycoupage.....	
Tableau 4 : les différentes caractéristiques des machines oxycoupeur cote de caractéristique principale.....	
Tableau 5 : Performance par procédé .....	

## Liste des figures Chapitre I

Figure 1.1 : l'oxycoupage chalumeau.....	.....
Figure 1.2 : chalumeau coupeur complet.....	.....
Figure 1.3 : Chalumeau coupeur en accessoire .....	.....
Figure 1.4 : modèle MTHM de Victor.....	.....
Figure 1.5 : systèmes de plasma « conventionnel ».....	.....
Figure 1.6 : systèmes de plasma « précision ».....	.....
Figure 1.7 : Opération manuelle « Conventionnel ».....	.....
Figure 1.8 : Opération automatique « précision ».....	.....
Figure 1.9-13 étapes de l'opération automatique.....	.....

## Liste des figures Chapitre II

Figure 2.1 : la machine HPC 40.....	.....
Figure 2.2 : générateurs HP150.....	.....
Figure 2.3 : Les compresseurs GA d'Atlas Copco.....	.....
Figure 2.4 : La commande de la machine HPC 40.....	.....
Figure 2.5 : Cut Logiciel.....	.....
Figure 2.6 : Punche Logiciel.....	.....
Figure 2.7 :Quattrologicielle.....	.....
Figure 2.8 : Duct Logiciel.....	.....

## Liste des figures Chapitre III

Figure 3.1 : Angle de coupe négative.....	.....
Figure 3.2 : Angle de coupe positive .....	.....
Figure 3.3 : Arrondi supérieur et inférieur.....	.....
Figure 3.4 : résultats sur l'aluminium.....	.....
Figure 3.5 : résultats sur l'acier doux.....	.....
Figure 3.6 : Bavure de vitesse élevée.....	.....
Figure 3.7 : Bavure de vitesse réduite .....	.....
Figure 3.8 : la partie supérieure .....	.....
Figure 3.9 : résultat de Rugosité (Ra).....	.....



Figure 3.10 : résultat de dépouille.....

Figure 3.11 : Zone affectée thermiquement.....

Figure 3.12 : Zone affectée thermiquement .....

Figure 3.13 : résultat de lésai sur l'aluminium.....

Figure 3.14 : résultat de lésai sur l'aluminium.....

Figure 3.5 : résultat plasma.....

Figure 3.6 : résultat chalumeau.....

Figure 3.7 : résultat plasma.....

Figure 3.8: résultat chalumeau.....

**Liste des figures Chapitre IV**

Figure 1 : réservoir a gaz.....

Figure 2.3.4 : photos réelles de la pièce coupé au plasma.....

Figure 5.6 : photos 23, 24 photos réelles de la pièce coupée au chalumeau.....

Figure 7: Torches de coupe par Plasma vue en coupe.....

Figure 8 : différents composants de la tête de la torche de coupe par plasma.....

Figure 9.10 : différence entre une nouvelle tête et une tête détérioré.....

## **Introduction générale et problématique :**

La fabrication mécanique en générale connaît à l'heure actuelle un développement considérable, sur le plan technologique et économique, rapidité d'exécution et bonne précision, ce qui a permis un meilleur rendement quant à l'utilisation du produit ajouter à cela un gain sur le plan financier et le temps de réalisation, le respect des cotes dimensionnelles, pour arriver à avoir une conformité quasi total des pièces réalisé dans différents domaines. Et en particulier dans les mécanos soudés et qui sont très employés surtout dans les différents domaines : l'automobile, aéronautique, médicale, sidérurgique, et ferroviaire...

Ces dites technologies sont reflétés dans, L'oxycoupage : jet d'oxygène parfois accompagné de poudre de fer, Le jet de plasma : flux de particules ionisées, Le Laser : jet de lumière (flux de photons), Electroérosion : pièce et outil sont placés dans un liquide diélectrique et sont reliés à un générateur.

Ce mémoire s'articule sur la définition et l'étude comparative de l'obtention des pièces par les procédés de coupage au chalumeau (oxycoupage) coupage au plasma qui occupent une place très importante au sein des entreprises nationales spécialisés dans le domaine et qu'on considère comme un choix idéal pour la tôlerie, et la coupe des fortes épaisseurs.

- Dans ce contexte on va étudier les spécificités et les principes d'oxycoupage et du plasma et les différences entre ces deux procédés.
- comment opter pour un réglage correct qui nous permet d'obtenir un rendement optimal avec une bonne qualité de pièces
- Et enfin les conclusions requises en réalisant les deux procédés sur le plan pratique.

# Etude Théorique

## Chapitre I

Coupage au chalumeau  
(oxycoupage) et coupage au  
Plasma

## **Etude Théorique (Revue Bibliographique)**

### **Chapitre I : coupage au chalumeau (oxycoupage) et coupage au Plasma**

#### **I- coupage au Chalumeau (Oxycoupage)**

##### **I.1-Historique :**

L'oxycoupage est une application industrielle de la combustion du fer dans l'oxygène pur, c'est le chimiste français Lavoisier qui vers 1776, mit en évidence le rôle de l'oxygène dans la combustion du fer. [1]

##### **I.2-Generalite :**

Le chalumeau est un outil employé pour la découpe thermique des pièces de métal. La source de chaleur est obtenue par la combustion d'un mélange gaz.

C'est plus spécifiquement la partie d'un poste de soudure autogène par laquelle s'échappe la flamme et qui permet de réaliser le mélange entre combustible et carburant. Elle est composée d'un mélangeur, d'une lance et d'une buse.

Dans le cas d'un chalumeau oxyacétylénique, les gaz utilisés sont l'oxygène pur et l'acétylène, dont la combustion dégage une énergie importante (du fait de la triple liaison carbone-carbone et de l'efficacité de l'oxycombustion). La température de la flamme peut dépasser 3 100 °C.

Le procédé d'oxycoupage est employé pour couper les métaux ferreux minces et épais, autant en ligne droite que sous toutes les formes. Les frigoristes peuvent l'utiliser avantageusement pour certaines applications. Dans cette partie du chapitre, il est question de l'étude de l'équipement nécessaire à l'oxycoupage, de son entretien, de son réglage et des différentes techniques relatives à son utilisation lors de différents travaux d'oxycoupage

Les chalumeaux sont des appareils destinés à réaliser le mélange d'un gaz combustible (acétylène, t'étrène, propane, etc.) et d'oxygène afin d'engendrer par combustion de ce mélange une flamme répondant à certains critères physiques et chimiques.

En complément le chalumeau coupeur " dispose d'un circuit spécial pour l'oxygène de coupe.[1]

### I.3-Principe :

L'oxycoupage est un procédé de coupe des métaux ferreux (aciers doux et alliés). Les équipements requis sont un chalumeau (manuel ou automatique), un gaz combustible, de l'oxygène pur et des buses d'oxycoupage. Une buse d'oxycoupage est associée à une épaisseur de coupe, Les chalumeaux d'oxycoupage permettent de réaliser des coupes de forme variée de différentes épaisseurs (de 3,2 mm à plus de 300 mm Voir Figure 1. 1

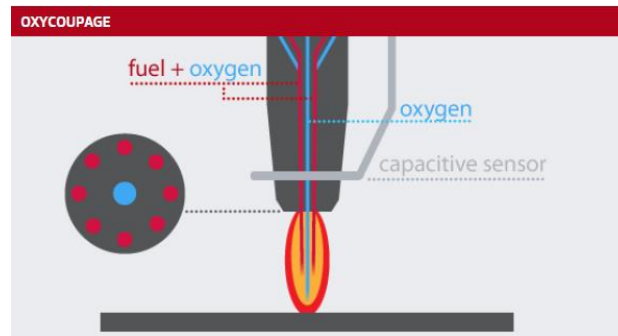


Figure 1.1 : l'oxycoupage chalumeau. [2]

C'est le phénomène de l'oxydation qui gère le principe de l'oxycoupage. L'oxygène dans l'air est responsable de la rouille et de la formation d'oxyde sur la surface des métaux ferreux.

L'oxygène combiné avec les métaux ferreux forme l'oxyde de fer, Le procédé d'oxycoupage se réalise en chauffant le métal de base au rouge vif. Puis, on libère un jet d'oxygène pur sous pression sur le métal, ce qui provoque une réaction chimique entre l'oxygène et le métal. Ce dernier, exposé à l'oxygène pur, se transforme en oxyde de fer. L'oxyde formé fond, s'écoule ou est chassé, exposant ainsi une nouvelle couche de métal à l'action de l'oxygène.

L'oxycoupage convient principalement aux métaux ferreux et aux aciers doux.

Les métaux non ferreux, la fonte et les aciers inoxydables ne sont pas coupés à l'aide du matériel d'oxycoupage.

Le chalumeau coupeur est utile pour différentes applications.

- Couper des boulons saisis par la rouille.
- Couper des barres de métal, en cornière ou en profilé.

#### I.4-Chalumeaux coupeurs :

Il y a deux sortes de chalumeau coupeur :

Le chalumeau coupeur complet et le chalumeau coupeur en accessoire.

##### I.4.1- Chalumeau coupeur complet :

Le chalumeau coupeur complet est semblable à un chalumeau soudeur. Il possède en plus une tubulure d'oxygène supplémentaire pour amener l'oxygène à la tête de coupe et un levier de contrôle pour libérer l'oxygène de coupe. La tête de chalumeau coupeur est conçue pour recevoir une buse qu'on appelle «tête de coupe». Figure 1.2

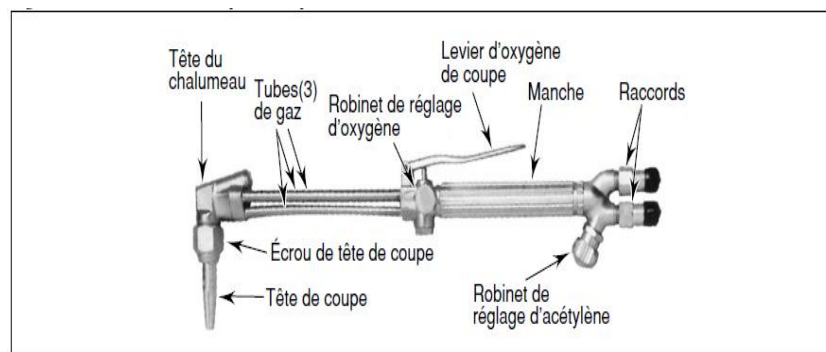


Figure 1.2 : chalumeau coupeur complet. [1]

Le chalumeau coupeur complet se raccorde directement aux boyaux d'oxygène et d'acétylène, à la place du chalumeau soudeur.

##### I.4.2-Le Chalumeau coupeur en accessoire :

Le chalumeau coupeur en accessoire se raccorde au manche du chalumeau soudeur, une fois raccordé, il fonctionne comme le chalumeau coupeur complet.

Il représente un moyen économique d'exécuter des coupes lorsque l'application ne justifie pas l'utilisation d'un chalumeau strictement conçu pour le coupage. Figure 1. 3.

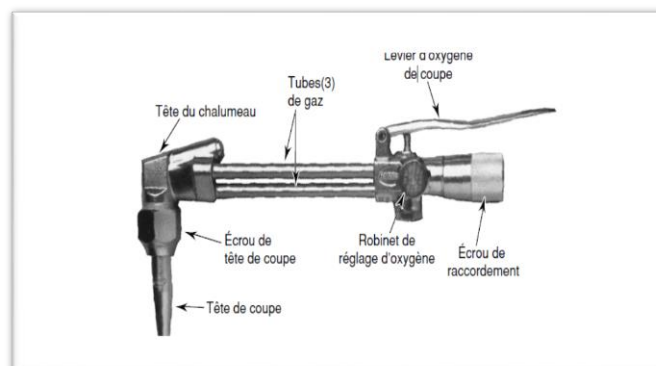


Figure1. 3 : Chalumeau coupeur en accessoire. [1]

## I.5-Types de chalumeaux :

La distribution de l'acétylène se fait par bouteille à pression de 15 bars en conséquence, la pression d'alimentation du chalumeau en acétylène est stabilisée.

En pratique, la distinction entre les chalumeaux est établie par le type de réglage du débit de la flamme de soudage. On distingue trois familles de chalumeaux

### I.5.1-Les chalumeaux à débit variable :

Gamme Pyrosaf II est possible de régler leur débit avec une même lance sans changer leur dispositif mélangeur-injecteur.

### I.5.2-Les chalumeaux à débit fixe :

Gamme Pyrofix La lance est appariée à un dispositif injecteur-mélangeur.

## I.6-Avantages du gaz naturel :

- Coût avantageux (25 à 35 % moins cher que l'acétylène et 15 à 20 % moins cher que le propane) (Tableau 1).
- Approvisionnement en continu et sécuritaire (Pas d'entreposage de bouteilles de gaz)
- Qualité de coupe
- Vitesse d'avance identique au propane et au propylène
- Vitesse d'avance légèrement inférieure à l'acétylène (5 à 10 % moins rapide).

Domaines d'application recommandés : Il est recommandé d'utiliser le gaz naturel lorsque

- Le temps de coupe prédomine sur le temps de chauffe.
- La plaque d'acier est limitée à 50-65 mm d'épaisseur.
- Le gaz naturel est accessible dans l'usine à la pression requise.

Tableau 1 : Comparaison des coûts d'opération.[3]

		ACÉTYLÈNE	PROPANE	PROPYLÈNE	GAZ NATUREL
Débit de combustible à l'état gazeux	L/min	8,5	7,6	7,6	7,6
Débit d'oxygène de chauffe	L/min	9,3	26,4	19,6	11,3
Débit d'oxygène de coupe	L/min	102,7	76,7	76,7	76,7
Vitesse de coupe	m/min	0,34	0,30	0,30	0,30
Consommation de combustible par plaque	L	75	76	76	78
Consommation d'oxygène par plaque	L	981	1022	953	872
Coût en combustible par plaque	\$	1,51	0,25	1,07	0,04
Coût en oxygène par plaque	\$	3,8	4,0	3,7	3,4
Coût d'opération total par plaque	\$/plaque	5,34	4,24	4,79	3,44

## I.7-Phases du procédé :

Le procédé d'oxycoupage est composé de deux phases successives, l'amorce et la coupe.

### **I.7.1-L'amorce :**

Cette première phase consiste à porter un point de la surface du métal à la température d'inflammation du fer dans l'oxygène pur ( $T = 870\text{ °C}$  à  $1\ 000\text{ °C}$ ).

Durant cette phase, la flamme dite « flamme de chauffe » provient de la combustion du combustible et de l'oxygène de chauffe.

Le temps d'amorçage est la durée minimale pendant laquelle l'extrémité du cône bleu de la flamme de chauffe doit être dirigée sur un point de la surface de la plaque d'acier avant que l'envoi du jet d'oxygène de coupe ne perce instantanément cette plaque.

Le temps d'amorçage est fonction de deux paramètres : la puissance de chauffe optimale requise selon l'épaisseur du matériau et la puissance spécifique du front de flamme du combustible (celle-ci étant fonction de la vitesse de déflagration du combustible et de son pouvoir calorifique).

Le temps d'amorçage avec le gaz naturel est plus long comparativement aux autres combustibles, en raison de la puissance spécifique moindre du front de flamme.

Typiquement, le temps d'amorçage est de 25 à 30 s pour le gaz naturel comparativement à moins de 10 s pour l'acétylène, pour une tôle d'acier doux de 50 mm d'épaisseur.

Aussi, plus le temps de coupe prédomine sur le temps d'amorçage et plus l'utilisation du gaz naturel comme gaz combustible sera favorisée.

Le Tableau 1 met en évidence le ratio du débit d'oxygène de chauffe sur le débit de combustible tel que pratiqué dans l'industrie (ratio O<sub>2</sub>/combustible pratique).

Il est à noter que le ratio pratiqué dans l'industrie est généralement moindre que celui stœchiométrique.

### **I.7.2-La Coupe :**

Un jet d'oxygène « de coupe » est dirigé sur le point préalablement chauffé par la flamme de chauffe et amorce instantanément la combustion du métal, et non sa fusion.

La réaction d'oxydation est exothermique et la quantité de chaleur libérée est ajoutée à celle de la flamme de chauffe. Le déplacement du jet d'oxygène et l'utilisation en continu de la flamme de chauffe permettent la réalisation de la coupe.

La vitesse de coupe est fonction principalement de l'épaisseur du matériau.

Et dans une moindre mesure, du type de combustible et du type de buse. Selon l'exemple du Tableau 2, la vitesse de coupe d'une buse d'oxycoupage au gaz naturel est identique à celle d'une buse de coupage au propane ou au propylène et est quelque peu moins rapide que celle d'une buse alimentée en acétylène. Certains chalumeaux permettent d'ajuster la pression de l'oxygène de chauffe séparément de la pression de l'oxygène de coupe.

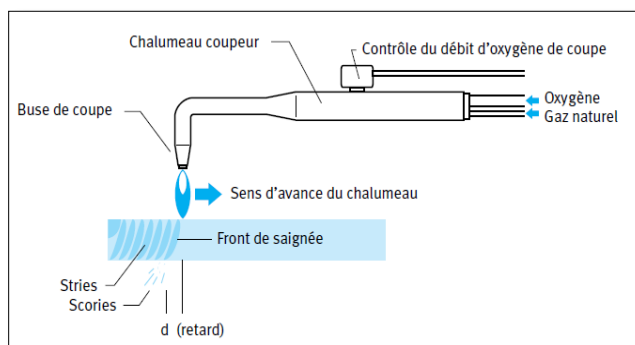


Tableau 2 : Paramètres de coupe (associés aux buses de coupage tout usage).[3]

PARAMÈTRES DE COUPE SUR ACIER DOUX PROPRE (manuel, automatique) – SI												
Épaisseur de l'acier (mm)	Type d'orifice	Acétylène *		Oxygène de coupe *		Vitesse de coupe (m/h) *	Gaz naturel, propane, propylène **		Oxygène de coupe **		Vitesse de coupe (m/h) **	
		Pression (kPa)	Débit (L/min)	Pression (kPa)	Débit (L/min)		Pression (kPa)	Débit (L/min)	Pression (kPa)	Débit (L/min)		
3,2	000	21 - 34	1 - 2	138 - 172	9 - 12	43 - 49	21 - 34	2 - 3	138 - 172	6 - 7	37 - 43	
6,4	00	21 - 34	2 - 3	138 - 172	14 - 17	41 - 46	21 - 34	2 - 3	138 - 172	10 - 12	32 - 38	
9,5	0	21 - 34	2 - 4	172 - 207	26 - 28	37 - 43	21 - 34	4 - 5	172 - 207	21 - 26	30 - 37	
12,7	0	21 - 34	3 - 5	207 - 241	28 - 31	30 - 37	21 - 34	4 - 5	207 - 241	24 - 26	27 - 34	
19,1	1	21 - 34	4 - 6	207 - 241	38 - 40	26 - 32	28 - 41	5 - 6	207 - 241	33 - 38	23 - 30	
25,4	2	21 - 41	5 - 8	241 - 276	66 - 71	23 - 29	28 - 55	6 - 7	241 - 276	54 - 59	21 - 27	
38,1	2	21 - 48	6 - 8	276 - 310	71 - 76	20 - 26	34 - 62	6 - 7	276 - 310	59 - 64	18 - 24	
50,8	3	28 - 62	7 - 10	276 - 310	99 - 106	18 - 23	34 - 62	7 - 8	276 - 345	71 - 83	15 - 21	
63,5	3	28 - 69	8 - 12	310 - 345	106 - 113	15 - 20	41 - 69	7 - 8	310 - 345	83 - 94	14 - 18	
76,2	4	34 - 69	8 - 14	276 - 345	127 - 151	14 - 18	55 - 83	8 - 9	310 - 345	99 - 118	12 - 17	
101,6	5	41 - 83	10 - 16	310 - 379	184 - 201	12 - 17	55 - 83	9 - 14	310 - 379	142 - 170	11 - 15	
127,0	5	34 - 90	12 - 18	345 - 379	201 - 212	11 - 14	55 - 83	9 - 14	345 - 379	156 - 170	9 - 14	
152,4	6	48 - 90	14 - 21	310 - 379	236 - 283	9 - 12	69 - 103	12 - 17	310 - 379	189 - 236	8 - 11	
203,2	6	48 - 97	16 - 24	310 - 379	236 - 283	8 - 9	69 - 103	12 - 17	379 - 448	212 - 236	6 - 9	
254,0	7	69 - 103	19 - 26	310 - 379	330 - 401	6 - 8	-	-	-	-	-	
304,8	8	69 - 103	23 - 29	310 - 379	425 - 472	5 - 8	-	-	-	-	-	

PO2 chauffe = 70 à 350 kPa pour offrir plus de flexibilité. Certaines buses permettent quant à elles d'augmenter la vitesse de coupe par une augmentation de la pression d'oxygène de coupe ex.: modèle MTHM de Victor ; augmentation de la vitesse de coupe d'environ 20 % par rapport à une buse standard ; augmentation d'environ 100 % de la pression d'oxygène de coupe). Figure 1.4

Figure 1.4 : modèle MTHM de Victor[3]



### I.8-Qualité du travail :

La coupe est considérée comme bonne lorsqu'il n'y a pas de fusion d'arête, que les dépôts n'adhèrent pas aux faces coupées et que les faces coupées sont planes et d'équerre.

Avec le gaz naturel, la qualité de coupe est remarquable. Il n'y a pas de fusion d'arête, les stries sont généralement négligeables et la pellicule d'oxydes sur les faces oxycoupées n'est pas adhérente, ce qui évite le meulage.

D'un point de vue métallurgique, les surfaces de coupe sont très peu carburées, ce qui facilite les opérations de finition.

## I.9-Donnees techniques :

Les caractéristiques techniques des principaux gaz d'oxycoupage sont regroupées dans le Tableau 3.

Les paramètres de coupe (débit de combustible, débit d'oxygène de coupe, vitesse d'avance) sont regroupés dans le Tableau 3, pour un exemple concret de chalumeau et de buse.

Tableau 3 : Caractéristiques des combustibles courants en oxycoupage.[3]

		ACÉTYLÈNE	PROPANE	MÉTHYL- ACÉTYLÈNE PROPADIÈNE (MAPP®)	STARFLAME <sup>MD</sup> C (t)	PROPYLÈNE	GAZ NATUREL
Température de flamme, mélange pratique	°C	3090	2530	2930	3200	2925	2540
	(°F)	(5589)	(4579)	(5301)	(5800)	(5295)	(4600)
Énergie de combustion primaire (2)	MJ/m <sup>3</sup>	18,9	9,5	19,3	10,6	16,1	0,4
	(BTU/pi <sup>3</sup> )	(507)	(255)	(517)	(284)	(433)	(11)
Énergie de combustion secondaire (3)	MJ/m <sup>3</sup>	35,9	83,6	70,4	94,1	72,2	37,5
	(BTU/pi <sup>3</sup> )	(963)	(2243)	(1889)	(2526)	(1938)	(1006)
Énergie de combustion totale	MJ/m <sup>3</sup>	54,8	93,1	89,6	104,7	88,3	37,9
	(BTU/pi <sup>3</sup> )	(1470)	(2498)	(2406)	(2810)	(2371)	(1017)
Sensibilité aux chocs		Instable	Stable	Stable	Stable	Stable	Stable
Oxygène de chauffe requis – mélange stœchiométrique (vol. O <sub>2</sub> /vol. comb)		2,5:1	5:1	4:1	3:1	4,5:1	2:1
Oxygène de chauffe requis – mélange pratique (vol. O <sub>2</sub> /vol. comb) (4)		1,1:1	3,5:1	2,5:1	2:1	2,6:1	1,5:1
Limites d'inflammabilité dans l'air (%)		2,5 - 80	2,4 - 9,6	3,4 - 10,8	2,3 - 9,4	2 - 11,1	4,9 - 14,9
Rapport volume/masse à 15,6 °C (60 °F) – état gazeux	m <sup>3</sup> /kg	0,9	0,5	0,6	0,6	0,6	1,4
	(pi <sup>3</sup> /lb)	(14,4)	(8,6)	(8,8)	(8,8)	(9,0)	(22,6)
Densité relative (air = 1)		0,91	1,52	1,48	1,5	1,47	0,578
État		Gazeux	Liquide	Liquide	Liquide	Liquide	Gazeux

## **II. Le coupage au plasma**

### **II.1-Historique des systèmes plasma :**

Le coupage au plasma a été développé au milieu des années 50 par un ingénieur de développement d'Union Carbide nommé Bob Gage. Union Carbide avait conçu une torche de soudage TIG hélium appelée Heliarc pour le soudage de l'acier inoxydable et d'alliages exotiques. Gage comprima l'arc de soudage avec une buse et augmenta le flux de gaz. En faisant cela, il créa assez d'élan pour le gaz et de chaleur pour que l'arc puisse couper au travers du matériau. Gage obtint alors un brevet pour le coupage à l'arc plasma en 1957.

Au départ, le plasma était utilisé pour couper l'acier inoxydable, ce dernier ne pouvant être coupé à l'oxygaz. La qualité de coupe et la fiabilité des premiers systèmes plasma étaient médiocres de plus, à la fin des années 50 et début des années 60, ils ne répondaient qu'à un besoin très spécifique dans un marché relativement restreint. L'acier inoxydable n'était qu'une très petite partie de l'ensemble total de production d'acier dans le monde ; l'acier au carbone et les aciers spéciaux en constituaient plutôt la majeure partie. La plupart des clients donc n'achetaient de système de coupage plasma que par nécessité.

À la fin des années 60, plusieurs compagnies effectuaient des recherches sur le coupage au plasma. L'acier inoxydable n'était pas la seule avenue pour le coupage plasma : il présentait aussi un avantage marqué en termes de vitesse de coupe par rapport à l'oxygaz sur l'acier au carbone. La qualité de coupe du plasma sur l'acier au carbone n'était pas fameuse, mais si le plasma pouvait devenir une option viable pour la coupe de l'acier au carbone, le marché du plasma grandirait rapidement.

Toutefois, les chercheurs se devaient de trouver une réponse à la question : pourquoi quelqu'un voudrait-il acheter un plasma à la place de l'oxygaz pour couper de l'acier au carbone ? La solution était donc de diriger les recherches sur l'amélioration de la qualité de coupe.

Un perfectionnement suivait l'autre. L'addition d'un gaz écran améliora la durée de vie des pièces consommables. Changer par la suite le gaz écran par un écran d'eau permit une durée de vie encore meilleure. L'utilisation de l'eau traça la route pour le coupage plasma à injection d'eau : faire tourbillonner l'écran d'eau améliora la vitesse de coupe, la qualité de coupe et la durée de vie des consommables. Bien qu'il y avait encore des défis importants vis à vis la formation de scories, il devenait clair que le plasma deviendrait une alternative à l'oxygaz pour couper de l'acier au carbone.

Le défi suivant consistait à pouvoir faire, de manière systématique, des coupes de haute qualité à l'aide du plasma. Même jusque dans les années 70, les systèmes plasma étaient dispendieux, peu fiables et spécialisés en coupe d'acier inoxydable. Les consommables pouvant durer plus de 100 amorçages étaient rares. Les opérateurs n'étaient jamais certains de ce qui allait arriver au moment d'appuyer sur le bouton de mise en marche. Les différences de composition du métal affectaient grandement la qualité de coupe. Les fabricants de systèmes plasma avaient besoin de trouver une méthode de coupage qui fonctionnait bien sur toutes les variétés d'acier au carbone.

La solution était le coupage au plasma oxygène, qui utilisait l'oxygène pour créer une réaction chimique additionnelle avec l'acier au carbone. La qualité de coupe s'améliora et les opérateurs étaient en mesure de faire des coupes ayant peu ou pas de scories. Il y avait toutefois un compromis à faire : l'oxygène produisait un arc plus chaud ce qui usait plus rapidement les consommables. Les acheteurs aimaient les vitesses de coupe plus rapides mais étaient frustrés par les pertes de temps de production causées les changements incessants de consommables. En 1983, ce problème fut réglé par l'injection d'eau qui refroidissait la buse et faisait durer les consommables plus longtemps.

Depuis les années 80, il y a eu plusieurs avancées importantes en technologie de coupage au plasma. Les torches plasma manuelles qui utilisaient l'air comme gaz de procédé rendait le plasma accessible aux ateliers qui n'avaient pas accès aux bouteilles de gaz. Peu après, le mécanisme d'amorçage des systèmes plasma manuels a été redessiné, supprimant le besoin de hautes fréquences pour l'amorçage. La nouvelle conception d'amorçage par contact permettait d'avoir de plus petites pièces dans l'appareil. Réduire le format et le nombre de pièces des blocs d'alimentation fit une différence énorme en termes de poids.

En comparaison, un bloc d'alimentation pour le coupage manuel en 1985 pesait près de 400 livres : aujourd'hui, il y a des systèmes manuels qui ne pèsent que 20 livres seulement ! Il y a 25 ans, quelques personnes croyaient qu'il n'y aurait plus d'améliorations majeures à apporter au procédé de coupage plasma. Maintenant, plus de 50 ans après sa conception initiale, nous savons que les fabricants de plasma ne sont pas près d'épuiser les capacités du plasma. Pendant qu'il n'y a eu aucun développement technologique notable dans le champ du coupage oxygaz depuis plusieurs années, le coupage plasma continue de poursuivre son envolée.

Les dernières 10 années seulement ont été témoin d'avancées rapides dans la qualité de coupe, la durée de vie des consommables et la polyvalence du plasma. Le plasma est maintenant un procédé de coupage thermique fiable et rentable. Et, les recherches actuelles donnent à penser que les capacités du plasma s'amélioreront encore davantage.[1]

## **II.2-définition du plasma :**

Pour mieux expliquer le fonctionnement du coupage Plasma, il faut commencer par répondre à la question fondamentale « Qu'est-ce que le Plasma ? » En termes simples : le Plasma est le quatrième état de la matière.

Généralement, on pense à la matière comme ayant trois états : solide, liquide et gazéifié. La matière change son état lors de l'introduction de l'énergie, comme la chaleur. Par exemple, l'eau change son état solide (glace) vers l'état liquide lorsqu'une certaine quantité de chaleur y est introduite. Si le niveau de la chaleur augmente, l'état change à nouveau vers l'état gazeux (vapeur). Mais, si le niveau de la chaleur augmente à nouveau, le gaz qui compose la vapeur deviendra ionisé et électriquement conducteur, devenant du Plasma.

Le coupage Plasma fonctionne avec ce gaz électriquement conducteur pour transférer de l'énergie à partir d'une source de courant sur les matériaux conducteurs, ce qui entraîne un procédé plus propre et plus rapide par rapport au procédé oxycoupage.

La formation de l'arc plasma commence lorsqu'un gaz, tel que l'oxygène, l'azote, l'argon ou l'air comprimé est poussé dans l'orifice de la buse de la torche. Un arc électrique généré par une source d'alimentation externe est ensuite introduit à ce flux de gaz sous haute pression, ce qui est communément appelé : « jet de plasma ». Le Plasma atteint immédiatement des températures jusqu'à 22000°C, perçant très rapidement les pièces (de travail) et soufflant le matériau fondu [4]

### **3-L'ionisation :**

L'ionisation est l'action qui consiste à enlever ou ajouter des charges à un atome ou une molécule. L'atome — ou la molécule — perdant ou gagnant des charges n'est plus neutre électriquement. Il est alors appelé ion. Elle peut être due à :

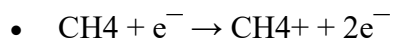
- des causes physiques telles qu'un niveau élevé de potentiel électrique, la présence de radiations, ou une température élevée.
- des causes chimiques, telles qu'une dissolution dans un solvant polaire ; ou à la structure même de la matière : dans les sels fondus et les liquides ioniques, ou dans les structures cristallines dans lesquelles les atomes peuvent ne plus être univoquement liés à une molécule précise. les applications sont nombreuses :
- décontamination alimentaire

- modifications des plastiques
- stérilisation des matériels médicaux
- étude des matériaux
- propulsion spatiale, etc.

### **II.3.1-Énergie de première ionisation :**

C'est l'énergie nécessaire pour extraire le premier électron (c'est-à-dire l'électron dont l'énergie de liaison est la plus faible) de la structure atomique ou d'une structure moléculaire.

### **II.3.2-Formule générique décrivant l'ionisation à un électron :**



Par exemple avec l'hydrogène, l'énergie de première ionisation sera celle permettant d'ioniser l'électron de la couche K, soit 13,6 eV (énergie calculable, en particulier, à l'aide de la constante de Rydberg). [1]

### **II.3.3-Photo-ionisation :**

L'ionisation peut être réalisée par des rayonnements de longueur d'onde suffisante pour éjecter cet électron périphérique. Lorsque le rayonnement ionisant est constitué de photons, on parle de photo ionisation.

C'est par exemple ce qui se passe dans les planétaires. Si on apporte suffisamment d'énergie thermique à un gaz, son énergie moyenne peut devenir égale ou supérieure à son énergie d'ionisation. Les constituants de ce gaz peuvent donc s'ioniser sous les chocs entre atome/molécule. C'est ce qui arrive dans la couronne solaire.

L'énergie moyenne d'un gaz parfait monoatomique est égale à  $3/2 KT$ , ou plus précisément à  $1/2 KT$  par degré de liberté, où K désigne la constante de Boltzmann et T la température absolue.

### **II.4-Présentation du procédé :**

Le plasma est en train de devenir la technologie de coupe préférée dans le monde entier. La découpe plasma permet un procédé de coupe plus rapide que l'oxycoupage pour les petites épaisseurs et est utilisable avec tous les matériaux conducteurs, y compris l'acier doux, l'acier inoxydable et l'aluminium.

Avec l'introduction des nouveaux systèmes plasma développés tels que le HiFocus et le HyDefinition de respectivement Kjellberg ® et Hypertherm® qui donne à l'arc de plasma plus de stabilité et d'énergie. Les résultats de coupe avec une qualité encore plus élevée sont désormais possibles. Les

sources plasma pour la machine V302 sont toutes équipées de la dernière technologie appelée plasma haute définition. La technologie haute définition donne à l'arc plasma une plus grande stabilité et énergie et ainsi une meilleure qualité de coupe est possible. Le plasma haute définition offre même des résultats de qualité similaires à ceux des découpes faites au laser en termes d'angularité et de bavure et même de meilleurs résultats avec des valeurs de rugosité. [5]

### **I.5-Les composants du système Plasma :**

**Alimentation** – Le générateur plasma convertit la tension du courant AC monophasé ou triphasé en tension continue DC. Cette tension DC est responsable du maintien de l'arc pendant la coupe, elle régule également la sortie du courant exigé en fonction du type de matériau et de l'épaisseur à travailler.

**Amorçage de l'Arc** – Le circuit de l'ASC produit une tension de 5000VAC à 2 MHz environ. Cette tension génère un arc pilote dans la torche et va ainsi créer l'amorçage.  
**Torche Plasma** – La fonction de la torche plasma est celle d'offrir l'alignement et le refroidissement des consommables. Les pièces nécessaires à la création de l'arc plasma sont l'électrode, la tuyère et la buse. Un corps de buse peut être utilisé pour améliorer la qualité du coupage.

La majorité des systèmes de coupage plasma sont regroupés dans deux catégories : « Conventionnel » ou de « précision ».

Les systèmes de plasma « conventionnel » utilisent typiquement l'air comprimé comme gaz, la forme de l'arc est essentiellement définie par l'orifice de la buse. L'ampérage approximatif de ce type de coupage plasma est de 12-20K ampères par pouce carré. Tous les systèmes manuels sont de type « conventionnel », ils sont aussi utilisés dans certaines applications où les tolérances des pièces sont plus indulgentes. Figure 1.5.



Figure 1.5 : systèmes de plasma « conventionnel ». [5]

Les systèmes de plasma « précision » (courant à haute densité) ont été conçus et fabriqués afin de produire et offrir des coupes plus précises et de plus haute qualité. La conception de la torche et des consommables sont plus complexes et des pièces supplémentaires y sont incluses pour focaliser et former davantage l'arc. L'ampérage approximatif de ce type de coupage plasma est de 40-50K ampères par pouce carré. Figure 1.6.



Figure 1.6 : systèmes de plasma « précision » [5]

## **I.6-Opérations plasma :**

### **I.6.1-Opération manuelle "Conventionnel" :**

Dans le système manuel typique (Tomahawk®), l'électrode et la buse sont en contact dans la torche lorsque cette-ci est éteinte. Lorsque la gâchette est déclenchée, le générateur produit un courant pilote d'amorçage. Lorsque le gaz (air comprimé) accumulé est suffisant, l'électrode et la buse sont séparées, ce qui génère un arc électrique qui convertit l'air en jet plasma. Le courant circule de l'électrode vers la buse, et de l'électrode vers la pièce de travail. Ce courant continue jusqu'au moment où la gâchette est relâchée. Figure I.7.



Figure I.7 : Opération manuelle "Conventionnel"[5]



### I.6.2-Opération automatique « précision » :

L'électrode et la buse ne sont pas en contact à l'intérieur d'une torche plasma « précision », mais isolés entre eux par un « joint » lequel a des petits orifices d'aération qui transforme le gaz plasma dans un vortex tourbillonnant.

Quand le générateur est sous tension, celui-ci va produire un courant et initie le pré débit du gaz à travers la torche. La buse est connectée temporairement au potentiel positif du générateur, l'arc pilote et l'électrode reste négative. Figure 8.

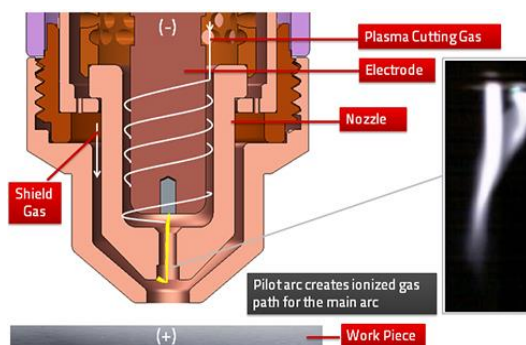


Figure I.8 : Opération automatique « précision » [5]

Ensuite, une étincelle à haute fréquence est créée par l'Arc pilote, le gaz plasma devient ionisé et électriquement conducteur, entraînant dans le courant de l'électrode jusqu'à la buse, ainsi l'arc pilote du plasma est généré. Figure 9

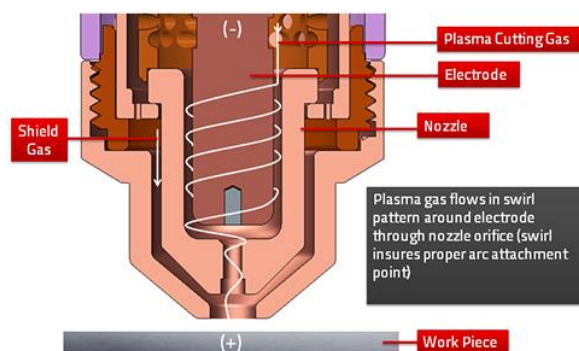


Figure I.9 : deuxième étape de l'opération automatique. [5]

Lorsque l'arc pilote entre en contact avec la pièce (laquelle est reliée à la terre par les lamelles de la table de coupage) le courant circule entre l'électrode et la pièce à découper, la haute fréquence s'éteint et le circuit de l'arc pilote s'ouvre. Figure 10

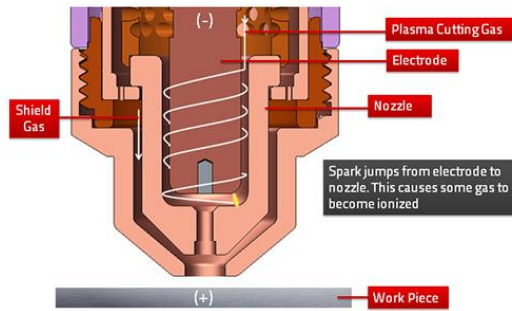


Figure I.10 : troisième étape de l'opération automatique.[5]

Le générateur augmente la puissance du courant DC jusqu'à l'ampérage de coupe sélectionnée par l'opérateur et remplace le pré débit de gaz par le réglage du débit optimale pour ma matière à découper. Un deuxième gaz de protection est aussi utilisé, il circule à l'extérieur de la tuyère et de la protection de buse. Figure 11

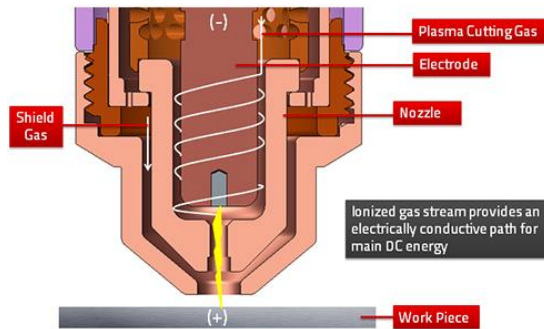


Figure I.11 : quatrième étape de l'opération automatique. [5]

La forme de la buse de protection et le diamètre de la tuyère, oblige le gaz de protection à contracter l'arc plasma davantage, ce qui entraîne une coupe plus nette, des dépouilles d'angles très faibles et des traits de coupe plus fins.Figure12.

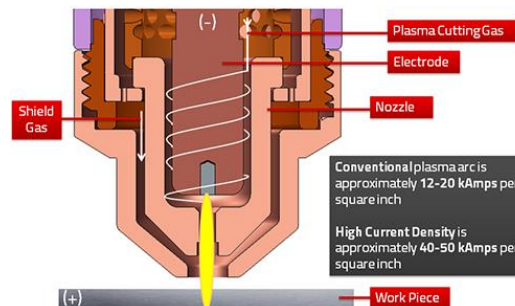


Figure I.12 : cinquième étape de l'opération automatique. [5]

## **I.7-Les avantage de découpe plasma :**

La découpe au plasma peut convenir pour différents métaux durs sur de plus larges épaisseurs que le laser. Beaucoup plus rapide également, elle est néanmoins moins précise et offre une qualité de bordure moindre que les autres méthodes de découpe.

Les équipements sont plutôt coûteux, et il ne faudra pas oublié d'investir en plus pour la sécurité (protections et locaux aménagés avec ventilation), mais la vitesse d'exécution et la productivité de la machine rentabilise très vite l'investissement. Comme la découpe laser, les réglages varient en fonction du matériau.

Les installations PLASMA ont pour avantage de pouvoir découper des épaisseurs fines et des matériaux inoxydables, à la différence du procédé par oxycoupage. En effet, tous les matériaux conducteurs d'électricité pourront être utilisés par le PLASMA. Concernant les épaisseurs, il y a peu de contraintes de nos jours. Avec ce procédé, il est possible de couper jusqu'à environ 40 mm sur certaines installations. En considère que le plasma est un découpe électrique ce que ne nous donne pas de coupeaux. En pus Le procédé plasma ne demande pas trop de temps ce qui nous pousse à recourir à ce dernier. Pour les inconvénients de ce procédé en peut résume que ce n'est pas une technique de précision ce qui donne une inclinaison de l'ordre de 0.2 mm, plus des frais très élevé de l'outillage.[5]

## **8-Les risque de découpe plasma :**

La sécurité sur un banc de découpe PLASMA sera primordiale. Les risques sont assez nombreux.

- du fait, de l'intense lumière dégagée par l'arc électrique, vous risquez le coup d'arc si vous n'utilisez pas une cagoule ou un masque.
- la chaleur dégagée par l'arc électrique nécessite à l'opérateur de se prémunir contre les brûlures thermiques en portant des gants.
- certaines installations peuvent être bruyantes et nécessiteront le port d'un casque anti-bruit.
- les évacuations de fumées seront mises en route pour éviter de respirer les poussières et les fumées engendrées par la coupe.
- lors de la manutention des tôles, les chaussures de sécurité protégeront le découpeur des éventuelles chutes.[5]

# Chapitre II

## Machine et logiciel

## **Chapitre II : Machine et logiciel**

### **I. La Machine Oxycoupeur HPC 40 :**

#### **I.1-Introduction :**

Une machine-outil à commande numérique (MOCN, ou simplement CN) est une machine-outil dotée d'une commande numérique. Lorsque la commande numérique est assurée par un ordinateur, on parle parfois de machine CNC pour *computer numerical control*, francisé en « commande numérique par calculateur »[1]

#### **I.2-Généralité :**

Par extension, on appelle « commande numérique » l'armoire de commande recevant le programme d'usinage sous forme d'un ruban perforé (systèmes des années 1950 à 1980), d'une bande magnétique (systèmes des années 1970 à 1985), ou de données issues d'un ordinateur. On désigne parfois ainsi la machine complète équipée d'un tel dispositif. On parle d'un tour à commande numérique, ou d'une fraiseuse à commande numérique, par opposition à un tour conventionnel ou une fraiseuse conventionnelle, dont les mouvements sont commandés manuellement ou par un dispositif automatisé d'une façon figée.

Les machines-outils spécialisées (aléseuses-perceuses, fraiseuses) à commande numérique ont évolué en centres d'usinage à commande numérique permettant d'usiner des formes complexes sans démontage de la pièce. Ces centres d'usinage sont généralement équipés de magasins d'outils (tourelles, tables, chaînes) sur lesquels sont disposés les différents outils. Les changements d'outils équipant la (ou les) tête(s) d'usinage sont programmés en fonction de la définition numérique de la pièce. Le fichier de définition numérique (qu'on appelle aussi DFN, définition numérique, numérisation ou même tout simplement « num ») est un fichier informatique généré par CAO(Conception assistée par ordinateur), qui remplace de plus en plus le plan sur la traditionnelle planche à dessin.

Sur ces définitions doivent ensuite être calculés des parcours d'outil au moyen de logiciels de FAO (Fabrication assistée par ordinateur). Ces parcours sont alors traduits par un logiciel dit « post-processeur » (généralement adossé au logiciel de FAO) dans un langage compréhensible par la « commande numérique » et appelé : langage de programmation. On parle de programmation de commande numérique. En usinage, ce langage de programmation obéit, pour une part, à la norme ISO 6983 (RS274D, 1980). Il existe cependant d'autres standardisations plus récentes (par exemple STEP-NC).

On constitue ainsi la chaîne numérique ; on parle en anglais de F2F, *file to factory*, littéralement « du fichier à l'usine »[6]

### **I.3-La machine (oxycoupage / plasma) HPC 40 et les composants :**

Une Machine mécanique intégrer une commande numérique permettant découpe des tôles de grands formats.La programmation s'effectue à partir d'un librairie de formations standards intègres dans la commande numérique ou le logicielle de dessin et d'imbrication compris dans le passage.[7]

#### **I.3.1-Description de la machine HPC 40 :**

Cette machine et fabrique par air liquide, c'est une nouvelle génération de machine à CN mono bloque de haut qualité. Elle dispose de 4 formats disponible ;[7]

- 2000 \* 1000 mm
- 1500 \* 3000 mm
- 2000 \* 4000 mm
- 2000 \* 6000 mm

Elle est composée de 3 partis principaux :

- 1/ le châssis fixé au sol.
- 2/ le portique qui assure le déplacement en x.
- 3/ le chariot qui se déplace en y qui maintient la torche.



Figure 1.1 : la machine HPC 40

Figure 1.2 : la machine HPC 40

La torche plasma déplace sur deux axes x et y, l'axe z pour réglé la hauteur en fonction de l'épaisseur du métal à couper. Le guidage s'affecté avec du rail ferroviaire et l'entrainement par system pignon crémière.

Le nouveau procédé de découpe NERTAJET HP est la dernière génération d'installations de découpe plasma Haute Précision développée par Air Liquide Welding.

Sa simplicité d'installation, d'utilisation et la qualité de ses composants permet d'accroître la productivité et d'obtenir une grande qualité de coupe plasma : la qualité NERTAJET HP.

Grâce à ses hautes vitesses de coupe, la durée de vie optimisée de ses consommables, la robustesse de ses composants, la performance et le dynamisme de ses cycles, la polyvalence de ses applications, NERTAJET HP vous permet de cumuler les économies afin d'optimiser vos coûts de production.

Le procédé NERTAJET HP permet la mise en œuvre de la technologie Hole Master qui permet d'atteindre un niveau de qualité supérieur lors de réalisation de trous dans les aciers non et faiblement alliés dont le rapport diamètre/épaisseur de tôle est proche de 1.

Le générateur de courant NERTAJET HPi qui se décline en 2 puissances : 150 A et 300 les combinaisons de puissances sont obtenues en utilisant un ou plusieurs générateurs HP150 et HP300 HIGH PLASMA. Pour chaque puissance, le groupe réfrigérant FRIOJET est spécifiquement dimensionné afin d'obtenir le refroidissement optimum de la torche et offrir un facteur de marche à 100%. Le générateur et le groupe de refroidissement sont séparés pour favoriser les opérations de maintenance. Figure 1.3



Figure 1.3 : générateurs HP150[8]

Les compresseurs GA d'Atlas Copco vous apportent performance, choix et économie de fonctionnement. Conçus pour s'adapter aux environnements le plu hostile, le compresseur GA sont pour vous le gage d'une production fiable.[9]Figure 17 Figure 18



Figure 1.4 : La fiche technique de Compresseurs GA d'atlasCopco



Figure 1.5 : Les compresseurs GA d'atlas Copco

Dans sa version avec sécheur intégré, montée sur réservoir, le GA 15-22 est prêt à l'emploi, fiable et produit un air comprimé de qualité. C'est la solution idéale pour l'atelier.

- Les avantages de la gamme GA avec une maintenance optimisée, pour un investissement initial limité.
- Un air sec de qualité grâce au sécheur intégré.
- Efficacité et contrôle total par l'intermédiaire du nouveau régulateur Elektronikon®.

La machine est conçue à partir de l'acier de l'acier boulonnier pour éviter les déformations l'ord de la coupe, la règle de base pour avoir une machine précise c'est la rigidité, plus la machine est gros plus elle peut être rigide c'est pour qu'on utilise les châssis en acier.

L'oxycoupeur HPC 40 répond à la norme 2006/42/EC avec notamment plusieurs points d'arrêt d'urgence et des boutons de défèrent commandes.



Figure 1.6 : Pupitre de commande de la machine HPC 40

Elle dispose d'un châssis mono bloc avec table intègre rapide à installer et équipée de bacs diffuseurs d'air pour ;

- Répartir l'aspiration.
- Protégé thermiquement les flancs.
- Protéger les trappes d'aspiration.
- Protège les trappes d'aspiration.
- Récupérés les scories.
- System de pilotage.

Pilotée par le logiciel PIGASSO, Est intuitif et intelligent avec command automatique et manuelle, la torche plasma permet le passage de deux gaz oxygène pour et propane. Cette torche nous donne une coupe de haute précision multi matériau, avec choc torche magnétique de grande amplitude et fonction d'aire a la remise en place, en plusieurs fonctions pour réduire le temps de production de même pour accroitre la qualité de coupe et pour simplifier la mise en œuvre [4]



Le tableau (4)expliqué les différentes caractéristiques des machines oxycoupeur cote de caractéristique principale (procèdes, vitesse, longueur de coupe) et cote compositions équipements

<b>BANC DE COUPAGE THERMIQUE OXY/PLASMA BD1</b>					
Tableau des caractéristiques des machines de coupage OXY / Plasma OXYTOME HPC		OXYTOME 15 H PC	OXYTOME 20 H PC	OXYTOME 25 H PC	OXYTOME 30 H PC
<b>PRINCIPALES CARACTERISTIQUES</b> Dimensions en mm	Référence sans CN/simple motorisation/1 chalumeau oxy	W 000 263 035	W 000 260 752	W 000 260 753	W 000 260 754
	Procédé maxi. 6 chalumeaux oxy et/ou 1 plasma	oxy/plasma	oxy/plasma	oxy/plasma	oxy/plasma
	Vitesse (m/min) rapide/simple motorisation/double motorisation	15/04/10	15/04/10	15/04/10	15/04/10
	• larg. de coupe avec 1 chalumeau sans chalumeau suppl.	1 900 mm	2400 mm	2 900 mm	3400 mm
	• larg. de coupe avec 1 chalumeau et 5 chalumeaux	1 125 mm	1 G25 mm	2 125 mm	2 625 mm
	B = largeur maxi. de coupe parallèle	1 900 mm	2400 mm	2 900 mm	3400 mm
	C = largeur mini, de coupe parallèle"	155 mm	155 mm	155 mm	155 mm
	Longueur de coupe utile (version de base)	3000 mm	3000 mm	3000 mm	3000 mm
	Nombre maximum de chalumeaux oxy	■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■
	Alimentation en gaz (0 tuyau x N)	12x3	12x3	12x3	12x3
	Alimentation électrique (monophasée)	230V 50 - 60Hz	230V 50 - 60Hz	230V 50 - 60Hz	230V 50 - 60Hz
	Entraînement double	■	■	■	■
	<b>COMPOSITION – EQUIPEMENT</b> ■ Inclus dans la version de base ■ Optionnel	Électrovannes de coupe sur chalumeau oxy	■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■
Tableau gaz piloté		—	—	—	—
Commande de gaz automatique		■	■	■	■
Commande numérique D 2.5+, D 510, D 610 optionnelle ou HPC		■	■	■	■
Distributeur gaz avec électrovannes oxygène coupe		■	■	■	■
Kit de chauffe avec électrovannes, sans gaz pilote		—	—	—	—
Système de chauffe amélioré avec électrovannes, sans gaz pilote		—	—	—	—
Amorçage progressif sans gaz pilote		—	—	—	—
Interface plasma		■	■	■	■
Circuit gaz chalumeau de marquage*		■	■	■	■
Porte-outil oxygaz motorisé		■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■
Allumage électrique		■ xN	■ xN	■ xN	■ xN
Sonde capacitive mécanique (torche oxygaz) <sup>24</sup>		■ xN	■ xN	■ xN	■ xN
Indexage automatique <sup>3</sup>		■	■	■	■
4*™ axe pour le 2*™ chariot motorisé <sup>41</sup>		■ x1	■ x1	■ x1	■ x1
Marqueur HP		■	■	■	■
Marqueur pneumatique*		■	■	■	■
Chemin de roulement supplémentaire 3 m		■ xN	■ xN	■ xN	■ xN
Chemin de roulement supplémentaire 1,5 m	■ x1	■ x1	■ x1	■ x1	
Alimentation système support tuyaux	■ ■ xN	■ ■ xN	■ ■ xN	■ ■ xN	
Générateurs plasma NERTAJET 5 0/HP125/300/420/600/720	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■	
Table aspirante	■	■	■	■	

## **II.1-Le logicielle lantek expert :**

Lantek Expert est le logiciel CAO/FAO d'imbrication la plus sophistiquée, spécialement conçu pour automatiser la programmation CNC des machines de découpe de tôles.

Lantek Expert fournit les algorithmes d'imbrication et les stratégies de mécanisation (Thinking metal Technology) les plus avancés pour toutes les machines de découpe (laser, plasma, oxycoupage, jet d'eau) et de poinçonnage.

Lantek Expert atteint des performances exceptionnelles avec ses Partenaires constructeurs de machines-outils grâce à une collaboration étroite avec eux, mais optimise également les résultats des machines de fabricants tels qu'Amada, Esab, Ficep, Flow, HK Laser & Systems, Koike, Mazak, Messer, Prima Power, Salvagnini, Trumpf et bien d'autres.

Lantek assure d'excellents résultats pour toutes les machines de découpe et de poinçonnage, aujourd'hui comme demain.[10]

## **II.2-Produits de Lantek Expert :**

Lantek Expert contient plusieurs produits :

Cut Logiciel CAO/FAO d'imbrication spécialement conçu pour automatiser la programmation CNC des découpeuses de tôles (technologies oxycoupage, plasma, laser, jet d'eau).



Figure 2.1 : Cut Logiciel [10]

Punche Logiciel CAO/FAO d'imbrication spécialement conçu pour automatiser la programmation CNC des machines de poinçonnage de tôles.

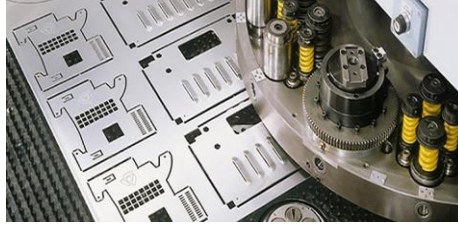


Figure 2.2 :Punche Logiciel[10]

Quattro Solution logicielle spécialement conçue pour les cisailles guillotine et optimisée pour l'imbrication des pièces rectangulaires.



Figure 2.3 :Quattro logiciel[10]

Duct : Logiciel pour le calcul des conduites de chauffage, de refroidissement et d'aération.



Figure 2.4 : Duct Logiciel[10]

Ce système permet d'obtenir de hauts niveaux de production ainsi que de réaliser des économies substantielles en termes de matériaux.

C'est un outil extrêmement utile pour calculer les matériaux qui seront nécessaires pour le cycle de production, ce qui représente une valeur inestimable pour les services d'approvisionnement. Optimisation automatique des ordres de fabrication en cas de tôle multiple. Lantek Expert Quattro réduit le nombre de formats de tôles différents. Les résultats sont visibles à l'écran et imprimés : imbrications, liste de pièces et liste des tôles utilisées. Les résultats peuvent être modifiés en agissant sur différents paramètres configurables en fonction des méthodes de travail du client.

Gestion des stocks de tôles, contrôle des stocks réels de tôles et actualisation automatique du stock à chaque utilisation de tôle par le système.

Interface d'importation des pièces depuis d'autres systèmes (ex. DXF) et même depuis certains programmes MRP (en option).

### **II.3-Applications de lantek expert:**

Voici le chemin Lantek pour la Transformation numérique de votre entreprise. Un chemin à la recherche de l'optimisation des coûts et des processus par le biais de l'automatisation intelligente.

#### **II.3.1-Lantek Expert :**

Le logiciel CAO/FAO d'imbrication le plus avancé du monde, Logiciel CAO/FAO d'imbrication conçue pour générer automatiquement la programmation CNC la plus optimisée pour les machines de découpe de tôle.[10]

#### **II.3.2-Lantek Flex3d :**

Le logiciel CAD/CAM 3D le plus adaptable dans l'industrie métallurgique  
Lantek Flex3D est le logiciel CAO/FAO 3D le plus flexible, entièrement mis au point par Lantek et conçu pour automatiser la programmation CNC des machines d'usinage 3D de tubes, conduites, poutrelles, profilés et tôles.[10]

#### **II.3.3-Lantek MES :**

Le logiciel MES qui démultiplie la productivité de votre usine  
Produits Lantek pensés pour les entreprises qui souhaitent acquérir une solution complète et compétitive pour gérer et optimiser leurs processus de fabrication.[10]

#### **II.3.4-Lantek Intégra :**

Une plateforme logicielle pour la fabrication avancée dans les entreprises qui transforment les tôles, les tubes et les poutrelles

Plateforme Web complète couvrant l'intégralité du cycle des processus au sein d'une entreprise de façonnage du métal, du processus initial de vente au support final.[10]

### **II.4-Technologies ajoutées :**

(Cisailage et découpe)Lantek Expert Punch prend en charge à la fois les cisailles guillotines et les machines mixtes avec tête de découpe laser ou plasma. Le cisailage et la découpe laser sont gérés automatiquement et très faciles à utiliser.

## **II.5-Spécifications des produits :**

Gestion des poinçonnages, des matrices, des tourets...Lantek Expert Punch gère les outils Auto index, les postes MultiTool et tous les types d'outils, des plus standards aux plus spécialisés (façonnage, relief, perce, filetage, estampe, roulage et plus).

Le système tient compte des caractéristiques de chaque poste de poinçonnage et de chaque outil linéaire.[10]

## **II.6-Retrait de composants :**

(Manuel et automatique) Lantek Expert Punch contrôle automatiquement toutes les manières possibles de retirer des pièces de la tôle : micro-jonctions, chutes, arrêt de machine, systèmes de prélèvement des pièces et cisaille inclinée intégrée.[10]

# Chapitre III

## Etude comparative

## Chapitre III : Étude comparative

### III.1-Généralités :

Le coupage thermique, comparé au coupage mécanique, est le sectionnement par combustion d'un métal à l'aide d'une flamme. Oxygène-combustible, d'un arc plasma, d'une électrode ou d'un laser. L'utilisation d'une flamme oxygène-acétylène, oxygène-propane.

oxygène-gaz naturel permet d'obtenir un chauffage localisé du métal à découper, cette flamme est appelée flamme de chauffe. Pour parvenir à un sectionnement, un jet d'oxygène pur est projeté sur le métal chauffé, c'est le jet de coupe.

En pratique, l'oxycoupage classique n'est possible que sur les aciers ordinaires et faiblement alliés.

Des techniques différentes sont employées pour le coupage des autres métaux (oxycoupage à la poudre de fer, avec baguette d'acier, au jet de sable, à la lance thermique, avec électrode carbone et jet d'air (gougeage).

L'oxycoupage peut être effectué manuellement, mécaniquement ou de manière totalement automatique. Le coupage manuel étant très dépendant de l'opérateur, on utilise pour obtenir un cers Taine régularité, des "réglets" pour coupes rectilignes ou un compas pour les coupes circulaires.

Pour mécaniser de façon simple et peu onéreuse le coupage, on emploie quelquefois des chariots électriques ou mécaniques. Quant à l'industrie, elle utilise des machines d'oxycoupage comportant un nombre important de chalumeaux commandés selon différents procédés de lecture.

La gamme des chalumeaux coupeurs manuels est assez étendue pour effectuer des travaux très variables. On adaptera le chalumeau en fonction de l'oxycoupage à réaliser et des épaisseurs à traiter.

Cette dernière indication est donnée par les constructeurs avec chaque appareil sur des barèmes d'utilisation. Une buse de coupe a une plage d'utilisation assez large, cers tains valeurs données se recoupent dans des diamètres différents, mais il est recommandé de ne pas utiliser les buses à leur limite d'emploi. De plus pour obtenir un résultat efficace, il est nécessaire de toujours avoir des buses en très bon état. Le mauvais état de ces pièces risque de provoquer des incidents de fonctionnement qui peuvent avoir un effet néfaste sur la qualité de l'oxycoupage.

L'oxycoupage manuel est utilisé essentiellement pour le découpage de pièces en faible quantité, pour la démolition ou des travaux sur sites. Il existe deux types de chalumeaux manuels : à basse pression (CH 70D/SIDER 7) et à haute pression (DARCUT MT).

Les pressions d'utilisation en oxycoupage manuel sont de loin beaucoup plus élevées que celles employées en soudage-brasage, car à l'oxygène utilisé pour la chauffe il faut ajouter l'oxygène

de coupe (jusqu'à 12 bar en oxygène et 0,5 bar en acétylène/1 bar en propane avec un chalumeau type Rafale).

Les pressions de gaz combustibles (acétylène/propane) restent à peu près stables.

### III.2-Defaut de coupe oxycoupage :

Malgré l'évolution technologique dans le Domaine de l'oxycoupage on constate certains défauts qui sont représentés sur les figures suivantes.[10]



Figure 3.1 : Coupe correcte à faible valeur de retard : angle vifs, section lisse stries peu visible légère couche d'oxyde s'enlevant facilement.

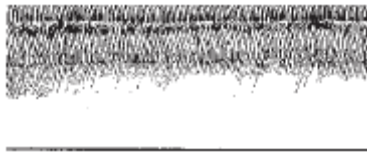


Figure 3.2 : Buse trop haute : fusion de l'arête supérieur et gougeage de la saignée (par expansion du jet d'oxygène).

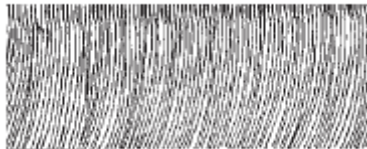


Figure 3.3 : Coupe correcte valeur de retard 15% : angle vifs, section lisse, stries peu visible, légère couche d'oxyde s'enlevant facilement.



. Figure 3.4 : Pression de coupe excessive : gougeage sous l'arête supérieure





Figure 3.5 : Vitesse d'avance trop faible : fusion de l'arête supérieure. Grosses ondulations irrégulières à la partie inférieure de la saignée. Cause secondaire : pression d'oxygéné de coupe trop basse.

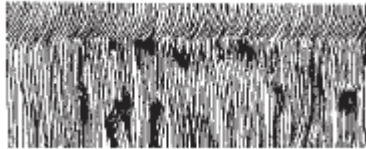


Figure 3.6 : Flamme de chauffe trop faible, arrachements.



Figure 3.7 : Vitesse trop faible et chauffe insuffisante, arrachements.



Figure 3.8 : Flamme de chauffe trop forte : légère fusion d'arête. Coupe chanfrein.

### III.3-Comment résoudre les problèmes de qualité du coupage :

Comme pour n'importe quel autre procédé de coupage, de nombreux facteurs peuvent affecter la qualité du coupage chalumeau et plasma. Ces facteurs incluent les suivants.[5]

- Type de torche
- Alignement de la torche
- État des consommables
- Tension d'arc ou hauteur de coupe.
- Type de gaz
- Pureté du gaz
- Pression et débit du gaz
- Épaisseur du matériau
- Composition du matériau
- État de la surface
- Ampérage de coupe
- Dimensions de l'orifice de la tuyère
- Vitesse de coupage (par ex. taux de déplacement de la machine)

La plupart de ces facteurs sont interdépendants, ce qui signifie que si vous en modifiez un, les autres seront affectés. Trouver comment résoudre les problèmes de qualité de coupage peut s'avérer très difficile. C'est pourquoi les informations ci-après ont été rassemblées dans le but de fournir des solutions courantes à certains problèmes typiques de qualité de coupage. Pour commencer, sélectionner l'état le plus important.[5]

- Angle de coupage
- Planéité de coupage
- Rugosité de la surface
- Scories

Suivre les paramètres de coupe conseillés permet généralement d'obtenir une meilleure qualité de coupage. Consultez le manuel de données de coupe du système pour connaître le réglage des paramètres conseillés. Occasionnellement, les conditions peuvent varier et de légers ajustements sont requis. Le cas échéant :

Modifiez légèrement et de manière progressive le débit et la pression du gaz, Réglez la tension d'arc en augmentant ou en diminuant par palier de un volt selon les besoins, Réglez la vitesse de coupe par palier de cinq pour cent voire moins jusqu'à amélioration.

### III.4-Angle de coupe :

#### III.4.1-Angle de coupe négative :

Si les dimensions supérieures d'une pièce sont plus grandes que les dimensions inférieures, vous obtenez un angle de coupe « négatif ». Les causes de ce phénomène sont les suivantes :

- une torche mal alignée,
- un matériau coudé ou déformé,
- des consommables usagés ou endommagés,
- une tension d'arc faible et/ou,
- une vitesse de coupe trop faible.



Figure 3.9 : Angle de coupe négative.[12]

#### III.4.2-Angle de coupe positive :

Lorsque les dimensions supérieures sont inférieures aux dimensions inférieures, vous obtenez un angle de coupage « positif ». Les causes de ce phénomène sont généralement les suivantes :

- une torche mal alignée.
- un matériau coudé ou déformé.
- des consommables usagés ou endommagés.
- une tension d'arc élevée.
- une vitesse de coupage trop élevée, et/ou.
- des réglages de l'ampérage inadéquats.
- Planéité de coupage



Figure 3.10 : Angle de coupe positive.[12]

### III.4.3-Arrondi supérieur et inférieur :

Ce phénomène survient uniquement lors de la découpe de matériaux plus fins, moins d'1/4 de pouce (6 mm) d'épaisseur. Les causes de ce phénomène sont généralement la surtension de la matière ou l'utilisation d'un ampérage trop puissant pour l'épaisseur du matériau.



Figure 3.11 : Arrondi supérieur et inférieur.[12]

### III.4.4-Caniveau sur le rebord supérieur :

Quand les côtés de la surface de coupe sont incurvés vers l'intérieur, cela signifie que la torche était trop près du matériau lors du coupage. Ce phénomène se produit lorsque la tension d'arc est trop faible pour l'épaisseur du matériau travaillé.

Rugosité induite du procédé :

Si vous constatez des irrégularités constantes dans la surface de découpe pouvant apparaître uniquement sur un axe, cela est probablement dû au procédé. Les éventuels problèmes comprennent

- Des consommables usagés ou endommagés et/ou Un débit de gaz trop élevé.
- Suivant le type de métal à couper, une certaine rugosité est prévisible.
- La rugosité définit la texture de la face coupée (la coupe n'est pas lisse).
- Aluminium
- Partie supérieure Air/Air
- Idéal pour les matériaux fins de moins de 3 mm (1/8 po).
- Partie inférieure : H35/N2
- Excellente qualité des bords

-Acier doux :

Partie supérieure Air/Air

- Coupe nette
- Dureté de la surface accrue

Partie inférieure : O2

- Qualité exceptionnelle des bords



Figure 27 : résultats sur l'aluminium. [12]



Figure 3.12 : résultats sur l'acier doux. [12]

### **III.5-Asperites induites par la machine :**

Lorsque les irrégularités de surface ne sont pas constantes, et souvent confinées à un axe, cela vient peut-être du mouvement de la machine. Les causes de ce phénomène peuvent être les suivantes :

- Rails, roues, crémaillère et/ou pignon sales.
- Rails non alignés
- Roues ou roulements usés, endommagés ou desserrés.

La Scorie Lorsque le scorie apparaît nombreux sont les facteurs pouvant affecter ses performances. Les systèmes de plasma modernes présentent une gamme assez large de découpe sans scorie. Par conséquent lorsque vous voyez de la scorie se former sur vos pièces, c'est le signe que quelque chose se passe mal. Il existe diverses variétés scorie, à savoir scories à grande vitesse, scorie à faible vitesse et scorie sur bord supérieur.[12]

#### **III.5.1-La scorie à grande vitesse :**

Lorsqu'il y a peu de scorie, mais que celui-ci apparaît soudé ou sous forme de perle sur la surface inférieure de la coupe, cela signifie généralement que la vitesse de coupe est trop rapide. Ce type scorie est difficile à enlever et peut nécessiter du meulage. Elle s'accompagne souvent de lignes en forme de S qui indiquent également que la vitesse de coupe est trop élevée. Regardez également la tension d'arc pour vérifier qu'elle n'est pas trop élevée.

#### **III.5.2-Scorie a faible vitesse :**

Scorie à faible vitesse forme des perles épaisses sur la surface inférieure de la coupe qui restent assez faciles à enlever. Essayez d'accélérer la vitesse et/ou de régler la tension d'arc à une valeur plus élevée pour augmenter la hauteur de la coupe.

#### **III.5.3-Scorie sur le bord supérieur :**

Elle apparaît comme des projections sur la surface des pièces et est généralement facile à enlever. Elle est le plus souvent associée à une coupe trop rapide, ou à une tension d'arc trop élevée.

#### **III.5.4-Scorie Intermittente :**

Si l' la scorie n'est pas homogène, qu'elle apparaît sur la partie supérieure ou inférieure de la pièce, vérifiez que les consommables ne sont pas usés.

Autres facteurs pouvant avoir un impact sur l'scorie :

Certains autres facteurs, le plus souvent liés au matériau en lui-même, peuvent affecter la formation de l'escorie. Ces facteurs incluent la température de la matière, l'état de la surface, présence importante de calamine ou de rouille, ainsi que la composition du matériau. Par exemple, les alliages qui contiennent des taux élevés en carbone formeront typiquement davantage d'escorie.

### **III.5.5-Bavures :**

#### **A -Bavure de vitesse élevée :**

Une petite nervure linéaire de matériau fondu se colle et durcit le long du bord inférieur de la coupe (de plus, des traînées en forme de S sont présentes ; la bavure est difficile à supprimer et nécessite un meulage).



Figure 3.13 : Bavure de vitesse élevée.[12]

#### **B -Bavure de vitesse réduite :**

Une accumulation de matériau fondu de forme globulaire se colle et durcit le long du bord inférieur de la coupe (des traînées verticales peuvent être présentes ; la bavure est facile à supprimer et s'écaille en grandes plaques).



Figure 3.14 : Bavure de vitesse réduite [12]

#### **C - Projection de soudure sur la partie supérieure :**

Une petite projection de soudure de matériau fondu s'agglutine sur les bords supérieurs de la coupe (en règle générale, cette projection, très fréquente pour les systèmes plasma d'air, est sans conséquence).



Figure 3.15 : la partie supérieure.[12]

### **III.6-L'utilisation des systèmes plasma et chalumeau en industrie :**

Les usages appropriés pour l'oxycoupage plasma :

Quels matériaux et quelles épaisseurs conviennent le mieux au coupage plasma chalumeau ?

Tous les métaux électriquement conducteurs :

Plus couramment l'acier au carbone, l'acier inoxydable et l'aluminium.

Les systèmes plasma manuels peuvent couper des matériaux allant de très minces jusqu'à 2" (50.8mm) d'épaisseur, en fonction de leur capacité, chose que non rencontre pas lors de l'usage du chalumeau se ci a dû la température de fusion.

Les systèmes plasma mécanisés à haute intensité sont capables de couper des matériaux dépassant 6" (15cm) d'épaisseur.

Le plasma peut couper des métaux sales, peints ou rouillés sans «travaux préliminaires» c'est-à-dire sans préparation de la pièce à tailler préalablement à toute coupe à effectuer. D'autres méthodes de coupage nécessitent souvent des travaux préliminaires, mais avec le plasma, tout ce dont vous avez besoin est un bon contact pour la mise à la terre.[5]

Les formes typiques des matériaux travaillés en coupage au plasma et chalumeau sont :

- Les plaques.
- Les tôles et feuilles de métal.
- Les tuyaux.
- Le métal déployé (grilles).

### **III.7-Applications courantes :**

Coupage – coupage classique au travers d'une pièce conductrice avec une torche manuelle ou une torche machine (automatisée).

Coupage en paquet – couper au travers de plusieurs plaques empilées l'une sur l'autre.

Coupage au gabarit – couper une pièce avec une forme ou un gabarit pour se guider.

Biseautage / Chan freinage – une technique de coupage qui produit un angle sur le bord du matériau coupé (pour joindre des bouts de tuyaux, par exemple).

Perçage – Amorcer une coupe en plongeant l'arc dans la pièce à tailler pour la traverser (au lieu d'amorcer la coupe à partir du bord de la pièce).

Gougeage – Enlever du métal de la surface sans sectionner la pièce en deux (pour préparer la pièce pour la soudure ou pour enlever une vieille soudure, par exemple).

Marquage – un procédé à faible intensité de courant utilisé habituellement pour inscrire des numéros de pièce ou des mots sur une pièce en enlevant une mince couche de cette pièce.[5]

### **III.8-Types d'industries utilisant des systèmes plasma et chalumeau :**

Fabrication générale (chaudières sous pression, etc.) et usinage (équipements de transformation alimentaire, routiers, fabrication de panneaux ou de réservoirs).

Maintenance d'installations et d'équipements : entretien ferroviaire, entretien de scierie, etc.

Construction d'édifices à charpente métallique : armature de murs et plafonds, fabrication de fermes de toit et de plancher, installation de toitures, de parements et de pontages.

Construction navale.

Fabrication et réparation de conteneurs :

Énergie : pétrole et gaz, forages en mer, pipelines.

Réparation et restauration de véhicules : remplacement de panneaux de plancher ou de carrosserie, réparation système d'échappement, réparation de châssis, enlèvement de supports.

CVCA / entrepreneurs en mécanique : fabrication et altération de conduits et de supports.

Réparation d'équipements agricoles : enlever les panneaux rouillés, chanfreiné, gouger de vieilles soudures pour le remplacement, fabrication avec métal déployé.

Fabrication d'ornements en métal :

Coupage, perçage et gougeage de formes irrégulières, travaillé avec l'aluminium, fabrication ornementale. [5]

### **III.9-Évaluation de la qualité d'une coupe :**

Pour évaluer la qualité de coupe Il y a trois principaux facteurs à considérer lorsque vient le temps d'évaluer la qualité d'une coupe :

La quantité de scories : c'est à dire la matière en fusion qui se ré-solidifie sur le dessus ou le dessous de la pièce coupée.

L'angle de la coupe : c'est à dire le degré d'angularité de la surface de la coupe.

La surface de la coupe : la surface de la coupe peut être concave ou convexe et peut avoir un fini de surface qui varie (autant en termes de rectitude qu'en termes de texture) ; le plasma manuel produit en général une surface de coupe plus rugueuse que le plasma mécanisé.

Les scories.

Il faut se souvenir que les scories sont des oxydes et du métal en fusion ré-solidifiés qu'adhèrent à la pièce au haut ou au bas de l'arête de coupe pendant le coupage thermique.

Il y a toujours une certaine quantité de scories engendrées lorsque l'on coupe au plasma air.

Une quantité excessive de scories est causée principalement par une vitesse de déplacement de la torche trop rapide ou trop lente pour le type de matériau coupé.

La vitesse de déplacement appropriée.



Lorsque vous coupez à la bonne vitesse, les étincelles devraient jaillir en dessous de la pièce taillée avec un léger angle de décalage derrière la torche de 15° à 30° par rapport à la verticale ceci est difficile à constater par vous-mêmes : il serait donc préférable d'avoir quelqu'un qui observe pour vous et vous donne l'information pendant que vous coupez.

Si les étincelles jaillissent par le haut, la torche se déplace alors trop rapidement ; ceci est parfois appelé une « queue de coq ».

Si les étincelles surgissent en dessous de la coupe, mais plus près de la verticale que recommandé, alors ceci veut dire que la torche se déplace trop lentement.

La vitesse de déplacement appropriée (suite). Les lignes de traînée sur la face de coupe indiquent si votre vitesse était appropriée ; les lignes de traînée ont l'apparence d'une courbe en « s » sur la face de coupe. Voici comment mesurer l'angle des lignes de traînée :

Choisissez un endroit à peu près au milieu de votre coupe. Tracez une ligne droite verticale. Ceci sera votre ligne de référence. Ensuite, trouvez la ligne de traînée qui commence dans le haut de votre ligne verticale. Tracez une ligne droite entre le début et la fin de cette ligne de traînée.

Utilisez un rapporteur d'angle pour mesurer cet angle. Vos lignes de traînée devraient idéalement se situer entre 15° et 30° de la verticale.

\_Minimiser les scories de basse vitesse :

Les scories de basse vitesse se forment lorsque la vitesse de coupage de la torche est trop lente et que l'arc se trouve ainsi à pointer vers l'avant.

Cela forme généralement au bas de la coupe un important dépôt plein de bulles de gaz pouvant être enlevé assez facilement.

Si ceci apparaît, augmentez la vitesse de coupe.

\_Minimiser les scories de haute vitesse :

Les scories de haute vitesse se forment lorsque la vitesse de coupage de la torche est trop rapide et que l'arc se trouve à décaler vers l'arrière.

Ces scories ont la forme d'un mince cordon linéaire de métal solide déposé très près de la coupe celui-ci est soudé au bas de la coupe et est très difficile à enlever.

Si ceci apparaît, ralentissez la vitesse de coupe ou diminuez la distance torche-pièce

Quelques notes à propos des scories.

Les scories sont davantage susceptibles de se former sur du métal chaud ou brûlant que sur du métal froid. Donc, la première d'une série de coupes est celle qui produit habituellement le moins de scories. Au fur et à mesure que la pièce s'échauffe, une plus grande quantité de scories pourrait s'accumuler au fil des coupes suivantes.

L'acier au carbone est plus sujet à produire des scories que l'aluminium ou l'acier inoxydable.

Des consommables usés ou endommagés peuvent aussi générer des scories.

Angle de coupe ou de biseau.

Idéalement, vous voulez avoir à la fin des coupes « d'équerre », c'est à dire qu'il n'y a pas d'angle sur les faces de coupe.

Nous avons mentionné plusieurs fois préalablement que « le blindage vous permet de traîner la torche directement sur la surface de la pièce, car la distance torche-pièce adéquate est intégrée dans celui-ci » - voici donc une autre façon d'illustrer ce que cela signifie : le blindage garantit que la partie de l'arc qui fait la coupe soit celle qui est la plus d'équerre possible.

De par sa forme, l'arc possède un angle, tel que montré sur la diapositive.

Un angle de coupe (ou un biseau) positif survient quand plus de matériel est enlevé du haut de la coupe que du bas.

Un angle de coupe négatif survient quand plus de matériel est enlevé du bas de la coupe.

Il faut prendre note que la meilleure qualité de coupe se trouve toujours du côté droit par rapport à la direction de déplacement de la torche : ceci est dû au fait que l'arc tourbillonne dans le sens horaire (lorsque observé du haut), donc il est le plus chaud et le plus dense au moment de sortir de la face de coupe de droite.

### **III.10-Rectitude de la surface de coupe :**

La surface de coupe plasma typique est légèrement concave, Surface de coupe fortement concave :

- Une surface de coupe fortement concave survient lorsque la distance torche-pièce est trop faible, dans ce cas on augmente la distance torche-pièce pour rectifier la surface de coupe

Surface de coupe fortement convexe :

- Une surface de coupe fortement convexe survient lorsque la distance torche-pièce est trop grande ou lorsque le courant de coupage est trop élevé.

### **III.11-Etude comparative entre le chalumeau et le plasma :**

La découpe est utilisée dans des domaines d'application très variés et le choix du procédé prend en compte plusieurs critères que les entreprises recherchent à optimiser en permanence.

Une étude comparative a été réalisée sur deux technologies de découpe :

L'oxycoupage et le plasma. Ces technologies ont été comparées en termes de vitesse, qualité de découpe (rugosité, dépouille, ZAT, vitesse de coupe) et tolérance dimensionnelle moyens.

Les essais ont été réalisés sur 3 matériaux : aluminium, inox 304L et acier A36. Chaque matériau a été testé en 3 épaisseurs différentes.

Ces tests de découpe en oxycoupage et plasma ont été réalisés chez Air Liquide Welding avec le concours du C.T.A.S (Centre Technique des applications du Soudage) à Saint Ouen l'Aumône, 95 Paris.

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 cas des procédés à hautes températures (Oxycoupage, plasma) a été ajouté : la ZAT (zone affectée thermiquement).

### III.11.1-Les Résultats sur Aluminium :

Pour découper en oxycoupage plasma des épaisseurs supérieures à 10mm, une machine de plus forte puissance est nécessaire (les données ici correspondent à une Trumpf 4KW). Cependant, il faut tenir compte du prix d'une installation plasma.

Pour les 2 procédés utilisés, la ZAT reste inférieure à 100µm dans les 3 épaisseurs (4, 8 et 10mm).

#### A -Rugosité (Ra) :

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



Figure 3.16 : résultat plasma. [12]



Figure 3.17 : résultat chalumeau. [12]

#### B -Dépouille :

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



Figure 3.18 : dépouille de plasma[12]

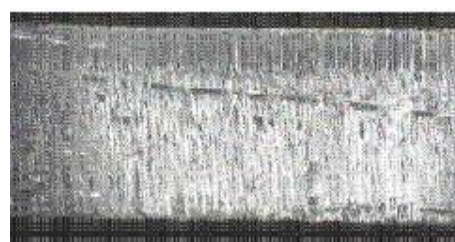


Figure 3.19 : dépouille de chalumeau [12]

#### C - 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.



Figure 3.16 : ZAT (plasma). [12]

Figure 3.17 : ZAT (chalumeau)[12]

Ces modifications dépendent du matériau, du procédé et des paramètres de découpe, la découpe se fait par oxydation localisée .Ce procédé utilise une flamme de chauffe pour l’amorçage et l’entretien de la coupe (l’acétylène est le gaz le plus couramment utilisé) et un jet d’oxygène pur (99.5%) servant découpe centrale.

**D - Vitesse de découpe :**

Les vitesses de découpe du chalumeau restent très en dessous de celles des autres procédés. Cependant ce procédé donne un état de surface moyen en termes de rugosité avec des bavures et donne une tolérance dimensionnelle acceptable.

Dans le cas des faibles épaisseurs (~4mm), le plasma est le plus performant en terme de vitesse avec un état de surface similaire.

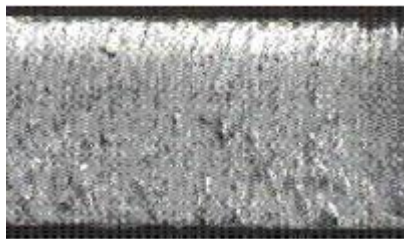


Figure 3.18 : résultat sur l’aluminium (Ch) [12]



Figure 3.19 : résultat sur l’aluminium.[12] (Pl)

**III.11.2-Performance par procédé : [12]**

Procède	Plasma	Chalumeau
Vitesse	Green	Yellow
Qualité	Green	Yellow
Forme complexes	Red	Green
e<10 mm	Green	Yellow
e>10mm	Green	Red

Moyen      Faible Elevée

**III.12 : Inconvénients du procédé :**

- Les pièces oxycoupées ne peuvent pas être soudées directement, on doit avoir recours à un usinage préalable pour éliminer la croûte oxydée.
- Il est difficile de découper de faibles épaisseurs, risque de chauffer fortement la pièce ce qui provoque des déformations importantes.
- Procédé pas adapté à la découpe des formes complexes.
- procédé Réservé à la découpe des aciers non et faiblement alliés entre 3mm et 300mm d'épaisseur.

Le jet est généré par l'arc électrique entre une électrode en tungstène, hafnium ou zirconium intérieure à la torche de coupe et la pièce. Le mélange entre les gaz plasmagènes s'ionise et forme le plasma en sortie de torche, le pouvoir calorifique du jet d'environ 20000 à 25000°C en son centre provoque une fusion instantanée qui se propage dans toute l'épaisseur de la pièce.

Par rapport à la découpe laser, le plasma permet de découper des épaisseurs plus importantes en acier inoxydable qu'en acier non allié à puissance égale. Ceci rend le plasma très attractif pour les aciers inoxydables.

La technologie DUALGAZ d'Air Liquide consiste à utiliser un mélange gazeux en fonction du matériau et de son épaisseur. Cette technologie permet d'optimiser la qualité de coupe en fonction du matériau à découper.

Vitesses de coupe importantes (2.4m/min pour l'acier d'épaisseur=8mm, 2m/min pour l'aluminium e= 10mm et 1.2m/min pour l'inox e= 8mm).

Très performant pour la découpe des aciers avec faible dépouille: inférieure à 1deg pour l'acier entre 8 et 30mm d'épaisseur.

Non adapté pour la découpe de formes complexes.

Convient aux Aciers non alliés et faiblement alliés ( $0.6 < e < 40$ mm)

Convient aux Acier inoxydables ( $0.8 < e < 110$ mm)

Convient aux Aluminium et ses alliages ( $0.8 < e < 110$ mm)

Convient à Tous les matériaux conducteurs.[10]

### **III.13-Etude comparative des procédés de coupe de forte épaisseur :**

L'oxycoupage, le plasma, le laser ou le jet d'eau ?

#### **III.13.1-introduction :**

Il existe de nombreux procédés de découpe des tôles d'acier doux. Certains conviennent à l'automatisation contrairement à d'autres. Certains conviennent à des tôles plus fines et d'autres des plus épaisses. Certains procédés sont plus rapides que d'autres. Il existe aussi une divergence de coûts et de précision. Cet article aborde rapidement les quatre procédés principaux utilisés sur les machines

de coupe en forme CNC. Il compare les points forts et points faibles de chaque procédé puis donne quelques critères à étudier afin de décider celui qui conviendra le mieux à votre application.

### **III.13.1.1-Découpe à l'oxycoupage :**

La découpe à l'oxycoupage, ou la découpe à la flamme est de loin le procédé le plus ancien pouvant être utilisé sur l'acier doux. Il est généralement perçu comme un procédé simple, son équipement et ses consommables sont relativement bon marché. Une torche d'oxycoupage est capable de couper des tôles très épaisses. Elle est principalement limitée par la quantité d'oxygène pouvant être fournie. Il n'est pas rare de pouvoir couper 36 voire 48 pouces d'acier à l'aide d'une torche d'oxycoupage. Toutefois, lorsqu'il s'agit de coupe modèle de plaque d'acier, la grande majorité du travail est effectuée sur des plaques de 12 pouces d'épaisseur maximum.

Lorsqu'elle est bien réglée, une torche d'oxycoupage découpe une surface lisse et carrée. Une faible quantité de scorie se forme sur le bord inférieur, et le bord supérieur n'est que très légèrement arrondi par les flammes de préchauffe. Cette surface convient parfaitement à de nombreuses applications sans traitement supplémentaire.

L'oxycoupage est idéal pour les tôles d'une épaisseur supérieure à 2,5 cm. Il peut être utilisé sur toutes les épaisseurs inférieures jusqu'à 0,25 cm d'épaisseur mais avec difficulté. Il s'agit d'un procédé relativement lent frôlant les 50cm par minute sur un matériau de 2,5 cm. Un des autres avantages de l'oxycoupage est que vous pouvez utiliser facilement plusieurs torches à la fois, augmentant ainsi votre productivité

### **III.13.1.2-Coupage plasma :**

Le coupage plasma est un excellent procédé pour la découpe des tôles en acier doux, offrant des vitesses bien plus élevées que le coupage à l'oxycoupage, au détriment de la qualité des bordures. C'est pourquoi le plasma est délicat. Selon le courant découpage, en général, la qualité des rebords est idéalement comprise entre 0,25cm et 3,8cm. La perpendicularité générale des rebords commence à en pâtir lorsque la plaque est très fine, ou à l'inverse très épaisse (hors de la plage mentionnée), même si l'homogénéité des rebords et les performances de l' scorie restent assez bonnes.

L'équipement au plasma peut être onéreux comparé à une torche d'oxycoupage, car un système complet exige une alimentation, un refroidisseur d'eau (sur les systèmes supérieurs à 100 A), une commande de gaz, des têtes de torche, des flexibles et câbles et la torche elle-même. Toutefois, la productivité accrue du plasma vs l'oxycoupage rentabilise en un rien de temps le coût du système.

Vous pouvez effectuer de la découpe au plasma avec plusieurs torches à la fois, mais le facteur coût supplémentaire est généralement limité à deux torches. Toutefois, certains clients optent pour

trois voire quatre systèmes plasma sur une machine. Il s'agit généralement de fabricants de produits haut-de-gamme qui découpe un gros volume des mêmes pièces sur des lignes de production.

#### **III.13.1.3-Découpe au laser :**

Le procédé de découpe laser convient à la découpe de l'acier doux d'une épaisseur variant d'environ 3,2 cm. Au-delà d'une barrière d'un 2,4 cm, tout doit être correct pour fonctionner avec fiabilité y compris le matériau (acier qualité laser) pureté du gaz, état de la tuyère, qualité du faisceau.

Le laser n'est pas un procédé très rapide, car sur l'acier doux il s'agit tout simplement d'un procédé de combustion qui utilise l'extrême chaleur d'un faisceau laser ciblé au lieu d'une flamme à préchauffage. Par conséquent, la vitesse est limitée par la vitesse de la réaction chimique entre le fer et l'oxygène. Le laser reste toutefois un procédé très précis. Il crée une largeur d'entaille très fine, et par conséquent, il peut découper des contours très exacts et des petits trous très précis. La qualité du rebord est généralement très bonne, avec des entailles et lignes extrêmement petites, des rebords très carrés et très peu, voire aucune scorie.

L'autre avantage du procédé laser est sa fiabilité. La durée de vie du consommable est très longue et l'automatisation de la machine excellente, si bien que de nombreuses opérations de découpe pourraient être effectuées dans le noir. Imaginez une situation où vous n'auriez qu'à : charger une plaque de 10' x 40' de 1/2" d'acier sur la table, appuyer sur le bouton démarrer, et puis le soir, rentrer chez vous. Le lendemain matin, vous trouverez des centaines de pièces coupées et prêtes à être déchargées.

Étant donnée la complexité du transport de faisceau, les lasers au CO<sub>2</sub> ne permettent pas de découper avec plusieurs torches sur la même machine. Toutefois, grâce à des fibres laser, il est possible de découper avec plusieurs têtes.

#### **III.13.1.4-Découpe au jet d'eau :**

La découpe au jet d'eau permet d'obtenir une bonne découpe de l'acier doux et de donner une découpe lisse et extrêmement précise. La précision de la découpe au jet d'eau peut dépasser celle de la découpe au laser car les bords sont plus lisses et ne sont pas déformés par la chaleur. Par ailleurs, le jet d'eau n'implique pas de contrainte d'épaisseur contrairement à la découpe laser et plasma. La limite pratique de la découpe au jet d'eau se situe autour de 15 à 20cm, étant donnée le temps nécessaire pour couper cette épaisseur et la tendance du jet d'eau à dévier.

L'inconvénient de la découpe au jet d'eau est son coût de fonctionnement. Les coûts des équipements de départ sont généralement un peu plus élevés que ceux du plasma car une pompe à multiplicateur coûte cher. Toutefois, ils ne sont pas aussi élevés que ceux des équipements laser.

Malgré tout, le prix par heure de la découpe au jet d'eau est bien plus élevé, d'abord à cause du coût des grenats abrasif qui rentre dans la découpe.

La découpe au jet d'eau permet de découper à l'aide de plusieurs têtes, action pouvant même être effectuée à l'aide d'une seule pompe à multiplicateur. Toutefois, chaque tête de découpe supplémentaire exige un débit d'eau supplémentaire qui requiert soit une pompe plus grande, soit un orifice plus petit.

Critères de décision

### **III.13.2- critères Sur quels on doit se baser pour décider du procédé à utiliser**

#### **A-Epaisseur :**

- L'épaisseur du matériau est inférieure à 0,20 cm, utilisez le laser.
- L'épaisseur du matériau est inférieure à 0,31cm, utilisez le plasma ou le laser.
- L'épaisseur du matériau est inférieure à 0,63cm, utilisez le jet d'eau, le plasma ou le laser.
- L'épaisseur du matériau est supérieure à 20cm, utilisez l'oxycoupage
- L'épaisseur du matériau est supérieure 5cm, utilisez l'oxycoupage ou le jet d'eau.
- L'épaisseur du matériau est supérieure à 3,17cm, utilisez le plasma, l'oxycoupage ou le jet d'eau.

#### **B - Précision et qualité des bords :**

- Acceptez-vous la qualité des bords découpés au plasma ? La plupart des produits fabriqués à partir de plaques d'acier peuvent tout à fait être soudés au plasma.
- Acceptez-vous la zone thermiquement affectée de l'oxycoupage du plasma ou du laser ? Sinon, utilisez le jet d'eau.

#### **C - La productivité ou le coût**

- Si le taux de production est le facteur le plus important, évitez la découpe au jet d'eau.
- Si un faible investissement de départ et des coûts de fonctionnement réduits sont les facteurs les plus importants, intéressez-vous plutôt à l'oxy-gaz.

.

#### **D -Outils multiples**

Actuellement les pièces permettent une découpe à 2 ou 4 torches voire plus L'oxycoupage devient alors plus intéressant que le coupage plasma ou laser. La découpe à plusieurs torches plasma est possible, mais devient onéreuse lorsqu'il s'agit du premier investissement pour l'ensemble de cet équipement. Grâce à la découpe au jet d'eau, plusieurs tuyères peuvent être utilisées avec une seule pompe à multiplicateur si cette dernière présente un débit suffisamment élevé pour soutenir plusieurs têtes. La découpe laser se limite traditionnellement à une seule tête de découpe. Aujourd'hui, la fibre laser ouvre la porte à la découpe à plusieurs têtes.



## **E - La découpe multi-procédée**

La découpe multi-procédée, ou l'utilisation de deux procédés de découpe sur la même pièce, est une notion qui sème le trouble dans les calculs de coûts. Les procédés que la logique associe le plus sont la découpe au jet d'eau et au plasma, ou la découpe au jet d'eau et à l'oxycoupage. Grâce à la nouvelle technologie de fibre optique, il est désormais possible d'associer le laser au plasma ou le laser à l'oxycoupage. L'avantage de la découpe multi-procédés, c'est de pouvoir utiliser le procédé le plus lent et le plus précis pour les contours, et de basculer sur le procédé le plus rapide et économique pour les autres parties. Le résultat produit des pièces avec toute la précision nécessaire, à un coût bien plus faible que si vous aviez utilisé le procédé haute précision pour couper l'ensemble de la pièce.

En fin La plage d'épaisseur associée aux fonctionnalités de ces quatre procédés rend le choix difficile pour n'importe quelle pièce d'acier doux. Par conséquent, les fabricants ou les centres de services spécialisés dans l'acier qui ont besoin de découper un large panel de matériaux finissent par acquérir des machines équipées d'au minimum deux procédés de coupage. Parfois, le seul moyen de trouver le meilleur procédé pour une pièce en particulier c'est de les tester tous afin de constater celui qui fonctionne le mieux.

# Etude Pratique

## Chapitre IV

**Chapitre IV : réalisation de deux pièce au procédé  
chalumeau et plasma au niveau de l'unité**

**PROMECH ANNABA**

## Partie pratique (expérimentale)

### Chapitre IV : réalisation de deux pièces au procédé chalumeau et plasma au niveau de l'unité Promech Annaba

#### IV.1-Introduction :

Dans le domaine de fabrication mécanique comme partout ailleurs une commande doit faire l'objet d'une consultation du secteur chargé de réaliser le travail demandé à savoir la disponibilité de la matière, la machine qui doit réaliser le travail demandé, les outils et les accessoires nécessaires, étude de la gamme opératoire, rentabilité point vu technique et économique et délais et condition de livraison.

Les différentes étapes sus citées sont à la charge du bureau de méthode qui est tenu de respecter le côté technique et économique et de même les délais de livraison, modalités de paiement, et les normes de qualité.

Lors de notre stage pratique il nous a été demandé de faire une étude comparative technico-économique entre le découpage au plasma et le découpage au chalumeau.

La pièce à réaliser représente un support de réservoir de gaz qui passe par différentes étapes et secteurs tels que soudure contrôlée...

Notre présence au sein de l'entreprise nous a permis d'évaluer le prix du réservoir qui est estimé au montant d'un milliard de dinars là où on a pu avoir une image réelle du côté économique du projet qui est basé sur les deux variantes essentielles sur lesquelles est basé l'étude de notre projet.

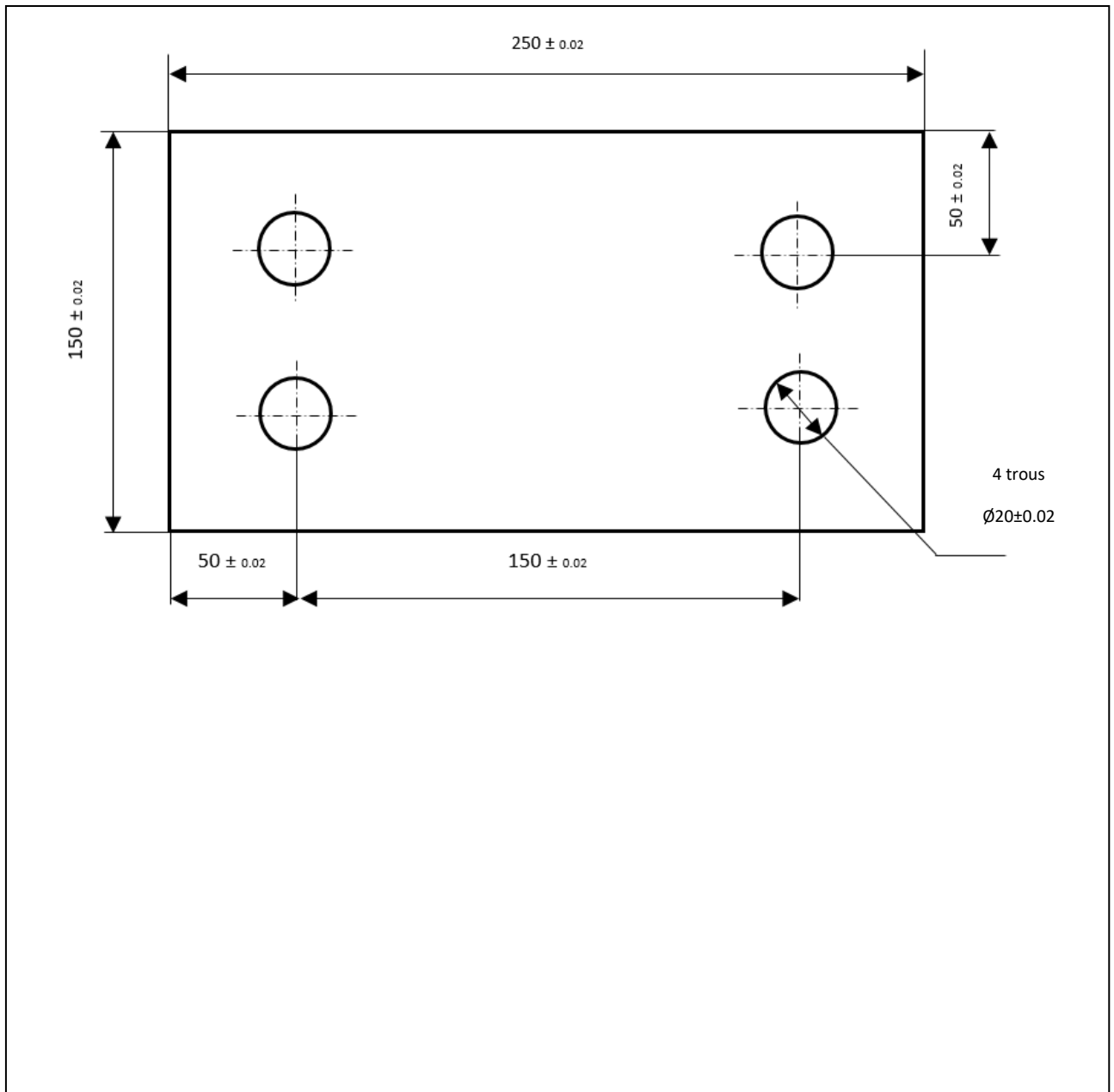


Figure 1 : Projet du réservoir pour gaz à réalisé (mécano soudure des tôles)

Dans ce contexte on a procédé à la réalisation de deux pièces support identiques par les deux variantes de coupe, la première par chalumeau la deuxième par plasma.

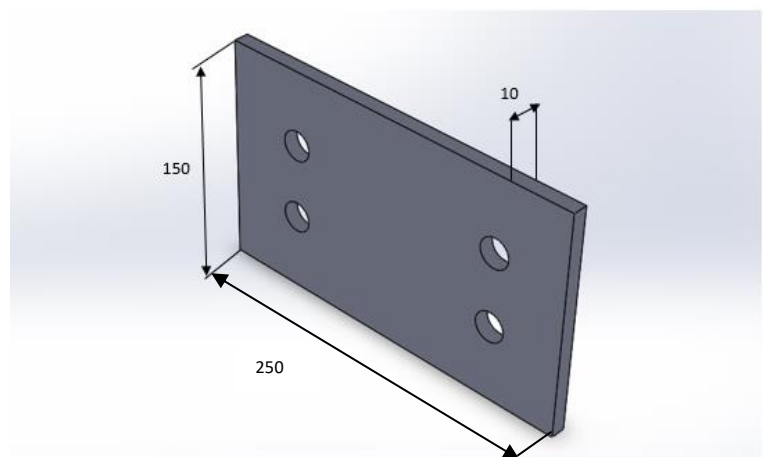
Les deux pièces en question font l'objet de la même gamme opératoire.

## IV.2-Dessin de définition de la pièce à réaliser



## IV.3 -Vue en 3D de la pièce

Réalise au solide Works



#### **1V.4- Programme de la pièce réalise au plasma par le logiciel lantek expert :**

**PROGRAMME plasma :**

**%**

**P2073**

**N5 G160 X1 Y1**

**N10 G09**

**N15 G90**

**\*N20 IF P197=1 GO 30**

**N25 G92 X=P184 Y=P185**

**\*N30 P186 K1 E1**

**N40 G53 H0**

**\*N45 IF P198>0 GO P198**

**\*N50 IF P199>0 GO P199**

**\*N55 P198=60**

**\*N60 P198=65**

**N65 S11000 T00**

**N70 Q999991**

**N75 G0 X60 Y-110**

**N80 G41 D1**

**N85 M4 G4 F20**

**N90 G3 X70 I5 J0**

**N95 G3 X70 I10 J0**

**N100 G3 X70 I10 J0**

**N105 M3 G4 F20**

**N110 G4**

**N115 G4**

**N120 G10**

**\*N125 P198=130**

**N130 S11000 T00**

**N135 Q999991**

**N140 G0 X60 Y-60**

**N145 G41 D1**

**N150 M4 G4 F20**

**N155 G3 X70 I5 J0**

**N165 G3 X50 I-10 J0**

N160 G3 X70 I10 J0  
N170 M3 G4 F20  
N175 G4  
N180 G4  
N185 G10  
\*N190 P198=195  
N195 S11000 T00  
N200 Q999991  
N205 G0 X 210 Y-60  
N210 G41 D1  
N215 M4 G4 F20  
N220 G3 X220 I5 J0  
N225 G3 X200 I-10 J0  
N230 G3 X220 I10 J0  
N235 M3 G4 F20  
N240 G4  
N245 G4  
N250 G10  
\*N255 P198=260  
N260 S11000 T00  
N265 Q999991  
N270 G0 X210 Y-110  
N275 G41 D1  
N280 M4 G4 F20  
N285 G3 X220 I10 J0  
N300 M3 G4 F20  
N305 G4  
N315 G10  
\*N320 P98=325  
N325 S11000 T01  
N330 Q999991  
N335 G0 X270 Y-160  
N340 G41 D1  
N345 M4 G4 F20  
N350 G1 X260 Y-160  
N355 G1 X10 Y-160

N360 G1 X10 Y-10  
N365 G1 X260 Y-10  
N370 G1 X260 Y-160  
N375 G1 X260 Y-165  
N380 M3 G4 F20  
N385 G4  
N390 G4  
N395 G10  
\*N400 P198=0, P197=0  
N405 G40  
N410 G53 H0  
N415 M30

#### **1V.5- Programme de la pièce réalise au chalumeau par le logiciel lantek expert :**

**PROGRAMME chalumeau :**

%  
P00002072  
N2 G160 X1 Y1  
N4 G09  
N6 G90  
\*N8 IF P197=1 GO 12  
N10 G92 X=P184 Y=P185  
\*N12 p197=1  
N141 G186 K1 E1  
N16 G53 H0  
\*N18 IF P198>0 GO P198  
\*N20 IF P199>0 GO P199  
\*N22 P199=24  
\*N24 P196=26  
N26 S20001 T00  
N28 Q9999991  
N30 G0 X70 Y-120  
G32 G41 D1  
N34 M4 G4 F20  
N36 G1 X62.93 Y-112.93

N38 G3 X77.07 Y-127.07 I7.07.j-7.07  
N40 G3 X62.93 Y-112.93 I-7.07 J7.07  
N44 G4  
N46 G4  
N48 G4  
\*N50 P198=52  
N52 S20001 T00  
N58 G41 D1  
N60 M4 G4 F20  
N62 G1 X62.93 Y-62.93  
N64 G3 X77.07 Y-77.07 I7.07 J-7.07  
N66 G3 X62.93 Y-62.93 I-7.07 J7.07  
N68 M3 G4 F20  
N74 G4  
N10  
\*N76 P198=78  
N78 S20001 T00  
N80 Q999991  
N82 G0 X220 Y-70  
N84 G41 D1  
N86 M4 G4 F20  
N88 G1 X212.93 Y-62.93  
N90 G3 X227.07 Y-62.93 I7.07.J-7.07  
N92 G3 X212.93 Y-62.93 I-7.07 J7.07  
N94 M3 G4 F20  
N96 G4  
N98 G4  
N100 P198=104  
N104 S20001 T00  
N106 Q999991  
N108 G0 X220 Y-120  
N110 G41 D1  
N112 M4 G4 F20  
N114 G1 X212.93 Y-112.93  
N116 G3 X212.93 Y-117.07 I7.07 J-7.07  
N118 G3 X212.93 Y-112.93 I-7.07 J7.07



N120 M3 G4 F20

N122 G4

N124 G4

N126 G10

\*N128 P1298=130

N130S20001 T00

N132 Q999991

N134 G0 X0 Y-20

N136 G41 D1

N138 M4 G4 F20

N140 G1 X20 Y-20

N142 G1 X270 Y-20

N144 G1 X270 Y-170

N146 G1 X20 Y-170

N150 M3 G4 F20

N152 G4

N154 G4

N156 G10

\*N158 P198+0, P197=0

N160 G40

N162 G53 H0

N164 M30.

Notre étude comparative s'articule sur deux volets principaux à savoir le côté technique et le côté économique entre les deux procédés coupe au chalumeau oxycoupeur et coupe au plasma pratiqués dans l'entreprise promech.

#### **IV.6- Etude comparative technico-économique :**

##### **II.6.1- Etude technique**

###### **II.6.1.1. Procédé de coupe par plasma**

D'après le constat effectué sur la pièce réalisée par plasma nous constatons que le procédé nous donne une précision dimensionnelle et un bon état de surface avec facilité de manipulation de la pièce (pièce à froid), mais le plasma provoque une inclinaison en fonction de l'épaisseur de la pièce coupée sous l'effet de l'arc héliocoïdale.

Cette inclinaison apparaît également dans les trous, et c'est le plus grand défaut du plasma, dans ce cas-là on se trouve confronté à un problème de diamètre des trous ce qui peut nous créer des

complications lors de mise en place des organes de fixation couple vis-écrou. Les photos 2.3.4 photos réelles de la pièce coupée au plasma.



Figure 2 : état de surface Pièce usinée au plasma



Figure 3 : trou usiné au plasma



Figure 4 : l'inclinaison dans la limite de la pièce

### **III.6.1.2-Procédé de coupe par chalumeau oxycoupeur**

Alors que le chalumeau nous donne une coupe thermique et demande plus de temps avec un mauvais état de surface (les bavures). En plus d'un temps de refroidissement de la pièce.

Son avantage c'est de couper des fortes épaisseurs et donner une ligne de coupe directe alors que son rendement est faible lors de la coupe de faibles épaisseurs. Les photos 23, 24 photos réelles de la pièce coupée au chalumeau



Figure 5 : trou usiné au chalumeau.



Figure 6 : état de surface pièce usiné au chalumeau.

### III.6.2- Etude économique :

Lors de ce stage pratique en a procédé à deux essais de coupe de deux pièces identiques, une pièce au chalumeau et l'autre au plasma, les résultats sont les suivants :

Durée de coupe de la pièce au plasma :  $T_{pl} = 01 : 14 : 41 \text{ min.}$

Durée de coupe de la pièce au chalumeau :  $T_{ch} = 06 : 45 : 92 \text{ min.}$

Selon le programme de l'entreprise pour un volume de production en grandes séries 2000 pièces pour chaque variante.

Une étude comparative entre les deux procédés nous donne les résultats suivants :

#### A -Temps de réalisation de 2000 pièces au plasma

Pour la réalisation de 2000 pièces au plasma le temps nécessaire est:

$$01 : 14 : 41 \text{ min} * 2000 = 74 : 41 \text{ sec} \times 2000 = 148820 \text{ sec.}$$

Ce qui correspond à : 41 : 20 : 16 : 80 heure de travail (temps machine).

Sachant que l'entreprise travaille en un poste normale 08 heures par jour ce qui correspond à 07 heures par jour de temps machine alors le temps de réalisation de la commande s'étale sur 06 jours ouvrables.

Entre autre, il faut tenir compte du côté négative constaté et qui réside dans l'éventuelle détérioration de la tête de torche pendant le processus de coupe.





Figure 7 : Torches de coupe par plasma vue en coupe



Figure 8 : différents composants de la torche de coupe par plasma

De par notre expérience lors du stage et selon le témoignage des opérateurs de la machine le changement de la tête de torche ce fait en moyenne après le découpage 40 pièces ce qui influe économiquement sur le procédé de ce fait on doit calculer le nombre de tête à consommer pour la réalisation de la série de pièce

Nombre de têtes nécessaires pour réaliser 2000 pièces :  $2000 / 40 = 50$  têtes

Sachant que le prix d'une tête correspond à : 4200 DA

Donc les dépenses sur les têtes consommées reviennent à :  $50 \times 4200 = 210000$  DA



Figure 9,10 : référence entre le composant de la tête (nouvelle tête et une tête détérioré).

D'après les données du service commercial de l'entreprise Promech qui utilise le logiciel Lanteck

Expert dans sa comptabilité, le prix d'une pièce est évalué à :  $(1.926 \text{ €} \approx 262.23 \text{ DA})$ .

Le prix total pour fabriquer 2000 pièces revient alors à :  $2000 \times 262.23 = 524460 \text{ DA}$ ,

Mise à part les différentes charges tels que : gaz, électricité, les pannes éventuelles ...

### **B - Temps de réalisation de 2000 pièces au chalumeau**

Pour la réalisation de 2000 pièces au chalumeau le temps nécessaire est :

$$06 :45 :92 \text{ min} * 2000 = 405 :92 \text{ sec} \times 2000 = 811840 \text{ sec.}$$

Ce qui correspond à : 225 :30 :31 :60 heure de travail (temps machine).

Sachant que l'entreprise travaille en un poste normale 08 heures par jour ce qui correspond à 07 heures par jour (temps machine) alors le temps de réalisation de la commande s'étale sur 33 jours ouvrables.

Durant la procédure de coupe au chalumeau on utilise dans le moyen 1 tête de torche pour découper 200 pièces.

Nombre de têtes nécessaires pour réaliser 2000 pièces :  $2000 / 200 = 10$  têtes.

Sachant que le prix d'une tête correspond à : 4200 DA.

Donc les dépenses sur les têtes consommées reviennent à :  $10 \times 4200 = 42000 \text{ DA}$ .

Le prix total pour fabriquer 2000 pièces revient alors à :  $2000 \times 262.23 = 524460 \text{ DA}$ ,

Sans oublier les différentes charges telles que : gaz, électricité, les pannes éventuelles etc...

Le bénéfice c'est :  $524460 - 42000 = 482460 \text{ DA}$ .

Contrairement à la coupe au plasma la coupe au chalumeau nécessite un seul bec de chalumeau coupeur pour la réalisation du programme de 2000 pièces.

Le prix d'une pièce est évalué à :  $(1.926 \text{ €} \approx 262.23 \text{ DA})$ .

Le prix total de fabriquer 2000 pièces revient alors à :  $2000 \times 262.23 = 524460 \text{ DA}$ ,

Sans oublier les différentes charges tels que : gaz, électricité, les pannes éventuelles ...

**Résultats :**

En conclusion cette simulation démontre clairement qu'il y a une différence considérable du point de vue temps entre les deux procédés, alors on peut confirmer que le plasma est plus rapide ce qui veut dire que ce procédé est plus rentable économiquement.

**Discussion :**

Durant la période de formation on a remarqué le manque de sécurité, sachant que ces procédés fonctionnent à une température de 20000 C°, ce qui nous empêche de voir réellement ce qui se passe lors de la coupe sur tout le plasma dont le fonctionnement est très précis. Et une des choses qui nous a facilité le travail c'est le logiciel Lontek Expert qui a chiffré le dessin de définition en un programme de code N et G et qui est considéré comme une opération très précise ce qui exige une maîtrise parfaite et totale de la part de staff technique.

Notre séjour à l'entreprise nous démontre que le travail réalisé en tout point de vue est une partie minime du domaine industrielle, et que d'après les études et les calculs on arrive à avoir des résultats excellents en respectant les normes de qualité, le temps et le coût.

# Chapitre V

## Hygiène et sécurité



## Chapitre V : hygiène et sécurité

### V.1 : Introduction :

Le concept de sécurité n'a pas été découvert pendant l'avènement de l'ère industrielle. Il était inscrit dans le caractère de l'homme dès l'origine de l'humanité. Ainsi, l'homo sapiens avait le réflexe de s'éloigner du feu car l'expérience lui avait appris que celui-ci était dangereux pour lui. Il avait donc un réflexe de sécurité. Mais qu'est-ce que la sécurité ?

Selon le « Petit Larousse », sécurité se dit d'une situation où l'on n'a aucun danger à craindre. Cette définition générale, reposant sur le principe du risque zéro, n'est pas adaptée aux activités humaines (alimentation, transport, vie quotidienne, loisirs, etc.) où l'on parle de risque acceptable. Se référant à l'industrie et, plus particulièrement, au fonctionnement des procédés, la sécurité peut être définie comme l'aptitude d'un système à fonctionner en maîtrisant, à un niveau acceptable, les risques pour les personnes, les biens et l'environnement.

Cette introduction aborde en particulier différents points qui seront développés dans des articles spécialisés. Ils sont riches de recommandations et d'outils qui ont fait leur preuve. N'oublions pas le facteur clé du succès en matière de sécurité : toutes ces méthodes, ces outils, ces recommandations ne seront efficaces que si chaque personne, à tous les niveaux dans l'entreprise, s'implique personnellement dans ces actions.

Les chaudronniers, tôliers et tuyauteurs élaborent, à partir de métaux en feuilles de différentes épaisseurs, de tubes et de profilés, des pièces (châssis, carrosseries, cuves, coques, tuyauteries, conduites...) destinées à toutes les industries de construction métallique, navale, aéronautique, automobile, nucléaire, électrique, à la pétrochimie, à l'agro-alimentaire, à l'ameublement métallique.

La découpe des feuilles de métal, leur façonnage, leur assemblage, exigent l'utilisation de machines dangereuses et bruyantes (oxycoupeur, poinçonneuse, cisailleuses, presses, ...) : les accidents du travail provoqués par des blessures aux mains ou des corps étrangers dans les yeux sont très fréquents, ainsi que les troubles auditifs liés à des niveaux sonores élevés. Des procédés utilisant des produits chimiques (solvants de nettoyage, huiles de coupe), ou dégageant des fumées toxiques et émettant des rayons ultraviolets et infrarouges (soudage, oxycoupage) sont à l'origine d'affections respiratoires, oculaires et cutanées.

Par ailleurs, les contraintes physiques liées à de nombreuses manutentions de pièces encombrantes et/ou lourdes et à la station debout sont facteurs de pathologies musculo-squelettiques invalidantes. De plus, il faut prendre en compte les risques professionnels non spécifiques à la chaudronnerie et à

la tôlerie, liés aux chutes de plain-pied, à la possibilité des contacts avec des conducteurs électriques sous tension. Par des mesures de prévention appropriées, on peut réduire toutes ces expositions et diminuer fortement les risques professionnels dans les chaudronneries et tôleries : mise en place d'une organisation du travail adaptée, aménageant des postes et des lieux de travail, choix de machines ergonomiques et sûres, équipements individuels de protection adéquats, respect des règles d'hygiène au travail, information et formation à la sécurité des opérateurs... [13]

## **V.2 : Les principaux risques dans les chaudronneries et tôleries :**

Les chaudronniers, tôliers et tuyauteurs exercent leur métier dans des entreprises spécialisées de chaudronnerie, tôlerie, tuyauterie, mécano-soudage ou dans des chaudronneries intégrées dans des entreprises de construction métallique, navale, aéronautique, automobile, nucléaire, électrique, ...ou dans des entreprises de maintenance.

Le chaudronnier façonne les métaux en feuilles de forte épaisseur, supérieure à 4 mm, le tôlier façonne les métaux en feuille d'épaisseur plus faible et le tuyauteur travaille des profils tubulaires de différents diamètres. Les métaux en feuilles se travaillent à froid par déformation plastique en plusieurs étapes

- traçage puis découpage par oxycoupage, cisailage.
- mise en forme par pliage, cintrage, emboutissage, roulage,
- enfin assemblage par soudage ou parfois rivetage ou boulonnage pour les tôles,
- finition par meulage, martelage des pièces.

Dans toutes ces opérations, les travaux de chaudronnerie et de tôlerie utilisent des machines, des procédés et des produits chimiques qui les rendent très accidentogènes.[14]

### **V.2.1 : Les risques physiques dans les chaudronneries et tôleries :**

Risques mécaniques liés aux machines et outillages Les machines ont des organes en mouvement qui provoquent des risques de coupures aux doigts et/ou aux mains, d'écrasements des avant-bras, dus à l'introduction des membres supérieurs dans la zone de travail du métal, en particulier lors des mises en marche intempestives, des arrêts anormaux suite à une rupture d'énergie ou lors des nettoyages par exemple. Les contusions, écrasements, coupures par les machines lors de la découpe et de la mise en forme les pièces par pliage, cintrage ou emboutissage en fonction de la forme recherchée et du métal utilisé, sont les risques d'accidents le plus fréquent (main écrasée, doigts coupés...). Ils sont liés à l'emploi de machines dangereuses fixes ou mobiles ou à l'emploi d'outil à main tranchant ou contondant : cisaille et guillotine pour la découpe des tôles minces, presses mécaniques, pneumatiques, ou plieuses hydrauliques pour l'emboutissage des métaux en feuilles, coudeuse, cintruse, rouleuse, boulonneuse, tronçonneuse à disque, poinçonneuse, perceuse, riveteuse ... Par ailleurs, les vibrations main-bras de fréquences moyennes transmises aux membres supérieurs par les

machines-outils avec présentation de la pièce à la main ou par les machines-outils portatives sont responsables d'affections ostéo-articulaires (tendinites du coude, des poignets, de l'épaule), de troubles angioneurotiques se manifestant par la perte de dextérité manuelle, la diminution tactile des doigts, des fourmillements dans les mains intermittentes ou persistantes.[14]

### **V.2.2 : Risques auditifs :**

Les sources de bruits dans les ateliers de chaudronnerie et tôlerie sont nombreuses, créant un environnement bruyant du fait de toutes les machines et outils de frappe en fonctionnement (emboutissage, martelage, meulage, cisailage...).

Les niveaux de pression acoustique engendrés par les bruits des machines (sans insonorisation adaptée) dans ces ateliers peuvent dépasser 100 dB. En dehors des atteintes au système auditif (déficit auditif, acouphènes...) pouvant entraîner à la longue une surdité professionnelle, le bruit ambiant peut occasionner une gêne ou un stress vecteur de troubles du psychisme et de pathologies qui nuisent non seulement à la santé du travailleur mais aussi à la sécurité de son travail par baisse de vigilance et de dextérité ou de concentration.[14]

### **V.2.3 : Risques oculaires :**

Les assemblages effectués en utilisant divers procédés de brasage et soudage, l'oxycoupage de tôles épaisses, génèrent des rayonnements ultraviolets et infrarouges à l'origine de sévères affections oculaires :

- o Rayons UV (particulièrement importants dans le procédé TIG). Ces rayonnements induisent un risque d'érythème et de brûlures cutanées plus ou moins sévères, ainsi que des risques oculaires : kérato-conjonctivite, risque de « coup d'arc ». Celui-ci se traduit, après une période de latence, par un larmoiement, une sensation de brûlure oculaire, une photophobie.
- o Rayons thermiques IR émis par le métal en fusion : risque de cataracte et de brûlure rétinienne.
- o Lumière visible bleue : photophobie transitoire, lésions rétinienne, éblouissement et fatigue visuelle.

Les étincelles, les projections de particules de ferraille qui pénètrent dans l'œil, sont d'autres sources de risques oculaires.[14]

### **V.2.4 : Risques liés aux manutentions :**

Le port de lourdes charges, les contraintes posturales exigeantes du rachis, la station debout prolongée, sont à l'origine d'accidents de travail concernant la colonne vertébrale (dorsalgies, lombosciatiques) et les membres supérieurs (tendinites aux coudes et aux épaules). D'autre part, le port, le maintien ou le guidage des tôles peuvent occasionner des blessures, coupures

lors de la manutention de ces pièces au bord coupant. Par ailleurs, des particules de ferraille peuvent pénétrer dans la peau, avec surinfection potentielle.

Enfin, la cassure des élingues due à l'usure peut être à l'origine de chutes dangereuses de tôles. Autres risques physiques Chutes de plain-pied sur sol rendu glissant par les huiles répandues, inégal ou encombré, électrocution par contact direct (en particulier aux postes de soudage), ...[14]

### **V.2.5 : Les risques chimiques dans les chaudronneries et tôleries :**

Les fumées émises par les alliages métalliques liquides Toutes les fumées de métaux peuvent entraîner des pathologies respiratoires (toux, expectoration, essoufflement), particulièrement pour certains alliages avec des oxydes de métaux dangereux pour la santé (cadmium, chrome, cobalt, manganèse, nickel, ...) qui peuvent également être présents dans les fumées. Les fumées d'oxydes métalliques sont par ailleurs allergisantes et peuvent être à l'origine de véritables asthmes professionnels et d'urticaires. Les fumées de soudure sont irritantes ou toxiques : ces fumées, mélangées à de l'air chaud, sont formées, en proportion variable suivant le procédé, de gaz et de poussières .Les fumées de soudage sont responsables de diverses pathologies importantes. En cas d'inhalation massive d'irritants, on peut observer des effets respiratoires aigus (toux, dyspnée associées à une hyperactivité bronchique qui pourra alors persister plusieurs mois). Les effets respiratoires chroniques n'apparaissent qu'après une exposition régulière et prolongée aux poussières ou de fumées d'oxyde de fer (sidérose, asthme, broncho-pneumopathies chroniques Par ailleurs, les fumées de soudage sont répertoriées cancérigènes.[14]

### **V.2.6 : Les solvants organiques liquides :**

Les produits de nettoyage des pièces utilisés dans les tôleries sont essentiellement constitués d'hydrocarbures aliphatiques ou aromatiques, de solvants chlorés saturés ou insaturés. Lors de l'inhalation de ces vapeurs d'hydrocarbures, celles-ci pénètrent dans les poumons, traversent le tissu lipo-cutané et, par voie sanguine, se diffusent dans le corps entier et passent dans le sang, puis dans le cœur et le cerveau, avec des actions potentielles sur la moelle osseuse, et le système nerveux central. Enfin, certains hydrocarbures ou leurs dérivés sont mutagènes et cancérigènes. Les vapeurs d'hydrocarbures agissent principalement par inhalation et affectent des organes cibles divers : irritations des yeux et de la gorge, des organes respiratoires (asthme...), troubles cardiaques, digestifs (nausées...), du système nerveux, maux de tête, ... Les hydrocarbures liquides peuvent aussi détruire le film lipidique protecteur cutané et sont donc des irritants pour la peau avec un pouvoir nocif variable selon les compositions chimiques.[14]

### **V.2.7 : Les huiles de coupe :**

Les huiles de coupe sont utilisées pour la lubrification et le refroidissement des opérations et ont pour rôle aussi de limiter l'usure de l'outil, réduire les risques de grippage et empêcher la corrosion des métaux. Par contact cutané, les huiles de coupe sont susceptibles de provoquer des dermatites et dermatoses, le contact répété peut donner une acné professionnelle, les boutons d'huile et les huiles de pleine coupe (ou entières) usagées peuvent contenir des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) cancérogènes.

Des pathologies respiratoires (asthme et pneumopathies) dues aux réactions allergiques et aux bactéries présentes dans les brouillards et fumées de dégradation des huiles sont également possibles.[14]

### **V.3 : Recommandations pour les risques professionnels dans les chaudronneries et tôleries :**

Les ateliers des chaudronneries et tôleries doivent faire l'objet d'une analyse poussée des risques pour permettre la rédaction du Document Unique de Sécurité (Décret du 5 novembre 2001) en appréciant à la fois l'environnement matériel et technique (outils, machines, produits utilisés) et l'efficacité des moyens de protection existants et de leur utilisation selon les postes de travail. Les analyses de risques sont confiées à des spécialistes de la sécurité au travail (hygiéniste, ingénieur sécurité).

Les rapports d'intervention et de maintenance seront aussi intégrés à la documentation de sécurité au travail de l'entreprise et communiqués au médecin du travail et au CHSCT. Les salariés doivent être aussi informés à propos des produits dangereux mis en œuvre et formés aux pratiques professionnelles sécuritaires. La prévention la plus efficace est la prévention primaire avec la mise en place de technologies qui permettent des actions sur les produits (suppression ou emploi de produits de substitution de moindre impact potentiel sur l'homme) et/ou des actions sur les procédés (emploi de matériels ou de machines supprimant ou limitant au maximum les impacts, par de très faibles rejets atmosphériques, par de bas niveaux sonores...).

La prévention collective implique l'utilisation de machines munies de dispositifs de protection, de commande de sécurité et antibruit et de systèmes d'aspiration de poussières et de fumées qui permettent de réduire l'exposition des travailleurs, en particulier lorsque l'on ne peut pas remplacer des produits chimiques dangereux par d'autres pour des raisons techniques. Enfin, le port d'équipement de protection individuel (combinaison, gants, chaussures et lunettes de protection, masques, protection auditive...) est obligatoire pour réduire le risque d'exposition non totalement

éliminé par les mesures de protection collectives, ainsi que la présence d'installations et de matériel de premier secours.

Pour bien mettre en valeur la notion de sécurité au niveau de l'unité PROMECH ANNABA, afin d'assurer la protection du personnel de tous les maladies professionnelles on propose quelle que recommandations.

### **A : Une ventilation des lieux de travail adéquate**

La ventilation et l'aération des lieux de travail jouent un rôle essentiel pour limiter la concentration de l'ensemble des vapeurs dans l'air ambiant et les évacuer des lieux de travail, de façon à respecter les valeurs limites fixées par les réglementations et éviter ainsi les conséquences sur la santé des travailleurs. On procède par ventilation générale des ateliers et par aspiration continue à la source aux postes de travail.

La ventilation mécanique générale, extracteur d'air pour l'aspiration des vapeurs, doit assurer un renouvellement d'air en permanence afin de limiter les risques pour la santé, en évitant l'accumulation de vapeurs nocives et explosives, par extraction et soufflage : l'air est transporté dans le local par un ventilateur de soufflage et extrait du local par un ventilateur d'évacuation. L'extraction de l'air se fait grâce à un système de collecte par ces ventilateurs et des gaines de diffusion, réseau de conduits jusqu'aux filtres et aux épurateurs dans l'installation d'air soufflé qui permettent de nettoyer l'air, puis de l'évacuer à l'extérieur par rejet dans l'atmosphère. Les composants aérauliques comme les ventilateurs, les conduits doivent être accessibles et faciles d'entretien et de nettoyage. En particulier, les réseaux s'encrassent rapidement avec de filtres hors d'usage, une évacuation des condensats obstruée... L'entretien régulier du système de ventilation (nettoyage des conduits d'extraction, changement des filtres) est une condition indispensable de bon fonctionnement.

Ces dispositifs doivent être complétés par une ventilation avec extraction localisée des vapeurs, des fumées et particules métalliques, brouillards d'huile ... avec filtres, épurateurs ou autres collecteurs de poussières : par exemple, aspiration des fumées de soudage à la source, meuleuses à carter enveloppant reliées à une centrale d'aspiration. Les postes de soudage sont équipés de torches aspirantes pour le soudage semi-automatique MIG-MAG (soudage à l'arc avec fil-électrode fusible sous protection gazeuse inerte ou active), de buse d'aspiration pour le soudage à électrode enrobée et le soudage TIG (soudage à l'arc sous gaz argon avec électrode de tungstène réfractaire).

Pour mesurer l'efficacité des installations de ventilation, la mesure périodique des agents chimiques par prélèvements d'atmosphère et analyses des vapeurs, gaz, poussières est importante.

La valeur limite correspond à sa concentration dans l'atmosphère dans laquelle une personne peut travailler pendant un temps donné sans risque d'altération pour sa santé.

La Valeur Limite d'Exposition (VLE) est la concentration maximum à laquelle un travailleur peut être exposé au plus pendant 15 mn sans altérations physiologiques : ce critère a pour but d'éviter les effets immédiats sur l'organisme.

La Valeur Limite Moyenne d'exposition (VME) est la limite d'exposition d'un travailleur pour une exposition régulière de 8h par jour et de 40h par semaine : ce critère a pour objectif d'éviter les effets à long terme sur l'organisme.

La norme EN 481 concerne l'échantillonnage de poussières ou d'aérosols sur les lieux de travail et donne les caractéristiques des instruments à utiliser pour déterminer les concentrations. Les mesures et analyses peuvent être faites par l'employeur ou par un laboratoire extérieur et le respect des valeurs limites doit être vérifié au moins annuellement.

Si la valeur limite d'exposition est dépassée, cela permet d'imposer un arrêt temporaire d'activité pour remédier à la situation, puis il faut réaliser un nouveau contrôle sans délai. Ces rapports d'analyses métrologiques, d'intervention et de maintenance seront intégrés à la documentation de sécurité au travail de l'entreprise (Document Unique de Sécurité).

## **B : L'utilisation de machines et équipements adaptés**

Toute machine doit porter les avertissements, signalisations et dispositifs d'alerte indispensables pour assurer la sécurité des travailleurs afin de supprimer ou réduire au minimum les risques de coupure, d'entraînement, d'écrasement, de cisaillement. Cette identification doit être réalisées par des pictogrammes et couleurs normalisées. Les éléments de travail doivent être disposés, protégés, commandés ou équipés de façon telle que les opérateurs ne puissent atteindre la zone dangereuse (carters de protection des organes en mouvement, barrages immatériels avec détection à faisceaux optiques pour presse plieuse ...). Chaque machine doit être munie de :

Dispositifs d'arrêt d'urgence (boutons, câbles, barres) interrompant l'alimentation en énergie des actionneurs de façon sûre, clairement identifiables, accessibles et en nombre suffisant, permettant d'éviter les situations dangereuses en train de se produire.

Ecrans de protection et de sécurité des opérateurs : protecteurs (carter, couvercle, écran, porte, ...) fixés à l'aide de moyens imposant un outil pour leur démontage ou par des protecteurs mobiles (enceintes...) associés à un dispositif de verrouillage : tant que le protecteur n'est pas fermé, la

machine ne peut pas fonctionner. Avec un dispositif d'inter-verrouillage, le protecteur ne peut être ouvert tant que les fonctions dangereuses de la machine sont actives.

### **C : Interrupteurs et relais de sécurité.**

Barrières immatérielles de sécurité : des dispositifs électro-sensibles de détection de présence et /ou de mouvement verrouillent les mouvements des parties mobiles pendant la présence d'un opérateur, comme des barres sensibles ou des protections à capteurs photoélectriques.

La vérification de la mise en place, du bon état de la fonctionnement des protecteurs, des dispositifs de verrouillage ou d'inter-verrouillage et dispositifs de protection (arrêt d'urgence...) est fondamentale, pour assurer par exemple les consignes d'arrêt obligatoire, notamment lors des incidents et des opérations de maintenance, pour lesquelles une véritable procédure de consignation et déconsignation doit être mise en œuvre : en particulier, le cadenassage fait appel à des dispositifs d'isolation tels que les coupe-circuit, les cadenas et systèmes de cadenassage à distance. Les panneaux de signalisation seront choisis et disposés de façon à être perçus et compris facilement sans ambiguïté. Les machines et équipements doivent être conçues et fabriquées de façon à ce que les émissions sonores soient réduites au niveau le plus bas possible en application d'une directive européenne 2003/10/CE du 6 février 2003 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques liés au bruit. Par le choix ou l'achat de machines et par l'utilisation de procédés silencieux, les émissions sonores peuvent être maintenues à un bas niveau.

Les machines bruyantes doivent être munies de capots insonorisants et pour réduire les bruits transmis par les sols et les structures, des blocs anti-vibrations peuvent être placés entre la machine et la surface d'appui.

En ce qui concerne les locaux, les réflexions sur les murs entraînent une augmentation du niveau sonore dans le local et des mesures préventives de correction acoustique comme la mise en place d'un plafond ou faux-plafond absorbant, de cloisons amovibles recouvertes de produit anti-réverbérant à proximité des installations, réduisent à la fois le niveau sonore et protègent les postes de travail avoisinants.

Le respect des recommandations des constructeurs et un entretien régulier des installations sont des éléments essentiels pour limiter les risques accidentels et pour prévenir des émanations. Ainsi, l'utilisation et l'entretien des machines doivent être effectués par un personnel qualifié, spécifiquement formé.



Des machines utilisées de manière non conforme ou mal entretenues et non vérifiées périodiquement créent un risque supplémentaire : par exemple, protecteurs détériorés, système de freinage usé, fuites sur les circuits hydrauliques...

La protection anti-UV du personnel de l'atelier de soudage exige des écrans de soudage opaques de longueur suffisante pour la séparation des postes de travail, éventuellement muni de roulettes de grand diamètre facilitant son déplacement sur sol inégal. Ces écrans de soudage évitent que les autres travailleurs ne soient atteints par des projections de particules et par les rayonnements nocifs.

### **D : Une installation électrique conforme**

L'incendie peut provenir des équipements électriques, et en particulier, l'équipotentialité et la bonne mise à la terre de toutes les installations métalliques doivent être contrôlées, les prises défectueuses remplacées, il faut éviter toute accumulation d'électricité statique. Les étincelles, arcs et échauffements provoqués par les moteurs et appareillages électriques en fonctionnement peuvent aussi déclencher la catastrophe. Un grand nombre de précautions doivent être prises au niveau de l'installation électrique, du branchement et de l'entretien des différents équipements (permanence de la mise à la terre, câble de masse des pièces métalliques).

Une métallisation au moyen d'un matériel conducteur et une mise aux terres appropriées de tout l'équipement sont nécessaires pour dissiper et diriger à la terre en toute sécurité les charges électriques accumulées. La protection contre les contacts avec les masses mises accidentellement sous tension est obtenue par un dispositif de coupure automatique en cas de défaut d'isolement. Les installations électriques doivent être conformes aux normes de sécurité et périodiquement vérifiées: mise à la terre, protection contre les contacts avec les masses mises accidentellement sous tension par un dispositif de coupure automatique en cas de défaut d'isolement et utilisation de disjoncteurs différentiels de grande sensibilité... la protection contre l'électrisation est indispensable. Le travail ne doit pas s'effectuer sur un sol humide et le maintien du poste de soudage en bon état est primordial.

### **E : Une bonne tenue des locaux**

Une bonne tenue des locaux est essentielle pour éviter l'accumulation de déversements et de poussières sous ou autour des machines. Les fuites et déversements peuvent créer un danger de glissement et par conséquent doivent être nettoyés et immédiatement épongés avec des absorbants. Des sols exempts de trous ou d'aspérités, avec des revêtements antidérapants, un drainage satisfaisant

et des caillebotis évitent le dépôt de liquides, diminuent les risques de glissades et chutes de plain-pied.

La circulation est à l'origine de nombreux accidents ; à ce titre, le balisage, l'éclairage et la sécurisation des voies de circulation et des zones de stockage sont essentielles ainsi que le rangement en permanence et l'entretien des sols assurent la prévention des risques de chutes et de heurts.

Pour la prévention des risques de chute de plain-pied, des revêtements de sol antidérapants doivent être privilégiés, les inégalités de surfaces et/ou obstacles doivent être soit supprimés (bouchage des trous) soit clairement signalés, notamment dans les lieux de passage.

Il faut veiller à maintenir l'atelier rangé. Les voies de circulation doivent être débarrassées de tout obstacle. Il faut éviter les zones d'ombre en optimisant l'éclairage et signaler les escaliers, les dénivelés, les encombrements temporaires, et prévoir des aires de rangement pour les organes démontés, les pièces en attente de remontage.

Les allées de circulation (piétons/véhicules) doivent être nettement délimitées par un marquage au sol et de largeur suffisante. Les endroits pouvant présenter un risque de danger (croisements, rétrécissements...) doivent être très nettement signalés.

## **F : Le respect des règles d'hygiène et de sécurité**

Une bonne tenue des sols des locaux par aspiration ou par un procédé à l'humide (jet d'eau ou système eau/vapeur), est essentielle pour éviter l'accumulation de déversements et de poussières sous ou autour des machines. Les déversements peuvent créer un danger de glissement et par conséquent doivent être nettoyés immédiatement.

Des mesures complémentaires d'hygiène des locaux doivent être mises en œuvre tel le nettoyage régulier des machines et des parois de l'atelier à l'aide d'un aspirateur industriel adapté avec un filtre absolu qui ne disperse pas les poussières dans l'air (pas de soufflette à l'air comprimé, ni balayage).

Des lavabos, postes de rinçage oculaire et des douches de sécurité doivent se trouver à proximité des postes de travail. Celles-ci permettent les mesures d'hygiène générale : lavage des mains fréquent avec moyens adaptés, douche en fin de poste... En effet, le respect des règles d'hygiène s'étend aux comportements individuels : ne pas avoir les mains sales afin de ne pas ingérer par inadvertance un produit toxique et ne pas manger sur le lieu de travail.

Le personnel doit avoir à sa disposition des vestiaires et des sanitaires correctement équipés et en nombre suffisant. Des vestiaires doubles doivent être mis à la disposition des travailleurs :

l'entreposage des tenues de travail doit avoir lieu à l'abri de la poussière et des souillures (le rangement des tenues de ville et des tenues de travail doit être séparé). Les consignes en cas d'accident (n° d'appel d'urgence, conduite à tenir, identification des services de secours) doivent être visiblement affichées.

Une trousse contenant le matériel de premiers secours non périmé doit être mise à la disposition du personnel, toute blessure cutanée doit immédiatement être désinfectée et pansée. Des extincteurs doivent être disponibles en nombre suffisant et vérifiés annuellement.

### **G : Le port d'équipements de protection individuel adéquat**

Les équipements de protection individuelle sont nécessaires pour réduire le risque d'exposition non totalement éliminé par les mesures de protection collectives précédentes : gants, vêtements de protection, chaussures et lunettes de sécurité, écran facial de protection, coquilles ou bouchons d'oreille contre le bruit...Ils doivent être différents et adaptés à la tâche effectuée. S'il y a possibilité de contact avec la main lors des transvasements de produits chimiques par exemple, il s'avère indispensable de porter des gants de protection adaptés au produit manipulé :

il n'existe pas de gant de protection universel. Le type de gants conseillé, imperméables, à longues manchettes, pour éviter la pénétration des produits à l'intérieur, doit être adapté aux différents produits manipulés selon leur composition qui figure sur la Fiche de Sécurité (FDS). Des gants appropriés doivent être aussi utilisés pour éviter les coupures aux mains.

En cas d'urgence ou pour des travaux exceptionnels d'entretien de courte durée, si le système de ventilation ne suffit pas à empêcher l'accumulation de vapeurs ou de poussières, un appareil de protection respiratoire adéquat doit être fourni pour éviter l'exposition à une concentration élevée : masques respiratoires filtrants de type FFP2 ou masque à cartouche FFP3 avec un filtre adapté au produit, selon les concentrations.

De même, des protections auditives peuvent être nécessaires pour compléter les mesures collectives qui s'avèreraient insuffisamment efficaces.

L'équipement de protection individuelle du soudeur comporte :

- casque de soudeur avec écran en matériau adapté
- gants en cuir avec manchettes
- chaussures de sécurité et guêtres

- vêtements de travail (ensemble pantalon, veste, cagoule) en coton ignifugé ou textile technique ininflammable, tablier en cuir Des postes de rinçage oculaire et les douches de sécurité doivent se trouver à proximité des postes de travail pour ôter les projections de poussières ou autres corps étrangers dans les yeux.

- La surveillance médicale

Pour les travailleurs exposés aux poussières de métaux, aux agents cancérogènes, au bruit, et travaillant de nuit, il faut réaliser des visites médicales régulières dans le cadre d'une surveillance médicale renforcée :

- Tests respiratoires (spiromètre) à l'embauche pour détecter une déficience des fonctions pulmonaires et tous les 2 ans pour dépister l'apparition des troubles respiratoires.
- Radiographie thoracique si nécessaire, épreuves fonctionnelles respiratoires (EFR) conseillées,
- Audiogramme si nécessaire.
- Vaccination antitétanique tous les dix ans

### **H : La formation et l'information du personnel**

La formation, par un organisme agréé, sur les dangers des produits utilisés et sur les moyens de se protéger, est indispensable : par exemple, comprendre les étiquettes du contenant des produits, informer sur le risque potentiel de maladies pulmonaires et sur les moyens de les prévenir. Connaître l'attitude à adopter en cas de fuite ou de déversement accidentel, savoir utiliser les E.P.I adéquats, formation aux premiers secours et incendie, formation PRAP (Prévention des Risques liés à l'Activité Physique), certificat d'aptitude à la conduite en sécurité CACES (chariot automoteur, pont roulant)...

## **Conclusion générale et recommandations :**

Malgré l'évolution technologique que connaît actuellement le domaine de fabrication on cherche à apporter des améliorations est essayons toujours de traiter les éventuelles lacunes et les point négatifs.

Notre mémoire de fin d'étude a relaté deux des principales méthodes de coupe de fortes épaisseurs très évolués en a aussi évoqué la spécificité de chacune, le principe de fonctionnement. Ainsi que les différents points essentiels et l'étude comparative suit à laquelle on a eu la certitude que le plasma est plus rentable. Sans oublier les capacités de l'oxycoupeur point vue rendement, sa conception. Et la commande numérique très développe qui nous a énormément aidés.

A travers de note travail en a constaté la réalité du domaine et au sein de laquelle on s'est à approfondi dans l'étude technico-économique. En fin à vue notre stage on a acquis une expérience qui nous sera très bénéfique dans notre vie professionnelle.

## Les Références Bibliographiques :

[1]Wikipedia <https://www.wikipedia.org>

[2]Documente société VORTMAN steelgroop.

[3]Documentation société GAZ Métro spécialisé au l'oxycoupage au gaz naturel.

[4]Documentations société PROMECH ANNABA.

[5]Document de Hypertherme® spécialise dans les technologies de coupage au plasma : théorie et pratique.

[6]Le site officiel air liquide <https://www.airliquide.com/fr>

[7]YouTube <https://www.youtube.com>

[8]Fichier Barèmes pour une installation de coupage plasma automatique de la société NERTAGET.

[9] Document d'après le site officiel de la société ATLASCOPCO

[10] le site officiel lantek expert <https://www.lanteksms.com/fr/lantek-expert>

[11] document de lycée Henri Darras

[12]Documentation de l'institut Maupertuis Bulletin Technique N=27

[13] le site technique de l'ingénieur : <https://www.techniques-ingenieur.fr>

[14]le site « officiel prévention » sante et sécurité au travail.

[15]Les mémoires des années passées, Bibliothèque département Génie Mécanique.

## **Le Résumé (français) :**

Dans le contenu de notre mémoire en a évoqué un thème essentiel dans le domaine de fabrication, coupe de fortes épaisseurs oxycoupage / plasma.

On a pu le constaté au début de notre travail les spécificités et les caractéristiques de chaque procédé, le principe de fonctionnement de chalumeau et plasma très développe a vu de l'étude de composant de chaque systèmes le premier est base sur la température de fusion très élevé et le second sous l'effet de l'ionisation.

L'évolution technologique de la commande numérique nous a offert une machine très puissante et un logiciel très intelligent ce qui nous a facilité le travail.

L'étude comparative des deux types en question nous donne le choix d'utilisation de chaque un suivant les conditions et la nature du travail demande.

La partie pratique nous permis de voir la réalité des deux procédé est qui se résume dans la fabrication de deux pièces et une étude technico-économique qui nous démente une grande déférence entre les deux.

Enfin à chaque précède ses qualités ce qui nous permet de développe et d'aller de l'avant dans le domaine de la production.

## **The Summary (Anglais):**

In the content of our thesis has evoked an essential theme in the field of manufacture, cutting thick oxy-cutting / plasma.

It was found at the beginning of our work the specificities and characteristics of each process, the working principle of torch and plasma very developed saw from the component study of each system the first is based on the melting temperature high and the second under the effect of ionization.

The technology evolution of CNC has given us a very powerful machine and a very intelligent software, which made our work easier.

The comparative study of the two types in question gives us the choice of use of each one according to the conditions and the nature of the work demands.

The practical part allowed us to see the reality of both processes that is summed up in the manufacture of two pieces and a technical-economic study that denies us a great difference between the two.

Finally, each precedes its qualities, which allowed us to develop and move forward in the field of production.