

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان -

Université Aboubakr Belkaid- Tlemcen -

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En : Génie Mécanique

Spécialité : construction mécanique

Par : KHATIR DRISS

Sujet

**Contribution à la préparation des potes de travail
pour les procédés TIG, MIG/MAG, Plasma et multi-procédés**

Soutenu le 04/07/2021 , devant le jury composé de :

M ACHOUI Mohammed	MAA	Univ. Tlemcen	Président
M SEBAA Fethi	MCA	Univ. Tlemcen	Directeur de mémoire
M RAHOU Mohammed	Professeur	ESSA Tlemcen	Co-Directeur de mémoire
M BENSAID Ismail	MCB	Univ. Tlemcen	Examineur

Année universitaire : 2020 /2021

Remerciements

Je remercie **ALLAH** Le Tout Puissant de m'avoir donnée le courage, la volonté et la patience de mener à terme ce présent travail.

Je présente également à cette occasion mes chaleureux remerciements à mon encadreur monsieur **SEBAA Fethi** et à mon Co-encadreur monsieur **RAHOU Mohammed** pour Leur soutien, et leurs disponibilités tout au long de la préparation de mon projet de fin d'étude.

Je désire exprimer toute ma gratitude à mes enseignants qui ont accepté d'être membres dans le jury de soutenance de mon mémoire. Monsieur **ACHOUI Mohammed** le président du jury, monsieur **bensaid Ismail** d'avoir accepté d'examiner mon manuscrit.

En fin, un très grande merci pour mes collègue de formation sans exception pour leurs encouragements, leur soutient et les bon moments qu'on a passé ensemble et à toute personne qui a contribué à la réalisation de ce travail de près ou de loin.

Dédicace

Je dédie cette mémoire avec une attention particulière

A ma maman, pour son amour, toute l'énergie qu'elle a dépensée et Tous les sacrifices qu'elle a faits pour nous, merci de m'avoir encouragé à réaliser mes rêves.

A toute ma famille et mes ami(e)s

Résumé

Les postes de soudage sont aussi divers que variés et complexes. Leurs utilisations nécessitent une mise à jour et une formation continue des étudiants et les professionnels du monde industriel.

Le but de ce travail est de développer une interface sous logiciel Visual Basic pour aider Sélection des processus de soudage. Pour atteindre cet objectif, deux parties ont été développées. La première partie rassemble les procédés et les équipements de soudage. La deuxième partie détaille le réglage des postes de soudage TIG, MIG MAG, Plasma, MMA et multi- procédés de soudage.

Mots clés : poste de soudage, procédés de soudage, TIG, MIG/MAG, Plasma, MMA et multi-procédés de soudage

الملخص

تتنوع محطات اللحام بقدر ما هي متنوعة ومعقدة تتطلب استخداماتهم تحديثاً وتدريباً مستمراً للطلاب والمهنيين من العالم الصناعي الهدف من هذا العمل هو تطوير واجهة تحت برنامج Visual basic للمساعدة في اختيار عمليات اللحام لتحقيق هذا الهدف ، تم تطوير جزأين الجزء الأول يجمع بين عمليات ومعدات اللحام يوضح الجزء الثاني تفاصيل تعديل محطات اللحام متعددة اللحام MMA ,Plasma ,MIG/MAG ,TIG

الكلمات المفتاحية: آلة اللحام ، عمليات اللحام MMA ,Plasma ,MIG/MAG ,TIG وعمليات اللحام المتعددة

Abstract

Welding stations are as diverse as they are varied and complex. Their uses require updating and continuous training for students and professionals from the industrial world. The goal of this work is to develop an interface under Visual Basic software to help selection of welding processes. To achieve this goal, two parts have been developed. The first part brings together the welding processes and equipment. The second part details the adjustment of TIG, MIG MAG, Plasma, MMA and multi-welding welding stations.

Keywords: welding machine, welding processes, TIG, MIG MAG, Plasma, MMA and multi-welding processes

Liste des figures

Chapitre I

Figure I. 1 Principe soudage MIG MAG.....	3
Figure I. 2 principe soudage TIG.....	6
Figure I. 3 Soudage avec électrode enrobée.....	7
Figure I. 4 principe soudage plasma.....	13
Figure I. 5 soudage par point.....	14
Figure I. 6 Soudage à la molette.....	16
Figure I. 7 Soudage par bossage.....	17
Figure I. 8 Soudage en bout par étincelage.....	19
Figure I. 9 principe soudage brasage.....	20
Figure I. 10 principe soudage oxyacétylénique.....	21
Figure I. 11 soudage par explosion.....	24

Chapitre II

Figure II. 1 Les différentes buses utilisées en soudure TIG.....	26
Figure II. 2 Avantages buses pyrex TIG.....	27
Figure II. 3 Buse tamis CK WORDWIDE.....	27
Figure II. 4 TIG torche a valve.....	32
Figure II. 5 TIG torches électrique.....	33
Figure II. 6 Faisceau de liaison coaxial pour torche TIG électrique refroidie par eau.....	33
Figure II. 7 Faisceau de liaison bi-câble pour torche TIG électrique refroidie par gaz.....	33
Figure II. 8 parties des torches TIG.....	33
Figure II. 9 Bouteille de gaz jetable ARGON+CO ₂	35
Figure II. 10 Bouteille jetable de gaz ARGON+ O ₂	35
Figure II. 11 Bouteille de gaz jetable ARGON pur.....	36
Figure II. 12 Bouteille de gaz soudure ARGON pur Indus SOL.....	36
Figure II. 13 Bouteille de gaz soudeur ARGON +O ₂ Eermix OX2.....	37
Figure II. 14 Les torches de soudage peuvent être refroidies.....	38
Figure II. 15 soudages en tirant ou poussant.....	39
Figure II. 16 Angle de la torche en MAG.....	39
Figure II. 17 Fil acier bobine Ø 100 mm poids 700 gr.....	40
Figure II. 18 Bobine de fil acier Ø 200mm. Poids 5 Kg.....	40

Figure II. 19 Fil acier galvanisé Bobine Ø 200 mm poids 5 Kg.....	41
Figure II. 20 Fil acier SG2 bobine Ø 300 mm poids 15 kg	41
Figure II. 21 principe de la torche plasma	45
Figure II. 22 poste soudage MONOTIG 220ip AC/DC	46
Figure II. 23 poste soudage ID 250 TW DC	48
Figure II. 24 Poste soudage <i>ID 300 TW DC</i>	48
Figure II. 25 poste soudage nsoudage MONOTIG 160i BASIC	50
Figure II. 26 postes soudage RS 350 MK.....	51
Figure II. 27 postes soudage ID 500 MW-5 SMART.....	52
Figure II. 28 postes soudage RD 650 MW	54
Figure II. 29 postes soudage GL 600	55
Figure II. 30 poste soudage TD 355.....	55
Figure II. 31 postes soudage RD 500 E.....	56
Figure II. 32 postes soudage ID 400 E.....	57
Figure II. 33 Accessoires disponibles de poste soudage SHARK 45	58
Figure II. 34 Accessoires disponibles de poste soudage MATRIX 3000 AC	59
Figure II. 35 FONCTION "CYCLE".....	61
Figure II. 36 EASY PULSE".....	61
Figure II. 37 Accessoires disponibles de poste soudage MAXI 404- 505	63
Figure II. 37 Poste soudage Multi-procédé MP250	64
Figure II.38 poste soudage multi-procédés	64

Chapitre III

Figure III. 1 Interface de l'outil développé.	68
Figure III. 2 Différentes fonctions du module.	69
Figure III. 3 Choix des cours de soudage TIG.....	69
Figure III. 4 principe de soudage TIG.....	70
Figure III. 5 choix de gaz de soudage	70
Figure III. 6 Quelques avantages et inconvénients	71
Figure III. 7 les choix des électrodes Tungstènes	71
Figure III. 8 les choix métal d'apport.....	72
Figure III. 9 les différents processus de soudage plasma	72
Figure III. 10 principe de procédé Plasma	73
Figure III. 11 pratique de procédé Plasma	73
Figure III. 12 Domaine d'application de soudage plasma.....	74
Figure III. 13 Quelques avantages de procédé plasma.....	74
Figure III. 14 choix des cours de soudage à l'électrode enrobée.....	75

Figure III. 15 principe de soudage à l'électrode enrobée	75
Figure III. 16 circuitde soudage à l'électrode enrobée.....	76
Figure III. 17 les types de générateur.....	76
Figure III. 18 branchement de générateur	77
Figure III. 19 Domaine d'application de soudage MMA.....	77
Figure III. 20 technique du soudage MMA	78
Figure III. 21 paramètre soudage MMA	78
Figure III. 22 les choix de l'électrode de soudage MMA	79
Figure III. 23 Les types des électrodes enrobées	79
Figure III. 24 Choix des processus de soudage MIG MAG	80
Figure III. 25 principe de soudage MIG MAG.....	80
Figure III. 26 pratique de soudage MIG MAG.....	81
Figure III. 27 Quelques avantages de soudage MIG MAG.....	81
Figure III. 28 choix de gaz soudage MIG MAG.....	82
Figure III. 29 Les postes soudage dans l'atelier	82
Figure III. 30 poste soudage SHARK45	83
Figure III. 31 illustre caractéristique de poste soudage SHARK45.....	84
Figure III. 32 coupe de plasma de poste soudage SHARK45	84
Figure III. 33 limites d'emploi de poste soudage SHARK45.....	85
Figure III. 34 mode d'emploi de poste soudage SHARK45	85
Figure III. 35 réglage de tableau de contrôle de poste soudage SHARK45.....	86
Figure III. 36 Poste soudage MATRIX AC/DC .AC/DC R 2200.3000.....	86
Figure III. 37 L'installation de poste soudage	87
Figure III. 38 mode d'emploi poste soudage.....	87
Figure III. 39 limites d'utilisation de poste soudage.....	88
Figure III. 40 connexion câble de soudage MMA	88
Figure III. 41 réglage tableau de commande MMA.....	89
Figure III. 42 Réglage tableau de commande MMA	89
Figure III. 43 soudage TIG avec amorçage de type « lift ».....	90
Figure III. 44 soudage TIG avec amorçage de type « lift ».....	90
Figure III. 45 soudage TIG « DC ».....	91
Figure III. 46 La suite de réglage soudage TIG « DC ».....	91
Figure III. 47 branchement à la ligne d'utilisation	92
Figure III. 48 Tableau de contrôle	92
Figure III. 49 Poste soudage multi procédé MP250	93
Figure III. 50 l'installationposte de soudage multi procédé MP250	93
Figure III. 51 l'installation de soudage électrode enrobée	94
Figure III. 52 l'installation de soudage protégé par gaz.....	94
Figure III. 53 l'installation de soudage protégé sans gaz.....	95
Figure III. 54 l'installation de soudage TIG.....	95
Figure III. 55 méthode d'opération de soudage.....	96
Figure III. 56 méthode d'opération de soudage électrode enrobée.....	96
Figure III. 57 méthode d'opération de soudage protégé par gaz	97
Figure III. 58 méthode d'opération de soudage TIG	97

Figure III. 59 Description du panneau	98
Figure III. 60 poste de soudage MAXI 404_ 505	98
Figure III. 61 l'installation de poste de soudage MAXI 404_ 505.....	99
Figure III. 62 caractéristiqueposte de soudage MAXI 404_ 505.....	99
Figure III. 63 limites d'utilisation poste de soudage MAXI 404_ 505	100
Figure III. 64 branchement à la ligne poste de soudage MAXI 404_ 505	100

Liste des tableaux

Tableau II.1 :	Classification des électrodes.....	30
Tableau II.2 :	2exemples fourchettes d'intensité par diamètre d'électrode.....	31
Tableau II.3 :	Les différents types d'électrodes.....	42
Tableau II.4 :	Relations entre l'épaisseur et le diamètre de l'électrode.....	43

Liste des abréviations

GMAW : Soudage sous protection gazeuse actif à électrode fusible MIG (131).

GMAW : Soudage sous protection gazeuse actif à électrode fusible MAG (135).

MIG : Métal Inert Gas

MAG : Métal active Gas

TIG : tungstène Inert Gas

GTAW : Soudage sous protection gazeuse à électrode réfractaire TIG (141).

E.E: Soudage à l'arc l'électrode enrobée (111).

PAW : plasma arc welding

OA : Soudage oxyacétylénique.

DC : Courant continu.

DA : Courant alternatif.

Table de matières

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Table de matières	
Introduction générale	I
Chapitre I :Procédés De Soudage	II
Introduction :.....	2
1. Soudage à l'arc électrique	2
1.1. Soudage semi automatique : MIG, MAG	2
1.1.1 Définition du procédé soudage MAG FIL MASSIF / GMAW	2
1.1.2 Définition du procédé soudage MIG FIL MASSIF / GMAW	2
1.1.3 Principe du procédé MIG MAG.....	3
1.1.4 Pratique du procédé	3
1.1.5 Domaine d'application	4
1.1.6 Avantages et les inconvénients	4
1.2 Procédé de soudage TIG / GTAW	5
1.2.1 Définition du procédé	5
1.2.2 Principe du procédé	5
1.2.3 Pratique du procédé	6
1.2.4 Applications	6
1.3 Procédé de soudage à l'ARC E.E. / MMA / SMAW	7
1.3.1 Définition du procédé	7
1.3.2 Principe du procédé	7
1.3.3 Pratique du procédé	8
1.3.4 Paramètres de soudage.....	9

1.3.5	Classification des enrobages des électrodes enrobées.....	10
1.3.6	Avantage du procédé.....	10
1.3.7	Inconvénients du procédé.....	10
1.3.8	Domaine d'application.....	11
1.4	Le procédé de soudage arc plasma / PAW.....	11
1.4.1	Définition du procédé.....	11
1.4.2	Principe du procédé.....	12
1.4.3	Pratique du procédé.....	13
1.4.4	Avantage procédé.....	13
2.	Soudage par résistance.....	14
2.1	Le soudage par résistance par points.....	14
2.1.1	Définition du procédé.....	14
2.1.2	Principe du procédé.....	14
2.1.3	Paramètres du procédé de soudage par point.....	15
2.1.3.1	<i>Diamètre du point de soudure.....</i>	15
2.1.3.2	<i>Diamètre du point l'électrode en cuivre.....</i>	15
2.1.3.3	<i>Distance minimal entre le point de soudure et le bord de la pièce.....</i>	15
2.1.3.4	<i>Distance minimal entre deux points de soudure.....</i>	15
2.2	Le soudage par résistance à la molette.....	15
2.2.1	Définition du Procédé.....	15
2.2.2	Principe du procédé.....	16
2.2.3	Les différents types de soudage à la molette.....	16
2.3	Le soudage par résistance par bossage.....	17
2.3.1	Définition du procédé.....	17
2.3.2	Principe du procédé.....	17
2.3.3	Inconvénients du procédé.....	17
2.3.4	Avantages du procédé.....	18
2.3.5	Paramètre du procédé de soudage par résistance par bossages.....	18
2.4	Le soudage en bout par étincelage.....	18
2.4.1	Définition du procédé.....	18
2.4.2	Principe du procédé.....	18
2.4.3	Avantages du procédé de soudage.....	19
2.4.4	Inconvénients du procédé de soudage.....	19

3.	Soudage au gaz ou au chalumeau.....	20
3.1	Brasage	20
3.1.1	Définition du procédé.....	20
3.1.2	Principe du procédé.....	20
3.2	Soudage oxyacétylénique	21
3.2.1	Définition du procédé.....	21
3.2.2	Principe du procédé.....	21
3.2.3	Pratique du procédé.....	22
3.3	Le soudage des thermoplastiques avec chalumeau à air chaud	22
3.3.1	Définition du procédé.....	22
3.3.2	Principe du procédé.....	22
3.3.3	Pratique du soudage.....	23
3.3.4	Avantages du procédé.....	23
3.4	Le soudage par explosion	23
3.4.1	Définition du procédé.....	23
3.4.2	Principe du procédé.....	24
3.4.3	Applications	24
3.4.4	Avantages et inconvénients	25
Chapitre II :Equipements de soudage		1
1.	Matériel utilisé dans chaque procédée.....	26
1.1	Soudage par TIG	26
1.1.1	Gaz utilisé en procédé TIG.....	26
1.1.2	Buses utilisées en soudure TIG.....	26
1.1.3	Alimentations électrique dans ce procédé TIG.....	28
1.1.4	Les différents types d'électrodes utilisées en soudage TIG orbital.....	28
1.1.4.1	<i>Électrode Tungstène pur (couleur verte)</i>	28
1.1.4.2	<i>Électrode Tungstène Zirconium (couleur blanc de 0,7 à 0,9% et marron de 0,15 à 0,50%)</i>	29
1.1.4.3	<i>Électrode Tungstène Thorium (couleur jaune 1%, couleur rouge 2% et violet 3%)</i>	29
1.1.4.4	<i>Électrode Tungstène Cérium (couleur grise de 1,8% à 2,2%)</i>	29
1.1.5	Types de torches TIG.....	32
1.2	Soudage par MIG MAG	34
1.2.1	Le choix du gaz	34
1.2.2	La torche du soudage.....	38

1.2.3	Angle de torche	39
1.2.4	Types Bobine de fil pour soudure Acier.....	40
1.3	Soudage par électrode enrobée.....	42
1.3.1	Types d'électrodes.....	42
1.3.2	Nature du courant de soudage.....	43
1.4	Soudage par plasma	44
1.4.1	Types du gaz	44
1.4.2	Cas de poste –décharges à l'équilibre thermique.....	45
2.	Les postes de soudage.....	46
2.1	Les différents postes soudage	46
2.1.1	Poste soudage TIG.....	46
2.1.1.2	<i>Poste soudage ID 250 TW DC</i>	47
2.1.1.3	<i>Poste soudage ID 300 TW DC</i>	48
2.1.1.5	<i>Poste soudage RS 350 MK</i>	50
2.1.1.6	<i>Poste soudage ID 500 MW-5 SMART</i>	51
2.1.1.7	<i>Poste soudage RD 650 MW</i>	53
2.1.2	Poste soudage MMA	54
2.1.2.1	<i>Poste soudage GL 600</i>	54
2.1.2.2	<i>Poste soudage TD 355</i>	55
2.1.2.3	<i>Poste soudage RD 500 E</i>	56
2.2	Les poste soudage dans l'atelier	58
2.2.1	Poste soudage SHARK45	58
2.2.2	poste soudage MATRIX 3000 AC	59
2.2.3	Poste soudage MAXI 404- 505.....	63
2.2.4	Poste soudage Multi-procédé MP250.....	64
Chapitre III : Module développé.....		27
Introduction.....		67
1.	Présentation de logiciel.....	67
2.	Présentation de l'outil développé	67
3.	Principales fonctions du module	68
4.	Choix des processus de soudage TIG.....	69
4.1	Principe	70
4.2	Gaz de soudage.....	70

4.3	Avantages et inconvénients.....	71
4.4	Les choix des électrodes Tungstènes TIG	71
4.5	Métal d'apport.....	72
5.	Choix des processus de soudage plasma	72
5.1	Principe de procédé	73
5.2	Pratique de procédé	73
5.3	Domaine d'application.....	74
5.4	Avantages de procédé plasma	74
6.	Choix des processus de soudage à l'électrode enrobée	75
6.1	Principe de procédé	75
6.2	Circuit de soudage	76
6.3	Domaine d'application.....	77
6.4	Technique de la soudure	78
6.5	Paramètre de soudage	78
6.6	Les choix de l'électrode.....	79
7.	Choix des processus de soudage MIG MAG	80
7.1	Principe de procédé	80
7.2	Pratique de procédé	81
7.4	Gaz de soudage MIG MAG	82
8.	Poste Soudage	82
8.1	Poste soudage SHARK45	83
8.1.1	Installation de poste soudage SHARK 45	83
8.1.2	Caractéristique poste soudage SHARK45	84
8.1.3	Coupe au plasma	84
8.1.4	Limites d'emploi	85
8.1.5	Mode d'emploi.....	85
8.2	Poste soudage MATRIX AC/DC .AC/DC R 2200.3000.....	86
8.2.1	Installation poste soudage MATRIX AC/DC .AC/DC R 2200.3000	87
8.2.2	Mode d'emploi Poste soudage MATRIX AC/DC .AC/DC R.....	87
8.2.3	Limites d'utilisation	88
8.2.4	Branchement à la ligne d'utilisation.....	92
8.3	Poste soudure multi procédé MP250.....	93
8.3.1	L'installation poste de soudage multi procédé MP250	93

8.3.2	Méthode d'opération de soudage	96
8.4	Poste de soudage MAXI 404_ 505.....	98
8.4.1	Installation poste de soudage MAXI 404_ 505.....	99
8.4.2	Caractéristique de poste soudage MAXI 404_ 505.....	99
8.4.3	Limites d'utilisation poste de soudage MAXI 404_ 505.....	100
8.4.4	branchement à la ligne poste de soudage MAXI 404_ 505	100
9.	Conclusion	101
	Conclusion générale	102
	Références bibliographiques.....	103

Introduction Générale

Introduction générale

Parmi les différentes définitions du soudage, nous avons trouvé la définition la plus adaptée à la notion de continuité métallique et structurelle. Selon cette définition, le soudage est une opération qui utilise un procédé approprié pour établir la continuité entre les pièces à assembler avec ou sans métal d'apport. Le choix du procédé de soudage est généralement basé sur deux critères : les limitations techniques et le coût. Des limitations techniques peuvent être inhérentes aux types de matériaux, aux types de joints, aux dispositions de soudage et aux facteurs directement liés aux possibilités offertes par le procédé de soudage mis en œuvre. Plusieurs paramètres qui affectent l'apparence du cordon de soudure, tels que le traitement de surface, le temps de pression de soudage et de maintien, la position de soudage, la tension et l'intensité du courant, etc. Le but de ce travail est de développer une interface sous logiciel Visual Basic d'aide au choix des paramètres de soudage. Afin d'atteindre ce but, ce manuscrit est composé de trois chapitres :

Le premier chapitre rassemble des généralités sur les procédés de soudage.

Le deuxième chapitre est réservé équipements de soudage.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation du module développé en Visual Basic. Ce travail se termine par une conclusion générale suivie d'une perspective

Chapitre I : Procédée de Soudage

Introduction :

Parmi les procédés d'assemblages, le soudage occupe une place importante dans toute les Branches d'industrie, car il permet d'adapter au mieux, les formes de construction aux contraintes qu'elles sont appelées à supporter en service.

Le soudage est une opération qui consiste à réunir deux ou plusieurs parties constitutives d'un assemblage, de manière à assurer la continuité entre les parties à assembler soit par Chauffage ; soit par intervention par pression ; soit par l'un ou l'autre, avec ou sans métal d'apport dans la température de fusion est du même ordre de grandeur que celle de matériaux de base.

1 Soudage à l'arc électrique

1.1 Soudage semi automatique : MIG, MAG

1.1.1 Définition du procédé soudage MAG FIL MASSIF / GMAW

L'énergie calorifique de l'arc fait fondre localement la pièce à assembler et le fil métallique pour constituer le bain de fusion et après refroidissement le cordon de soudure. Le bain de fusion est protégé de l'atmosphère externe par un cône invisible de gaz (de 10 à 30 litres/minute de gaz) de protection actif (CO₂ ou Argon + CO₂ ou Argon+O₂)

Un générateur électrique fournit le courant exclusivement continu avec une intensité variant de 30 à 700 ampères en fonction de différents paramètres comme le diamètre du fil électrode, la position de soudage, le type d'assemblage, La polarité du fil électrode est toujours positive. Ce procédé est dénommé semi-automatique et parfois "pétard" par les soudeurs [2].

1.1.2 Définition du procédé soudage MIG FIL MASSIF / GMAW

Le MIG (Métal Inerte Gaz) est un soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec fil électrode fusible (GMAW) est réalisé à partir d'un arc électrique créé et entretenu entre le fil d'apport (de Ø 0,6 mm à Ø 2,4 mm) à dévidage continu et à vitesse constante (de 2 à 20 mètres/minutes environ) et la pièce à souder. La vitesse de dévidage du fil détermine l'intensité de soudage. L'énergie calorifique de l'arc fait fondre localement la pièce à assembler et le fil métallique pour constituer le bain de

fusion et après refroidissement le cordon de soudure. Le bain de fusion est protégé de l'atmosphère externe par un cône invisible de gaz (de 10 à 30 litres/minute de gaz) de protection inerte (Argon pur, Argon + Hélium, Argon + CO₂ (< 3%), Argon + CO₂ + H₂). Un générateur électrique fournit le courant exclusivement continu avec une intensité variant de 40 à 700 ampères en fonction de différents paramètres comme le diamètre du fil électrode, la position de soudage, le type d'assemblage, la dimension et la nuance des pièces à assembler. La polarité du fil électrode est toujours positive. Ce procédé est dénommé semi-automatique et parfois "pétard" par les soudeurs. [1]

1.1.3 Principe du procédé MIG MAG

La bobine de fil électrode est placée dans un dévidoir motorisé automatique et le fil est déroulé du dévidoir à la sortie de la buse de la torche, dans la gaine guide-fil de la torche de soudage jusqu'au tube contact. La torche de soudage est reliée sur la borne électrique de sortie positive du générateur de soudage à courant continu. La masse est reliée au générateur et est placée sur la pièce à souder.

Une alimentation en gaz de soudage est branchée sur le poste par l'intermédiaire d'une bouteille et d'un détendeur / débitmètre. L'arc jaillit lorsque le soudeur actionne la gâchette électrique de la torche et que la pointe du fil électrode touche la pièce à souder [2].

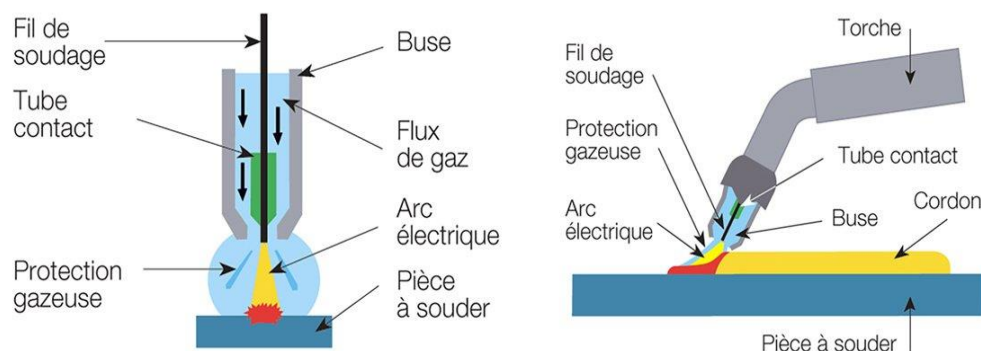


Figure I. 1 Principe soudage MIG MAG [1]

1.1.4 Pratique du procédé

Le fil conditionné sous forme de bobine, à la fois métal d'apport et électrode est acheminé jusqu'à l'extrémité de la torche de soudage, tenue à la main par l'opérateur. Le fil est amené de façon automatique et régulière au travers d'un tube contact

conique avec filetage de diamètre intérieur permettant son passage. La pièce précédente, de même configuration, capte l'impulsion électrique et la transmet au tube contact. Le fil capte ainsi au passage l'arc électrique, qui se produit entre le fil d'apport et le métal de base. Le fil avance régulièrement et lorsqu'il touche la pièce à souder il se produit un court-circuit qui sera à l'origine de la fusion et donc de la soudure.

1.1.5 Domaine d'application

Le soudage MIG (sous gaz inerte) ou MAG (sous gaz actif) est un procédé semi-automatisé, largement répandu dans de nombreux secteurs industriels, notamment la construction de navires, de chemins de fer, ou encore la fabrication d'équipements lourds ou d'usine [3].

1.1.6 Avantages et les inconvénients

Le procédé de soudage GMAW soude aisément la plupart des types de métaux, incluant l'aluminium (il remplace de plus en plus le procédé TIG) et les aciers inoxydables. Il est aussi employé de plus en plus pour le soudage des aciers au carbone ou faiblement alliés. Comme il s'utilise avec des fortes intensités de courant, il procure un taux de dépôt élevé. Par ailleurs, il offre une grande rapidité d'exécution et par conséquent, des déformations limitées. On peut atteindre des vitesses de soudage de quelque 100 cm/min en soudage semi-automatique. Il n'exige pas de remplacement d'électrodes permettant ainsi le soudage sur de longues distances d'un seul coup. Le pointage se fait par points distants de 30 à 40 fois l'épaisseur des tôles à assembler. Le nettoyage post-soudage des pièces est simple puisque le procédé n'utilise pas de laitier. La pénétration obtenue peut être profonde, ce qui se traduit par une préparation rapprochée des joints (angles plus étroits, soit moins d'ouverture), donc une économie en terme de quantité de métal déposé. La qualité des soudures est bonne et la teneur en H₂ est faible. Il faut toutefois s'assurer que le dévidage soit approprié à la procédure de soudage, sinon le fil-électrode risque de fondre dans le tube-contact ou de se figer dans le bain de fusion, ce qui occasionnerait des pertes de temps et d'énergie considérable [14]

1.2 Procédé de soudage TIG / GTAW

1.2.1 Définition du procédé

Le soudage électrique est réalisé à partir d'un arc électrique créé et entretenu entre l'électrode infusible de tungstène (de Ø 1,0 mm à Ø 8,0 mm) et la pièce à souder. Le métal d'apport (baguette de fil dressé de Ø 0,8 mm à Ø 4,0 mm) est amené manuellement ou automatiquement avec un dévidoir motorisé (bobine de fil de Ø 0,8 mm à Ø 2,0 mm) dans le bain de fusion. L'énergie calorifique de l'arc fait fondre localement la pièce à assembler et le fil d'apport métallique pour constituer le bain de fusion et après refroidissement le cordon de soudure. Le bain de fusion est protégé de l'atmosphère externe par un cône invisible d'inertage de gaz (de 5 à 25 litres/minute) de protection (Argon ou Argon + Hélium ou Argon + H₂ pour les procédés automatiques). Un générateur électrique fournit le courant continu ou alternatif avec une intensité variant de 5 à 300 ampères en fonction de différents paramètres comme le diamètre du fil, la position de soudage, le type d'assemblage, la dimension et la nuance des pièces à assembler. Les sources de courant utilisées sont à caractéristiques plongeantes ou verticales. La polarité de l'électrode est toujours négative en courant continu.

1.2.2 Principe du procédé

La torche de soudage est reliée sur la borne électrique de sortie négative du générateur de soudage à courant continu ou alternatif. La masse est reliée au générateur sur la borne positive et est placée sur la pièce à souder. Une alimentation en gaz de soudage est branchée sur le poste par l'intermédiaire d'une bouteille et d'un détendeur / débitmètre. Lorsque le poste n'est pas équipé d'un amorçage haute-fréquence, l'arc jaillit lorsque le soudeur actionne la gâchette électrique de la torche et que la pointe de l'électrode infusible touche superficiellement la pièce à souder en créant un court-circuit (avec le risque de créer des inclusions métalliques de tungstène). Avec un équipement d'amorçage par haute fréquence, l'arc de soudage est allumé par l'intermédiaire d'un étincelage d'arc électrique de plusieurs milliers de volts avec une fréquence de 1 à 2 MHz délivré entre l'électrode de tungstène et la pièce pendant un très court instant [4].

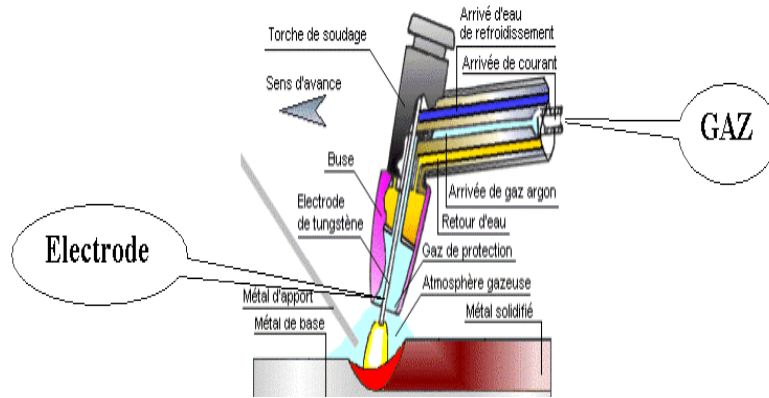


Figure I.2 Principe soudage TIG [18]

1.2.3 Pratique du procédé

La distance entre l'électrode et la zone à souder doit être contrôlée, trop éloignée l'arc s'interrompt, trop près ou si contact il y a court-circuit et la pointe de l'électrode s'éémousse Il faut alors la «rapointir» à la meuleuse ou à l'affûteuse (exposition aux poussières de métaux durs, prévenue par l'utilisation d'affûteuse à bain d'huile étanche) et une baguette de métal d'apport que le soudeur tient d'une main pour former et alimenter le bain de fusion. De l'autre main il tient la torche pour établir l'arc avec la pièce à souder [5].

1.2.4 Applications

Le soudage TIG est un procédé de soudage qui se veut précis, de haute qualité, et sécurisé pour de belles soudures. Spécifiquement adapté pour les tôles fines par exemple. Certains secteurs sont plus enclins à utiliser cette soudure :

- La chaudronnerie ;
- L'industrie aéronautique ;
- La carrosserie ...
- Le soudage TIG permet de travailler la plupart des métaux ;
- Le soudage TIG peut être mécanisé avec une torche droite sur potence ou positionnement automatique ;

-Le soudage TIG permet de souder des pièces d'environ 0.3 à 6mm. Les tôles fines ne peuvent par exemple être soudées qu'avec ce procédé ;

En bref, le soudage TIG requiert de l'entrainement et des compétences mais vous permettra de réaliser de magnifiques soudures selon vos besoins.

1.3 Procédé de soudage à l'ARC E.E. / MMA / SMAW

1.3.1 Définition du procédé

Le soudage à l'arc à l'électrode enrobée (SAEE / MMA / SMAW /111) est réalisé à partir d'un arc électrique créé et entretenu entre l'âme métallique de l'électrode et la pièce à souder. L'énergie calorifique de l'arc fait fondre simultanément et très localement la pièce à assembler, l'âme métallique de l'électrode et l'enrobage pour constituer le bain de fusion et après refroidissement le cordon de soudure recouvert d'un laitier protecteur qui se détache plus ou moins facilement. L'enrobage de l'électrode fond avec un léger retard par rapport à l'âme métallique. Un générateur électrique fournit le courant continu ou alternatif avec une intensité variant de 30 à 400 ampères en fonction de différents paramètres comme le diamètre de l'électrode, la nature de l'enrobage, la position de soudage, le type d'assemblage, la dimension et la nuance des pièces à assembler. La tension à vide du générateur (U_0) doit être supérieure à la tension d'amorçage (surtout en courant alternatif). Sa valeur doit être comprise entre 40 et 80 volts.

1.3.2 Principe du procédé

L'électrode enrobée est placée et serrée sur la pince porte-électrode relié sur l'une des bornes électriques de sortie du poste de soudage. (figure I. 3)

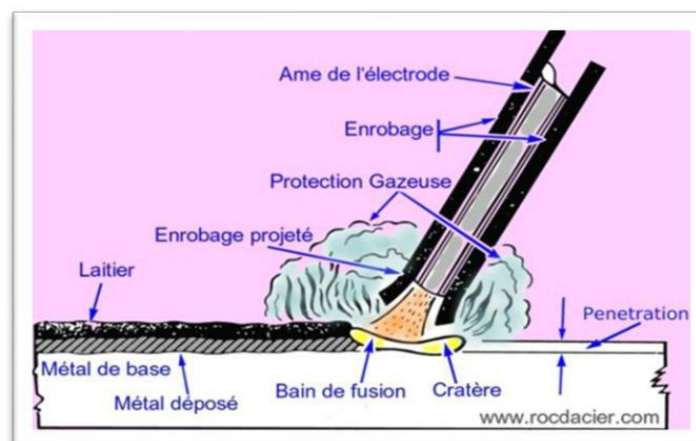


Figure I. 4 Soudage avec électrode enrobée [19]

Le connecteur de pièce est relié au générateur et est placée sur la pièce à souder. L'amorçage de l'arc est réalisé en frottant l'extrémité généralement graphitée de l'électrode sur la pièce et en écartant de quelques millimètres le bout de l'électrode lorsque l'arc jaillit.

Ensuite il faut entretenir cet arc électrique afin d'éviter la rupture d'arc en veillant à maintenir une distance constante la plus faible possible entre le bout de l'électrode et la pièce à souder [6]

1.3.3 Pratique du procédé

L'opérateur amorce l'arc électrique en grattant la surface d'une des pièces à souder avec l'extrémité de l'électrode qu'il éloigne ensuite pour obtenir la longueur d'arc désirée. Le principe de base du soudage à l'arc est de conserver un écartement constant entre l'électrode et la pièce à souder pour créer l'arc électrique. Si l'électrode touche la pièce, le courant circule entre les deux, il n'y a pas de fort dégagement de chaleur et l'électrode colle à la pièce. Si en revanche on éloigne trop l'électrode de la pièce, il n'y a plus de passage d'électricité et il n'y a plus d'étincelle. L'électrode est constituée d'une baguette métallique (l'âme) entourée d'un revêtement adhérent (l'enrobage). Elle est maintenue par son extrémité nue dans un porte-électrode que l'opérateur manipule en cours de travaux. L'amorçage établi, l'électrode fond ainsi que, localement le métal de base. L'âme métallique fond en gouttelettes qui sont projetées et se mélange au métal de base dans le bain de fusion. Ces gouttelettes ainsi qu'une partie de l'enrobage, constituent, après refroidissement, le cordon de soudure.

- Poste à souder

L'arc électrique permet d'amorcer le soudage en apportant la chaleur nécessaire à la fusion du métal d'apport, mais il ne fait pas le soudage. Il est produit à l'aide d'une génératrice haute fréquence qui a pour fonction de :

Faire fondre l'électrode. Le poste à souder transforme le courant d'alimentation du secteur, afin de fournir à la sortie du poste, des intensités suffisamment élevées pour permettre la fusion de l'électrode de soudage.

Stabiliser l'arc électrique. La continuité de l'arc électrique permet une soudure régulière. L'onduleur qui remplace les anciens transformateurs et redresseurs, corrige les variations du courant électrique et apporte une puissance et une tension électrique

constante. Une intensité élevée permet le soudage de pièces épaisses, si l'intensité est trop faible, la fusion du métal d'apport n'est pas bonne et la soudure sera moins résistante. La tension à 50 Volts minimum permet d'amorcer plus facilement le soudage, en évitant les effets de «colle» de l'électrode. En fondant, l'enrobage de l'électrode remplit différents rôles :

Rôle électrique : l'enrobage permet une bonne circulation du courant électrique, il favorise l'amorçage et la stabilisation de l'arc par ionisation de l'air.

Rôle physique : l'électrode est de même nature que le métal de base, la soudure est autogène. L'enrobage confère une protection vis à vis de l'air ambiant, permettant le soudage et l'unification de l'arc électrique. Il concentre l'arc par la formation d'un cratère à son extrémité, il permet le soudage dans différentes positions et influence la forme et l'aspect du cordon, l'enlèvement des dépôts de laitier.

Rôle mécanique : l'apport de matière confère une solidité à l'assemblage.

Rôle métallurgique : il protège le bain de fusion de l'action de l'air par formation d'une pellicule de laitier liquide et d'une veine gazeuse. Il ralentit le refroidissement et ajoute, dans certains cas, des éléments nécessaires à l'obtention des caractéristiques mécaniques du joint de soudure. Par ailleurs, l'adhérence du laitier solidifié au cordon de soudure dépend essentiellement du type d'enrobage de l'électrode [9]

1.3.4 Paramètres de soudage

Pour le soudage à l'électrode enrobée, seule l'intensité du courant est définie, la longueur de l'arc étant obtenue à partir de la tension de l'arc qui est respectée par le soudeur. Au moment du réglage de l'intensité du courant, il faut tenir compte de l'intensité maximale admissible du diamètre de l'électrode utilisé. En règle générale, les valeurs limites inférieures sont utilisées pour les passes de racine pour la position PF et les valeurs supérieures s'appliquent à toutes les autres positions et pour les passes intermédiaires et de finition. À mesure que les intensités

de courant augmentent, la vitesse de dépôt augmente et par voie de conséquence la vitesse de soudage. La pénétration augmente également à mesure que les niveaux de courant s'accroissent. Les intensités de courant indiquées s'appliquent uniquement aux aciers non alliés et faiblement alliés. Pour les aciers hautement alliés et les

métaux à base de nickel, les valeurs inférieures devraient être définies en raison de l'importante résistance électrique de l'âme métallique. [15]

1.3.5 Classification des enrobages des électrodes enrobées

- Acide ou A (à base d'oxyde de fer et de ferro-alliages);
- Basique ou B (à base de carbonate de calcium et de fluor de calcium);
- Cellulosique ou C (à base de cellulose);
- Oxydant ou O (à base d'oxyde de fer et de ferro-alliages);
- Rutile ou R (à base d'oxyde de titane);
- Haut rendement ou RR (à base de poudre métallique);
- Spécial ou S; Les électrodes enrobées utilisées sont couramment :
- Rutiles pour les travaux courants;
- Basiques pour tous les travaux de sécurité (appareils à pression);
- Cellulosiques pour les soudures à forte pénétration en position descendante [17]

1.3.6 Avantage du procédé

- Le soudage à l'arc à l'électrode enrobée peut être utilisé aux espaces ouverts et clos;
- Le soudage est possible à tous les points et positions accessibles;
- Le soudage est possible aux zones étroites et limitées inaccessibles pour les autres méthodes de soudage;
- Puisque les bouts de la source de puissance de la machine de soudage peuvent être étendus, le soudage aux longues distances est possible;
- Les équipements de soudage sont légers et portables;
- Il existe plusieurs types d'électrode enrobée à répondre aux propriétés mécaniques et chimiques de plusieurs matériaux. Par conséquent, les joints soudés peuvent aussi avoir des mêmes propriétés que le matériau de base possède;

1.3.7 Inconvénients du procédé

La vitesse et l'efficacité de déposition du métal du soudage à l'arc à l'électrode enrobée est plus faible que plusieurs méthodes de soudage à l'arc. Les électrodes sont

de forme de bâton coupé à certaines longueurs, alors il faut arrêter le soudage quand une électrode est consommée;

Suivant chaque passe de soudage, il faut nettoyer la scorie formée sur le métal de soudage

1.3.8 Domaine d'application

a. Applications légères

- Maintenance industrielle légère;
- Construction légère;
- Réparation sursit;
- Travaux en extérieur;

b. Applications intensives

- Pipeline/tuyauterie;
- Construction navale;
- Fabrication intensive;
- Rechargement;
- Construction industrielle;
- Industrie chimique;
- Appareils à pression;
- Gouge à arc-air;
- Construction nucléaire.

1.4 Le procédé de soudage arc plasma / PAW

1.4.1 Définition du procédé

Le soudage PLASMA (P.A.W.) est un procédé à l'arc comparable au soudage TIG sous protection de gaz inerte avec une électrode infusible (tungstène). soit à partir d'un arc électrique créé entre l'électrode infusible de tungstène (de Ø 1,0 mm à Ø 8,0 mm) et l'intérieur de la tuyère (arc non transféré ou soufflé) [*] soit à partir d'un arc électrique créé entre l'électrode infusible de tungstène (de Ø

1,0 mm à Ø 8,0 mm) et la pièce à souder (arc transféré). Un arc pilote est utilisé pour l'amorçage d'un arc transféré.

Un diaphragme dénommé tuyère permet la constriction ou l'étranglement mécanique de l'arc électrique à travers un orifice calibré dans une colonne de gaz central ou plasmagène (**Argon** ou **Argon + H₂**) qui génère une énergie calorifique très élevée. L'énergie calorifique de l'arc fait fondre localement la pièce à assembler et le fil d'apport métallique pour constituer le bain de fusion et après refroidissement Le métal d'apport est amené automatiquement avec un dévidoir motorisé (bobine de fil de Ø 0,8 mm à Ø 2,0 mm) dans le bain de fusion. L'électrode de tungstène est protégé par un courant de gaz appelé gaz plasmagène (débit de 0,5 à 8 litres/minute) . Le bain de fusion est protégé de l'atmosphère externe par un cône invisible d'inertage de gaz annulaire (débit de 10 à 25 litres/minute) de protection (**Argon** ou **Argon + Hélium** ou **Argon + H₂** ou **Azote + H₂**). Un générateur électrique fournit le courant continu avec une intensité variant de 0,1 à 15 ampères pour le micro plasma ou de 10 à 400 ampères pour le plasma en fonction de différents paramètres comme le diamètre du fil, la position de soudage, le type d'assemblage, la dimension et la nuance des pièces à assembler [7]

1.4.2 Principe du procédé

La torche de soudage plasma est reliée pour la partie électrode infusible sur la borne Électrique de sortie négative et pour la partie tuyère sur la borne positive du générateur de soudage à courant continu (caractéristiques externes statiques verticales). La prise de masse est reliée au générateur sur la borne positive et est placée sur la pièce à souder. Une alimentation en gaz de soudage plasmagène est branchée sur le poste par l'intermédiaire d'une bouteille et d'un détendeur / débitmètre. Une alimentation en gaz de soudage annulaire est branchée sur le poste par l'intermédiaire d'une bouteille et d'un détendeur / débitmètre. Un dispositif d'amorçage à haute fréquence permet l'amorçage de l'arc pilote à l'intérieur de la tuyère (arc non transféré ou soufflé). Lorsque l'opérateur actionne le bouton de soudage, l'arc pilote est transféré de l'électrode vers la pièce à souder permettant l'amorçage de l'arc de soudage entre l'électrode et la pièce [7]

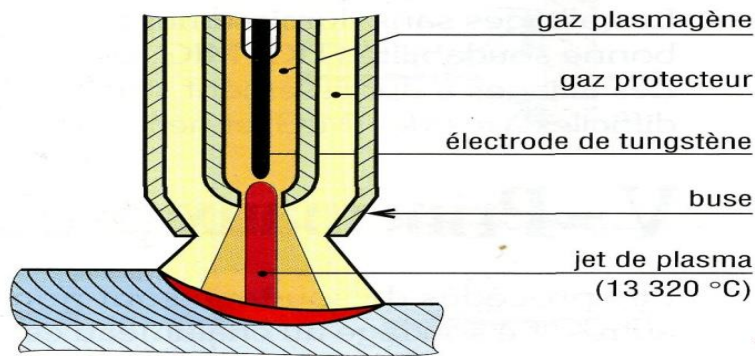


Figure I. 5 principe soudage plasma [20]

1.4.3 Pratique du procédé

L'amorçage est quasi instantané en utilisant un jet de plasma.

La hauteur de l'électrode par rapport à la pièce à souder ainsi que l'affûtage plus ou moins pointu de l'électrode peuvent varier légèrement puisque le poste à souder fera varier l'intensité du courant en conséquence, elles doivent donc être surveillées.

De la même manière, le courant de soudage par sa polarité et son intensité devra être adapté en conséquence. [16]

Le soudage au plasma requiert deux gaz différents :

- Le gaz central est toujours à base d'Argon additionné ou non d'Hélium ou d'Hydrogène ;

- Le gaz annulaire sera principalement :

- De l'Hydrogène pour le soudage des aciers inoxydables ou fortement alliés et les matériaux au nickel ;

- De l'Hélium pour le soudage de l'aluminium et de ses alliages, du titane et du cuivre.

1.4.4 Avantage procédé

- Meilleures qualité de soudure (aspect visuel);
- Vitesse de soudage élevée;
- Pénétration plus profonde;
- Temps de nettoyage réduit;
- Valeur de résilience plus élevée;

2 Soudage par résistance

2.1 Le soudage par résistance par points

2.1.1 Définition du procédé

Ce procédé de soudage par résistance par points utilise la combinaison d'une pression localisée pour mettre les pièces en contact par recouvrement et de l'effet joule d'une forte intensité électrique.

Ce procédé de soudage ne nécessite pas de métal d'apport [22]

2.1.2 Principe du procédé

Les pièces à souder sont superposées et sont serrées Localement entre deux électrodes ou des mâchoires En alliage de cuivre. (Figure I.6) [21]

L'ensemble pièces / électrodes est traversé par

Un courant de soudage qui provoque une élévation de

Température par effet Joule à l'interface

Des deux pièces et la fusion localisée

Des deux pièces dans la zone de positionnement

Des deux électrodes. Le point de soudure a un aspect circulaire.

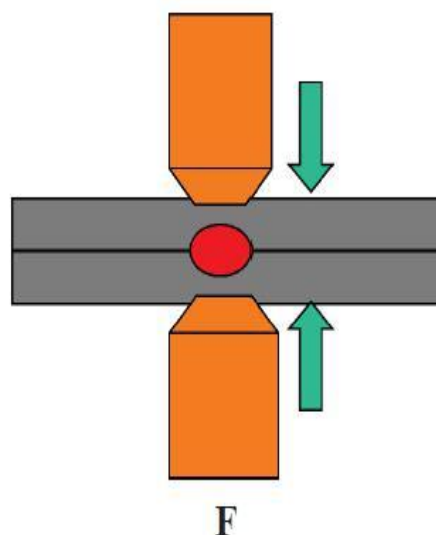


Figure I.7 Soudage par point [21]

2.1.3 Paramètres du procédé de soudage par point

2.1.3.1 Diamètre du point de soudure

Le diamètre du point de soudure est fonction des paramètres suivants :

- de l'intensité du courant ;
- du temps de passage du courant ;
- de la section de contact des électrodes ;
- de l'effort appliqué aux électrodes ;

2.1.3.2 Diamètre du point l'électrode en cuivre

Le diamètre de contact de l'électrode doit être d'environ 2 fois l'épaisseur de la pièce à souder + 3 mm. Lorsque l'assemblage est réalisé sur des pièces d'épaisseurs différentes et de nuance identique, l'électrode la plus petite est placée sur la pièce d'épaisseur la plus mince. Lorsque l'assemblage est réalisé sur des pièces d'épaisseur égale et de nuances différentes, l'électrode la plus petite est placée sur la pièce dont la résistivité est la plus faible. Il est possible d'assembler trois tôles d'épaisseurs égales. Pour éviter le marquage de la pince sur une face, il est possible d'utiliser une contre-électrode ou une plaque en cuivre.[11]

2.1.3.3 Distance minimal entre le point de soudure et le bord de la pièce

La distance entre la rive de la pièce et le point de soudure doit être d'environ 2 fois l'épaisseur minimale + 4 mm pour éviter un éclatement du point de soudure sous l'effet de la pression hydrostatique du noyau en fusion.

2.1.3.4 Distance minimal entre deux points de soudure

La distance entre deux points doit être d'environ 3 fois le diamètre du point de soudure pour éviter un shunt à cause du courant de soudage. Si la distance entre points est inférieure à $3 \times \varnothing$ du point, il est nécessaire d'augmenter l'intensité pour compenser cet effet de shunt à cause. [11]

2.2 Le soudage par résistance à la molette

2.2.1 Définition du Procédé

Ce procédé de soudage par résistance à la molette utilise la combinaison d'une pression localisée pour mettre les pièces en contact par recouvrement et de l'effet joule d'une forte intensité électrique.

Le soudage à la molette diffère du soudage par points en ce que les électrodes classiques sont ici remplacées par des rotations permettent de faire des soudures par recouvrement, continues et étanches. La soudure se réalise de façon progressive et continue, associant serrage des tôles et passage du courant, sur toute la longueur de la pièce.

2.2.2 Principe du procédé

Les pièces à souder sont superposées et sont serrées localement entre deux molettes en alliage de cuivre. L'ensemble pièces / molettes est traversé par un courant de soudage qui provoque une élévation de température par effet Joule à l'interface des deux pièces et la fusion localisée des deux pièces dans la zone de positionnement des deux molettes.

Le soudage à la molette permet d'obtenir une soudure continue et étanche lorsque le passage de courant est continu. [23]

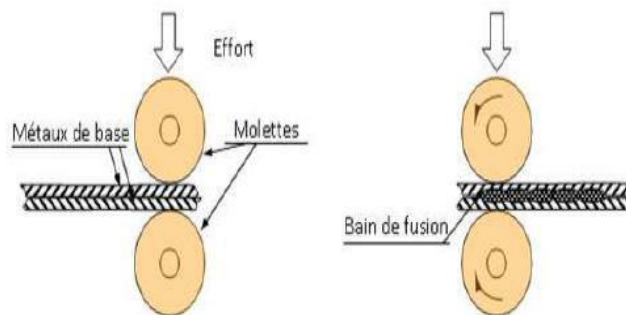


Figure I. 8 Soudage à la molette [20]

2.2.3 Les différents types de soudage à la molette

Le soudage transversal permet:[INDENT]- l'assemblage de deux tôles de grande longueur - avec comme limite de largeur pour l'une, la longueur utile maximale de la machine

Le soudage longitudinal permet:[INDENT]- l'assemblage des vires de corps cylindriques ou parallélépipédiques avec comme limite de dimension deux fois la longueur utile de la machine (soudage en deux fois en retournant la pièce [23])

2.3 Le soudage par résistance par bossage

2.3.1 Définition du procédé

Le procédé de soudage par résistance par bossage est une méthode d'assemblage directement dérivée du procédé de soudage par résistance par points. Dans le cas du soudage par bossage, l'effort de compression et l'endroit du passage du courant sont localisés à des points de contact par des bossages préexistants sur une des deux pièces à assembler.[24]

2.3.2 Principe du procédé

Le procédé de soudage par résistance par bossage est très comparable au procédé de soudage par résistance par points. Les pièces à souder sont superposées (assemblage par recouvrement) et sont serrées localement entre deux électrodes en alliage de cuivre. Le bossage, obtenu par emboutissage de la pièce, assure la concentration du courant de soudage et la localisation de la soudure. L'ensemble pièces / électrodes est traversé par un courant de soudage qui provoque une élévation de température par effet Joule à l'interface des deux pièces et la fusion localisée des deux pièces dans la zone de positionnement du bossage ou des bossages.

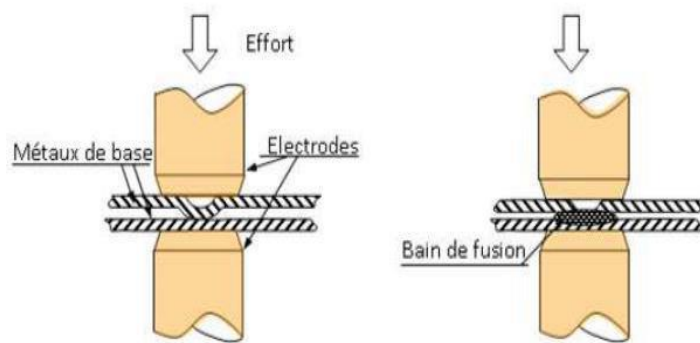


Figure I. 9 Soudage par bossage [24]

2.3.3 Inconvénients du procédé

- Assemblage par recouvrement uniquement ;
- Préparation des bossages artificiels ;
- Équilibrage de la densité de courant dans les bossages ;

2.3.4 Avantages du procédé

- Rapidité d'exécution ;
- Limitation des déformations ;
- Possibilité de souder des pièces massives ;
- Possibilité d'automatisation ;

2.3.5 Paramètre du procédé de soudage par résistance par bossages

Type de bossages :

- Bossages naturels : Les pièces assurent la fonction de bossage suivant
- Bossages artificiels : le bossage est réalisé mécaniquement par déformation plastique ou par usinage.

Forme et dimensions du bossage :

La forme et dimensions du bossage est fonction des paramètres suivants :

- de l'épaisseur et la nuance des pièces de l'intensité du courant ;
- du temps de passage du courant ;
- de la section de contact des électrodes ;
- de l'effort appliqué aux électrodes ;

2.4 Le soudage en bout par étincelage

2.4.1 Définition du procédé

Le procédé de soudage en bout par étincelage permet de souder bout à bout des barres ou des profilés de même section droite. Les pièces sont placées dans des mâchoires en cuivre, dont l'une est fixée sur un chariot mobile en translation parallèlement à l'axe de soudage [8]

2.4.2 Principe du procédé

Le processus de soudage en bout par étincelage est réalisé sur une machine automatique. Les pièces à souder sont maintenues solidement par des mâchoires ou mors.

L'une des mâchoires est fixe et l'autre mâchoire est mobile en translation. Les pièces sont appliquées l'une contre l'autre avec un effort de pression modéré. L'ensemble est traversé par un courant de soudage qui provoque une élévation de température par effet Joule et la fusion localisée des deux pièces dans la zone Contact des aspérités des pièces.

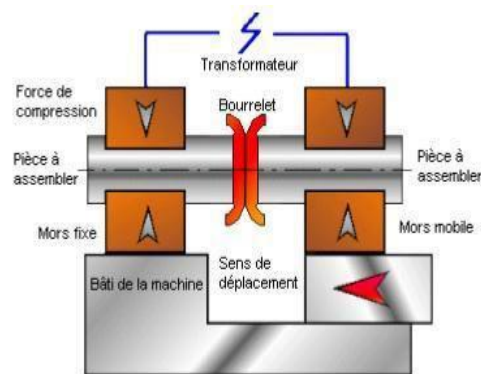


Figure I. 10 Soudage en bout par étincelage [8]

Un mouvement de déplacement lent à vitesse constante est appliqué à la mâchoire mobile. Des effets magnétiques violents chassent le métal en fusion et génèrent des étincelles. Lorsque toute la section des pièces est en fusion, un déplacement rapide et une forte pression sont appliqués pour assurer le forgeage avec chasse des impuretés et création d'un bourelet externe sur les pièces. [8]

2.4.3 Avantages du procédé de soudage

- excellente qualité des joints soudés ;
- Rapidité d'exécution ;
- Possibilité de souder des formes très variées ;
- Limitation des déformations ;
- Absence de préparation des bords à souder ;
- Possibilité d'automatisation ;
- Zone thermiquement affectée très faible ;
- Pas de protection du bain de fusion;

2.4.4 Inconvénients du procédé de soudage

- Section admissible des pièces en fonction de la capacité de la machine ;
- Demandent une puissance électrique importante ;
- Perte de matière lors du soudage par étincelage ;
- Bourelet externe à éliminer par usinage ;

3. Soudage au gaz ou au chalumeau

3.1 Brasage

3.1.1 Définition du procédé

Le brasage est une opération d'assemblage, le plus souvent par recouvrement, entre des alliages métalliques identiques ou différents à l'aide d'un métal d'apport dont le point de fusion est inférieur aux métaux de base rencontrés. Dans le brasage, aucune dilution du métal de base n'est possible dans le métal d'apport

3.1.2 Principe du procédé

Le brasage permet l'assemblage de deux pièces métalliques à l'aide d'un métal de nature différente. Ce métal a une température inférieure à celle des pièces à assembler et lui seul participe à la constitution du joint d'assemblage, en se fusionnant au contact du métal de base plus chaud. (Figure I. 11) [18]

L'assemblage des pièces se fait par recouvrement, comme pour un collage. Ce procédé permet de créer un joint d'étanchéité par pénétration du métal d'apport par capillarité entre les deux tuyaux de métal

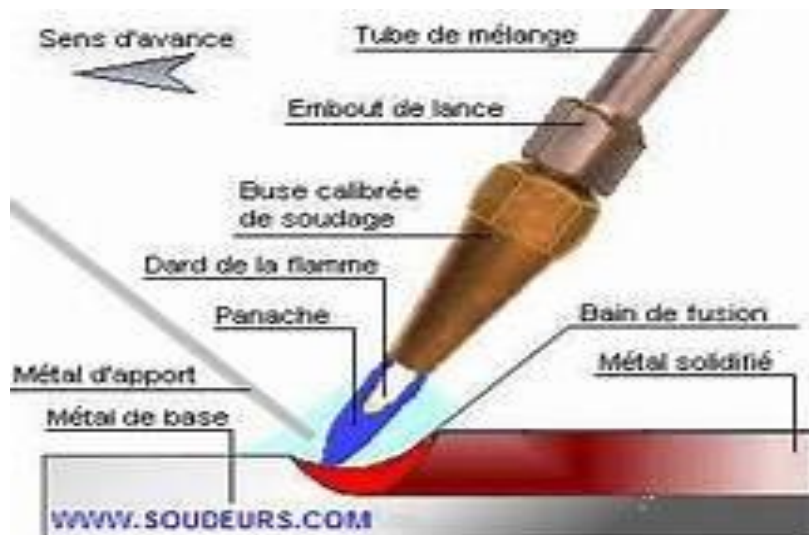


Figure I. 12 principe soudage brasage. [18]

3.2 Soudage oxyacétylénique

3.2.1 Définition du procédé

La température de la flamme peut atteindre les **3 100° Celsius** lorsque le mélange **C₂H₂** et **O₂** est correctement équilibré dans le chalumeau. Le métal d'apport (baguette de fil dressé de Ø 0,8 mm à Ø 4,0 mm. L'énergie calorifique de la flamme fait fondre localement la pièce à assembler et le fil d'apport pour constituer le bain de fusion et après refroidissement le cordon de soudure. [9]

3.2.2 Principe du procédé

Deux pièces de métal sont chauffées jusqu'à fusion et le joint, entre elle, est formé de leur propre métal ainsi que du métal d'apport, sous la forme d'une baguette. Le métal d'apport qui constituera la soudure est identique au métal de base, la soudure est dite autogène. La température de chauffe se situe entre 2 850°C et 3 200°C. Le métal d'apport viendra combler l'espace entre les deux pièces à souder. Des points de soudure permettront de stabiliser les deux pièces, puis l'espace sera comblé au fur et à mesure par le dépôt du métal d'apport en fusion. Celui-ci se dépose sous forme d'une goutte, puis le soudeur imprime un mouvement de rotation avec la flamme du chalumeau. Ce qui donnera un aspect caractéristique, avec effet de vague, du cordon de soudure au chalumeau. Ce type de soudure s'apparente à du «grand Art» en soudage et n'est pas à la portée de n'importe quel soudeur. De fait, ce type de soudage n'occupe que la 3^e ou 4^e place parmi les procédés les plus répandus. La chaleur nécessaire est apportée par une flamme obtenue par un mélange de deux gaz, oxygène et acétylène. L'un, l'oxygène

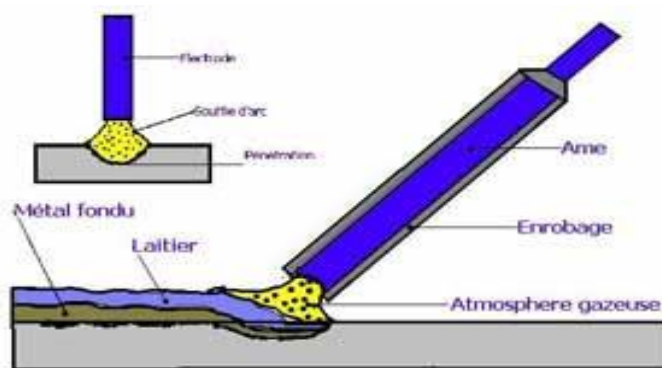


Figure I. 13 montre le principe soudage oxyacétylénique

Le comburant du mélange, a pour rôle d'activer la flamme ; l'autre, l'acétylène, le combustible, celui de la créer. La densité de l'acétylène est plus faible que l'air. A l'intérieur des bouteilles, il est obtenu à l'aide d'un mélange d'acétone : 1 l d'acétone permet de fournir 24 l d'acétylène. Ce mélange gazeux est à l'origine de la flamme la plus chaude, 3 200 °C à la pointe du dard. A cette température tous les métaux sont en fusion.[9]

3.2.3 Pratique du procédé

Le soudeur commence par mettre à nu (procédé mécanique ou chimique) le métal des deux pièces à souder, puis il allume l'acétylène, il règle le débit pour que la flamme touche juste la buse (en augmentant le débit, la flamme se crée plus en avant). Ensuite, il allume l'oxygène et règle le débit pour ne voir qu'un seul dard. Si le débit est trop fort, il y a deux dards. Le dard doit être assez court. Après quoi, il chauffe les deux pièces à souder sur une zone assez large, d'environ 2 cm, en faisant des petits cercles, ceci sans que le dard ne touche le métal. Jusqu'à ce que le métal prenne une couleur rouge cerise, 1 à 2 minutes en fonction de l'épaisseur du métal et de sa température de fusion. C'est le contrôle visuel qui permet de déterminer que la bonne température est atteinte, la couleur et l'aspect du métal sont observés en permanence par le soudeur. Celui-ci amène alors la baguette de soudage au niveau de l'espace entre les deux pièces à souder et il commence par les pointer, ceci permet de stabiliser les deux pièces l'une par rapport à l'autre et confère au cordon de soudure une meilleure résistance aux forces de traction et de torsion [12]

3.3 Le soudage des thermoplastiques avec chalumeau à air chaud

3.3.1 Définition du procédé

Les matières plastiques de la famille des thermoplastiques sont pratiquement toutes soudables à l'exception des Poly (PTFE), des Polyéthylènes à très haut poids moléculaire (PE) et des poly méthacrylates de coulée (PMMA) La matière plastique chauffée passe à l'état plastique (pour les matières amorphes) et à l'état visqueux (pour les matières cristallines) juste avant sa décomposition. La chaleur, lors du ramollissement de la matière, assure une mobilité des chaînes macromoléculaires et assure l'interpénétration des molécules sous l'action d'une certaine pression.[10]

3.3.2 Principe du procédé

Le procédé de soudage au chalumeau électrique à air chaud à la volée est réservé à la fabrication d'isométriques de tuyauteries ou des éléments de chaudronnerie en atelier et sur chantier. Cette méthode demande une dextérité manuelle et un doigté assuré du soudeur. La règle de l'art du soudage des matières plastiques est d'observer trois points

Le point de départ de la soudure est préchauffé à l'aide d'un chalumeau spécial à buse ronde jusqu'à l'obtention d'une surface mate. Le chalumeau est déplacé de droite à gauche dans un mouvement de balancier devant la baguette d'apport. La zone de la pièce à souder proche de la baguette et la matière d'apport sont alternativement, Il est important de maîtriser l'étirage de la baguette et d'obtenir une largeur constante de la zone chauffée [10]

3.3.3 Pratique du soudage

- Matières plastiques : PP, PVC, PE ;
- Procédé de soudage au chalumeau air chaud ;
- Reconnaissance des matériaux ;
- Préparation des joints ;
- Mise en œuvre des équipements ;
- Réalisation d'assemblages angulaires et bout à bout ;

3.3.4 Avantages du procédé

La haute vitesse du processus d'assemblage des pièces plastiques,

Une montée rapide en température des matériaux jusqu'au point de fusion uniquement des zones à joindre,

Une production basée sur l'utilisation d'un équipement utilisable facilement et fonctionnant de manière autonome ou semi-autonome,

Des réalisations précises quelle que soit la forme de la jonction ou de la réparation à faire.

3.4 Le soudage par explosion

3.4.1 Définition du procédé

La liaison entre les deux pièces est obtenue par la projection d'une pièce sur l'autre par pression

L'onde de choc de l'explosion par détonation contrôlée est utilisée pour assembler les matériaux avec une vitesse de déformation très élevée, à très grande vitesse de déplacement (de l'ordre de 2500 à 3500 mètres / seconde) et sous une très forte pression

Le soudage par explosion (EXW) est un procédé d'assemblage à haute énergie à l'état de phase solide de matériaux non miscibles entre eux.

3.4.2 Principe du procédé

Le soudage par explosion est un procédé de soudage par recouvrement de deux ou plusieurs matériaux. L'explosif est placé sur une plaque ou une tôle supérieure qui est elle-même placée à une certaine distance de la pièce de base sur laquelle la tôle va être soudée. La collision est engendrée par la combustion de l'explosif. (Figure I. 14)

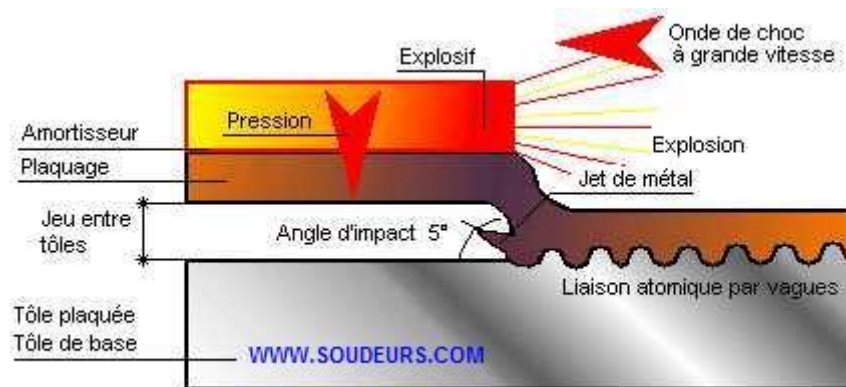


Figure I. 15 soudage par explosion [13]

Lors de l'explosion, la tôle est accélérée par la différence de pression de gaz.

L'explosif utilisé est à base de nitrate d'ammonium. [13]

3.4.3 Applications

- Chimie, pétrochimie, énergie, nucléaire ;
- Hydrométallurgie ;
- Construction navale ;
- Electrométallurgie ;
- Aéronautique ;

- Climatisation et froid ;

3.4.4 Avantages et inconvénients

- Possibilité d'assembler des matériaux différents ;
- Possibilité de plaquer tubes et tôles ;
- Méthode dangereuse ;
- Demande ministérielle obligatoire, surveillé ;
- Redressage nécessaire ;
- Aéronautique ;
- Climatisation et froid

Chapitre II : Equipements

De soudage

1. Matériel utilisé dans chaque procédée

1.1 Soudage par TIG

1.1.1 Gaz utilisé en procédé TIG

L'argon pur est le plus couramment utilisé en soudage TIG. (bon amorçage de l'arc)

L'hélium utilisé en complément à l'argon, l'arc développe une énergie plus importante et donc des performances accrues du faite du vitesse plus grande. Le cout du soudage est plus important cependant. (Alliages légers, cuivre...)

L'hydrogène utilisé en addition avec l'argon permet lui aussi d'obtenir un arc plus énergétique, donc une vitesse de soudage améliorée. En outre, une pénétration plus importante est constatée ainsi qu'un aspect plus esthétique du cordon de soudure.

L'azote peut aussi être utilisé en complément à l'argon et en très petite quantité pour souder des aciers duplex. Utilisé aussi en protection envers [25]

1.1.2 Buses utilisées en soudure TIG

Les buses utilisées seront soit en céramique (beige), en oxydes d'aluminium (rose clair), en nitride de silicium (gris), Pyrex (transparent) et auront un diamètre qui pourra varier de 6 mm à 20 mm suivant l'intensité de soudage. Le tableau ci-après donne les valeurs d'intensités et de débit de gaz, correspondant aux différents diamètres de buses. On aussi de nos jours de nouveaux kits vendus de la marque CK Worldwide ou furickcup qui sont plus modernes et très tendances

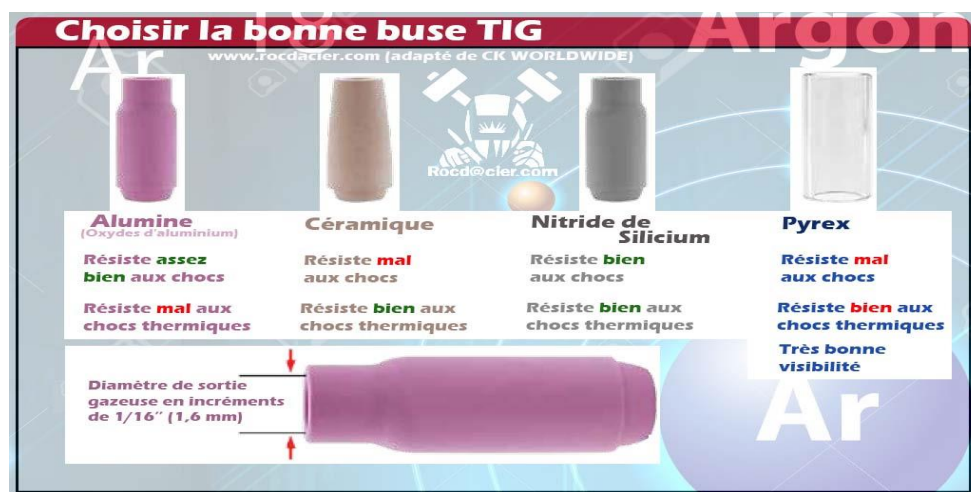


Figure II. 1 Les déférentes buses utilisées en soudure TIG [25]

Leurs avantages cités par les fabricants sont:

- Réduction de la consommation de gaz de 40% ;
- Meilleure protection gazeuse ;
- Stick-out augmenté à 6x le diamètre de l'électrode ;
- Meilleure visibilité pour les buses Pyrex ;



Figure II. 2 Avantages buses pyrex TIG [25]

Le diffuseur à tamis fourni avec les buses permet l'homogénéité de la protection gazeuse.

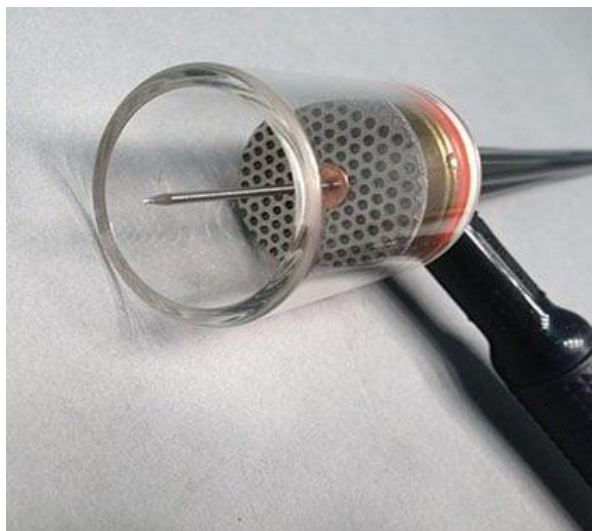


Figure II. 3 Buse tamis CK WORDWIDE [25]

1.1.3 Alimentations électrique dans ce procédé TIG

En fonction des matériaux, des dimensions et des épaisseurs à souder, on pourra souder en courant continu à polarité directe, souder en courant pulsé, le courant continu à polarité directe (pôle négatif à l'électrode) s'exécute pour le soudage de tous les métaux, y compris de l'aluminium (avec certaines précautions à prendre)

le courant pulsé, qui consiste à développer des périodes de hautes et de basses intensités, pour réduire le volume de métal fondu. Ceci facilite le travail en position et le soudage des faibles épaisseurs avec une meilleure régularité, surtout au niveau des pénétrations.

le courant alternatif est principalement utilisé pour le soudage des alliages d'aluminium. L'alternance de polarité craque ainsi la couche d'alumine réfractaire pour permettre ensuite la pénétration. [25]

1.1.4 Les différents types d'électrodes utilisées en soudage TIG orbital

Les électrodes de tungstène sont classifiées sur la base de leur composition chimique. Pour de plus amples informations se référer à la norme ISO 6848 (ANSI/AWS A5.12-92). Une électrode est toujours sur la base de tungstène dans lequel sont ajoutés ou non des alliages ou oxydes.

Voici un récapitulatif de tous les types d'électrodes de tungstène utilisés en soudage TIG orbital [26]

1.1.4.1 Electrode Tungstène pur (couleur verte)

Densité de courant limitée, principalement utilisé en courant alternatif pour le soudage des alliages d'aluminium car la boule formée en extrémité est propre et offre donc une stabilité de l'arc.

Le tungstène pur n'est pas recommandé pour le soudage en courant continu car il offre un amorçage et une stabilité de l'arc médiocre. De plus il est possible que ce type d'électrode provoque des inclusions de tungstène.

1.1.4.2 Électrode Tungstène Zirconium (couleur blanc de 0,7 à 0,9% et marron de 0,15 à 0,50%)

Il s'agit de l'électrode de référence pour le soudage des aluminiums en courant alternatif.

Qualité d'amorçage et stabilité d'arc, haute densité de courant admissible

1.1.4.3 Électrode Tungstène Thorium (couleur jaune 1%, couleur rouge 2% et violet 3%)

Sûrement l'électrode la plus connue et la plus utilisée Dans le monde du soudage TIG Elle à une très haute densité de courant admissible, une meilleure émissivité des électrons, limite la température de l'électrode minimisant ainsi les risques de contamination de la soudure par inclusion de tungstène

Le tungstène thorium est utilisé en courant continu essentiellement. En courant alternatif il est difficile de maintenir une forme correcte de la boule en extrémité de l'électrode ce qui explique qu'il est rarement utilisé avec un courant alternatif.

1.1.4.4 Électrode Tungstène Cérium (couleur grise de 1,8% à 2,2%)

Introduit initialement aux USA aux débuts des années 80 ce type d'électrode prend le pas sur le thorium du fait de ses oxydes non radioactifs.

Il supporte une densité de courant identique à du tungstène pur, a une longévité correcte mais surtout il procure un excellent amorçage et une stabilité de l'arc incomparable.

Polyvalent il travaille aussi bien en DC qu'en AC et il est fortement utilisé. Pour toutes les applications de soudage TIG automatisé

1.1.4.5 Électrode Tungstène athénium (noire de 0,8% à 1,2%, or de 1,3% à 1,7% et bleue de 1,8% à 2,2%)

Ce type d'électrode est très similaire au thorium.

Polyvalent il travaille aussi bien en DC qu'en AC et il est fortement utilisé pour toutes les applications de soudage TIG automatisé. Il ne comporte pas de risque radioactif.

1.1.4.6 Électrode Tungstène cérium Lanthane (couleur rose)

Aujourd'hui, on préfère utiliser des électrodes de tungstène au cérium ou au lanthane, ou un mélange des deux qui ne présentent aucun risque radioactif. De plus, elles sont

tout aussi performantes que les électrodes de tungstène théorie. L'amorçage est simplifié et sa durée de vie importante. Elle offre un excellent compromis

Le choix de l'électrode en soudage TIG orbital n'est pas un choix à prendre à la légère. Trois critères vont vous aider à faire le bon choix pour vos électrodes.

Critère 1 : Le choix de la matière

Désignation	Couleur	Type	Courant	Application
WP	Vert	Pure	AC	Arc stable avec courant alternatif, utilisé pour souder les alliages légers. Attention au risque de contamination du bain.
WT	Jaune 1%	Thorium	DC	Amorçage facile, grande capacité de courant et peu de contamination du bain. AC difficile. Risques radioactifs.
	Rouge 2%			
	Violet 3%			
WZ	Blanc de 0,7 à 0,9%	Zirconium	AC	Identique WP, avec une capacité de courant plus élevée et moins de risques de contaminations du bain.
	Marron de 0,15 à 0,50%			
WL	Noire de 0,8% à 1,2%	Lanthanium	AC/DC	Similaire WT, pas de risque radioactif. Mais moins performant.
	Or de 1,3% à 1,7%			
	Bleue de 1,8% à 2,2%			
WC	Grise de 1,8% à 2,2%	Cérium	AC/DC	Similaire WT et WL. Moins de capacité de courant.
WCL 1/1%	Rose	Cérium/Lanthane	DC	Amorçage simplifié, durée de vie importante. Elle offre un excellent compromis !

Tableau II.1 Classifications des électrodes [33]

Le choix va s'effectuer en fonction du type de courant de soudage : alternatif ou direct. Le courant alternatif (AC) est essentiellement utilisé pour souder de l'aluminium. La polarité entre le tube (masse) et l'électrode est alternativement inversée, ce qui fait que les électrons font un « va-et-vient » entre le tube et l'électrode, ce qui a pour effet de casser la couche l'alumine qui fait résistance et empêche la fusion.

Le courant direct (DC) est le plus utilisé, tous nos générateurs de soudage en sont équipés. La polarité est fixe, généralement le tube (masse) est chargé positivement et l'électrode est chargée négativement. Les électrons sont attirés par le tube et se déplacent de l'électrode vers celui-ci. Ce procédé est utilisé sur la plupart des métaux à souder.

Certains postes sont AC/DC, ils sont donc capables de faire les deux.

La matière de l'électrode sera donc sélectionnée en fonction du courant utilisé.[33]

Critère 2 : Diamètre, longueur et taille de l'électrode

La taille de l'électrode va essentiellement dépendre de l'équipement utilisé pour souder. Une torche manuelle aura une longueur de 100 ou 200 qui sera recoupée et réaffûtée au fur et à mesure.

Voici quelques tailles d'électrodes en fonction de nos différentes machines :

Têtes de soudage fermées (SATFX) et Micro fit (SXMF) : selon le diamètre du tube à souder, et la catégorie de la tête de soudage.

Pour les torches manuelles SATM ; têtes de soudage ouvertes SATO préfabrication SX toujours de 50mm diffuseur long et 22mm avec diffuseur court

Le diamètre dépend du courant de soudage.

Jusqu'à 100 ampères nous pouvons souder avec un diamètre 1,6 mm : au-delà il y a risque de détérioration de la pointe de l'électrode et ce avec des inclusions de Tungstène dans la zone de fusion, ce qui constitue un défaut grave.

On peut utiliser un diamètre 2,4 mm à partir de 80 ampères : en dessous l'arc ne sera pas stable car il aura « trop de place » et ne sera pas canalisé.

Les longueurs standards sont comprises entre 100 et 200 mm et les diamètres des électrodes de tungstène entre 0.25 à 10 mm (0.010 à 0.250 Inch).

AXXAIR fournit des électrodes pré-affûtées et pré-coupées d'une longueur de 50 mm pour les têtes ouvertes et entre 15 et 59.5 mm pour les têtes fermées. Nous travaillons également avec trois diamètres : 1 pour la tête fermée Micro fit (SXMF), 1,6 et 2,4 pour les têtes ouvertes (SATO), têtes fermées (SATF), préfabrication (SX), torche manuelle (SATM) et tubes sur plaque (SATP).

Diamètre électrode/courant admissible

Courant Continu (polarité directe)		
Diamètre de l'électrode	Courant admissible	Epaisseur correspondante (théorique)
Ø 1.0	10 à 80 Ampères	0,3 à 2,0 mm
Ø 1,6	10 à 120 Ampères	1,0 à 3,0 mm
Ø 2.4	80 à 240 Ampères	2,0 à 10,0 mm (Avec chanfrein)

Tableau II. 2 Exemples fourchettes d'intensité par diamètre d'électrode [33]

Critère 3 : La géométrie et l'état de surface des électrodes

Normalement, la préférence pour les utilisateurs de système TIG automatisé sera :

- Des électrodes affûtées dans le sens de l'axe : les stries doivent être longitudinales afin d'éviter une mobilité de l'arc électrique et le détachement potentiel de particules de Tungstène. L'affûtage parfait va être effectué parallèlement à l'axe longitudinal de l'électrode. L'affûtage doit également permettre un bon état de surface avec une rugosité maximum RA 0.8.

- Des électrodes nettoyées, pour élimination des impuretés présentes en surface. Selon la norme **ISO 6848** : « La surface des électrodes doit être exempte d'impuretés, de pellicules indésirables, d'inclusions de corps étrangers, d'éclats, de fissures, d'écailles et d'autres défauts. Le corps des électrodes ne doit pas comporter d'inclusions de corps étrangers ou tout autre défaut qui affecterait de façon négative l'utilisation de l'électrode ». Si celle-ci est oxydée, qu'elle se fonce ou bleuit, elle ne sera plus en mesure d'assurer une soudure conforme. On dit alors qu'elle est polluée et dans ce cas elle risquera de polluer la zone de fusion. Elle se pollue par exemple dans le cas où une soudure est démarrée sans gaz, ou bien avec un gaz impur, lorsqu'une projection de la zone de fusion se colle, ou bien encore si elle a touché pendant le soudage. Il n'y a alors rien d'autre à faire que de changer l'électrode, un affûtage serait inutile.

Ces conditions d'élaboration fourniront une meilleure conductivité électrique entre l'électrode et le porte pince électrode et un meilleur transfert de l'arc électrique.[33]

1.1.5 Types de torches TIG

D'abord on peut distinguer deux types de torches selon comment elles se déclenchent:

À valve. Les torches à valve comptent avec un robinet que vous permettra de gérer le gaz de protection. Normalement ces torches sont utilisées avec des postes TIG à souder sans électrovanne. (Figure II. 4)



Figure II. 5 TIG torche à valve [34]

Électriques: Ils sont le plus commun et ils comptent avec un système d'activation électrique et un poussoir buttons pour actionner l'électrovanne et son amorçage. Concernant le faisceau de liaison, les torches sont disponibles en conception Bitube ou coaxial (il rend la torche plus flexible). (Figure II. 6)



Figure II. 7 TIG torches électrique [34]

En plus, les torches de soudage TIG sont disponibles **refroidies** par gaz ou refroidies par eau. On conseille de choisir des torches refroidies par eau pour les applications plus exigeantes avec curen de travail supérieur à 180A.



Figure II. 8 Faisceau de liaison coaxial pour torche TIG électrique refroidie par eau



Figure II. 9 Faisceau de liaison bi-câble pour torche TIG électrique refroidie par gaz

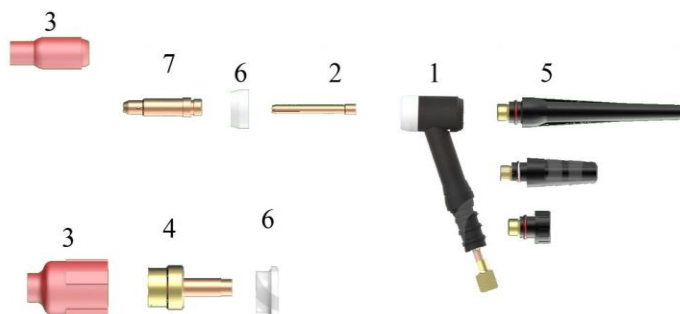


Figure II. 10 parties des torches TIG [34]

1- Corps de la torche

2- Pince Electrode Tungstène: C'est la pièce qui tient l'électrode en tungstène lorsque l'on ajuste le bouchon et crée le contact électrique nécessaire pour un bon transfert du courant de soudage

3- Buse Céramique: Montée sur le corps de la torche, cette pièce dirige le gaz Protectorat aux zones de soudage. Il y a deux configurations possibles : Collet ou gaz Lens. La configuration gaz Lens est recommandée pour des applications où on a besoin d'une grande couverture du gaz. Il aussi offre une visibilité plus grande à l'utilisateur.

4- Diffuser gaz Lens: Cette pièce, utilisée dans la configuration Gaz Lens, permet d'augmenter la couverture du gaz protecteur.

5-Bouchon: Maintient l'électrode de tungstène en position et scelle le corps en protégeant la torche de l'air atmosphérique

6-Bague tête isolante**7- Support Collet/Diffuseur****1.2 Soudage par MIG MAG****1.2.1 Le choix du gaz**

Dans le procédé MIG, le gaz inerte sert à protéger certains des éléments de la soudure, le fil-électrode, l'arc, le bain de fusion et les éléments entourant le matériel de base se trouvent à l'abri de la contamination atmosphérique.

Ainsi, l'argon (Ar) est le seul des gaz inertes qui s'adaptent à la quasi-totalité des applications de soudage. Obtenue par distillation fractionnée de l'atmosphère, la substance offre un amorçage facile et une stabilité de l'arc assez bonne. Néanmoins, il est intéressant de savoir qu'un mélange argon et dioxyde de carbone tout comme de l'oxygène ou du dioxyde de carbone pur réagissent avec un bain de fusion liquide.

De son côté, l'hélium (He) est un gaz inerte assez rare qui provient du sous-sol. Il offre l'avantage d'une meilleure pénétration pour une stabilité de l'arc moindre. On l'utilise plus souvent sur des matériaux à conductibilité thermique élevée et sur les grandes épaisseurs. Plus léger que l'air, l'hélium doit être également utilisé en grande quantité pour une protection adéquate. Contrairement à l'argon, l'hélium ne contribue ni à un enrichissement en oxygène ni à la qualité de la liaison chimique de la soudure,

mais il augmente la vitesse de soudage. Par ailleurs, l'hélium garantit une bien meilleure pénétration sur les flancs. Ce sont pour ces raisons que l'on emploie souvent l'hélium ou bien un mélange hélium/argon pour un soudage MIG ou encore TIG [27]

Bouteille de gaz jetable ARGON + CO²

Bouteille jetable de gaz, mélange Argon + 14 % CO₂. Pour la soudure de l'acier ; Filetage M10 Valve ; Contenance: 2,2 L Pression 110 Bars ; soit 220 Litres de gaz



Figure II. 11 Bouteille de gaz jetable ARGON+CO₂ [27]

Bouteille jetable de gaz Argon + O²

Bouteille jetable de gaz, mélange Argon + 2% O₂ pour la soudure de l'inox jusqu'à une épaisseur de 3 mm et la soudure de l'acier
Filetage M10 Contenance 2,2 litres. 220 L détendu



Figure II. 12 Bouteille jetable de gaz ARGON+ O₂ [27]

Bouteille de gaz jetable ARGON pur

Bouteille jetable de gaz Argon PUR pour la soudure de l'aluminium en mode MIG-MAG ou pour la soudure de tous métaux en mode TIG.

Filetage M10 Valve.

Contenance: 2,2 L Pression 110 Bars : soit 220 Litres de gaz de soudure



Figure II. 13 Bouteille de gaz jetable ARGON pur [27]

Bouteille rechargeable de gaz soudure Argon pur Indus SOL

Bouteille de gaz ARGON rechargeable livrée pleine. L'argon UPP est un gaz de protection contre l'oxydation de l'air ambiant durant les opérations de soudage.

Domaine d'utilisation:

Pour la soudure de l'aluminium avec un poste MIG (semi-automatique).

Pour la soudure notamment de l'acier, l'inox et l'aluminium avec un poste TIG



Figure II. 14 Bouteille de gaz soudure ARGON pur Indus SOL [27]

Bouteille rechargeable de gaz soudure Argon + O² Enermix OX2 SOL

Mélange de protection pour le soudage MAG des aciers inoxydables, de préférence sur des tôles de fine épaisseur (jusqu'à 3 mm) ; Par rapport aux mélanges Ar/CO₂, il permet d'atteindre le spray arc à des courants inférieurs. Il permet d'obtenir une fusion en pulvérisation (pluie fine) du métal d'apport et une baisse de tension superficielle du bain de fusion. La fluidité du bain de fusion assure un bon mouillage des bords à assembler et évite la création de caniveaux. Pour des épaisseurs d'inox supérieur à 3 mm, il faut opter pour un mélange Argon + CO₂ 2-3 %

Ce gaz permet également la soudure des aciers dans le cadre d'une utilisation non professionnelle.



Figure II. 15 Bouteille de gaz soudeur ARGON +O² Eermix OX2 [27]

Bouteille rechargeable de gaz soudure Argon + CO₂ Enermix C15 SOL

Mélange protecteur pour le soudage MAG manuel et automatique des aciers non alliés et faiblement alliés. L'Ermix C15 permet d'obtenir un arc très stable. Il est utilisé aussi bien sur des tôles de fortes que de faibles épaisseurs en position à plat.

En régime Short Arc, il est facile de pallier aux défauts de préparation.

Le cordon de soudure est bien lisse, de bel aspect et ne nécessite aucun travail de finition.

Caractéristiques :

- adapté pour le soudage avec des fils pleins et des fils armés
- adapté aussi pour le soudage à arc pulsé - utilisable dans toutes les positions
- bonne stabilité de l'arc - bonne pénétration - bel aspect.

1.2.2 La torche du soudage

Les torches de soudage peuvent être refroidies par eau (figure 16), soit refroidie par air pour $I_s < 350A$

Une torche à air est uniquement refroidie par l'air qui l'entoure et par le débit du gaz de protection. Le refroidissement par eau est une méthode plus efficace. Le choix entre les deux modes dépend des facteurs tels que le courant de soudage, le type de gaz de protection, les DRF et le type de soudage. Le type de matériau d'apport joue aussi un rôle important.

La gaine guide-fil permet de faire glisser le fil du dévidoir jusqu'à l'embout contact. La gaine doit se prolonger jusque l'extrémité de l'adaptateur-diffuseur et qu'elle soit en contact avec le dévidoir. La gaine-fil est généralement fournie en acier, mais peut être remplacée par une gaine en PTFE-céramique, ou avec insert en acier spiralé, pour le soudage de l'aluminium et de l'inox. La gaine guide-fil est normalement choisie en prenant le diamètre du fil $d \times 1,5$. [35]

La Figure II. 16 présenté les torches de soudage peuvent être refroidies

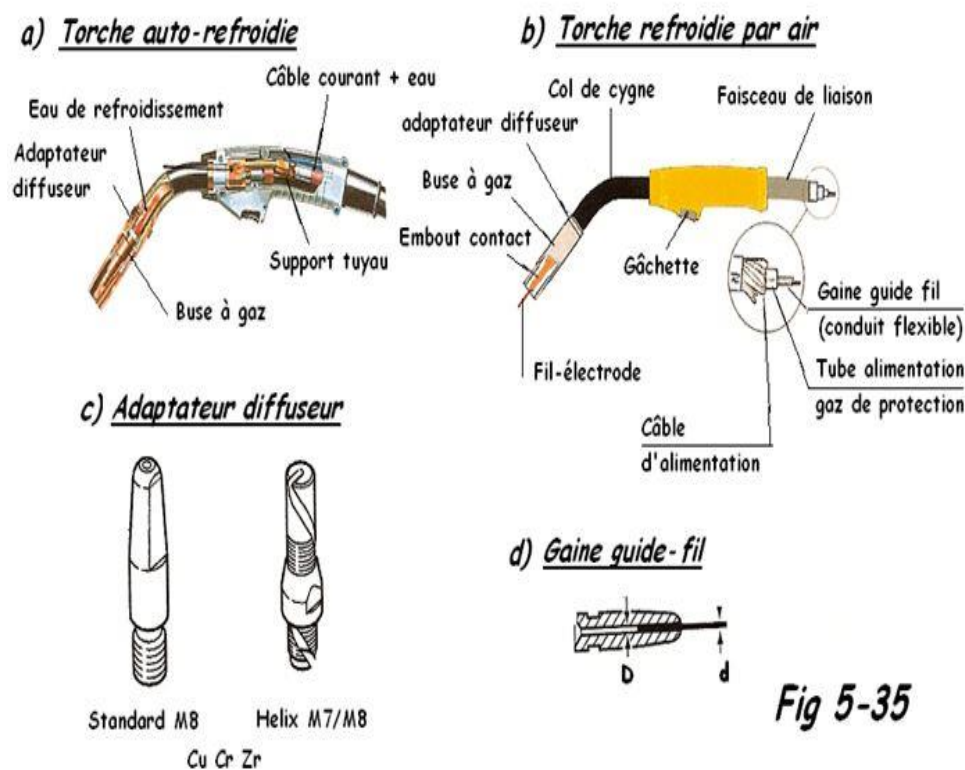


Figure II. 17 Les torches de soudage peuvent être refroidies [35]

1.1.6 Angle de torche

A En fonction des configurations de soudage



Figure II. 18 soudages en tirant ou poussant [35]

Un angle normal de soudage ne doit pas excéder 15°.

Soudage en tirant : La torche est inclinée vers la soudure finale. Cela permet d'apporter une chaleur considérable au bain de fusion pour une plus grande pénétration avec moins de projections et une meilleure stabilité d'arc. C'est la méthode la plus utilisée pour le soudage des pièces épaisses ou moyennes en acier, par exemple.

Le soudage en poussant : Utilisé pour le soudage de l'aluminium, il permet de combler les espaces séparant les tôles, d'obtenir des lignes de soudures plus larges et un bas niveau de pénétration comparé au soudage en tirant.

b) En fonction du métal à souder

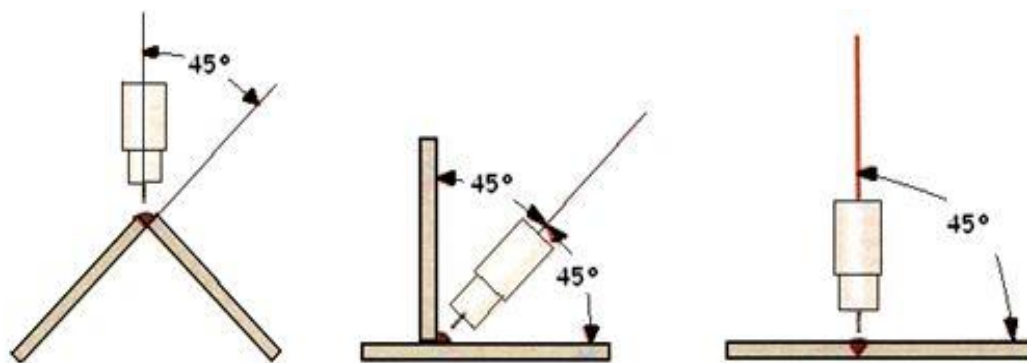


Fig 5-38 (Source ESAB)

Figure II. 19 Angle de la torche en MAG [35]

L'angle de la torche de soudage par rapport au métal à souder a un effet déterminant sur la forme de la soudure et sur la profondeur de pénétration. La Figure 18 montre les angles de torche appropriés, perpendiculaires à la direction de la soudure, pour

différents types de joints. Cette figure montre également la torche devrait être maintenue en fonction des types de joints à réaliser.

1.1.7 Types Bobine de fil pour soudure Acier

Fil acier bobine Ø 100 mm poids 700 gr

Bobine de fil acier Ø 0,6 ou 0,8 mm Poids 700 gr

L'utilisation de ce fil de soudure nécessite lors de son utilisation l'apport de gaz (Mélange Argon + CO²)Ce fil permet la soudure des aciers.



Figure II. 20 Fil acier bobine Ø 100 mm poids 700 gr[36]

Bobine de fil acier Ø 200mm. Poids 5 Kg

Section de fil proposé : 0,6 -0,8 -1 et 1,2 mm

L'utilisation de ce fil de soudure nécessite lors de son utilisation l'apport de gaz (Mélange Argon + CO²)



Figure II. 21 Bobine de fil acier Ø 200mm. Poids 5 Kg [36]

Fil acier galvanisé Bobine Ø 200 mm poids 5 Kg

Figure II. 22 Fil acier galvanisé Bobine Ø 200 mm poids 5 Kg [36]

Fil de soudage pour les aciers carbone, zingués, électro-zingués ou galvanisés.

Applications:

Construction d'usage général. Menuiseries métalliques. Construction et maintenance de matériels agricoles.

Bobine Ø 200 mm poids 5 Kg

3 sections de fil vous sont proposées : 0,6 - 0,8 et 1 mm

Normes : AWS A5.18: ER70S-2

Ce fil nécessite pour sa mise en œuvre un gaz de protection argon+ CO² 12 / 15%

Fil acier SG2 bobine Ø 300 mm poids 15 kg

Bobine de fil acier Ø 0,6-0,8 -1 et 1,2 mm. Poids 15 Kg

L'utilisation de ce fil de soudure nécessite lors de son utilisation l'apport de gaz (Mélange Argon + CO²) (Figure II. 23)

Ce fil permet la soudure des aciers.

Le diamètre de la bobine est de 300 mm



Figure II. 24 Fil acier SG2 bobine Ø 300 mm poids 15 kg [36]

1.2 Soudage par électrode enrobée

1.2.1 Types d'électrodes

Il existe des électrodes enrobées dont l'enrobage présentant des compositions très différentes. La composition de l'enrobage détermine les caractéristiques de fusion de l'électrode, ses propriétés de soudage et la qualité du métal fondu (vous trouverez des informations détaillées dans le chapitre Conformément à la norme NF EN 499, il existe différents types d'enrobage pour les électrodes enrobées destinées à souder les aciers non-alliés. Ici, on fait la distinction entre les types de base et les types mixtes. Des lettres sont utilisés pour désigner les différents types d'électrodes : C = cellulose, A = acide, R = rutile et B = basique. En Allemagne, le type rutile joue un rôle prépondérant. Les électrodes enrobées peuvent présenter un enrobage mince, moyen ou épais. Pour les électrodes rutilés, qui sont disponibles habituellement dans les trois épaisseurs d'enrobage, les électrodes à enrobage épais sont par conséquent connues sous le nom de RR pour mieux les différencier. Pour les électrodes enrobées alliées et hautement alliées, il n'existe pas une telle variété de types d'enrobages. Parmi les électrodes enrobées destinées au soudage des aciers inoxydables, qui sont normalisées par la norme NF EN 1600, on distingue par exemple uniquement les électrodes de type rutile et celles de type basique, de même pour les électrodes enrobées pour le soudage des aciers réfractaires (NF EN 1599) mais dans ce cas il y a uniquement des types mixtes basiques, comme pour les électrodes de type rutile, bien que cela ne soit pas spécifiquement désigné. Cela est le cas pour les électrodes qui présentent de meilleures caractéristiques pour le soudage en position difficile, par exemple. Les électrodes enrobées destinées au soudage d'acier à haute résistance (NF EN 757) sont uniquement disponibles avec des enrobages basiques [28]

Types d'électrode	Composition de l'enrobage	Effets
Rutile	Oxydes de titane (rutile), alliages ferreux et silicates	Affine le métal
Basique	Carbonates de calcium, alliages et fondant (Spathfluor)	Réduit la température de fusion
Acide	Oxydes de fer et de manganèse et désoxydant	
Oxydante	Oxydes de fer, silices et silicates	Bel aspect de finition
Cellulosique	Cellulose et matières organiques	Améliore la pénétration

Tableau II.3 Les différents types d'électrodes. [29]

La soudure à l'électrode permet de souder toutes les épaisseurs d'acier, dans toutes les positions, en mono-cordons ou en passages multiples. Pour cela, il faut choisir, le diamètre de l'électrode, l'intensité du courant et un enrobage adapté au métal à souder.

Si l'intensité est trop faible, l'électrode va coller à la pièce : la fusion est molle, l'amorçage difficile et la pénétration faible. De plus, l'arc est instable, ce qui engendre des défauts et des incrustations du laitier dans la soudure.

Au contraire, lorsque l'intensité est trop élevée, on observe des projections et des coulées de métal. Il arrive même que l'arc perfore la pièce à souder. Le tableau suivant liste les intensités recommandées en fonction du diamètre de l'électrode et de l'épaisseur du métal [29]

Épaisseurs	Électrode				
	Ø 2 mm	Ø 2,5 mm	Ø 3,2 mm	Ø 4 mm	Ø 5 mm
2 mm	60 A	70 A	90 A		
3 mm		80 A	100 A	120 A	
4 mm		90 A	110 A	130 A	160 A
5 mm		90 A	120 A	140 A	160 A
6 mm		90 A	125 A	150 A	170 A
8 mm			130 A	160 A	180 A
10 mm			130 A	170 A	190 A
12 mm			130 A	180 A	200 A
15 mm				190 A	220 A

Tableau II.4 Relations entre l'épaisseur et le diamètre de l'électrode [29]

1.2.2 Nature du courant de soudage

Le courant continu

Ce courant produit un arc de grande stabilité. Il permet aussi de choisir la polarité de l'électrode.

Aux intensités élevées, il présente l'inconvénient de provoquer une déviation gênante de l'arc par un phénomène que l'on appelle soufflage magnétique.

Ensuite, la polarité a aussi une importance non négligeable.

En polarité directe, l'électrode est reliée au pôle négatif (-). Elle est cathode. Le courant va de l'électrode vers la pièce. Le bain de fusion est étroit et profond. Cette polarité favorise la pénétration et c'est la plus utilisée.

En polarité inverse, l'électrode est reliée au pôle positif (+). Elle est anode. Le courant va de la pièce vers l'électrode. Le bain de fusion est large et peu profond. L'électrode est très chaude. On utilise cette polarité pour certains métaux ou pour limiter le taux de dilution.

Le courant alternatif

Ce courant est produit par des transformateurs. Il présente l'inconvénient de produire un arc de stabilité moindre. Pour remédier à cela on utilise des électrodes à enrobage ionisant [30]

1.3 Soudage par plasma

1.3.1 Types du gaz

Le soudage plasma nécessite toujours deux types de gaz différents:

Un gaz plasmagène, le plus souvent de l'argon, parfois avec un ajout d'hydrogène ou d'hélium.

Gaz plasmagène constitué d'un mélange ternaire d'hélium, d'argon et d'hydrogène, caractérisé en ce qu'il contient au moins 10% en volume d'hydrogène.

L'opération s'effectue soit à l'air ambiant (procédé APS), soit dans une enceinte contenant un gaz neutre (procédé LPPS en basse pression, IPS en atmosphère contrôlée, ATC sous atmosphère et température contrôlées)

Un gaz de protection annulaire qui, outre l'argon, peut contenir de l'hydrogène pour les aciers inox fortement alliés et les alliages de nickel ou de l'hélium pour le soudage de l'aluminium et de ses alliages, du titane et des alliages de cuivre. Il existe d'autres procédés plasma, par exemple pour le revêtement par soudage avec des poudres d'alliages hautement fusibles, parfois aussi pour l'assemblage. Citons aussi le rechargement plasma fil chaud et le soudage plasma MIG, un procédé d'assemblage à haut rendement [31]

1.3.2 Cas de poste –décharges à l'équilibre thermique

La torche ICP

L'acronyme ICP (Inductively Coupled Plasma) désigne un plasma couplé par induction. Le plasma est obtenu par application d'un champ magnétique sur un gaz qui circule à l'intérieur de la bobine d'induction. Cet outil est très répandu dans les spectromètres pour l'analyse chimique

La torche plasma à chaud

Il s'agit d'un plasma d'arc transféré ou non transféré. L'un des pieds de l'arc reste à l'intérieur de la torche, accroché sur une électrode en pointe (généralement en tungstène ou hafnium) et l'autre pied d'arc est accroché au support à découper (cas de l'arc transféré) ou sur une électrode tubulaire (cas de la projection thermique de céramique).

La torche plasma à cathode froide

Est un plasma d'arc non transféré. Les deux pieds de l'arc restent à l'intérieur de la torche, chacun étant accroché à une électrode tubulaire. Les applications de cet outil sont la destruction de déchets, la production de matériaux avancés [32]

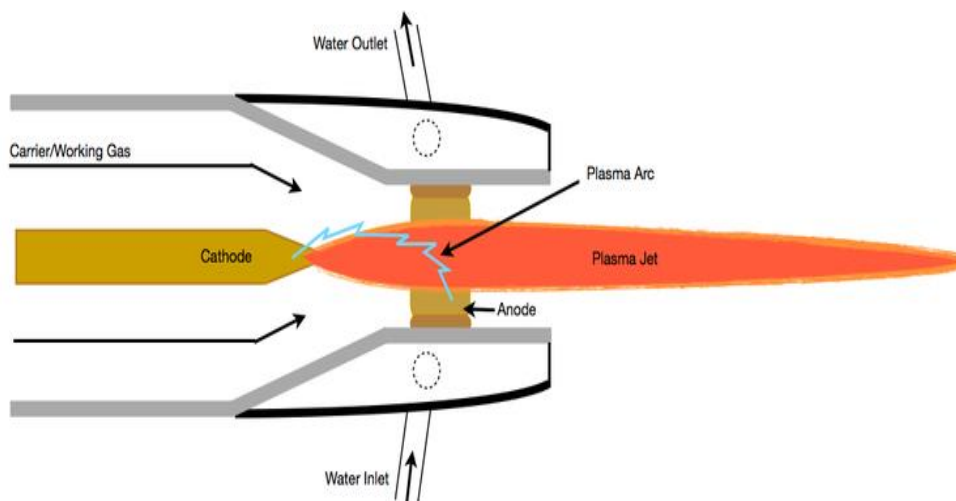


Figure II. 25 Principe de la torche plasma

2. Les postes de soudage

2.1 Les différents postes soudage

2.1.1 Poste soudage TIG

2.1.1.1 Poste soudage MONOTIG 220ip AC/DC



Figure II. 26 Poste soudage MONOTIG 220ip AC/DC

Caractéristiques

Alimentation 1 Phase 230V-50/60 Hz ou avec des groupes électrogènes.

Tolère les fluctuations de tension $\pm 15\%$.

Utilisable avec de longs câbles électriques sans perte de performance.

Bien protégé aussi contre une tension excessive, comme 380V. HF au Soft Start pour amorçage d'arc TIG.

Le courant de soudage commence à 5 ampères et fournit un arc stable dans toute la plage de réglage, donne de très bons résultats même avec les fines épaisseurs.

Signal carré.

Control de balance d'alternance.

Mémoire de 100 programmes de travail.

Fonction de soudage à point.

Affichage Digital des paramètres de soudage.

Fonctionne avec les torches professionnelles et la télécommande avec de réglage par pied. -Excellentes caractéristiques de soudage avec les électrodes Rutiles et Basiques et Cellulosiques.

Hot Start pour un allumage facile, Arc-Force pour la stabilité de l'arc et Anti-Stick pour éviter l'électrode de coller.

Conçu pour une utilisation en plein air avec la classe de protection IP23s. -Conception légère mais robuste, facile à transporter, durable dans des conditions difficiles.

Refroidissement par ventilateur, protection contre la surchauffe.

Pinces et câbles masse, câble électrique(3m) , tuyau de gaz fournis en standard.[37]

2.1.1.2 Poste soudage ID 250 TW DC

Caractéristiques

Alimentation 3 Phases 400V-50/60 Hz ou avec des groupes électrogènes. Tolère les fluctuations de tension $\pm 15\%$. Utilisable avec de longs câbles électriques sans perte de performance.

Réglage avec le potentiomètre ou avec la télécommande.

HF au Soft Start pour amorçage d'arc TIG.

Le courant de soudage commence à 5 ampères et fournit un arc stable dans toute la plage de réglage, donne de très bons résultats même avec les fines épaisseurs.

Les réglages TIG professionnels; le courant principal de soudage, pré-gaz, la duration de l'augmentation du courant (slope up), la duration de la chute du courant (slope down), la durée de gaz final, de remplissage de cratère et puis de fréquence d'impulsion et du courant base pour les modèles de Pouls.

Mémoire de 10 programmes de travail.

Gâchette 2/4 temps.

Affichage Digital des paramètres de soudage.

Fonctionne avec les torches professionnelles et la télécommande avec réglage par pied.

Excellentes caractéristiques de soudage avec les électrodes Rutiles, Basiques et Cellulosiques.

Hot Start pour un allumage facile, Arc-Force pour la stabilité de l'arc et Anti-Stick pour éviter l'électrode de coller.

Sans perte de performance avec de longs câbles de soudage.

Refroidissement par ventilateur et protection contre la surchauffe.

Pinces et câbles d'électrode-masse et câble électrique, tuyau de gaz, la torche TIG fournis en standard.[37]



Figure II. 27 Poste soudage ID 250 TW DC

1.1.1.1 Poste soudage ID 300 TW DC



Figure II. 28 Poste soudage ID 300 TW DC

Caractéristiques

Alimentation 3 Phases 400V-50/60 Hz ou avec des groupes électrogènes. Tolère les fluctuations de tension $\pm 15\%$. Utilisable avec de longs câbles électriques sans perte de performance.

Réglage avec le potentiomètre ou avec la télécommande.

HF au Soft Start pour amorçage d'arc TIG.

Le courant de soudage commence à 5 ampères et fournit un arc stable dans toute la plage de réglage, donne de très bons résultats même avec les fines épaisseurs.

Les réglages TIG professionnels; le courant principal de soudage, pré-gaz, la dérations de l'augmentation du courant (slope up), la dérations de la chute du courant (slopedown), la durée de gaz final, de remplissage de cratère et puis de fréquence d'impulsion et du courant base pour les modèles de Pouls.

Mémoire de 10 programmes de travail.

Gâchette 2/4 temps.

Affichage Digital des paramètres de soudage.

Fonctionne avec les torches professionnelles et la télécommande avec réglage par pied.

Excellentes caractéristiques de soudage avec les électrodes Rutiles, Basiques et Cellulosiques.

Hot Start pour un allumage facile, Arc-Force pour la stabilité de l'arc et Anti-Stick pour éviter l'électrode de coller.

Sans perte de performance avec de longs câbles de soudage.

Refroidissement par ventilateur et protection contre la surchauffe.

Pinces et câbles d'électrode-masse et câble électrique, tuyau de gaz, la torche TIG fournis en standard.[37]

1.1.1.2 Poste soudage MONOTIG 160i BASIC**Caractéristiques**

Alimentation 1 Phase 230V-50/60 Hz ou avec des groupes électrogènes. Tolère les fluctuations de tension $\pm 15\%$. Utilisable avec de longs câbles électriques sans perte de performance.

Soft Start pour amorçage d'arc TIG en frottant, sans HF. Le courant de soudage commence à 10 ampères et fournit un arc stable dans toute la plage de réglage.

Fonctionne avec les torches professionnelles et la télécommande avec déclenchement par pied.

Soudage avec l'électrode enrobée Rutile et Basique.

Sans perte de performance avec de longs câbles de soudage.

Conçu pour une utilisation en plein air avec la classe de protection IP23s.

Conception légère mais robuste, facile à transporter, durable dans des conditions difficiles.

Refroidissement par ventilateur, protection contre la surchauffe.

Pincés et câbles d'électrode-masse, câble électrique (3m), tuyau de gaz, la torche TIG fournis en standard. [37]



Figure II. 29 Poste soudage MONOTIG 160i BASIC

1.1.1.3 Poste soudage RS 350 MK

Caractéristiques

Alimentation 3 Phases 400 V-50/60 Hz.

Excellentes caractéristiques de soudage avec toutes sortes de Fil Massif et Fil Fourré.
Dévidoir compact à 4 galets assure un bon dévidage avec les torches longues et ne déforme pas les fils en aluminium et les fils fourrés.

Réglage de la tension du soudage avec le commutateur, de la vitesse de dévidage (courant du soudage) avec le potentiomètre.

Choix facile des paramètres de la tension de soudage et de la vitesse de dévidage avec l'aide de l'abaque du panneau frontal

Affichage digital des paramètres de soudage.

Avance fil rapide, test gaz et gâchette de 2/4.

Fonction avec des bobines K300, K270 et K200 et des bidons des fils.

Sortie électrique 220V pour réchauffeur CO₂.

Plateforme pour le cylindre à gaz avec des grandes roues pour transporter facilement en atelier ou hors site.

Boîtier robuste en tôle d'acier de 1.2 mm recouverte de peinture électrostatique.

Refroidissement par ventilateur et protection contre la surchauffe.

Refroidissement de l'eau puissante pour les torches, dans un environnement jusqu'à 40C et 50 m de longueur de tuyau d'eau pour les modèles avec le suffixe W.

Le câble électrique, la pince de masse et le tuyau de gaz fournis en standard.[37]



Figure II. 30 postes soudage RS 350 MK

2.1.16 Poste soudage ID 500 MW-5 SMART



Figure II. 31 postes soudage ID 500 MW-5 SMART

Caractéristiques

Alimentation 3 Phases 400 V-50/60 Hz. Tolère les fluctuations de tension $\pm 15\%$.

Utilisable avec de longs câbles électriques sans perte de performance. Bien protégé aussi contre une tension excessive, comme 380V.

Excellentes caractéristiques de soudage avec toutes sortes de Fil Massif et Fil Fourré. Soudage à l'électrode enrobée & coupage à l'électrode du carbone avec les modèles 400 & 500 (CC/CV)

3 modes de réglage (Synergique, Facile, Normal) qui rendent les postes de soudage conventionnels très facile à opérer.

Fonction Synergique assurant la sélection des valeurs d'épaisseur, de type de gaz, de diamètre de fil et de type de fil sur l'écran LCD nécessaires pour un soudage optimal. Dévidoir compact ou séparé de 5 m (peut s'étendre jusqu'à 30 m sur demande) à 4 galets assure un bon dévidage avec les torches longues et ne déforme pas les fils en aluminium et les fils fourrés. Dévidoir fermé disponible.

Réglage de la tension de soudage, de la vitesse de dévidage, soft start (démarrage sans éclaboussures), le pré-gaz, le post-gaz, le remplissage de cratère, les temps de burn-

back (brûler en arrière de fil), le temps de marche/arrêt de point avec des potentiomètres et LCD sur le dévidoir.

Prête à être utilisée avec magNET, la machine collecte et contrôle les données de soudage en temps réel pour un suivi détaillé des paramètres. Il est également possible de limiter ces paramètres automatiquement selon les données des documents WPS et ISO EN1090.

Le refroidissement intelligent permet le fonctionnement automatique des pièces rotatives telles que le ventilateur et le moteur de pompe en fonction du niveau de température. Cette fonction permet moins de bruit, moins d'accumulation de poussière à l'intérieur de la machine, des économies d'énergie et moins d'entretien.

Fonction avec des bobines K300, K270 et K200 et des bidons des fils.

Sortie électrique 24V pour réchauffeur CO2.

Plateforme pour le cylindre à gaz avec des grandes roues pour transporter facilement en atelier ou hors site.

Avec les modèles refroidis à l'air, dans le large tiroir qui se trouve à la place de l'unité de refroidissement d'eau, le soudeur peut ranger ses matériaux.

Boîtier robuste en tôle d'acier de 1.2 mm recouverte de peinture électrostatique.

Le câble électrique, la pince de masse et le tuyau de gaz fournis en standard.

2.1.1.7 Poste soudage RD 650 MW

Caractéristiques

Alimentation 3 Phases 400 V-50/60 Hz.

Excellentes caractéristiques de soudage avec toutes sortes de Fil Massif et Fil Fourré.

Dévidoir séparé de 5 m (peut s'étendre jusqu'à 30 m sur demande) à 4 galets assure un bon dévidage avec les torches longues et ne déforme pas les fils en aluminium et les fils fourrés. Dévidoir fermé disponible.



Figure II. 32 postes soudage RD 650 MW

Réglage de la tension du soudage, de la vitesse de dévidage (courant du soudage), Soft START (démarrage sans éclaboussures), le pré-gaz, le post-gaz, le remplissage de cratère, les temps de burn-back (brûler en arrière de fil) avec des potentiomètres sur le dévidoir.

Affichage digital des paramètres de soudage.

Avance fil rapide, test gaz et gâchette de 2/4.

Intuitivité optimisé pour faibles éclaboussures avec la 2^{me} ou 3^{me} sortie de masse si nécessaire.

Fonction avec des bobines K300, K270 et K200 et des bidons des fils.

Sortie électrique 220V pour réchauffeur CO₂.

Plateforme pour le cylindre à gaz avec des grandes roues pour transporter facilement en atelier ou hors site.

Boîtier robuste en tôle d'acier de 1.2 mm recouverte de peinture électrostatique.

Refroidissement par ventilateur et protection contre la surchauffe.

Refroidissement de l'eau puissante pour les torches, dans un environnement jusqu'à 40C et 50m de longueur de tuyau d'eau pour les modèles avec le suffixe W.

Le câble électrique, la pince de masse et le tuyau de gaz fournis en standard. [37]

1.1.2 Poste soudage MMA

1.1.2.1 Poste soudage GL 600



Figure II. 33 postes soudage GL 600

Caractéristiques

Alimentation 3 Phases 400V-50/60 Hz ou avec des groupes électrogènes. Tolère les fluctuations de tension $\pm 10\%$. Utilisable avec de long câbles électriques sans perte de performance.

Excellente performance de soudage avec les électrodes Rutilés, Basiques et Cellulosiques et de coupage carbone avec les modèles GL

Sans perte de performance avec de longs câbles de soudage.

Avec ses grandes roues et ses bras télescopiques, se déplace facilement dans des conditions de terrains difficiles.

Réglage et la surveillance du courant mécanique.

Refroidissement par ventilateur et protection contre la surchauffe.

Pinces et câbles d'électrode-masse et câble électrique fournis en standard.

1.1.2.2 Poste soudage TD 355



Figure II. 34 poste soudage TD 355

Caractéristiques

Alimentation 3 Phases 400V-50/60 Hz ou avec des groupes électrogènes. Tolère les fluctuations de tension $\pm 10\%$. Utilisable avec de long câbles électriques sans perte de performance.

Excellente performance de soudage avec les électrodes Rutiles, Basiques et Cellulosiques et de coupage carbone avec les modèles GL

Sans perte de performance avec de longs câbles de soudage.

Avec ses grandes roues et ses bras télescopiques, se déplace facilement dans des conditions de terrains difficiles.

Réglage et la surveillance du courant mécanique.

Refroidissement par ventilateur et protection contre la surchauffe.

Pincettes et câbles d'électrode-masse et câble électrique fournis en standard.

1.1.2.3 Poste soudage RD 500 E



Figure II. 35 postes soudage RD 500 E

Alimentation 3 Phases 400V-50/60 Hz ou avec des groupes électrogènes. Tolère les fluctuations de tension $\pm 10\%$. Utilisable avec de long câbles électriques sans perte de performance.

Excellente performance de soudage avec les électrodes Rutiles, Basiques et Cellulosiques jusqu'à 6.0 mm et de coupage carbone jusqu'à 8.5 mm.

Réglage avec le potentiomètre ou avec la télécommande.

Affichage digital des paramètres de soudage.

Hot Start pour un allumage facile, Arc-Force pour la stabilité de l'arc et Anti-Stick pour éviter l'électrode de coller.

Sans perte de performance avec de longs câbles de soudage.

Refroidissement par ventilateur et protection contre la surchauffe.

Avec ses grandes roues et à ses bras télescopiques, se déplace facilement dans des conditions de terrain difficiles.

Refroidissement par ventilateur et protection contre la surchauffe.

Pincettes et câbles d'électrode-masse et câble électrique fournis en standard.

1.1.2.4 Poste soudage ID 400 E



Figure II. 36 postes soudage ID 400 E

Caractéristiques

Alimentation 3 Phases 400V-50/60 Hz ou avec des groupes électrogènes. Tolère les fluctuations de tension $\pm 15\%$. Utilisable avec de longs câbles électriques sans perte de performance.

Excellentes caractéristiques de soudage avec les électrodes Rutil, Basiques et Cellulosiques.

Réglage avec le potentiomètre ou avec la télécommande.

Affichage digital des paramètres de soudage.

Hot Start pour un allumage facile, Arc-Force pour la stabilité de l'arc et Anti-Stick pour éviter l'électrode de coller.

Le courant de soudage commence à 5 ampères et fournit un arc stable dans toute la plage de réglage de la sorte adapté pour le soudage TIG en frottant.

Sans perte de performance avec de longs câbles de soudage.

Refroidissement par ventilateur et protection contre la surchauffe.

Chariot optionnelle pour les chantiers.

Etagère optionnelle pour grouper 4, 6 ou 9 postes.

Pinces et câbles d'électrode-masse et câble électrique fournis en standard.[37]

1.2 Les poste soudage dans l'atelier

1.2.1 Poste soudage SHARK45

Puissant et léger les systèmes de découpe au plasma SHARK 45 avec alimentation monophasée avec PFC sont un choix idéal pour les travaux de maintenance carrosseries l'agriculture et maintenance. La présence de PFC assure une performance de coupe élevée avec une faible consommation d'énergie.



Figure II. 37 Accessoires disponibles de poste soudage SHARK 45

Caractéristiques techniques

Torche SK65 avec technologie Back striking et câble coaxial

PFC Power Factor correction – Fusible de 16A

Circuit professionnel d'air à haut débit

Contrôle électronique pour une excellente qualité de coupe

Puissant et léger les systèmes de découpe au plasma SHARK 45 avec alimentation monophasée avec PFC sont un choix idéal pour les travaux de maintenance carrosseries l'agriculture et maintenance ; La présence de PFC assure une performance de coupe élevée avec une faible consommation d'énergie

Possibilité de coupage de grillages et tôle perforée

Possibilité de coupage par contact

Torche avec arc pilote

Paramètres de coupe stables même à la variation de la tension d'alimentation à \pm

Groupe filtre et régulation de l'air pour l'expulsion automatique des impuretés

Structure principal en métal avec les panneaux avant en fibre anti-choc

Façade inclinée avec grande visibilité sous tous les angles pour une facile lecture et réglage des paramètres

Dispositif de protection électrique sur la torche pour assurer la sécurité de l'opérateur

1.2.2 Poste soudage MATRIX 3000 AC



Figure II. 38 Accessoires disponibles de poste soudage MATRIX 3000 AC

Caractéristique

Contrôle digital de tous les paramètres

Equipement standard comprend le mode pulsé avec la fonction «EASY-PULSE» disponible
Caractéristiques de soudage TIG excellentes

Amorçage avec haute fréquence, toujours précis et efficace même avec de longue distance
Fonction «Energie Saving» qui active la ventilation du générateur et le refroidissement de la torche seulement quand nécessaire

Consommation d'énergie réduite

Possibilité de mémoriser programme de soudage personnalisé

Perturbation électromagnétique réduite car utilisation de la H.F. uniquement pour l'amorçage

Protection thermique contre le surtension

Structure principal métallique avec la face avant en fibre anti choc

Panneau de contrôle protégé contre les impacts accidentels

Poignée robuste intégrée dans le châssis

Face avant inclinée permettant une visibilité accrue pour le réglage et la lecture des paramètres dans toutes les directions

Taille et poids réduits, transport facile

Classe de protection IP 23 ainsi que protection des poussières pour éléments électroniques grâce au système de refroidissement via un «tunnel» d'écoulement de l'air permettant l'utilisation dans un environnement difficile

Installation

Réglage digital de tous les paramètres de soudage

Ampèremètre et voltmètre digital avec préréglage du courant de soudage et mémorisation de la dernière valeur

Ampèremètre digital avec préréglage du courant de soudage

Display digital pour le préréglage des paramètres de soudage

Visualisation totale des paramètres de soudage

Sélecteur de procédé: TIG AC • TIG DC • TIG DC «Lift» • MMA

Sélecteur de mode de soudage: 2/4 Temps • Cycle • Soudage par Points

Enregistrement et rappel de programmes personnalisés

Soudage TIG Pulse réglable de 0,5 à 2000Hz avec possibilité d'utiliser la fonction «EASY-PULSE»

Balance de l'onde carrée et «Balance Plus»

Réglage de la fréquence de l'onde carrée

Préréglage du diamètre de l'électrode utilisée pour un meilleur contrôle de l'arc d'amorçage ainsi que des caractéristiques dynamiques

Sélecteur de la forme de l'onde: Carré • Mixte • Sinusoïdale • Triangulaire

FONCTION "CYCLE" La fonction «CYCLE» permet par simple pression sur la gâchette de la torche de commuter entre 2 courants pré réglés. Cette fonction est très utile pour le soudage de profilés de différentes épaisseurs nécessitant le réglage continu du courant. Pour le soudage de l'aluminium, un courant plus élevé au démarrage facilite le préchauffage de la pièce

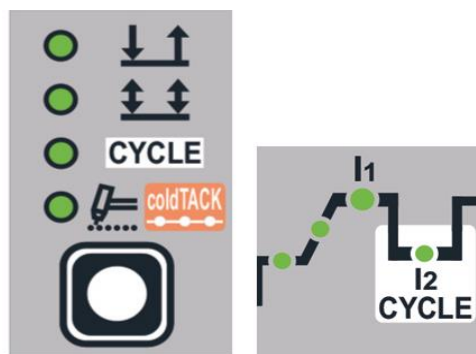


Figure II. 39 FONCTION "CYCLE"

EASY PULSE" - SYN La fonction «EASY-PULSE» -SYN insère, en mode simple et efficace, une fréquence de pulsation adéquate et un courant de base variable en mode synergique, en fonction du pic de courant sélectionné. La valeur des paramètres de pulsation pré réglée dans le contrôle offre une réduction des temps de réglages et la garantie d'utiliser la meilleure combinaison des paramètres de soudage pulsé même par des utilisateurs peu expérimentés.

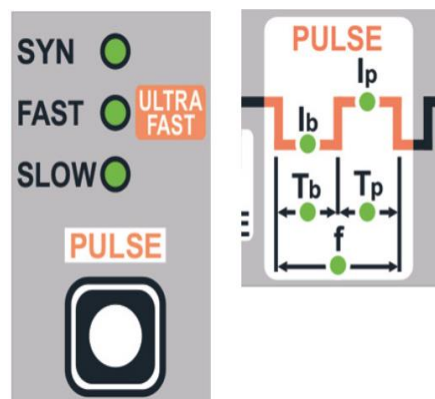


Figure II. 40 EASY PULSE"

FORMES D'ONDE FONCTIONS SPECIALES TIG**CONTRÔLE FORMES D'ONDE EN AC**

DYNAMIC TIG - Onde carrée: dynamique élevée de l'arc pour toutes les applications.

SOFT TIG - Onde sinusoïdale: arc doux et souple, avec bruit réduit, idéal pour les épaisseurs moyennes.

SPEED TIG - Onde mixte: excellente pénétration, avec une grande vitesse de soudage et une consommation de l'électrode faible.

COLD TIG - Onde triangulaire: apport thermique bas, avec réduction des distorsions, idéal pour les petites épaisseurs.

BALANCE PLUS Possibilité de régler indépendamment aussi bien le temps (t) que l'amplitude du courant (A) de permanence de l'électrode positive ou négative, en garantissant un contrôle parfait de la pénétration et du nettoyage, avec une réduction drastique des incisions latérales.

PULSATION HAUTE FREQUENCE EN CC – ULTRA FAST Le soudage TIG pulsé permet un meilleur contrôle de l'arc et une moindre déformation du matériel. La possibilité d'utiliser des fréquences de pulsation très élevées - jusqu'à 2000 Hz - idéales pour le soudage de petites épaisseurs, permet d'obtenir une forte réduction du cône de l'arc et de la zone thermiquement altérée, grâce à un arc plus stable et concentré, et à une augmentation de la pénétration et de la vitesse de soudage.

CONTROLE DE LA FREQUENCE EN AC Contrôle de la fréquence des diverses formes d'onde en AC. Pour un meilleur contrôle directionnel, une diminution de la zone thermiquement altérée, une plus grande pénétration et une consommation réduite de l'électrode. La fréquence élevée permet de souder avec des résultats excellents des épaisseurs très petites. Fréquence basse et idéale pour le soudage d'épaisseurs moyennes ou avec une faible préparation des bords.

coldTACK Dispositif innovant de pointage qui permet d'exécuter des liaisons précises et sûres avec un faible apport de chaleur. Avec la fonction «Multi-cold TACK», il est possible d'effectuer des pointages froids en séquence rapide pour amplifier ultérieurement les bénéfices du point unique. Grâce à la modalité «Perfect-Point», coldTACK garantit le centrage parfait du point de soudure.

1.2.3 Poste soudage MAXI 404- 505

Équipement de soudage semi-automatique triphasé, avec dévidoir séparé, recommandé pour les applications industrielles, les travaux de fabrication moyens et grands. Les sources d'alimentation MAXI, utilisables avec un large choix de dévidoirs et de câbles d'interconnexion de différentes longueurs, sont la solution la plus complète pour tout travail et garantissent d'excellentes performances de soudage sur toutes les épaisseurs en garantissant un arc très stable dans toutes les positions de soudage.



Figure II. 41 Accessoires disponibles de poste soudage MAXI 404- 505

Caractéristique

Excellentes caractéristiques de soudage avec tous les matériaux et différents types de gaz

Parfaits pour le soudage de tous les métaux utilisés par l'industrie

Structure principale métallique avec la face avant en fibre antichoc

Version standard fournie avec un chariot porte-bouteille et des roues robustes

Commandes protégées contre les chocs accidentels

Grande poignée ergonomique pour une manœuvre plus facile

TR - WF

Réglage externe du brun back et de la rampe d'accélération du moteur pour un amorçage précis

Sélecteur 2/4 temps (simple, double effet)

Connexions rapides sur l'eau et le gaz

Dévidage professionnel du fil garantissant un avancement constant et précis du fil

Galets à double rainure, remplaçables sans l'aide d'outillage

SWF STRONG FEEDER

Les dévidoirs SWF feeders, avec la valise en polypropylène robuste, idéal pour les travaux de chantier et les environnements les plus difficiles. Ils peuvent être utilisés pour bobines de fil jusqu'à 300 mm. Ø. (V/ Ameuter disponible sur demande).

PANNEAU DE CONTROLE

Interrupteur réseau avec sélection de la gamme de tension de soudage

Commutateur de réglage fin de la tension

Voltmètre et ampèremètre digitaux avec maintien de l'affichage des derniers paramètres de soudage (optionnel)

Double sortie de self de lissage pour un bain de fusion meilleur en toutes positions

2.2.4 Poste soudage Multi-procédé MP250

Caractéristique

MIGMAG, MMA, TIG et auto-bouclier sans gaz disponibles pour la machine.

L'interface de torche MIG de contrôle numérique est disponible et le paramètre de soudage (vitesse d'alimentation du fil et tension préfixée) peut être effectué en connectant de contrôle

La machine adopte IGBT comme dispositif de puissance, ajouté avec un contrôle unique, ce qui améliore sa fiabilité évidemment.

Le soudage de longue durée peut être effectué avec son cycle de service élevé.

Contrôle de la rétroaction en boucle fermée, sortie de tension stable, réalisable sous la fluctuation de tension du réseau à moins de 15 0/0.

Vitesse d'alimentation de fil réglable et tension de soudage dans MIG/MAG, courant de soudage réglable



Figure II. 42 Poste soudage Multi-procédé MP250

Chapitre III : Module développé

Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation de l'outil développé. Cette interface a été développée sous logiciel Visuel Basic 6.0.

1. Présentation de logiciel

Visual Basic (VB) est un langage de programmation événementielle de troisième génération ainsi qu'un environnement de développement intégré, créé par Microsoft pour son modèle de programmation. Visual Basic est directement dérivé du BASIC et permet le développement rapide d'applications, la création d'interfaces utilisateur graphiques, l'accès aux bases de données en utilisant les **technologies DAO, CAO, ...** **ainsi que** la création de contrôles ou objets ActiveX. Les langages de script tels que *VISUAL* Basic for Applications et VB Script sont syntaxiquement proches de Visual Basic, mais s'utilisent et se comportent de façon sensiblement différente.

Un programme en VB peut être développé en utilisant les composants fournis avec Visual Basic lui-même. Les programmes écrits en Visual Basic peuvent aussi utiliser l'API Windows, ceci nécessitant la déclaration dans le programme des fonctions externes.

Dans une étude conduite en 2005, 62 % des développeurs déclaraient utiliser l'une ou l'autre forme de Visual Basic. Selon la même étude, les langages les plus utilisés dans le domaine commercial sont Visual Basic, C++, C# et Java.

La dernière mise à jour de Visual Basic est la version 6.0, sortie en 1998. Le support étendu Microsoft a pris fin en 2008. À partir de la version 7, le Visual Basic subit des changements substantiels le rapprochant de la plate-forme « dot Net », et qui amènent Microsoft à le commercialiser sous le nom de Visual Basic .NET

2. Présentation de l'outil développé

L'écran de la figure III.1 présente le module développé sous Visual Basic version 6.0.



Figure III. 1 Interface de l'outil développé.

3. Principales fonctions du module

Les principales fonctions remplies sont la recherche des paramètres sur les postes de soudage dans l'atelier et des procédés de soudage suivants :

Soudage à l'électrode enrobée.

Soudage TIG

Soudage plasma

Soudage MIG/MAG.

L'écran de la figure III.2 illustre les différentes fonctions de module.



Figure III. 2 Différentes fonctions du module.

Pour accéder à l'un de ces procédés, il suffit de cliquer sur la commande concernée.

4. Choix des processus de soudage TIG

☞ Cliquer sur le bouton **Soudage TIG** pour accéder processus de ce procédé. L'écran de la figure III.3 illustre les différents cours de soudage TIG

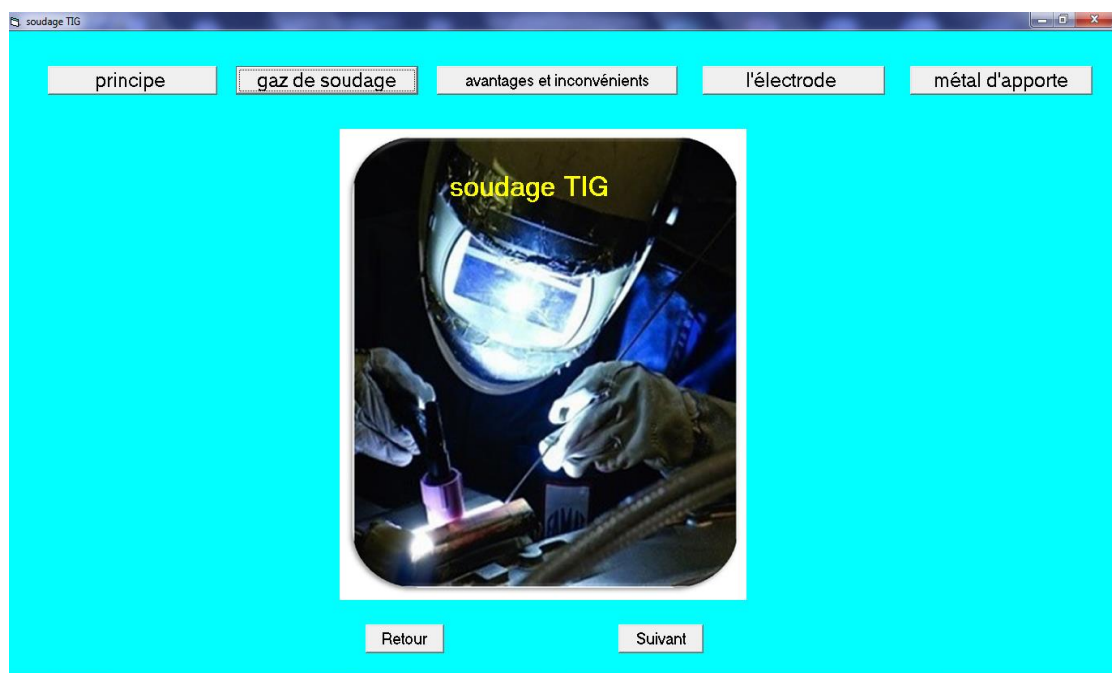


Figure III. 3 Choix des cours de soudage TIG

4.1 Principe

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

principe

L'écran de la figure III.4 illustre principe de soudage TIG avec vidéo

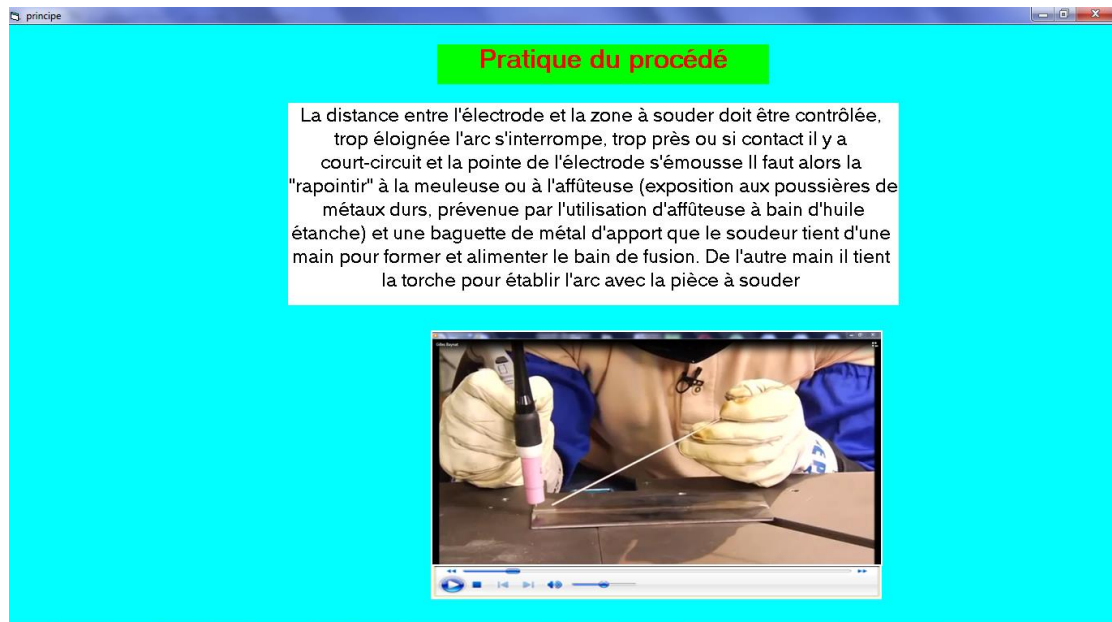


Figure III. 4 Principe de soudage TIG

4.2 Gaz de soudage

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

gaz de soudage

L'écran de la figure III.5 illustre le choix de gaz de soudage

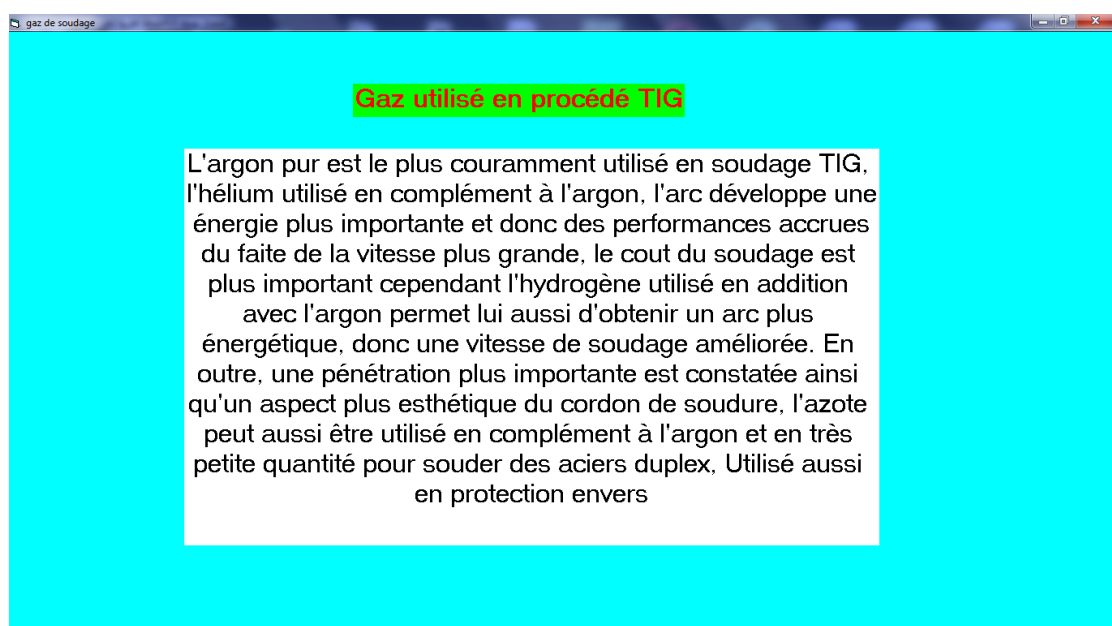


Figure III. 5 choix de gaz de soudage

4.3 Avantages et inconvénients

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

avantage et inconvénients

L'écran de la figure III.6 illustre quelques avantages et inconvénients

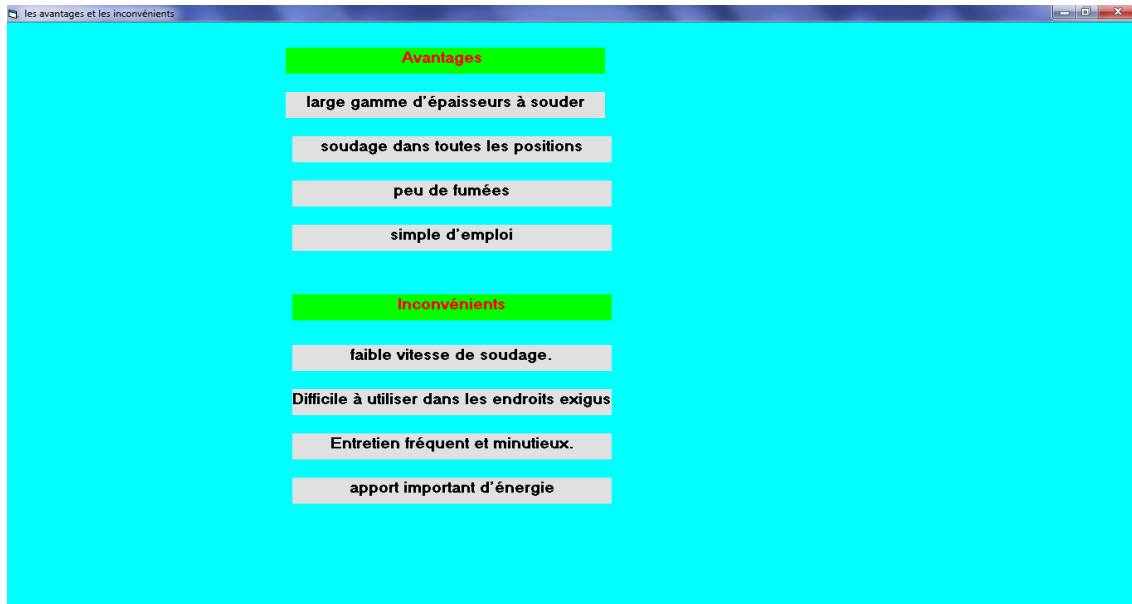


Figure III. 6 Quelques avantages et inconvénients

4.4 Les choix des électrodes Tungstènes TIG

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

l'électrode

L'écran

de la figure III.7 illustre les choix des électrodes Tungstènes

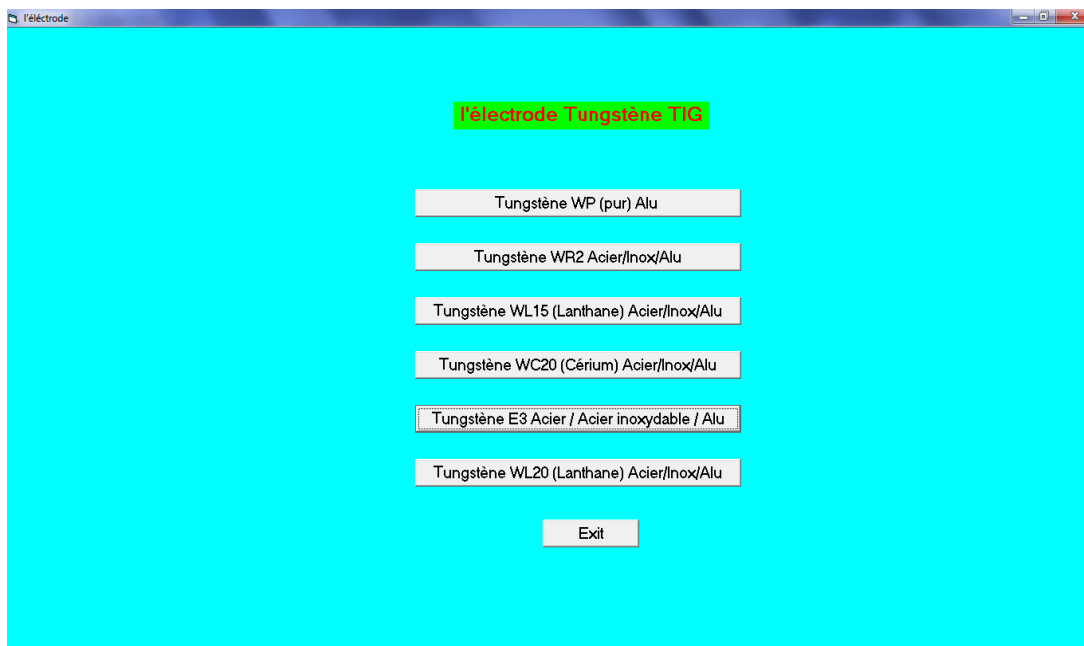


Figure III. 7 les choix des électrodes Tungstènes

4.5 Métal d'apport

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

métal d'apporte

L'écran de la figure III.8 illustre les choix métal d'apport

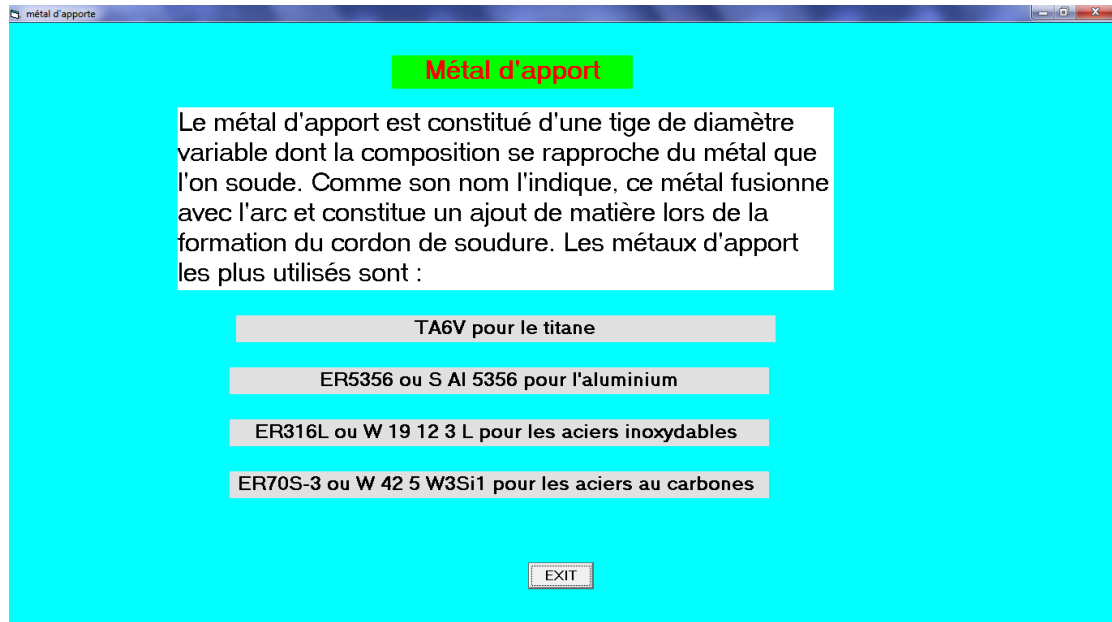


Figure III. 8 les choix métal d'apport

5. Choix des processus de soudage plasma

☞ Cliquer sur le bouton **Soudage plasma** pour accéder processus de ce procédé. L'écran de la figure III.9 illustre les différents cours de soudage plasma

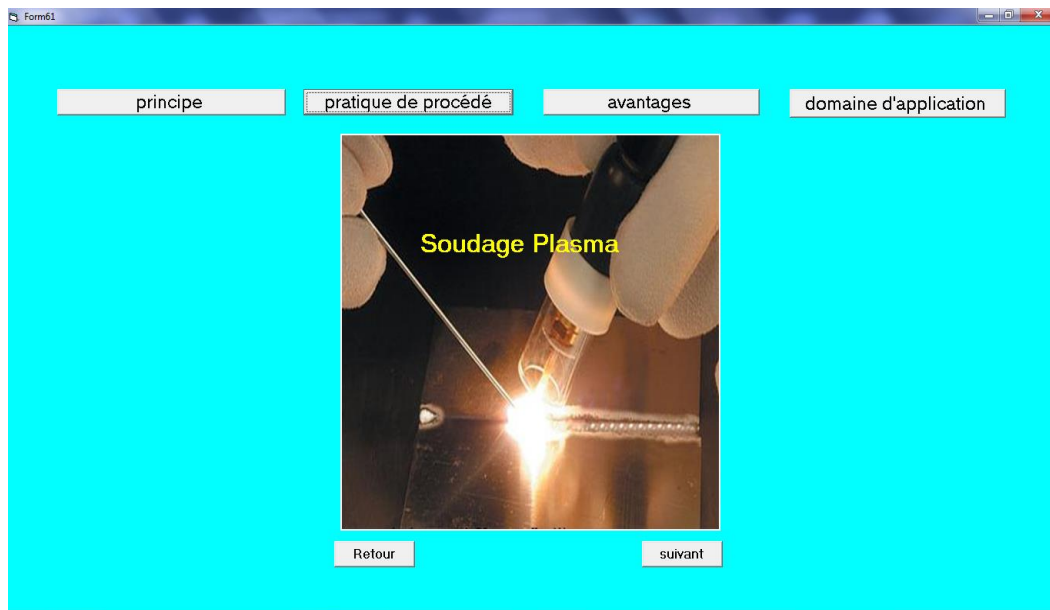


Figure III. 9 les différents processus de soudage plasma

5.1 Principe de procédé

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton **principe** L'écran de la figure III.10 illustre principe de procédé Plasma avec vidéo

Principe de procédé

La torche de soudage plasma est reliée pour la partie électrode infusible sur la borne électrique de sortie négative et pour la partie tuyère sur la borne positive du générateur de soudage à courant continu (caractéristiques externes statiques verticales). La prise de masse est reliée au générateur sur la borne positive et est placée sur la pièce à souder. Une alimentation en gaz de soudage plasmagène est branchée sur le poste par l'intermédiaire d'une bouteille et d'un détendeur / débitmètre. Une alimentation en gaz de soudage annulaire est branchée sur le poste par l'intermédiaire d'une bouteille et d'un détendeur / débitmètre. Un dispositif d'amorçage à haute fréquence permet l'amorçage de l'arc pilote à l'intérieur de la tuyère (arc non transféré ou soufflé). Lorsque l'opérateur actionne le bouton de soudage, l'arc pilote est transféré de l'électrode vers la pièce à souder permettant l'amorçage de l'arc de soudage entre l'électrode et la pièce

Diagram labels: gaz plasmagène, gaz protecteur, électrode de tungstène, buse, jet de plasma (13 320 °C)

Video player: PC208 - 4 mm

Figure III. 10 Principe de procédé Plasma

5.2 Pratique de procédé

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton **pratique de procédé** L'écran de la figure III.11 illustre pratique de procédé Plasma

pratique de procédé

L'amorçage est quasi instantané en utilisant un jet de plasma. La hauteur de l'électrode par rapport à la pièce à souder ainsi que l'affûtage plus ou moins pointu de l'électrode peuvent varier légèrement puisque le poste à souder fera varier l'intensité du courant en conséquence, elles doivent donc être surveillées. De la même manière, le courant de soudage par sa polarité et son

Le soudage au plasma requiert deux gaz différents :

- Le gaz central est toujours à base d'Argon additionné ou non d'Hélium ou d'Hydrogène
- Le gaz annulaire sera principalement :
 - De l'Hydrogène pour le soudage des aciers inoxydables ou fortement alliés et les matériaux au nickel
 - De l'Hélium pour le soudage de l'aluminium et de ses alliages, du

Retour Suivant

Figure III. 11 pratique de procédé Plasma

5.3 Domaine d'application

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

domaine d'application

L'écran de la figure III.12 illustre pratique de procédé Plasma

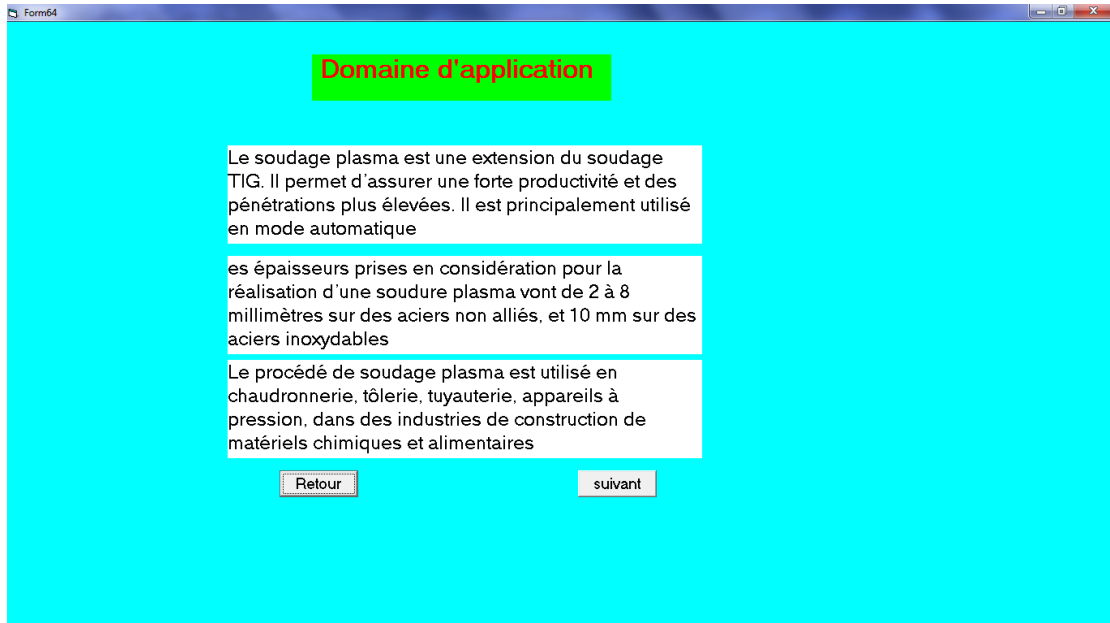


Figure III. 12 Domaine d'application de soudage plasma

5.4 Avantages de procédé plasma

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

avantages

L'écran de la figure III.13 illustre Quelques avantages de procédé plasma

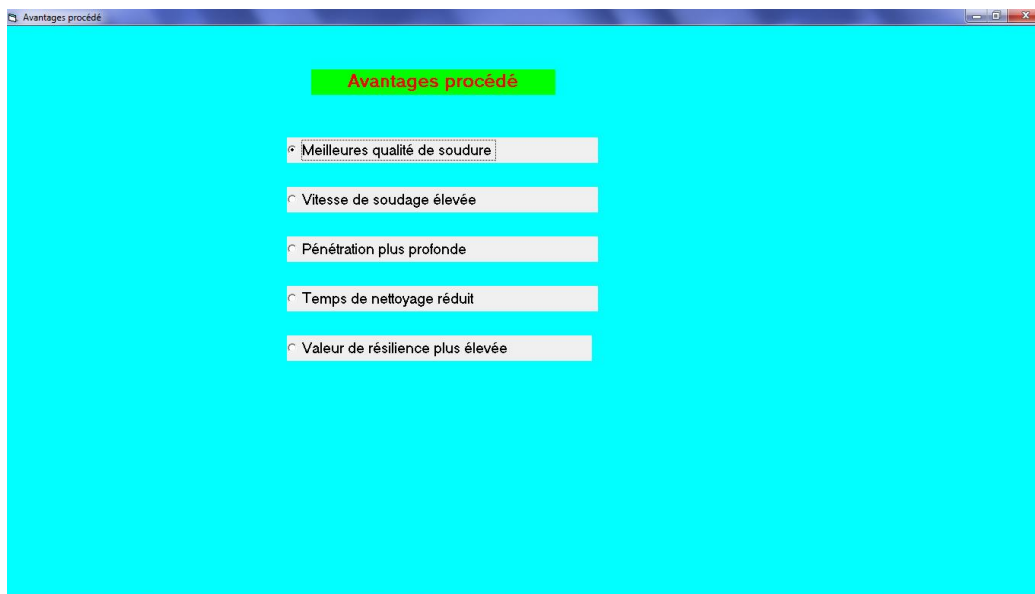


Figure III. 13 Quelques avantages de procédé plasma

6. Choix des processus de soudage à l'électrode enrobée

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

soudage MMA

L'écran de la figure III.14 illustre choix des cours de soudage à l'électrode enrobée

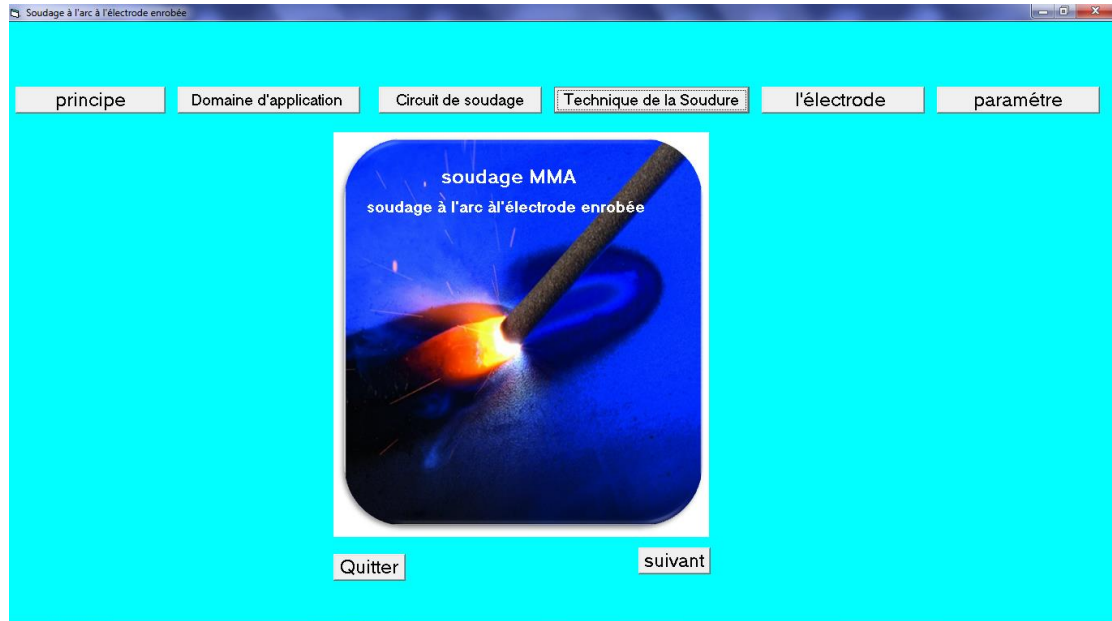


Figure III. 14 choix des cours de soudage à l'électrode enrobée

6.1 Principe de procédé

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

principe

la figure III.15 illustre principe de soudage à l'électrode enrobée

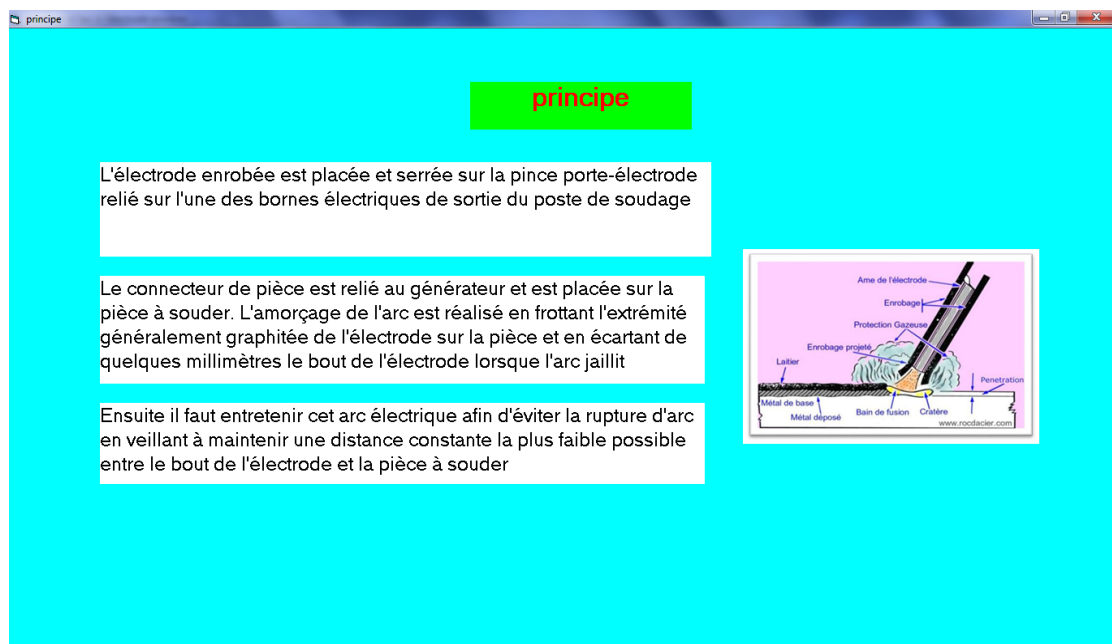


Figure III. 15 Principe de soudage à l'électrode enrobée

6.2 Circuit de soudage

Circuit de soudage

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

L'écran de la figure III.16 illustre circuit de soudage à l'électrode enrobée

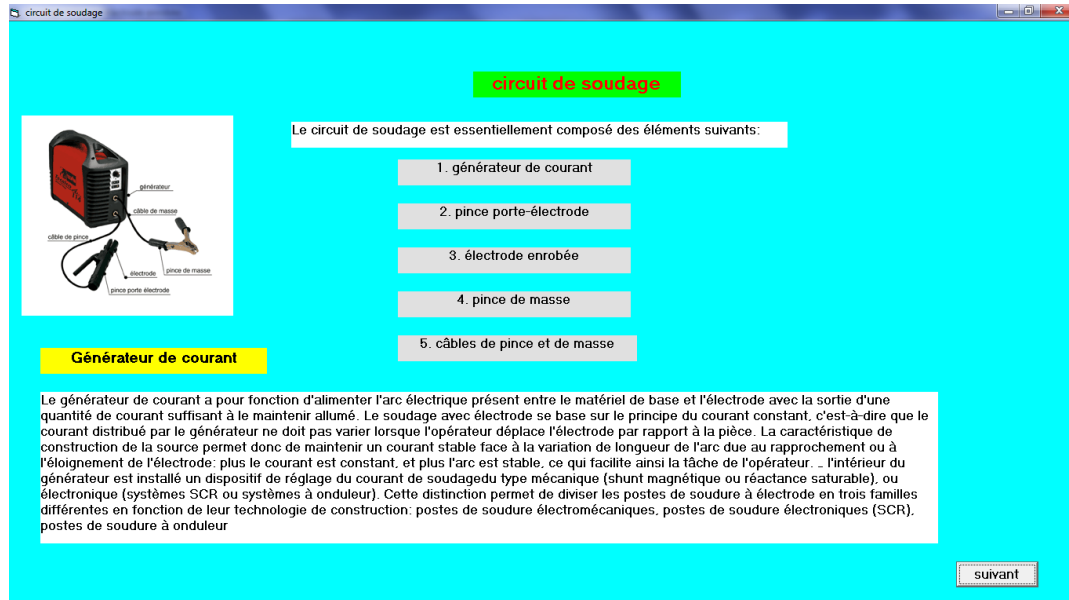


Figure III. 16 Circuit de soudage à l'électrode enrobée

Pour voir le prochain circuit de soudage à l'électrode enrobée cliquer sur le bouton

suivant

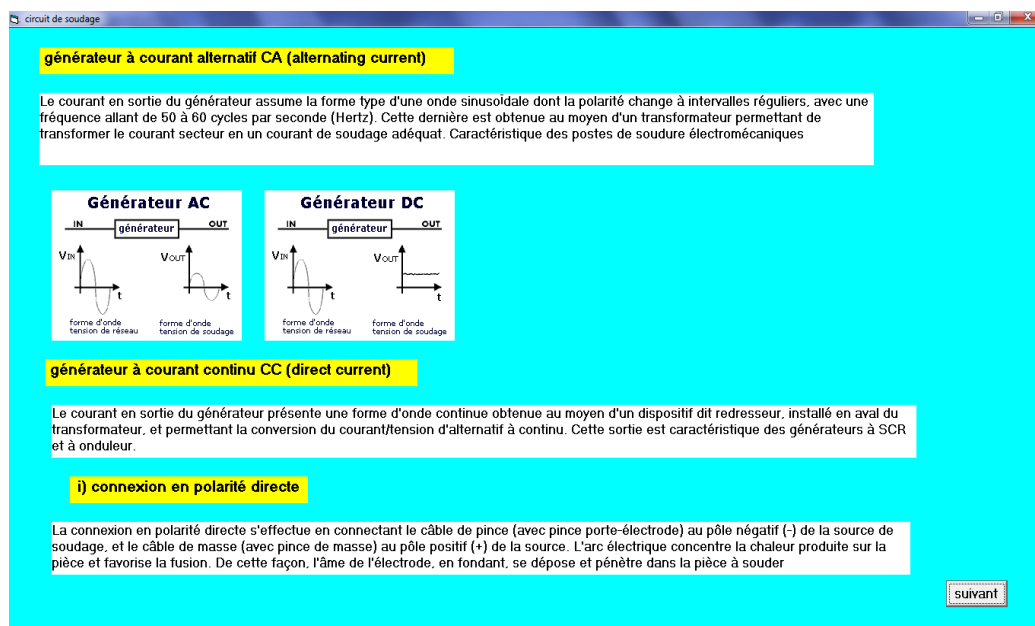


Figure III. 17 les types de générateur

Cliquer sur le bouton **suisvant** pour accéder branchement de générateur

ii) connexion en polarité inverse

La connexion en polarité inverse s'effectue en connectant le câble de pince (avec pince porte-électrode) au pôle positif (+) de la source de soudage, et le câble de masse (avec pince de masse) au pôle négatif (-) de la source. L'arc électrique concentre essentiellement la chaleur produite sur l'extrémité de l'électrode. Chaque type d'électrode nécessite une progression de courant spécifique (CA ou CC) et, dans le cas du CC, une polarité spécifique: le choix de l'électrode dépend donc également du type de générateur utilisé. Une utilisation incorrecte entraîne des problèmes de stabilité de l'arc et compromet donc la qualité du soudage

2. Pince porte-électrode

La pince porte-électrode a pour fonction essentielle de soutenir l'électrode afin de garantir le contact électrique nécessaire au passage du courant, elle doit également garantir une isolation électrique correcte pour le l'opérateur

3. l'électrode enrobée

L'électrode enrobée se compose d'une âme et d'un revêtement ayant des fonctions différentes mais complémentaires: l'âme fait principalement office de conducteur de courant pour l'alimentation de l'arc et d'apport de matériel nécessaire au remplissage du soudage, tandis que le revêtement a pour fonction première de protéger le bain de fusion par la création d'un gaz neutre et de stabiliser l'arc

4.5. Pince de masse et câbles

La borne de masse est un dispositif assurant, au moyen du câble de masse, la refermeture de la connexion électrique entre source de soudage et câble à souder.

Figure III. 18 Branchement de générateur

6.3 Domaine d'application

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton **domaine d'application**

L'écran de la figure III.19 illustre domaine d'application de soudage MMA

Domaine d'application

a. Applications légères

- Maintenance industrielle
- Construction légère
- Appareils à pression
- Travaux en extérieur

b. Applications intensives

- Pipeline/tuyauterie
- Construction navale
- Fabrication intensive
- Construction industrielle

Figure III. 19 Domaine d'application de soudage MMA

6.4 Technique de la soudure

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

Technique de la Soudure

L'écran de la figure III.20 illustre technique du soudage MMA

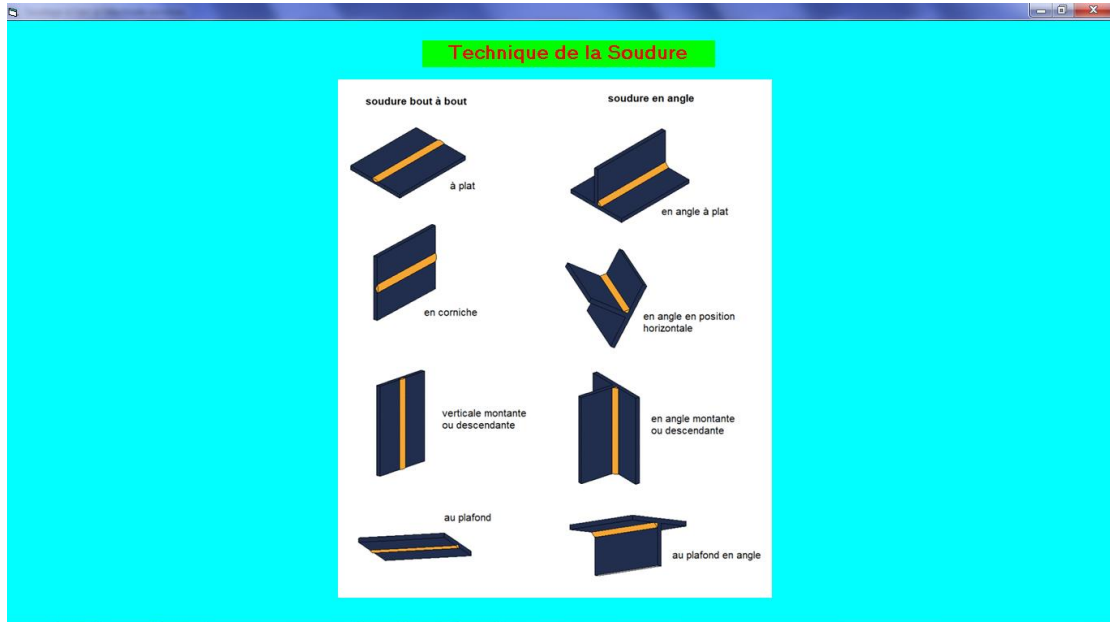


Figure III. 20 Technique du soudage MMA

6.5 Paramètre de soudage

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

paramètre

L'écran de la figure III.21 illustre paramètre soudage MMA

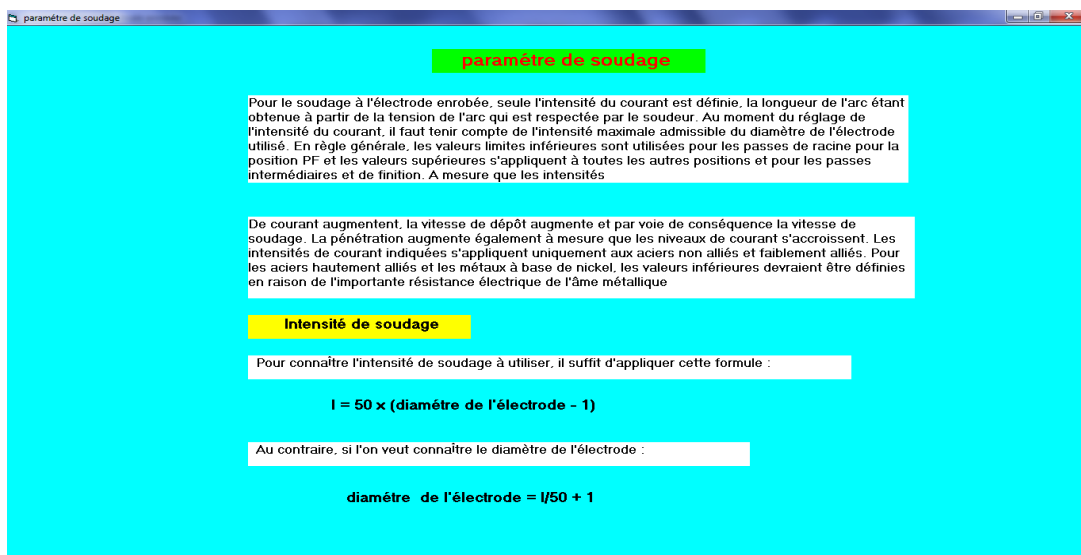


Figure III. 21 Paramètre soudage MMA

6.6 Les choix de l'électrode

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

l'électrode

L'écran de la figure III.22 illustre les choix de l'électrode de soudage MMA

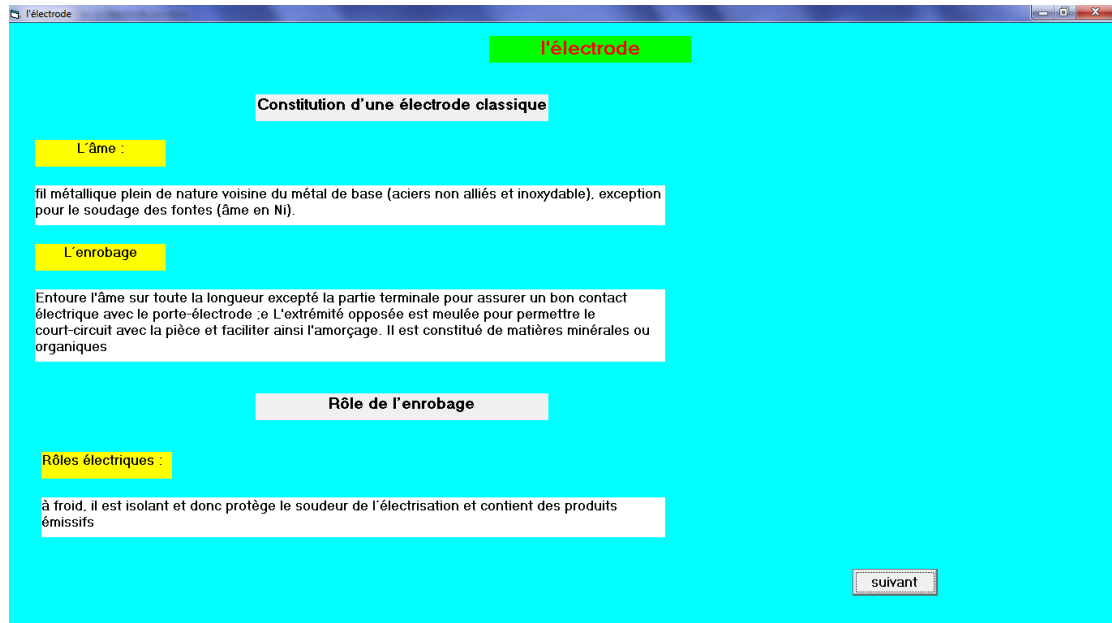


Figure III. 22 les choix de l'électrode de soudage MMA

Cliquer sur le bouton

suivant

pour voir types des électrodes enrobées

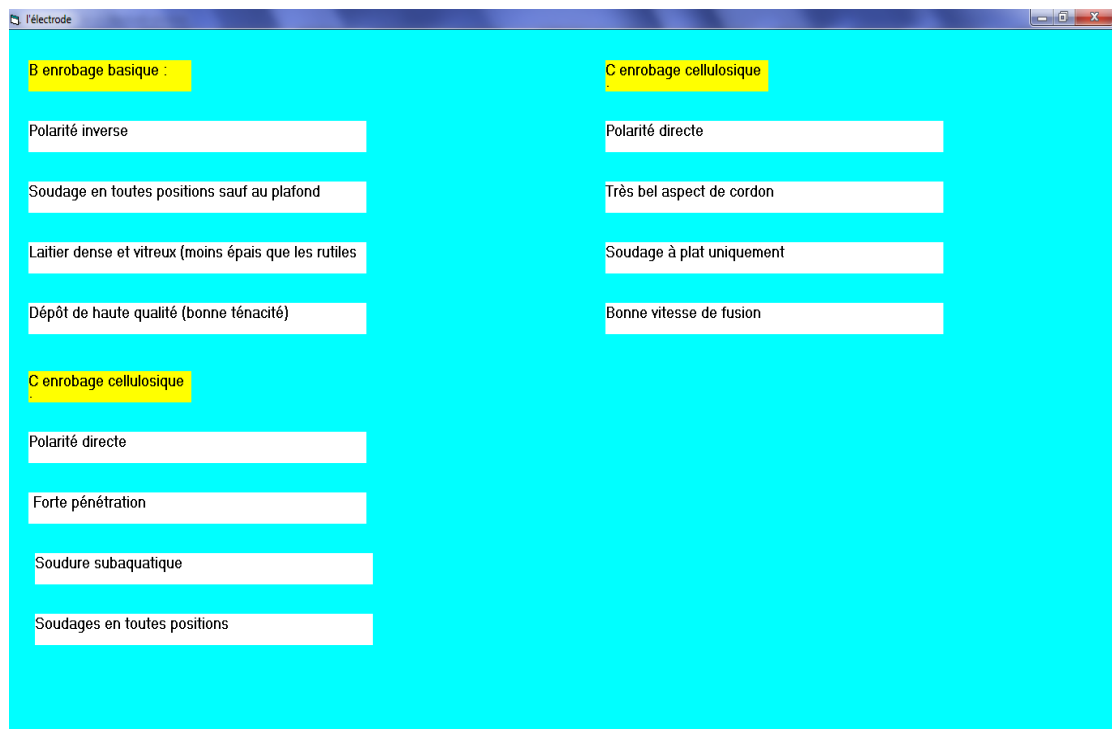


Figure III. 23 Les types des électrodes enrobées

7. Choix des processus de soudage MIG MAG

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

Soudage MIG MAG

L'écran de la figure III.24 illustre Choix des cours de soudage MIG MAG

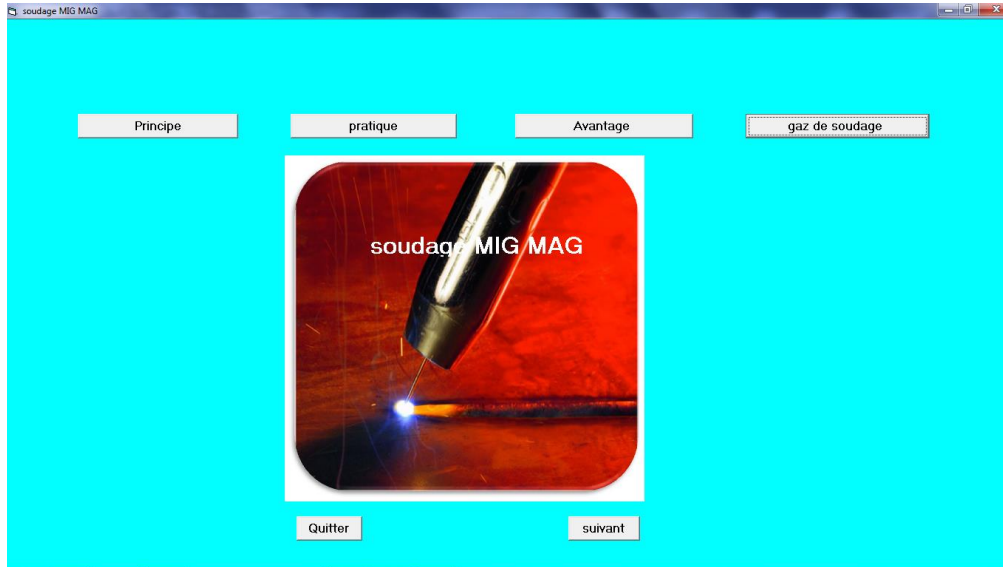


Figure III. 24 Choix des processus de soudage MIG MAG

7.1 Principe de procédé

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

principe

L'écran de la figure III.25 illustre principe de soudage MIG MAG avec video

principe

La bobine de fil électrode est placée dans un dévidoir motorisé automatique et le fil est déroulé du dévidoir à la sortie de la buse de la torche, dans la gaine guide-fil de la torche de soudage jusqu'au tube contact. La torche de soudage est reliée sur la borne électrique de sortie positive du générateur de soudage à courant continu. La masse est reliée au générateur et est placée sur la pièce à souder

Une alimentation en gaz de soudage est branchée sur le poste par l'intermédiaire d'une bouteille et d'un détendeur / débitmètre. L'arc jaillit lorsque le soudeur actionne la gâchette électrique de la torche et que la pointe du fil électrode touche la pièce à souder

The diagram illustrates the MIG/MAG welding process. It shows a cross-section of the torch nozzle (Buse) containing a wire electrode (Fil de soudage) and a gas flow (Flux de gaz). The torch is connected to a power source (Arc électrique) and a workpiece (Pièce à souder). Labels include: Fil de soudage, Buse, Flux de gaz, Protection gazeuse, Arc électrique, and Pièce à souder. A video player shows a close-up of the welding process.

Figure III. 25 Principe de soudage MIG MAG

7.2 Pratique de procédé

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

pratique

L'écran de la figure III.26 illustre pratique de soudage MIG MAG

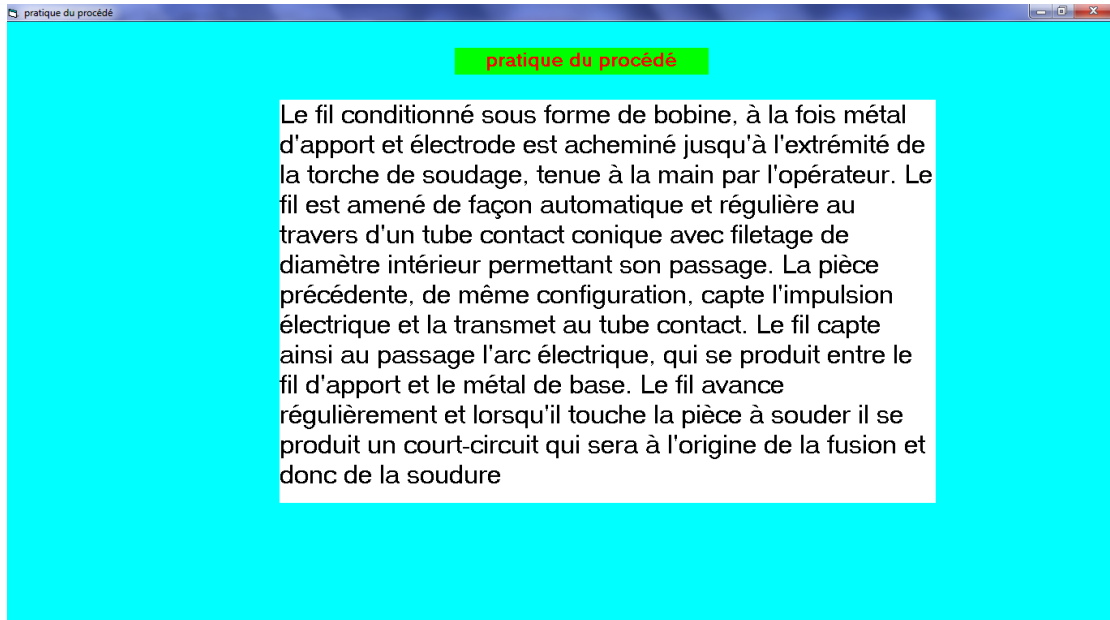


Figure III. 26 Pratique de soudage MIG MAG

7.3 Avantages de procédé MIG MAG

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

Avantage

L'écran de la figure III.27 illustre quelques avantages de soudage MIG MAG

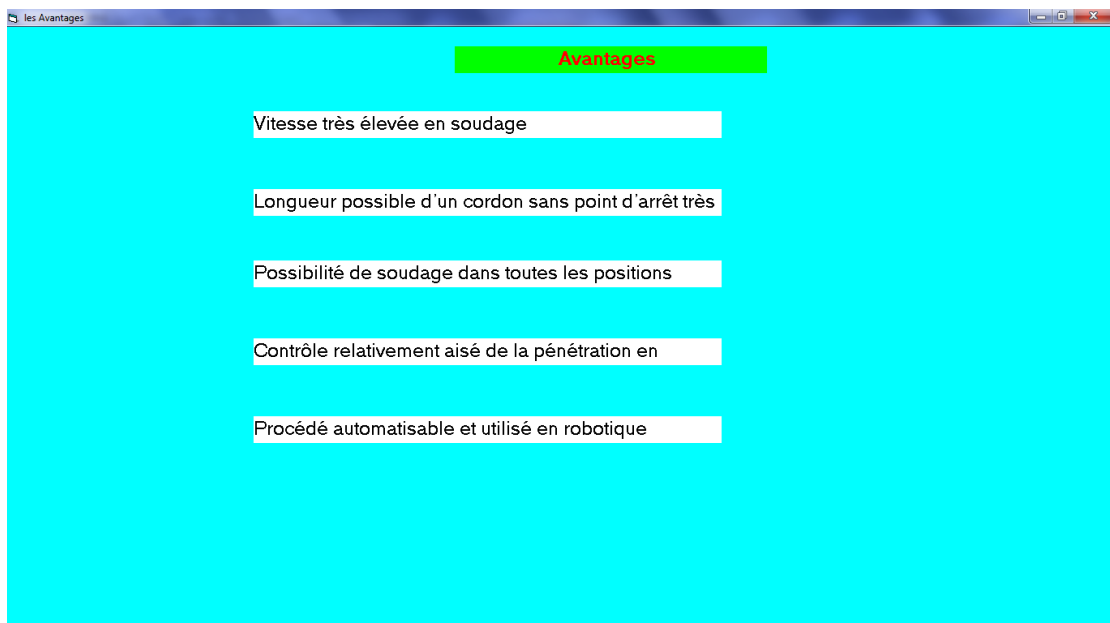


Figure III. 27 Quelques avantages de soudage MIG MAG

7.4 Gaz de soudage MIG MAG

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

gaz de soudage

L'écran de la figure III.28 illustre choix de gaz soudage MIG MAG

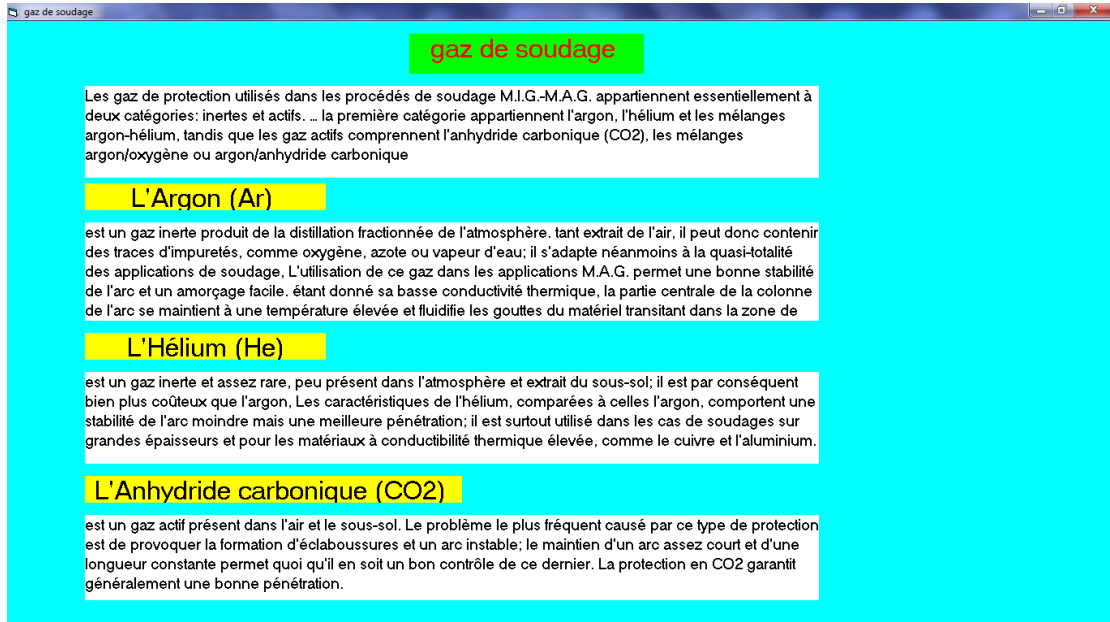


Figure III. 28 choix de gaz soudage MIG MAG

8. Poste Soudage

L'écran de la figure III.29 illustre les postes soudage dans l'atelier

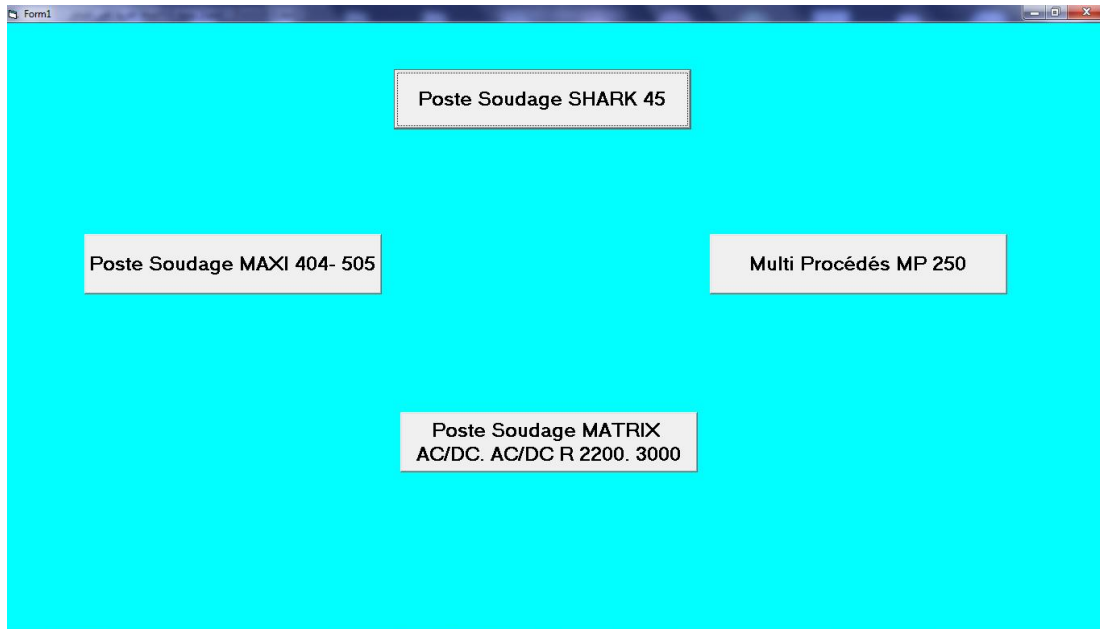


Figure III. 29 Les postes soudage dans l'atelier

8.1 Poste soudage SHARK45

Poste Soudage SHARK 45

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

L'écran de la figure III.30 illustre poste soudage SHARK45

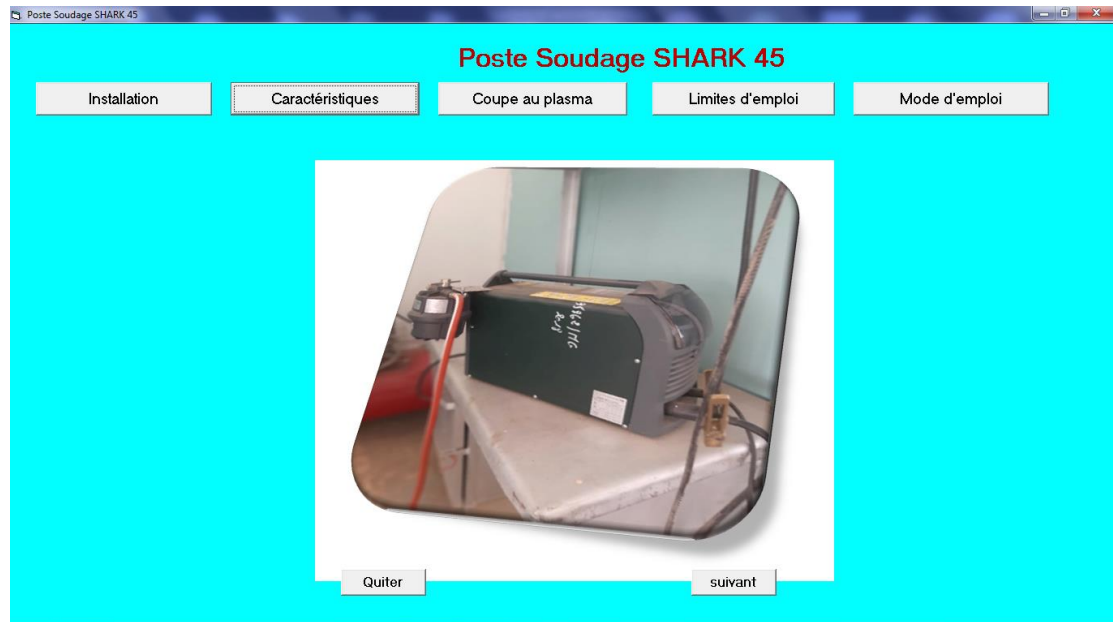


Figure III. 30 Poste soudage SHARK45

8.1.1 Installation de poste soudage SHARK 45

Installation

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

L'écran de la figure III.30 illustre installation de poste soudage SHARK45

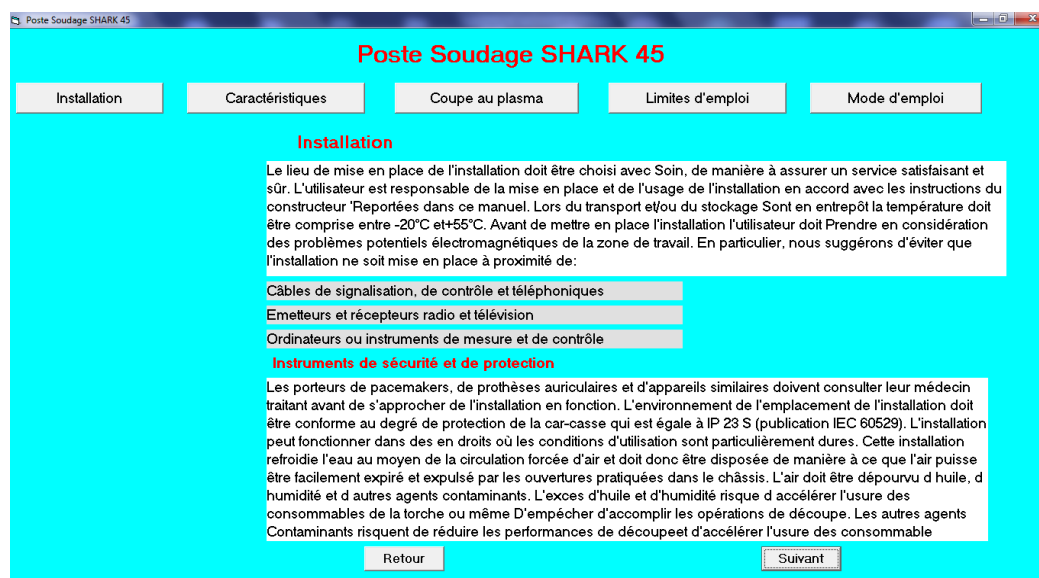


Figure III.30 L'installation de poste soudage SHARK45

8.1.2 Caractéristique poste soudage SHARK45

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

Caractéristiques

L'écran de la figure III.31 illustre caractéristique de poste soudage SHARK45

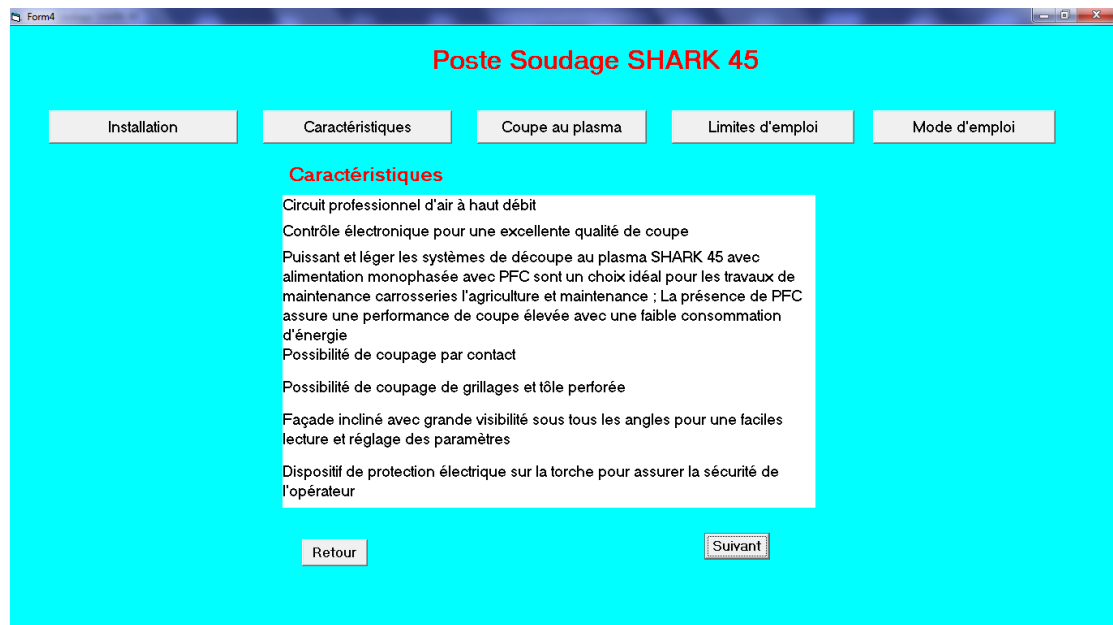


Figure III. 31 illustre caractéristique de poste soudage SHARK45

8.1.3 Coupe au plasma

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

Coupe au plasma

L'écran de la figure III.32 illustre coupe au plasma de poste soudage SHARK45

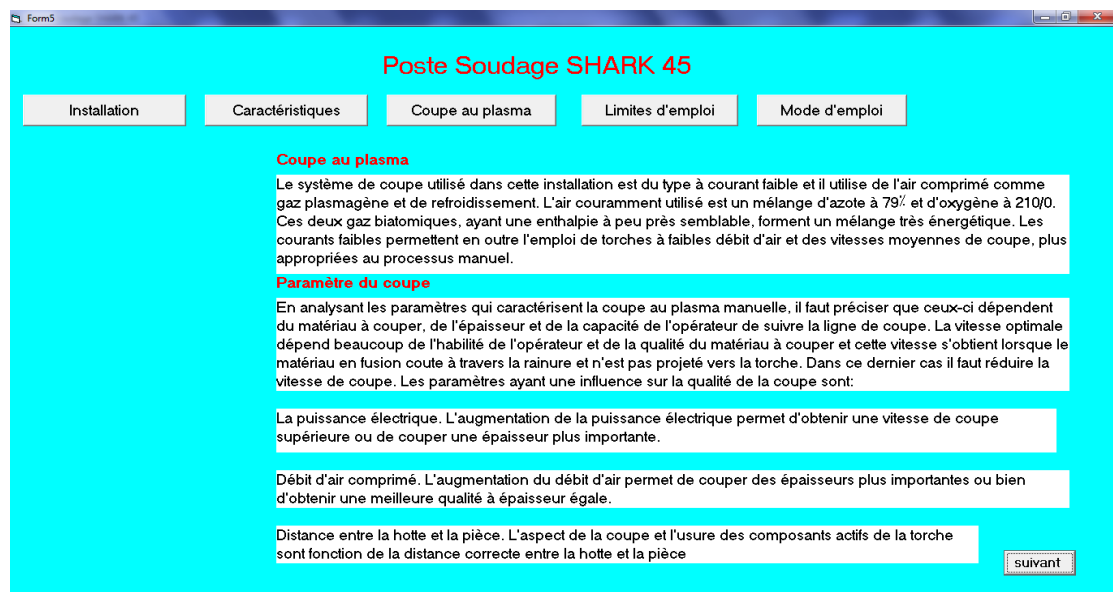


Figure III. 32 coupe de plasma de poste soudage SHARK45

8.1.4 Limites d'emploi

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

Limites d'emploi

L'écran de la figure III.33 illustre limites d'emploi de poste soudage SHARK45

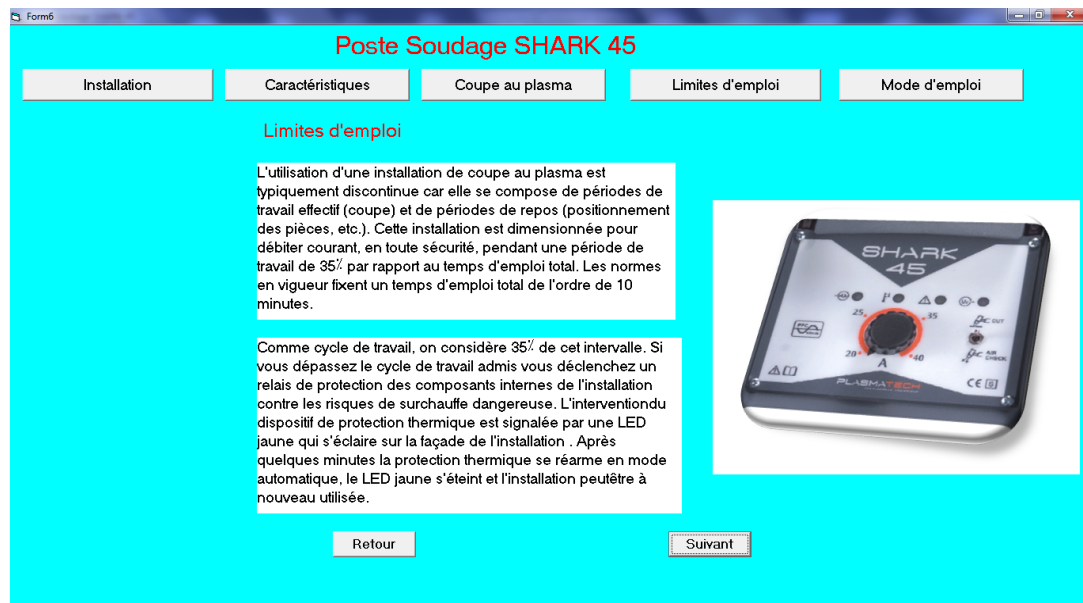


Figure III. 33 limites d'emploi de poste soudage SHARK45

8.1.5 Mode d'emploi

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

Mode d'emploi

L'écran de la figure III.34 illustre mode d'emploi de poste soudage SHARK45

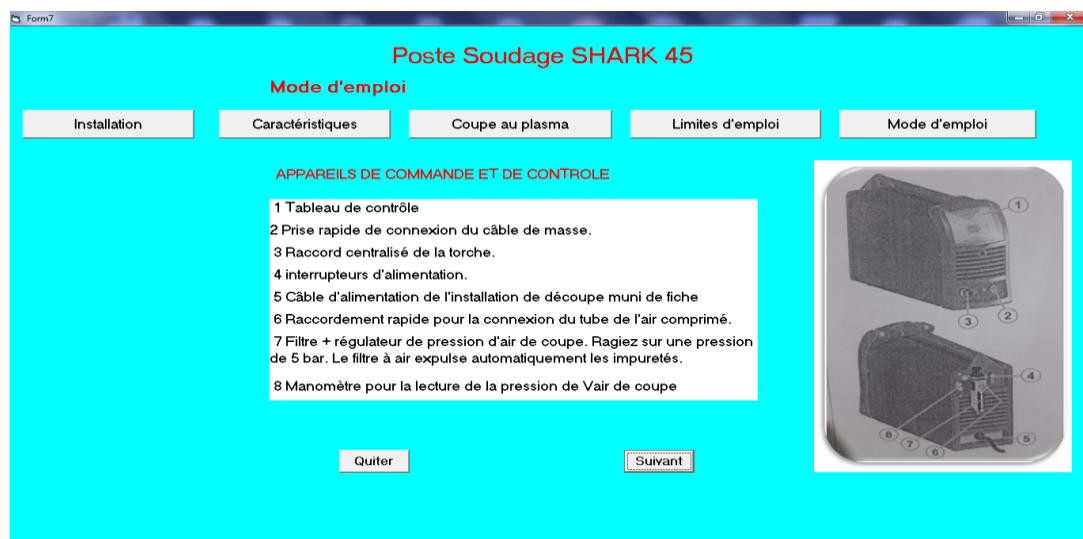


Figure III. 34 mode d'emploi de poste soudage SHARK45

suyivant

Cliquer sur le bouton **suyivant** pour voir réglage de tableau de contrôle
 L'écran de la figure III.35 illustre réglage de tableau de contrôle de poste soudage SHARK45

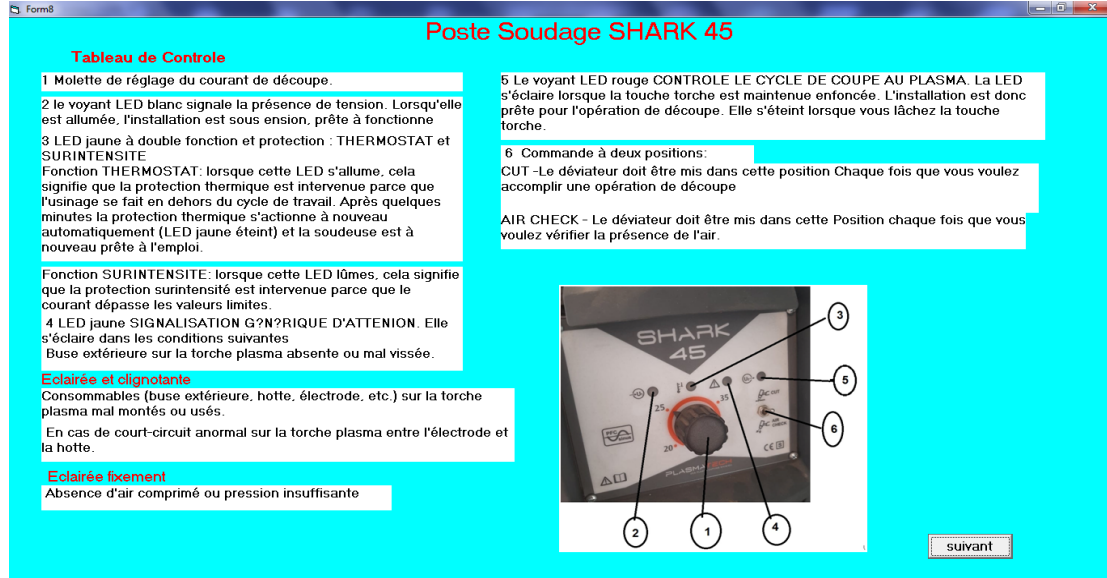


Figure III. 35 réglage de tableau de contrôle de poste soudage SHARK45

8.2 Poste soudage MATRIX AC/DC .AC/DC R 2200.3000

**Poste Soudage MATRIX
AC/DC. AC/DC R 2200. 3000**

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

L'écran de la figure III.36 illustre Poste soudage MATRIX AC/DC .AC/DC R 2200.3000



Figure III. 36 Poste soudage MATRIX AC/DC .AC/DC R 2200.3000

8.2.1 Installation poste soudage MATRIX AC/DC .AC/DC R 2200.3000

Installation

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

L'écran de la figure III.37 illustre installation Poste soudage MATRIX AC/DC .AC/DC R 2200.3000

Poste Soudage MATRIX
AC/DC. AC/DC R 2200. 3000

Installation

Mode d'emploi Limites d'utilisation Branchement a la ligne d'utilisation

L'endroit pour installer la soudeuse doit être choisi avec soin de Façon à pouvoir assurer un service satisfaisant et sûr

L'utilisateur est responsable de l'aménagement et de l'utilisation de l'installation suivant les instructions du constructeur qui se trouvent dans ce manuel

Avant d'installer la soudeuse, l'utilisateur doit prendre en considération les éventuels problèmes électromagnétiques de la surface de travail. Nous proposons de ne pas effectuer d'installation en proximité de:

- Câbles de signalisation, de contrôle et téléphoniques.
- Transmetteurs et receveurs de radiotélévision.
- Ordinateurs ou instruments de contrôle et de mesure.
- Instruments de sécurité et de protection.

Figure III. 37 L'installation de poste soudage

8.2.2 Mode d'emploi Poste soudage MATRIX AC/DC .AC/DC R

Mode d'emploi

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

L'écran de la figure III.38 illustre mode d'emploi Poste soudage MATRIX AC/DC.

Poste Soudage MATRIX
AC/DC. AC/DC R 2200. 3000

Mode d'emploi

Installation Mode d'emploi Limites d'utilisation Branchement a la ligne d'utilisation

APPAREILS DE COMMANDE ET DE CONTROLE

- Tableau de commande et de contrôle MTA.
- Câble d'alimentation.
- Raccordement rapide polarité positive.
- Raccordement rapide polarité négative.
- Raccord rapide de connexion du tube d'alimentation en gaz de la torche TIG.
- interrupteur d'alimentation. Sur la position "O" la soudeuse est éteinte
- Connecteur pour commandes auxiliaires de soudage TIG (touche torche, pédale de commande à distance, etc.)
- Tube du gaz de soudage.

Figure III. 38 Mode d'emploi de poste soudage

8.2.3 Limites d'utilisation

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

Limites d'utilisation

L'écran de la figure III.39 illustre limites d'utilisation de poste soudage MATRIX AC/DC .AC/DC R 2200.3000

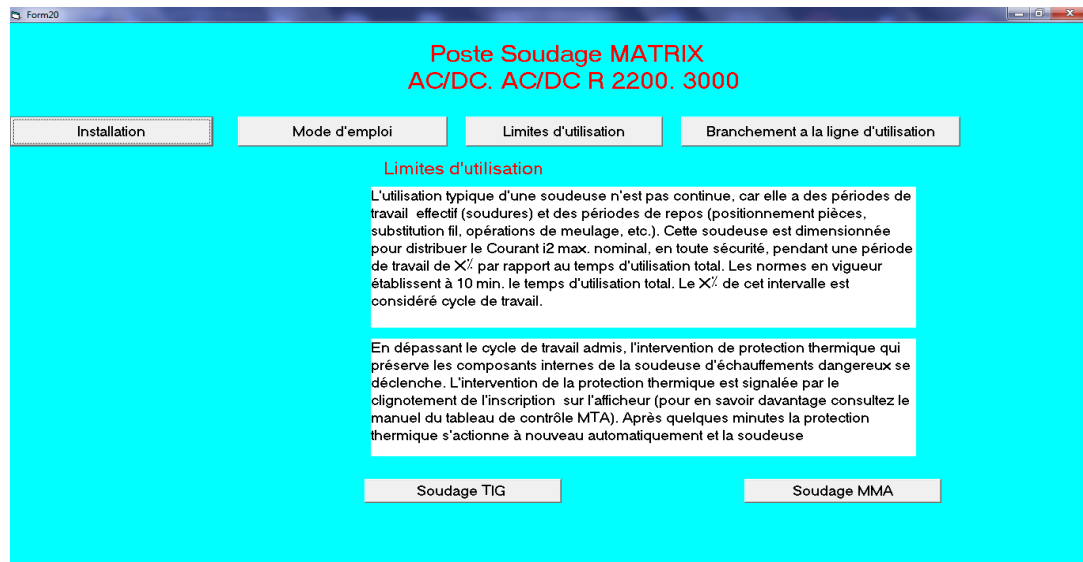


Figure III. 39 limites d'utilisation de poste soudage

Cliquer sur le bouton

Soudage MMA

pour voir connexion câble de soudage

L'écran de la figure III.40 illustre limites d'utilisation Poste soudage MATRIX AC/DC .AC/DC R 2200.3000

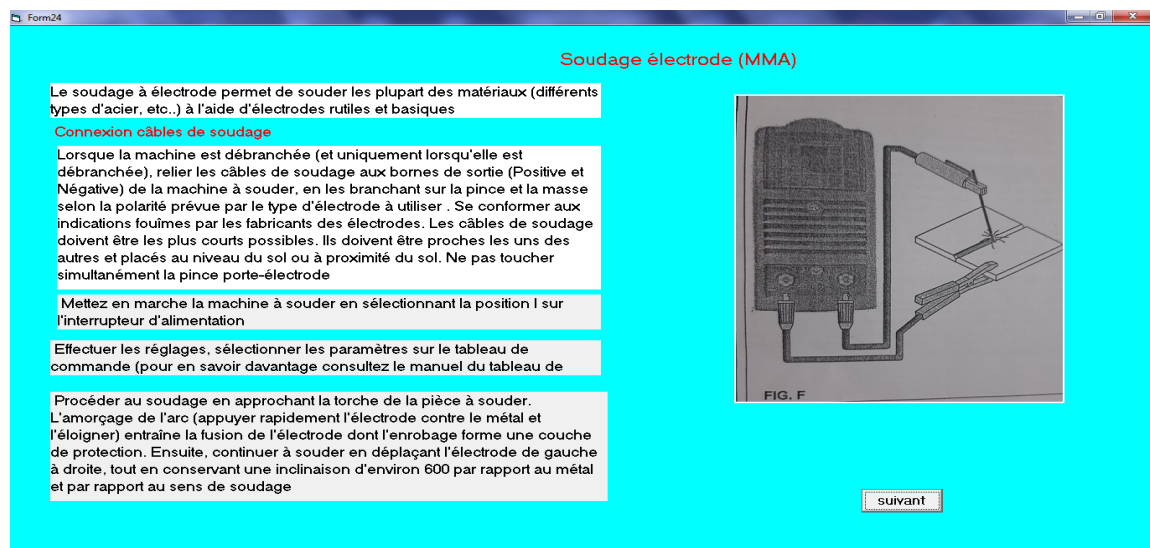

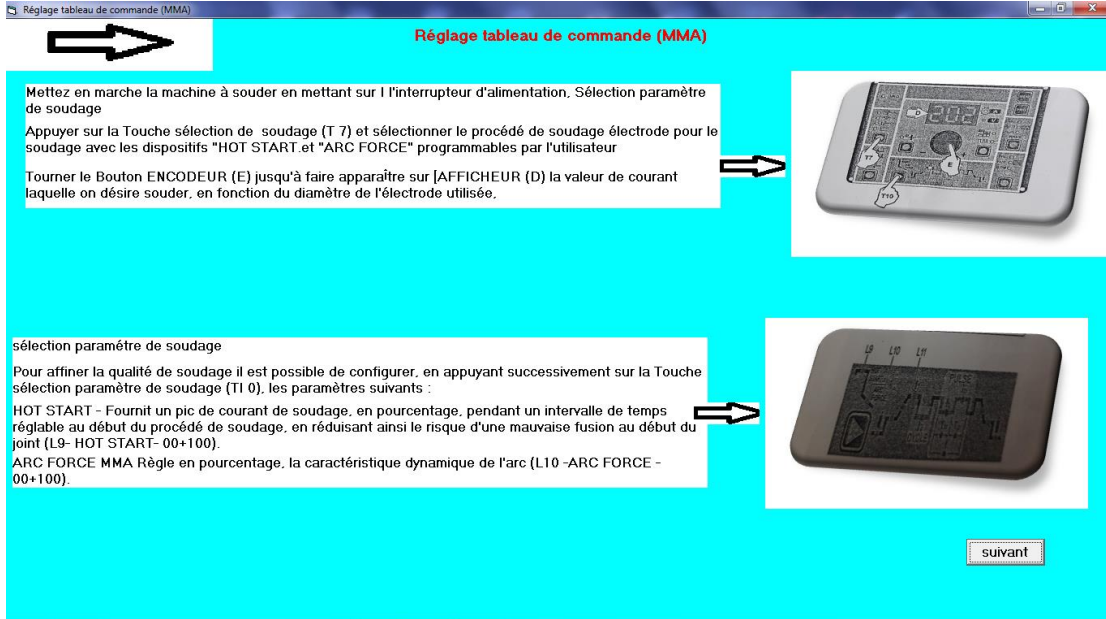


Figure III. 40 connexion câble de soudage MMA

Cliquer sur le bouton  pour voir réglage tableau de commande MMA



Réglage tableau de commande (MMA)

Mettez en marche la machine à souder en mettant sur l'interrupteur d'alimentation, Sélection paramètre de soudage

Appuyer sur la Touche sélection de soudage (T 7) et sélectionner le procédé de soudage électrode pour le soudage avec les dispositifs "HOT START" et "ARC FORCE" programmables par l'utilisateur

Tourner le Bouton ENCODEUR (E) jusqu'à faire apparaître sur l'AFFICHEUR (D) la valeur de courant laquelle on désire souder, en fonction du diamètre de l'électrode utilisée.

sélection paramètre de soudage

Pour affiner la qualité de soudage il est possible de configurer, en appuyant successivement sur la Touche sélection paramètre de soudage (T1 0), les paramètres suivants :


HOT START - Fournit un pic de courant de soudage, en pourcentage, pendant un intervalle de temps réglable au début du procédé de soudage, en réduisant ainsi le risque d'une mauvaise fusion au début du joint (L9- HOT START- 00+100).

ARC FORCE MMA Règle en pourcentage, la caractéristique dynamique de l'arc (L10 -ARC FORCE - 00+100).

suivant

Figure III. 41 réglage tableau de commande MMA

Cliquer sur le bouton  pour voir la prochaine



Le courant principal de soudage L11

La valeur des paramètres de soudage peut être réglée à l'aide du bouton ENCODEUR

Pour sortir de la phase de configuration, maintenir appuyée pendant environ 1 seconde la touche (T10) sélection paramètre de soudage après quoi la LED INDICATION AFFICHEUR s'allume et le poste à souder est de nouveau prêt à souder au courant indiqué sur l'AFFICHEUR(D).

Après avoir effectué tous les réglages/sélections précédents il est possible de commencer à souder.

Au cours du procédé de soudage, l'afficheur (D) affiche les Ampères (A) réels utilisés par l'opérateur pour souder.

Figure III. 42 Réglage tableau de commande MMA

Soudage TIG

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

L'écran de la figure III.43 illustre le soudage TIG avec amorçage de type « lift » poste soudage MATRIX AC/DC .AC/DC R 2200.3000

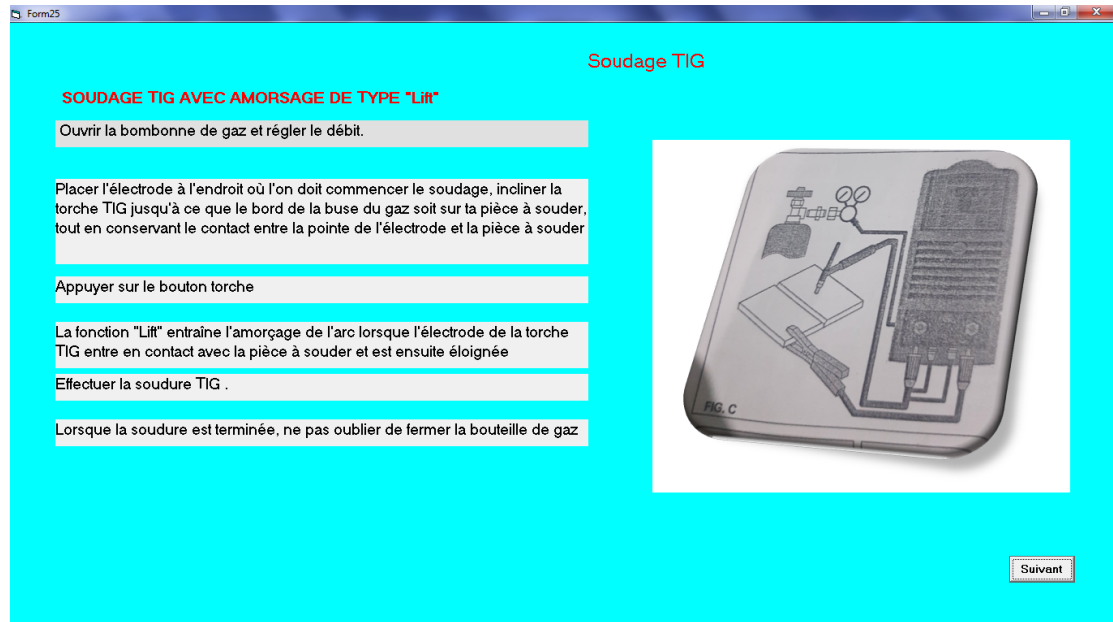


Figure III. 43 soudage TIG avec amorçage de type « lift »

suivant

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

L'écran de la figure III.44 illustre le soudage TIG avec amorçage haute fréquence (HF)

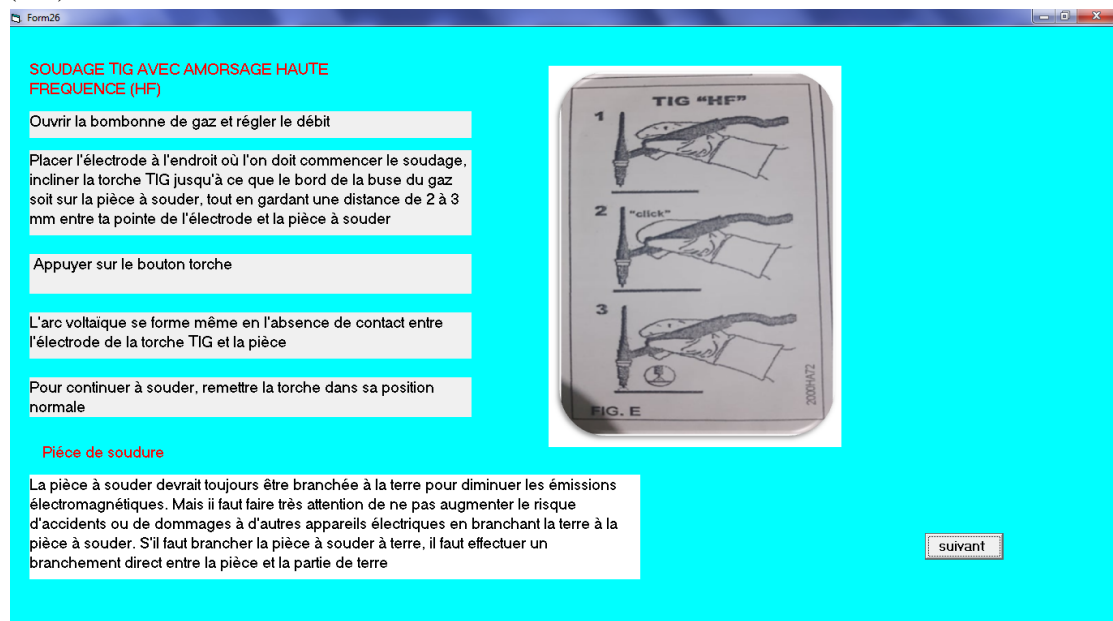


Figure III. 44 soudage TIG avec amorçage de type « lift »

suisvant

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton

L'écran de la figure III.45 illustre le soudage TIG « DC »

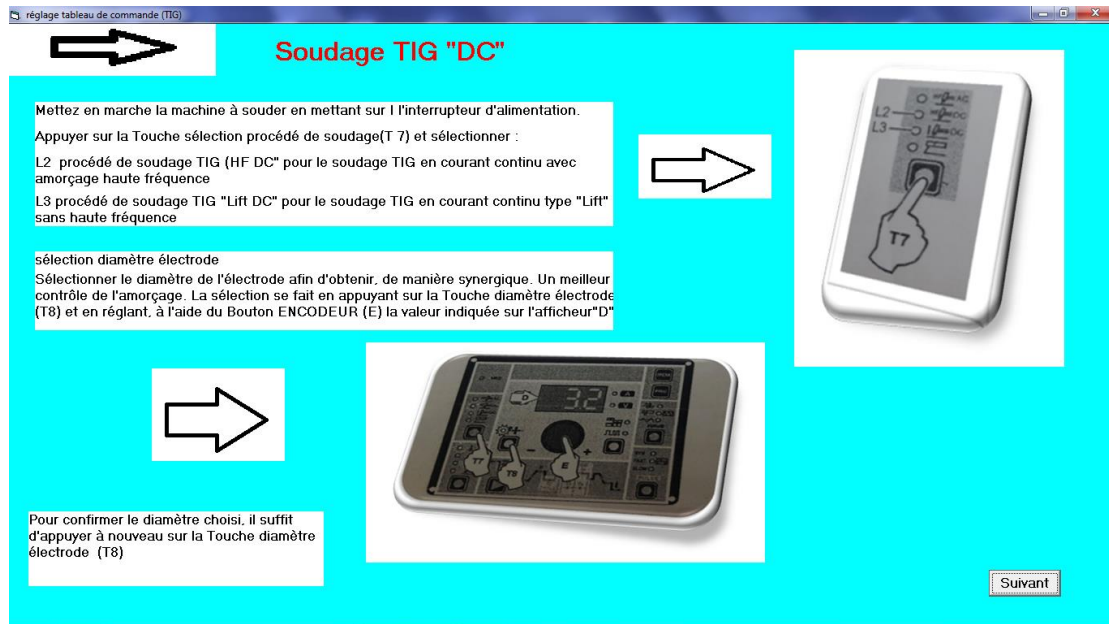


Figure III. 45 soudage TIG « DC »

suisvant

Cliquer sur le bouton pour voir la prochaine fonction soudage TIG

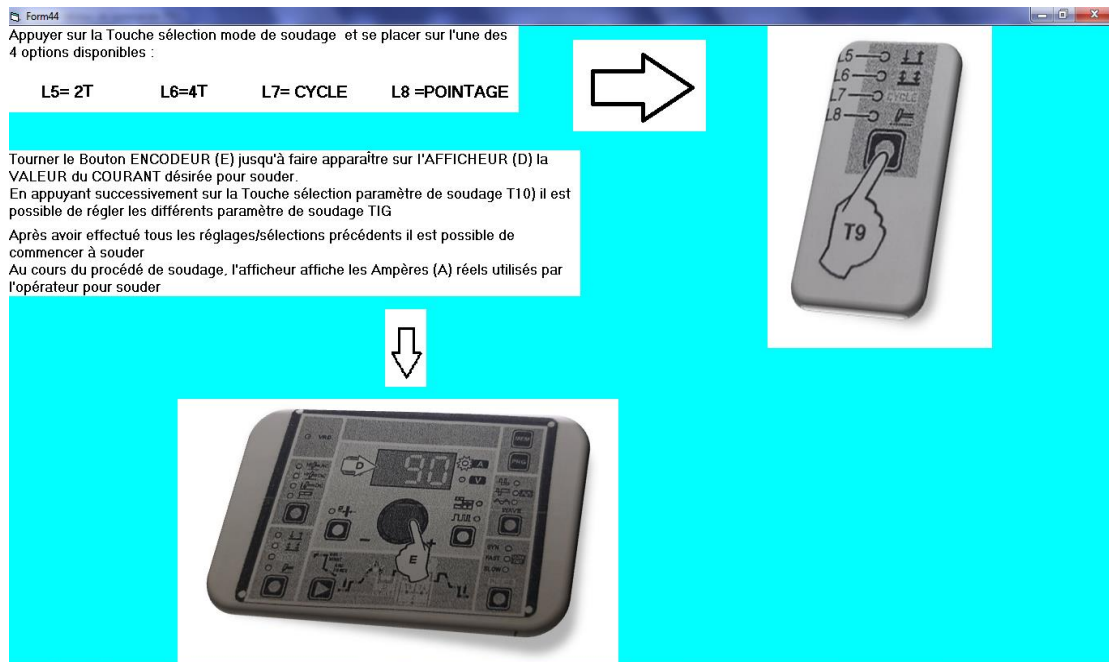


Figure III. 46 La suite de réglage soudage TIG « DC »

8.2.4 Branchement à la ligne d'utilisation

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton



L'écran de la figure III.46 illustre branchement à la ligne d'utilisation

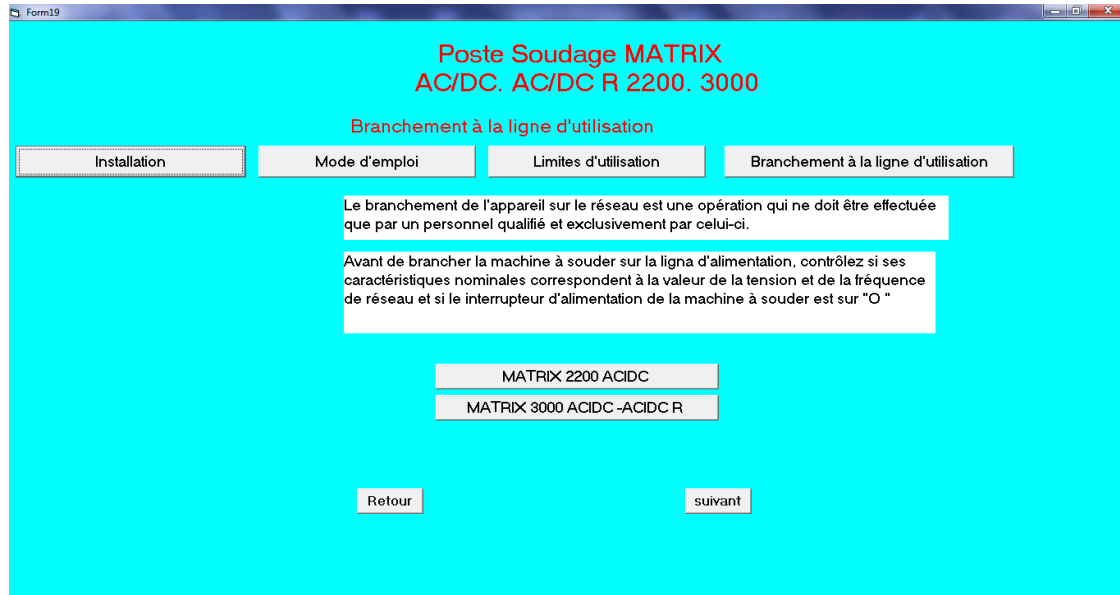


Figure III. 47 branchement à la ligne d'utilisation

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton



L'écran de la figure III.46 illustre tableau de contrôle

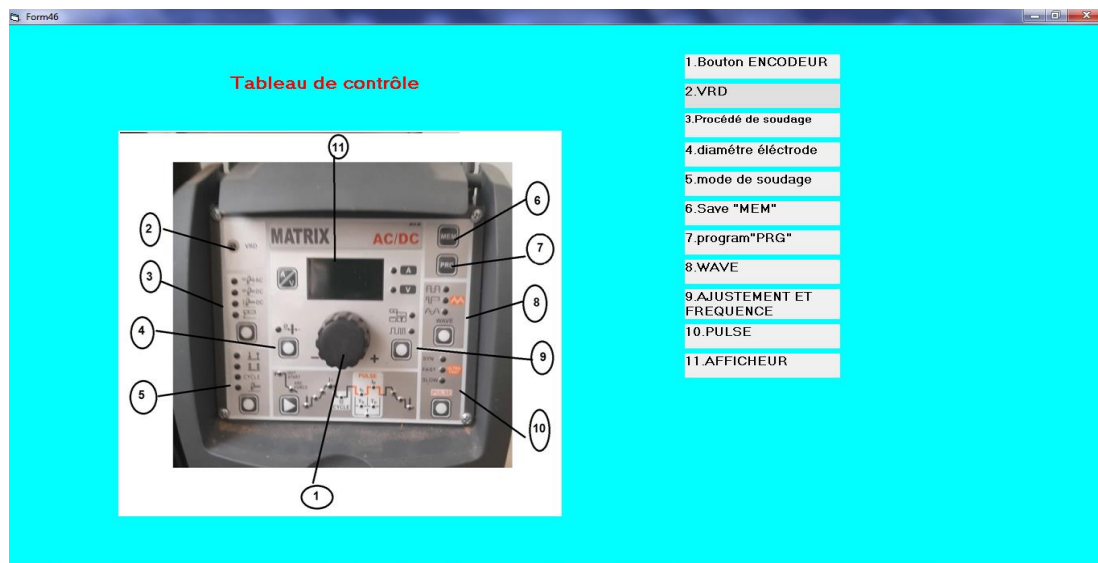


Figure III. 48 Tableau de contrôle

8.3 Poste soudure multi procédé MP250

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton **Multi Procédés MP 250**
L'écran de la figure III.46 illustre Poste soudure multi procédé MP250



Figure III. 49 Poste soudage multi procédé MP250

8.3.1 L'installation poste de soudage multi procédé MP250

Pour accéder à cette fonction cliquer sur le bouton **Installation**
L'écran de la figure III.50 illustre l'installation du poste de soudage multi procédés MP250

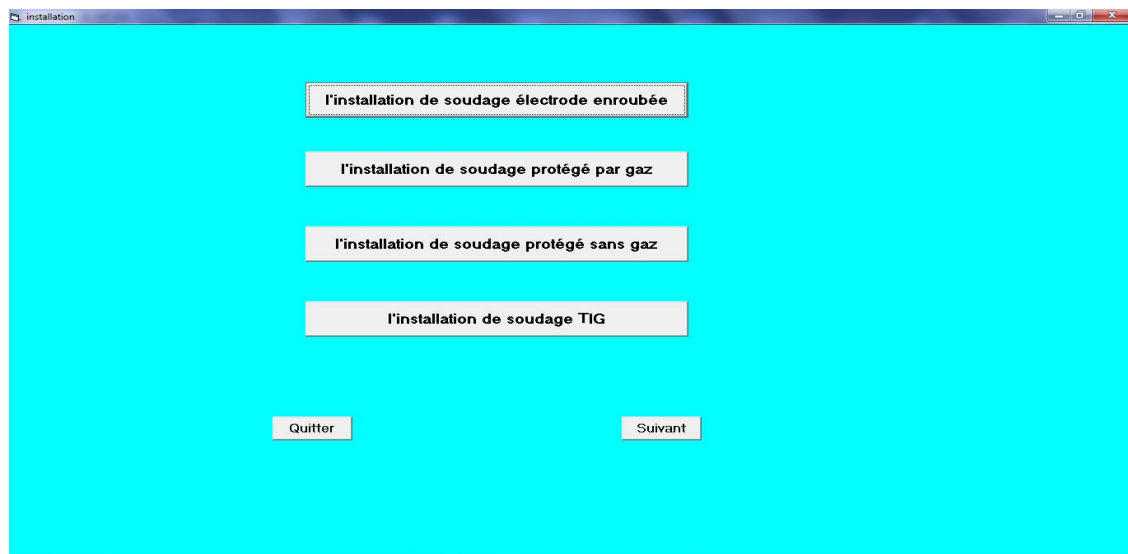


Figure III. 50 l'installation poste de soudage multi procédé MP250

Cliquer sur le bouton

l'installation de soudage électrode enrobée

pour accéder à cette

fonction

L'écran de la figure III.51 illustre l'installation de soudage électrode enrobée

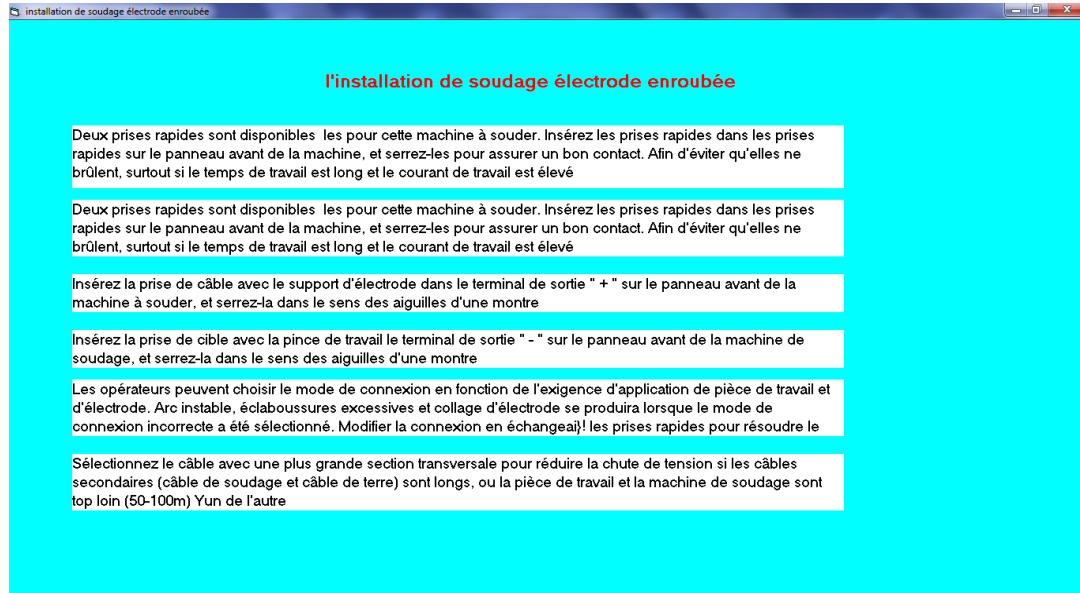


Figure III. 51 l'installation de soudage électrode enrobée

Cliquer sur le bouton

l'installation de soudage protégé par gaz

pour accéder à cette

fonction

L'écran de la figure III.52 illustre l'installation de soudage protégé par gaz

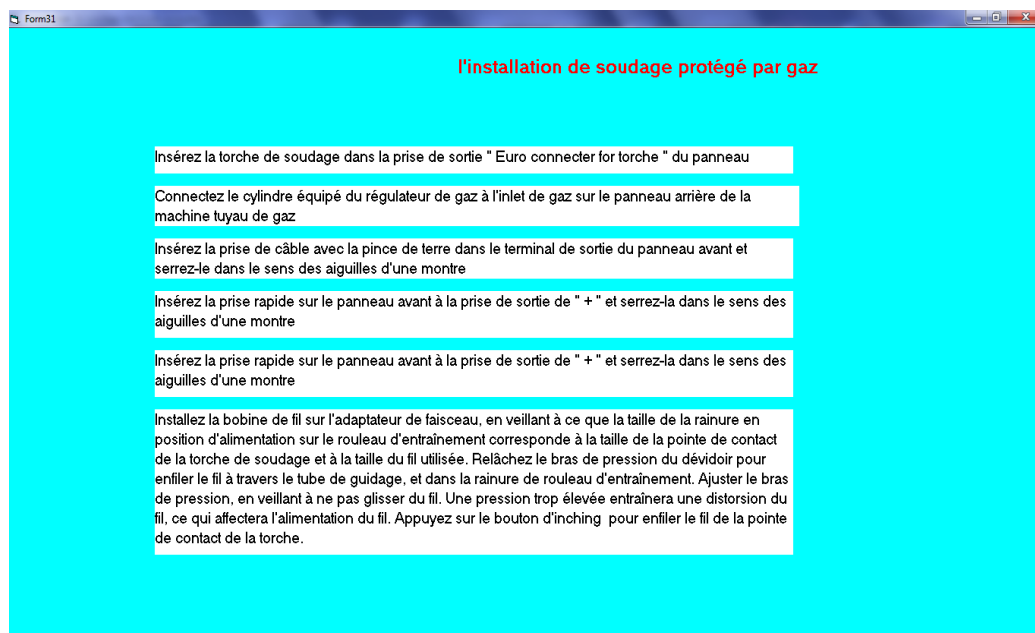



Figure III. 52 l'installation de soudage protégé par gaz

Cliquer sur le bouton  pour accéder à cette fonction

L'écran de la figure III.53 illustre l'installation de soudage protégé sans gaz

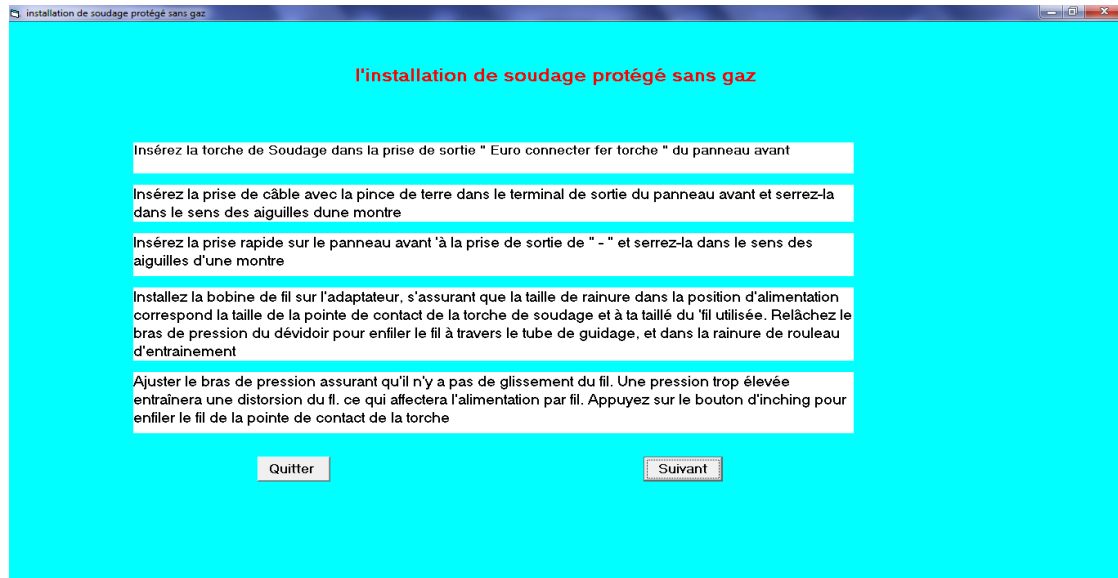


Figure III. 53 l'installation de soudage protégé sans gaz

Cliquer sur le bouton  pour accéder à cette fonction

L'écran de la figure III.54 illustre l'installation de soudage TIG

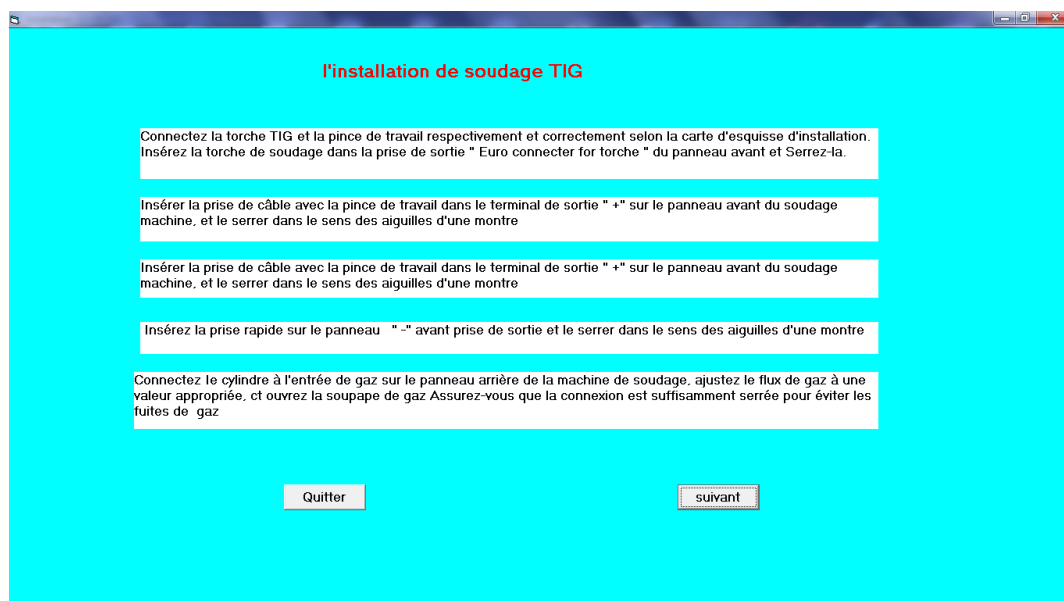


Figure III. 54 l'installation de soudage TIG

8.3.2 Méthode d'opération de soudage

Cliquer sur le bouton

Méthode d'opération

pour accéder

à cette fonction

L'écran de la figure III.55 illustre méthode d'opération de soudage

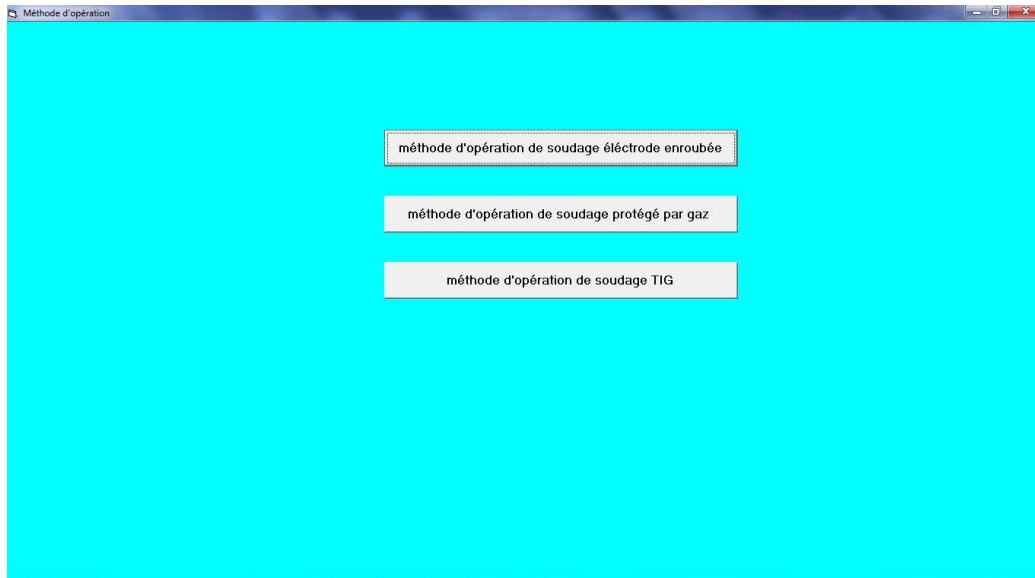


Figure III. 55 Méthode d'opération de soudage

Cliquer sur le bouton

méthode d'opération de soudage électrode enroubée

pour accéder à cette

fonction

L'écran de la figure III.56 illustre méthode d'opération de soudage électrode enrobée

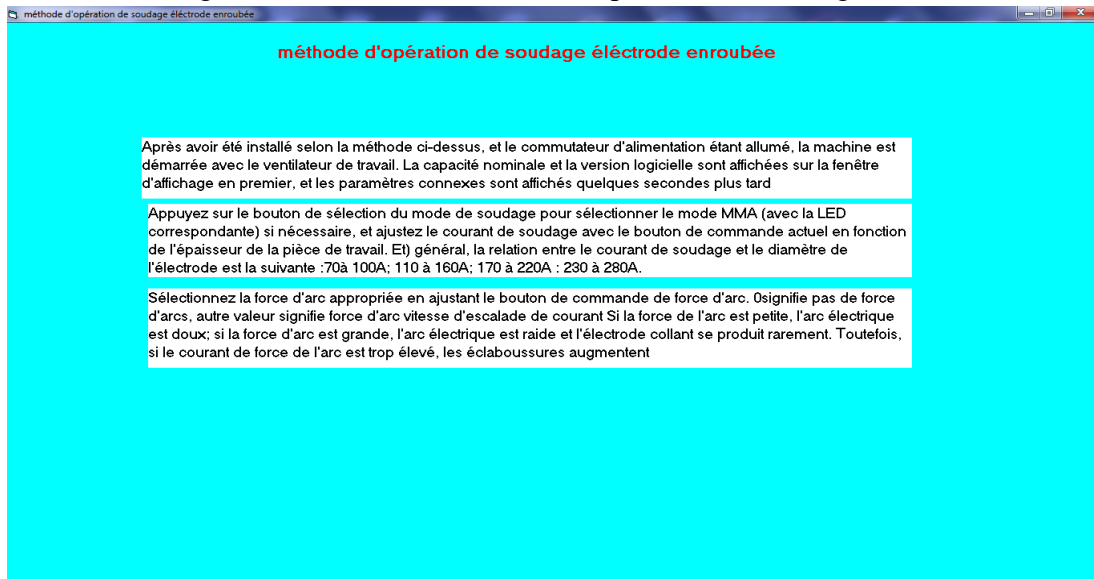


Figure III. 56 Méthode d'opération de soudage électrode enrobée

Cliquer sur le bouton méthode d'opération de soudage protégé par gaz pour accéder à cette fonction

L'écran de la figure III.57 illustre méthode d'opération de soudage protégé par gaz

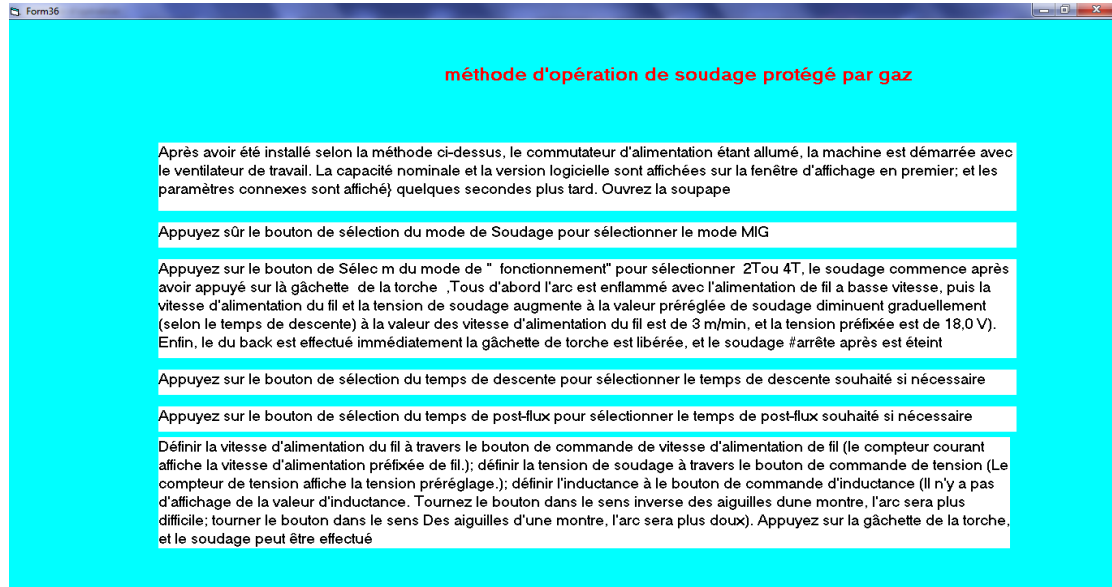


Figure III. 57 Méthode d'opération de soudage protégé par gaz

Cliquer sur le bouton méthode d'opération de soudage TIG pour accéder à cette fonction

L'écran de la figure III.58 illustre méthode d'opération de soudage TIG

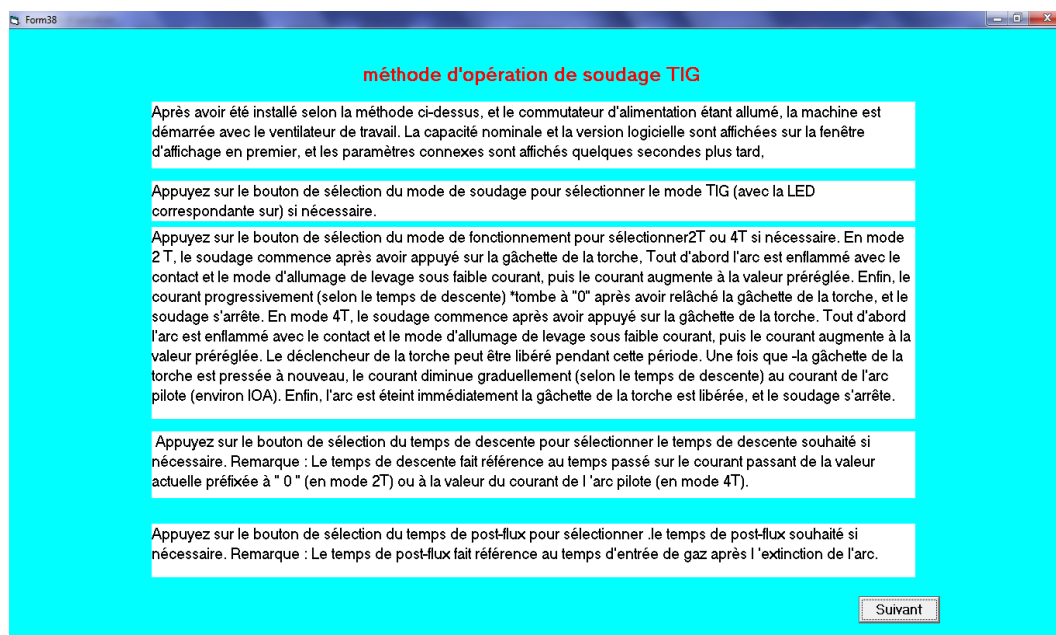


Figure III. 58 Méthode d'opération de soudage TIG

Description du panneau

Cliquer sur le bouton **Description du panneau** pour accéder à cette fonction, L'écran de la figure III.59 illustre description du panneau

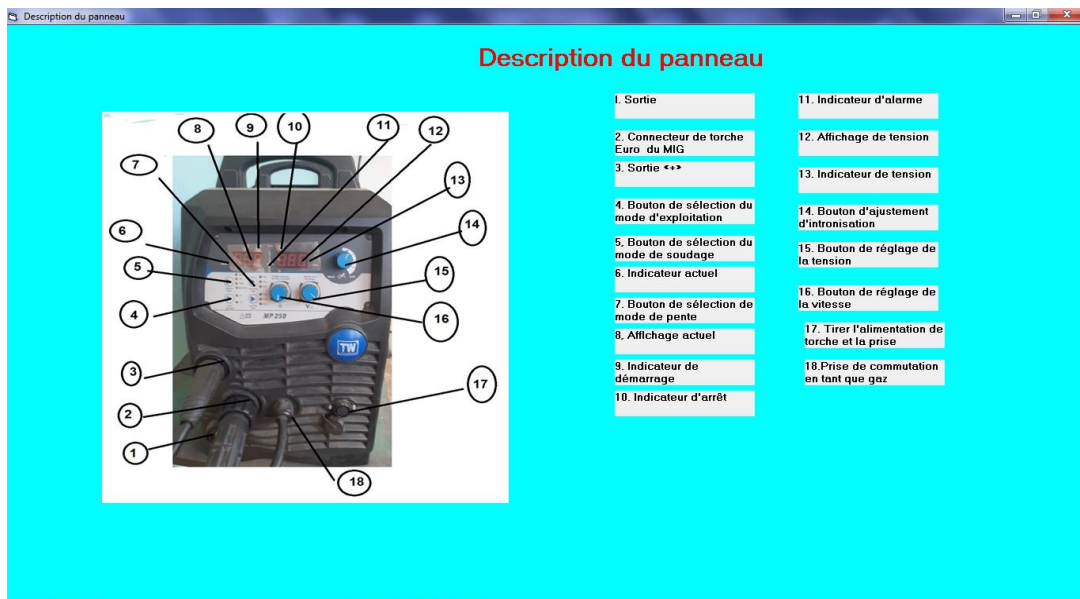


Figure III. 59 Description du panneau

8.4 Poste de soudage MAXI 404_ 505

Poste Soudage MAXI 404- 505

Cliquer sur le bouton **Poste Soudage MAXI 404- 505** pour accéder à cette fonction

L'écran de la figure III.60 illustre poste de soudage MAXI 404_ 505



Figure III. 60 Poste de soudage MAXI 404_ 505

8.4.1 Installation poste de soudage MAXI 404_ 505

Cliquer sur le bouton  pour accéder à cette fonction, L'écran de la figure III.61 illustre l'installation poste de soudage MAXI 404_ 505

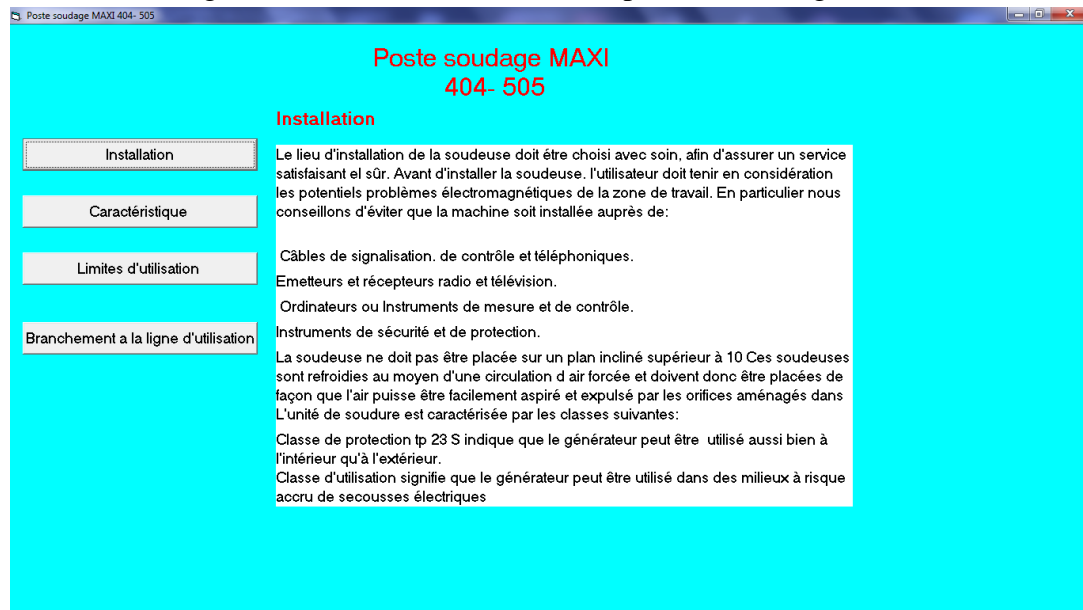



Figure III. 61 l'installation de poste de soudage MAXI 404_ 505

8.4.2 Caractéristique de poste soudage MAXI 404_ 505

Cliquer sur le bouton  pour accéder à cette fonction L'écran de la figure III.62 illustre caractéristique poste de soudage MAXI 404_ 505

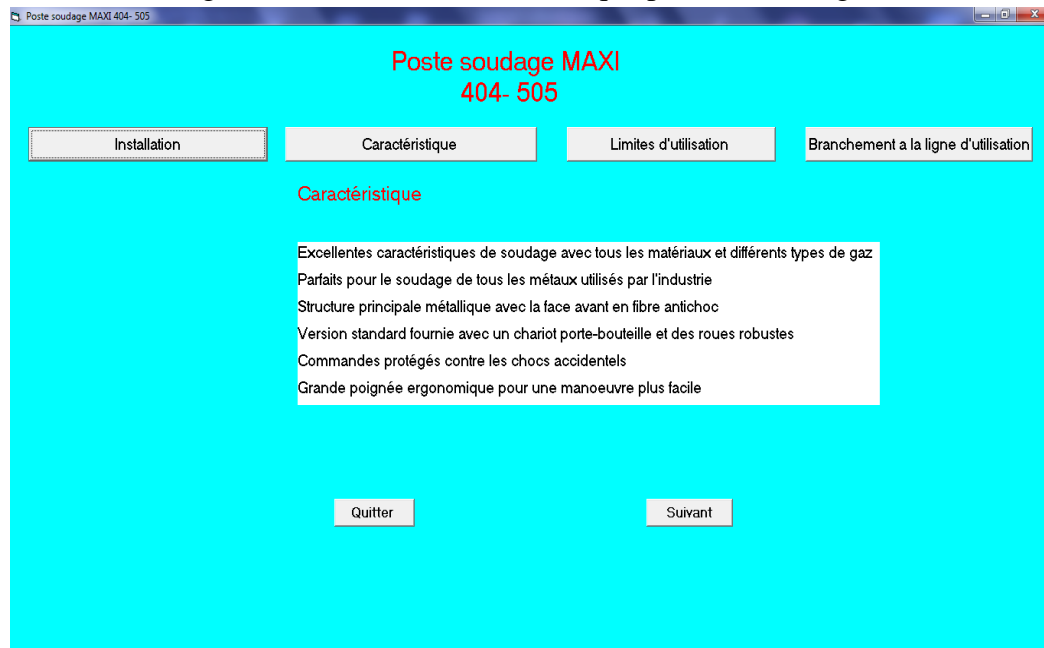


Figure III. 62 Caractéristique de poste de soudage MAXI 404_ 505

8.4.3 Limites d'utilisation poste de soudage MAXI 404_ 505

Cliquer sur le bouton **Limites d'utilisation** pour accéder à cette fonction, L'écran de la figure III.63 illustre limites d'utilisation poste de soudage MAXI 404_ 505



Figure III. 63 limites d'utilisation de poste de soudage MAXI 404_ 505

8.4.4 Branchement à la ligne poste de soudage MAXI 404_ 505

Cliquer sur le bouton **Branchement à la ligne d'utilisation** pour accéder à cette fonction. L'écran de la figure III.64 illustre branchement à la ligne poste de soudage MAXI 404_ 505

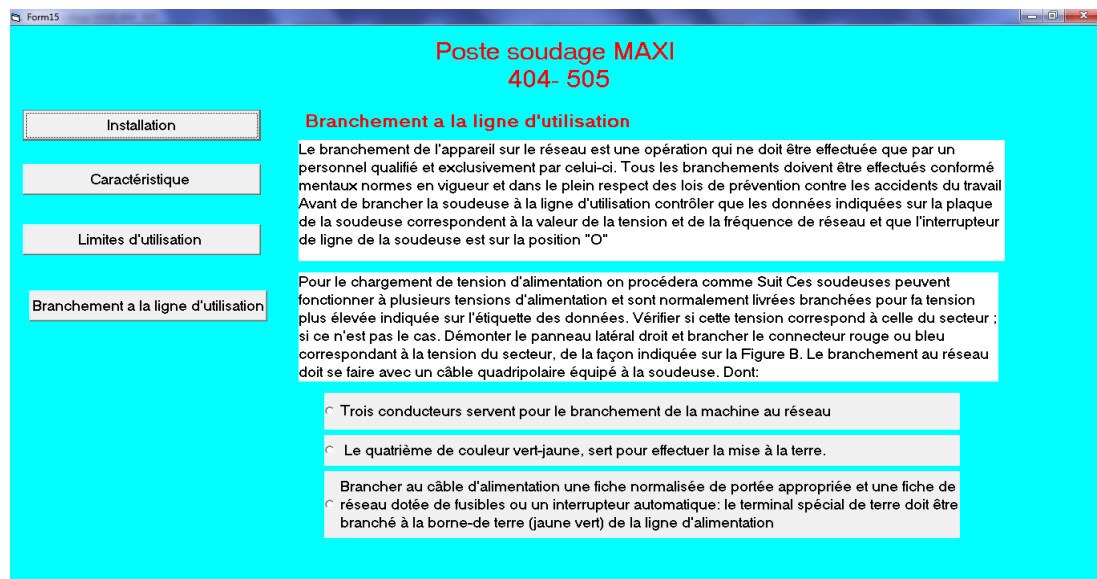


Figure III. 64 Branchement à la ligne de poste de soudage MAXI 404_ 505

9. Conclusion

Ce chapitre présente une méthodologie d'utilisation de l'outil développé dans Visual Basic 6.0 pour aider à communiquer les bases des procédés de soudage

Conclusion générale

Conclusion générale

Tout au long de la préparation de ce projet de fin d'études, les connaissances acquises durant notre cursus universitaire ont été mises en valeur pour préparer un programme qui incarne les techniques de soudage.

Le but de ce travail est la préparation des postes de travail pour les procédés TIG, MIG/MAG, MMA, plasma et multi-procédés. Un outil d'aide ou didacticiel a été élaboré pour les réglages de ces différents postes de soudage.

Ce travail est structuré en deux parties. La première partie aux différents procédés de soudage et leurs équipements

La seconde partie présente les caractéristiques et les réglages des postes de soudage de l'atelier des assemblages soudés de faculté de technologie, sous logiciel Visual Basic 6.0.

Les principales fonctions remplies par le module développé sont :

- Soudage TIG: choix de gaz, réglage de poste soudage, métal d'apporte, choix de l'électrode
- Soudage MMA : circuit de soudage, technique de soudage, domaine d'application, paramètre, choix de l'électrode
- Soudage MIG MAG : choix de gaz, opération de soudage, réglage de poste
- Soudage plasma : domaine d'application, opération de soudage, coupe de plasma

L'utilisateur est guidé, étape par étape, dans la sélection des paramètres facilitant l'utilisation des panneaux de commandes des postes de soudage

En perspective, ce travail sera élargi à d'autres procédés de soudage.

Références bibliographiques

- [1] <https://www.saf-fro.com/fr/procede-soudage-mig-mag>
- [2] <http://www.soudeurs.com/site/le-procede-de-soudage-mag-fil-massif-gmaw-135-a-271/>
- [3] <https://fr.wikibooks.org/wiki/Cat%C3%A9gorie:Soudage>
- [4] <http://www.soudeurs.com/site/le-procede-de-soudage-tig-gtaw-141-a-210/>
- [5] PERIS R, « Travaux pratiques- Technologie » Delagrive , Poitiers 1979
- [6] <http://www.soudeurs.com/site/le-procede-de-soudage-larc-e-e-mma-smaw-111-a-263/>
- [7] <http://www.soudeurs.com/site/quest-ce-que-le-procede-de-soudage-arc-plasma-paw-procede-15-a-350/>
- [8] <http://www.soudeurs.com/site/quest-ce-que-le-soudage-en-bout-par-etincelage-procede-24-a-372/>
- [9] ZIANI Belkheir « Comportement mécanique d'un assemblage soudée en Peel joint »
- [10] <http://www.soudeurs.com/site/le-soudage-des-thermoplastiques-avec-chalumeau-air-chaud-584/>
- [11] <https://www.soudeurs.com/recherche-de-ressources-techniques-et-didactiques/21087-les-differents-cours-sur-les-procedes-de-soudage.html>
- [12] JAVEL George, « Organisation et gestion de la production », Cours avec exercices corrigés, 4ème édition, DUNOD, Paris 2010
- [13] Dominique ADMIN «Les différents cours sur les procédés de soudage»
- [14] Cours de soudage, chaudronnerie et tuyauterie
«<https://www.rocdacier.com/soudage-mig-mag-semi-automatique-gmaw/>»
- [15] cours soudage arc electrode enrobée <https://www.ewm-group.com/fr/connaissances-techniques/e-hand-grundlagen.html>
- [16] <https://poste-a-souder.ooreka.fr/comprendre/soudure-plasma>
- [17] Introduction au soudage à l'arc électrique
<<[https://fr.scribd.com/document/231095974/SOUDAGE- GENERALITE](https://fr.scribd.com/document/231095974/SOUDAGE-GENERALITE)>> ,

[18] <https://www.soudure.pro/poste-a-souder/65-quelle-difference-entre-mig-mag-tig-inverter-mma-definitions>

[19] <https://www.rocdacier.com/cours-soudage-arc-electrode-enrobee/>

[20] http://www.zpag.net/Tecnologies_Industrielles/soudage_partie_2.htm

[21] <https://www.formationssoudure.com/Livret%20Soudage%20par%20Resistance%20-%20SDs%202016.pdf>

[22] <https://www.soudeurs.com/site/le-soudage-par-resistance-par-points-procede-21-273/>

[23] <https://www.soudeurs.com/site/le-soudage-par-resistance-la-molette-procede-22-275/>

[24] <https://www.soudeurs.com/site/le-soudage-par-resistance-par-bossage-procede-23-362/>

[25] <https://www.rocdacier.com/cours-soudure-tig/>

[26] <https://www.axxair.com/fr/blog/les-differents-types-delectrodes-utilises-en-soudage-tig-orbital>

[27] <https://www.soudure.pro/poste-a-souder/61-quel-gaz-pour-souder-le-mig>

[28] <https://www.ewm-group.com/fr/connaissances-techniques/e-hand-grundlagen.html>

[29] <https://www.terre-net.fr/materiel-agricole/tracteur-quad/article/atelier-soudure-207-118731.html>

[30] https://www.rocdacier.com/cours-soudage-arc-electrode-enrobee/#4_Installation_de_soudage_a_18217electrode_enrobee

[31] https://www.pangas.ch/fr/images/pangas-brochure-choisir-le-bon-gaz-f_tcm557-114535.pdf

[32] (En) T. devour« *Chemicalmechanismsinducing a DC currentmeasured in the flowing post-discharge of an RF He-O2 plasma torch* »

[33] <https://www.axxair.com/fr/blog/deux-criteres-importants-dans-le-choix-de-lelectrode-en-soudage-tig-orbital>

[34] <https://edrtorches.com/types-de-torches-tig-et-son-parts-et-electrodes-de-tungstene/?lang=fr>

[35] <https://www.rocdacier.com/torches-mig-mag/>

[36] <https://www.soudure.pro/238-bobine-de-fil-pour-soudure-acier>

[37] https://www.magmaweld.fr/postes-de-soudage/postes-de-soudage-tig/k/18?gclid=CjwKCAjw-qeFBhAsEiwA2G7NlzfIkBL1QLrAsS-DYISxSWD1DouBU-WPTSf78rij3QPtBrVT7kmX9RoC4t0QAvD_BwE