



ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail
DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION

SECTEUR : REPARATION DES ENGINs A MOTEUR

MODULE N°: 4 LES TRAVAUX DE SOUDAGE

SPECIALITE : REPARATION DES
VEHICULES OPTION : AUTOMOBILE

NIVEAU : TECHNICIEN

EDIT : OCTOBRE 2007

Document élaboré par :

Nom et prénom	EFP	DR
RACHID ACHEHBOUNE	DRIF	GC

Révision linguistique

-
-
-

Validation

-
-

SOMMAIRE

	Page
Présentation du module	4
CHAPITRE 1 - LE POSTE A SOUDER OXYACETYLENIQUE	7
1-1 Composants d'un poste oxyacétylénique	-
1-2 Mesure de sécurité et de santé	13
1-3 Mise en marche d'un poste à souder oxyacétylénique	16
1-4 Ouverture d'un poste à souder oxyacétylénique	18
TP1 Mise en marche d'un poste à souder oxyacétylénique	21
CHAPITRE 2 - SOUDAGE OXYACETYLENIQUE AUTOGENE	22
2-1 Principe du soudage autogène	-
TP2-1 Lignes de fusion sans métal d'apport	26-27
2-2 Cordons de soudure autogène	28
TP2-2 Lignes de fusion avec métal d'apport	31-32
2-3 Soudage de deux tôles	33
TP2-3 Soudage de joints bord à bord à plat	36
TP2-4 Soudage de joints sur tranche	39-40
TP2-5 Soudage à plat en angle extérieur	43-44
CHAPITRE 3 - SOUDAGE OXYACETYLENIQUE HETEROGENE	46
3-1 Principe du soudage hétérogène	-
TP3-1 Soudobrasage de joint bord à bord à plat	50
TP3-2 Soudobrasage d'un joint de recouvrement à plat	51
TP3-3 Soudobrasage d'un joint en à plat	52
TP3-4 Soudobrasage par point bouchon à plat	53
CHAPITRE 4 - OXYCOUPAGE	54
4-1 Principe de l'oxycoupage	-
4-2 Technique d'exécution de l'oxycoupage	55
TP4.1 Oxycoupage léger des tôles	58
TP4.2 Oxycoupage lourd des tôles	59-60
CHAPITRE 5 - LE SOUDAGE A L'ARC AVEC ELECTRODE ENROBEE	61
5-1 Le principe de soudage à l'arc avec électrode enrobée	-
5-2 Technique de soudage	68
TP 5.1 Installation d'un poste de soudage à l'arc et dépôt de cordons de soudure	70-71

TP 5.2 Soudage bout à bout à plat sur bords droits	72
5-3 Soudages en angle extérieur	73
TP 5.3 Soudage à l'arc électrique en angle extérieur	74
CHAPITRE 6 - LE SOUDAGE SEMI-AUTOMATIQUE MIG - MAG	75
6.1. Le principe de soudage semi-automatique MIG – MAG	-
6.2. Montage et préparation du poste de soudage	80
TP 6.1 Montage d'un poste semi-automatique MIG - MAG Essais de réglage et Exécution de cordons de soudure	85-86
6.3. Le soudage de deux tôles	87
TP 6.2 Soudage bord à bord à plat au semi-automatique	90
TP 6.3 Soudage par recouvrement à plat	93
TP 6.4 Soudage de deux tôles superposées par points bouchons à plat	94-95
CHAPITRE 7 - SOUDAGE ELECTRIQUE PAR RESISTANCE	96
7.1. Principe du soudage électrique par résistance	-
TP.7.1 Utilisation d'une soudeuse par résistance, essais et réglage, exécution de soudure par point	102-103
Evaluation de fin de module	104-105
Liste bibliographique	106
Annexe	107

PRESENTATION DU MODULE

L'étude du module «**Soudage oxyacétylénique (Autogène et hétérogène), Oxycoupage au chalumeau coupeur, soudage électrique à l'arc, semi automatique MIG – MAG et soudage électrique par résistance**» permet d'acquérir les savoirs, savoir-faire et savoirs être nécessaires à la maîtrise de la compétence.

Ce résumé de théorie et recueil de travaux pratiques est composé des éléments suivants :

Le projet synthèse faisant état de ce que le stagiaire devra **savoir-faire** à la fin des apprentissages réalisés dans ce module, est présenté en début du document afin de bien le situer. La compréhension univoque du projet synthèse est essentielle à l'orientation des apprentissages.

Viennent ensuite, les résumés de théorie suivis de travaux pratiques à réaliser pour chacun des objectifs du module.

Les objectifs de second niveau (les préalables) sont identifiés par un préfixe numérique alors que les objectifs de premier niveau (les précisions sur le comportement attendu) sont marqués d'un préfixe alphabétique.

Le concept d'apprentissage repose sur une pédagogie de la réussite qui favorise la motivation du stagiaire, il s'agit donc de progresser à petits pas et de faire valider son travail.

Les apprentissages devraient se réaliser selon les schémas représentés aux pages qui suivent :

MODULE : 6

EFFECTUER DES TRAVAUX DE SOUDAGE

Durée : 180 H

78 heures : théorie

102 heures : pratique

**OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU
DE COMPORTEMENT**

COMPORTEMENT ATTENDU

*Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit **souder à l'oxyacétylénique, découpage au chalumeau coupeur, l'arc électrique, MIG-MAG et soudage par résistance** selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.*

CONDITIONS D'EVALUATION

- Travail individuel.
- A partir :
 - De directives spécifiques comprenant : le soudage au Chalumeau «Autogène et hétérogène», oxycoupage, soudage à l'arc électrique, MIG et MAG et soudage électrique par résistance.
- A l'aide :
 - De l'outillage, d'équipements et accessoires appropriés ;
 - D'équipements de sécurité nécessaires.

CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE

- Respect des règles de santé et de sécurité au travail.
- Utilisation adéquate de l'outillage et de l'équipement.
- Maîtrise des techniques d'exécution.
- Choix des différents modes d'assemblages thermique.
- Qualité des soudures.
- Qualité des coupes
- Résultat : conformité aux exigences demandées.

OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU
DE COMPORTEMENT

**PRECISIONS SUR LE
COMPORTEMENT ATTENDU**

**CRITERES PARTICULIERS DE
PERFORMANCE**

- A. Préparer les plaques et les tôles d'acier doux. - Respect :
- Des dimensions ;
 - De la propreté ;
 - Des angles.
- B. Monter les différents postes à souder :
- Poste oxyacétylénique ;
 - Chalumeau coupeur ;
 - A l'arc électrique ;
 - Au M.I.G - M.A.G ;
 - Par points.
- C. Sélectionner les électrodes, les fils d'apport les buses et les tête de coupe. - Choix judicieux :
- Du type ;
 - Du numéro ;
 - Du diamètre.
- D. Exécuter sur des métaux, des travaux de soudure électrique et au gaz pour évaluer les positions et types de joint :
- Bord à bord ;
 - Par recouvrements ;
 - En angle
 - Par points bouchons.
- E. Exécuter sur des tôles d'acier des travaux de soudure par points. - Montage approprié des électrodes.
- Qualité des pointes des électrodes.
 - Réglage approprié de la pression

Chapitre : 1 LE POSTE A SOUDER OXYACATYLIENIQUE

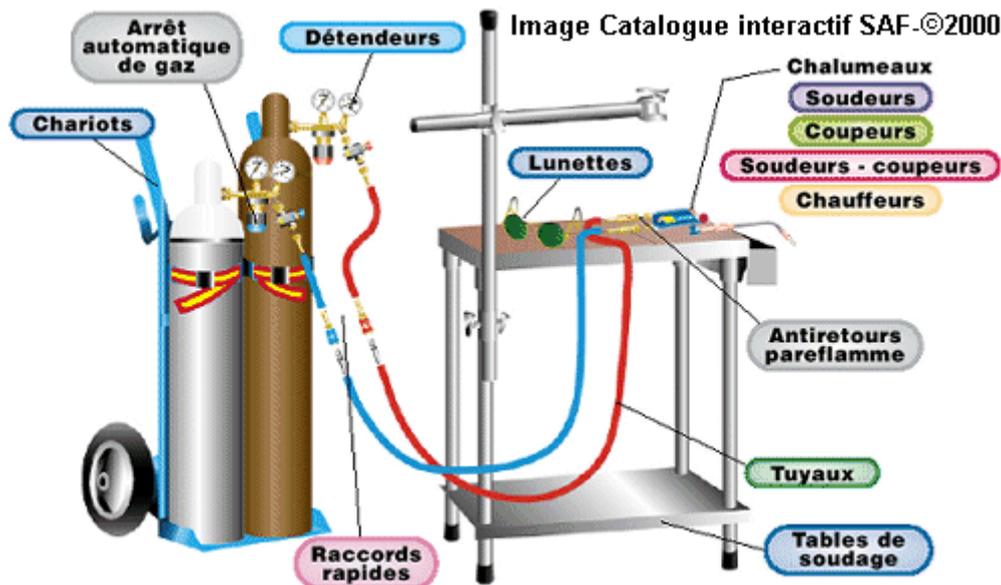


Figure 1.1

1-1 Composants d'un poste oxyacétylénique

Oxygène

Gaz inodore et compressible, favorise la combustion donc c'est un gaz comburant. Combiner avec l'acétylène produit une flamme atteignant 3150°C

Acétylène

Gaz incolore obtenu par réaction de carbure de calcium avec l'eau. C'est un gaz carburant, très inflammable et reconnaissable à son odeur d'ail.

Bouteille d'oxygène

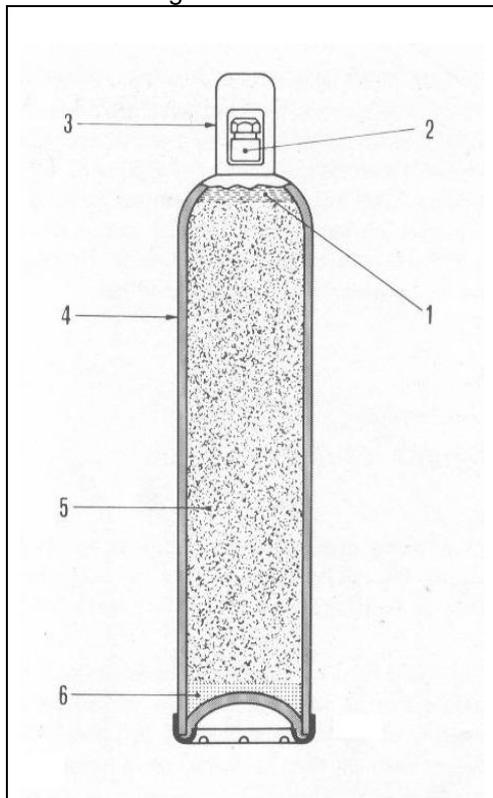
Fabriquée d'une seule pièce sans soudure et avec des aciers de qualité supérieur. L'épaisseur de leur paroi est de 6 à 8mm, prévue pour résister à des pressions définies. L'oxygène est fourni dans des bouteilles dont l'ogive et de couleur blanche, à une pression de 150 bars ou 150 kg / force et de volume variable (2,4,7 9m³)

L'augmentation de leur température produirait une surpression interne qui transformerait la bouteille en une véritable bombe.

Ne jamais huiler ou graisser les filetages du robinet (inflammation ou explosion)
Ne jamais démonter le robinet de la bouteille. Toujours fixer les bouteilles dans le chariot porte-bouteilles.

Bouteille d'acétylène

Figure 1. 2



Bouteille avec une ogive couleur marron. Emmagasiner de l'acétylène dans une matière poreuse imbibée d'acétone. Contenance de la bouteille : 4m^3 sous une pression de 15 bars. Un litre d'acétone à 15°C et sous une pression de 15 bars dissout 36,6 litres d'acétylène (Figure 1. 2).

Ne jamais coucher la bouteille pour éviter l'écoulement de l'acétone. Ne jamais utiliser un débit supérieur à 1000 litres / heure par bouteille. Ne pas exposer la bouteille à la chaleur ou au soleil.

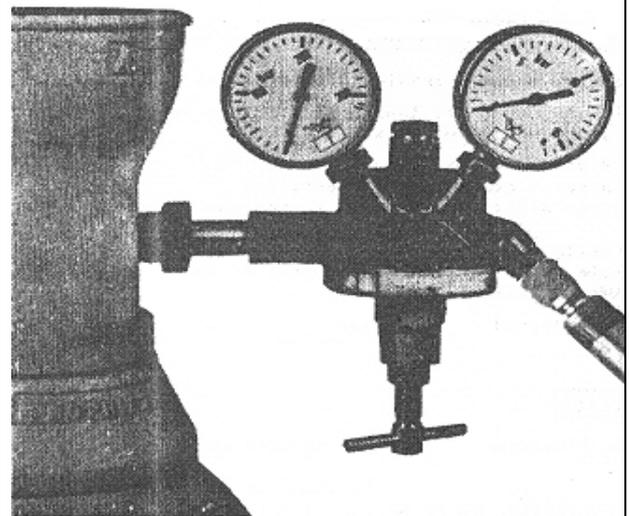
Constitution de la bouteille d'acétylène

1. Acétylène à l'état gazeux et vapeurs d'acétone.
2. Robinet de la bouteille.
3. Chapeau de protection.
4. Bouteille.
5. Matière poreuse.
6. Acétone.

Manodétendeurs

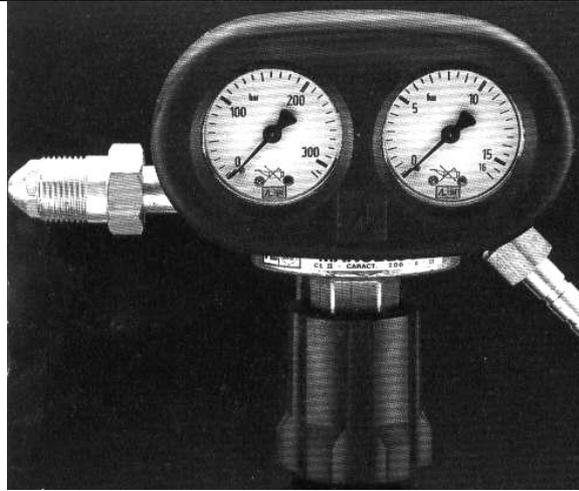
Figure 1. 3

Appareil permettant d'abaisser, de régler et de stabiliser la pression d'écoulement du gaz. Le manodétendeur est muni de deux manomètres un pour indiquer la pression provenant de la bouteille (haute pression) et l'autre la pression à la sortie du manodétendeur vers le chalumeau (Figure 1. 3)



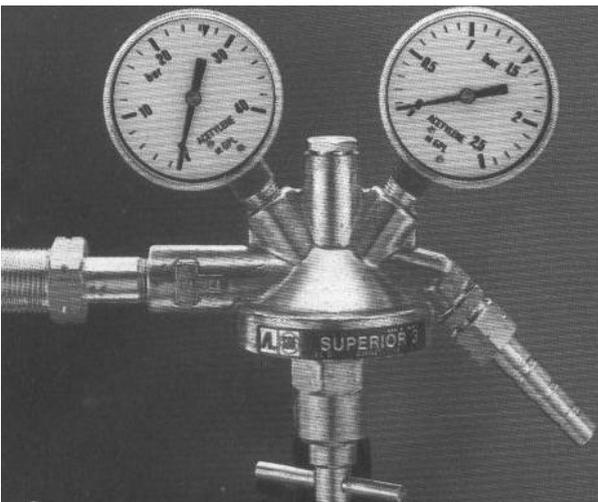
Il existe deux sortes de manodétendeurs :

Figure 1. 4



- le mot oxygène ou «OXY» y est inscrit.
- le manomètre à haute pression est gradué jusqu'à 300 bars.
- le manomètre à basse pression est gradué jusqu'à 15 bars.
- il est de couleur bleu.
- l'écrou de raccord est uni.
- les filets de raccord sont à droite.

Figure 1. 5



- le mot acétylène ou «ACE» y es inscrit.
- le manomètre à haute pression est gradué jusqu'à 40 bars.
- le manomètre à basse pression est gradué jusqu'à 25 bars.
- il est de couleur rouge.
- l'écrou du raccord est encoché.
- les filets de raccord sont à gauche.

Les vis de réglage des manodétendeurs servent à ajuster les pressions de débit. Plus la vis de réglage est tournée dans le sens des horaires, plus la pression de débit augmente.

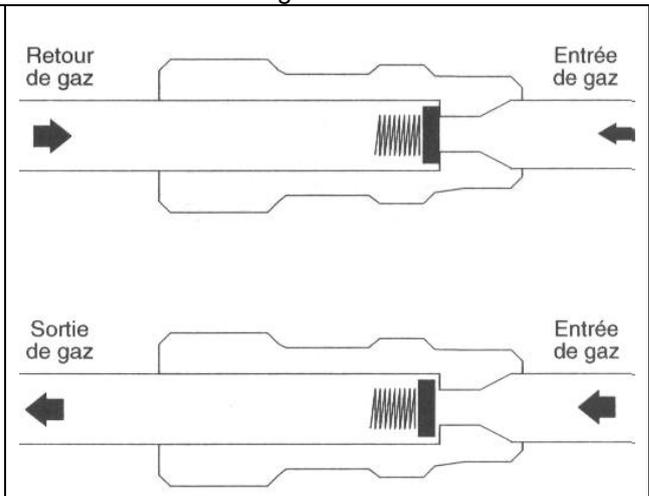
Tous les manodétendeurs sont pourvus d'une soupape de sécurité afin de prévenir une pression excessive dans le corps principal.

Valves de retenue et pare- flamme

Le rôle d'une valve de retenue est de réduire la possibilité d'un débit inverse des gaz. Ces valves sont généralement vissées à l'entrée du chalumeau, entre le chalumeau et les tuyaux ou à la sortie des manodétendeurs.

La valve de retenue par flamme est un dispositif de sécurité qui, en plus de diminuer les débits inverses des gaz, éteint les retours de flamme et évite la propagation du feu à l'intérieur de l'équipement. Ainsi, on prévient les risques d'explosion.

Figure 1.6



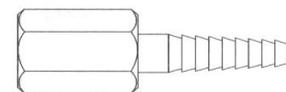
Tuyaux

Les tuyaux transportent les gaz à basse pression des manodétendeur au chalumeau. Ils sont faits de caoutchouc ou de néoprène. Les tuyaux d'oxygène sont de couleur bleu tan dis que les tuyaux d'acétylène sont de couleur rouge. Il existe en deux diamètres 6x11 et 9x16mm (diamètre extérieur et diamètre intérieur)

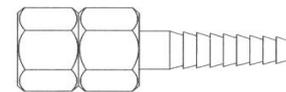
Raccords

Les raccords diffèrent par leurs apparences, et ce, afin d'éviter les erreurs de raccordement. Ceux d'oxygène se vissent du côté droit et leurs surfaces sont lisses, tandis que ceux d'acétylène se vissent à gauche et leurs surfaces sont rainurées.

Figure 1.7



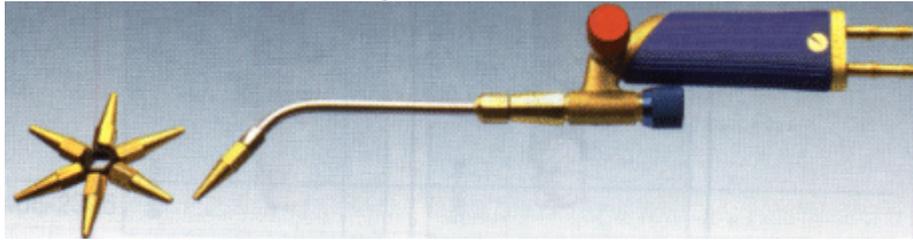
Raccord d'oxygène (lisse)



Raccord d'acétylène (rainuré)

Chalumeau soudeur

Figure 1.8



Instrument simple, léger et très maniable .Il est fabriqué en laiton pour éviter la rouille. Il peut recevoir une buse interchangeable. Il est muni de deux robinets qui contrôle le passage des gaz : le bleu pour l'oxygène et le rouge pour l'acétylène.

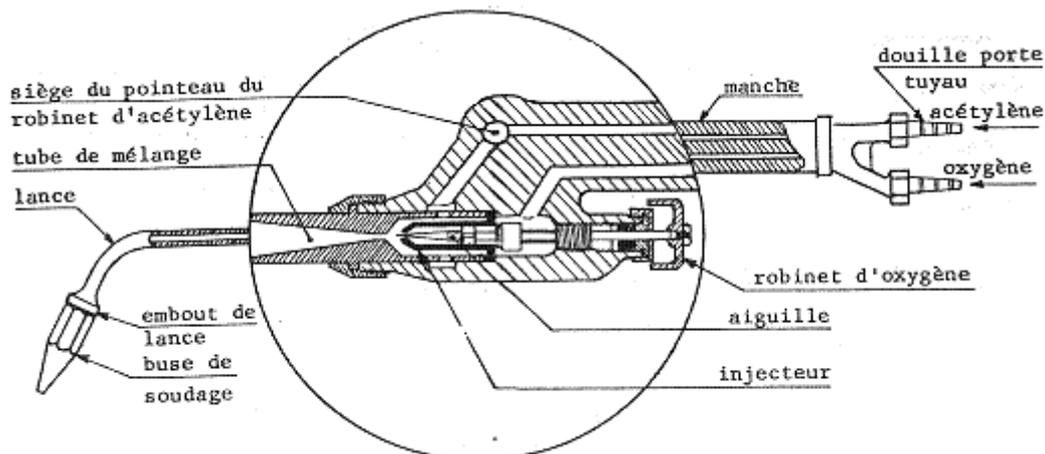
Il existe deux types de chalumeaux soudeurs : le chalumeau à basse pression et celui à haute pression.

Haute pression : les deux gaz sont à des pressions supérieures à 0,15 bar

Basse pression : l'acétylène est à une pression comprise entre 0,010 à 0,1 bar et l'oxygène est à une pression comprise entre 1 et 3 bars (Figure 1. 8).

Sous des pressions différents les gaz convergent vers l'extrémité de l'injecteur, le jet central d'oxygène à haute pression entraîne l'acétylène à basse pression et accélère le débit (Figure 1. 9).

Figure 1. 9



Buse de soudage

La buse est vissée au corps du chalumeau. Elle est généralement fabriquée d'un alliage de cuivre et de laiton. Un orifice central en détermine le numéro ; plus le numéro est grand, plus la quantité de chaleur produite est grande.

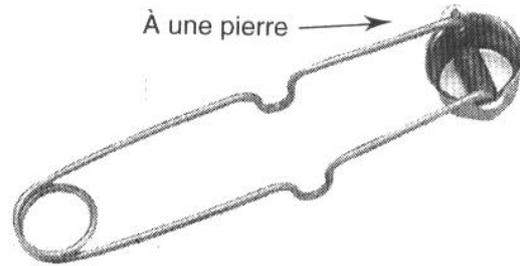
On choisit la buse en fonction de l'épaisseur du métal à souder.

Pour récupérer les buses, les nettoyez soit au nettoyeur à forets ou à limes.

Allumoir

Figure 1.10

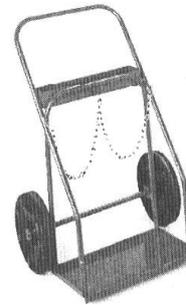
Composé d'une tige de métal à ressort, munie à bout d'une pierre interchangeable et à l'autre bout d'une lime à l'intérieur de la soucoupe.
La fonction de l'allumoir est de produire une étincelle qui sert à enflammer le gaz combustible.



Chariot

Figure 1.11

Le chariot est utilisé pour le transport du poste à souder. Il est doté d'une chaîne, dont on se sert obligatoirement pour attacher les bouteilles.



EXERCICE 1.1

1. A quoi sert les manodétendeurs ?

.....
.....
.....

2. Quelles informations donne la lecture des manodétendeurs à haute pression et à basse pression ?

.....

3. Par quel mécanisme peut-on minimiser les risques de retour de flamme ?

.....
.....

4. Quelle est la couleur :

a) du tuyau d'oxygène ?.....

b) du tuyau d'acétylène ?.....

5. Nommez les particularités des écrous de raccords pour les tuyaux du poste de soudage ?

.....
.....

1- 2 Mesure de sécurité et de santé

Entreposage des bouteilles

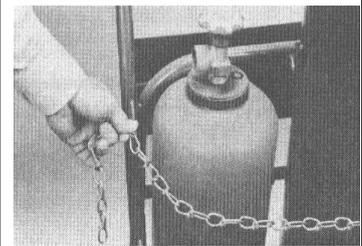
Elles ne doivent jamais être entreposées près de substances inflammables comme l'essence, l'huile, solvants et peinture. En effet, mélangées à de l'oxygène, ces substances forment un puissant explosif.

- Les bouteilles doivent être entreposées en position verticale.
- Il faut protéger les bouteilles de la chaleur (plein soleil d'été, flamme).
- Ne jamais amorcer un arc électrique sur leur paroi ni diriger la flamme d'un chalumeau vers elle.
- Les bouteilles seront stockées séparément dans des lieux aérés :
 - Par gaz, selon la couleur d'ogive ;
 - Les pleines et les vides.
- Une bouteille n'est jamais complètement vide .Il faut empêcher l'air d'y pénétrer. Elle sera toujours stockée robinet fermé

Transport et manipulation des bouteilles

Figure 1. 12

- Toujours visser les chapeaux de protection sur les bouteilles chaque fois qu'elles sont déplacées.
- Transporter les bouteilles à l'aide du chariot et les attacher.
- Ne pas se servir d'une bouteille pour cintrage de tôle.
- Ne jamais utiliser une bouteille qui fuit, avertir le fournisseur.



Installation des accessoires

Manodétendeurs

Les manodétendeurs sont des appareils de précision qui ne doivent être entretenus ou réparés que par des personnes qualifiées.

Avant de les fixer sur les bouteilles il faut s'assurer qu'ils sont en bonne condition, que les robinets des bouteilles ne sont pas endommagés et respecter la procédure de montage du poste.

Chalumeau

Certains chalumeaux sont pourvus de valves de retenue internes. Il faut installer les valves de retenue pare flamme en accessoire pour éviter les retour de flamme.

Buse

La buse doit seulement être serrée à la main. Le serrage avec une clef pourrait endommager les joints toriques, ce qui provoquerait une fuite de gaz.

Risques liés à l'utilisation de l'oxygène

L'utilisation de l'oxygène comporte certains risques. Pour travailler en toute sécurité, il faut donc prendre en considération les points suivants :

- L'huile en contact avec l'oxygène sous pression provoque une explosion.
- Il ne faut jamais utiliser l'oxygène sous pression pour dépoussiérer les vêtements, car ces derniers deviendraient extrêmement inflammables.
- L'oxygène est un gaz comburant pur. Il accélère la vitesse et l'intensité de la combustion. Il transforme une petite étincelle en une violente flamme, voir en une explosion.

Risques liés à l'utilisation de l'acétylène

Gaz carburant s'enflamme rapidement en présence de l'oxygène. Les fuites d'acétylène doivent être évitées à tout prix.

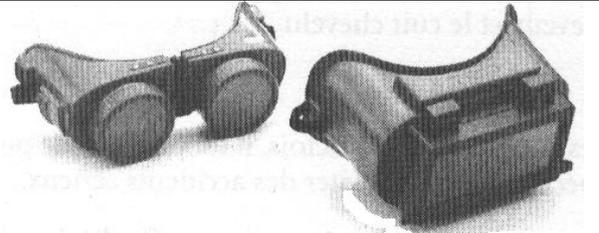
Protection individuelle

Le soudage comporte des risques, les moyens de préventions sont généralement simples ; il suffit de les appliquer.

Lunettes de soudage

Figure 1. 13

Elles résistent à la chaleur, sont munies de verres colorés qui réduisent l'intensité de la lumière.
Protègent les yeux contre la projection d'étincelles en fusion.



Vêtements

Lors des opérations de soudage ou de coupage, des gouttelettes de métal en fusion sont projetées alors les vêtements doivent être exempts de poches ou de plis pour ne pas retenir ces gouttelettes. Il faut également éviter de porter certains tissus synthétiques (nylon), qui s'enflamment plus facilement que d'autres.

Chaussures

On doit porter des chaussures robustes et munies d'un bout en acier afin de se protéger contre les chutes d'objets et prendre soin de les bien lacer pour que le métal en fusion ne puisse s'introduire à l'intérieur et brûler la peau.

Accidents et causes possibles

Les soudeurs sont exposés à des situations très dangereuses. Il est possible de prévoir ces situations, donc de prendre les précautions nécessaires pour éviter des accidents sérieux.

Accidents	Causes	Dangers	Mesures de prévention
- Eblouissement - Blessure aux yeux	Protection individuelle insuffisante ou manquante	Le rayonnement du métal en fusion et projection d'étincelles peuvent occasionner des lésions permanentes aux yeux.	Protéger les yeux avec des lunettes de soudage
Brûlures	Protection individuelle insuffisante ou manquante	Etre en contact avec du métal chauffé, en fusion, ou avec flamme du chalumeau (3200°C), les brûlures peuvent être très graves	Porter des gants de cuir et utiliser des pinces lors de la manipulation des pièces chauffées Prudence et bonne technique de travail
- Intoxication - Empoisonnement	Atelier mal ventilé Soudage de matériaux toxique Protection individuelle insuffisante	Perte de conscience Irritation des yeux Fièvre, mal de tête.	Bien aérer l'atelier Système d'aspiration Bonne ventilation
- Incendie - Explosion	Fuite de gaz Présence de produits inflammable Equipement défectueux	Blessure grave Perte de vie Dommage matériel élevé	Se tenir loin de toute substance ou matériel inflammable (réservoir d'essence) Avoir un extincteur près du poste à souder

Mesure de sécurité

- Toujours fermer les robinets des bouteilles lorsque le travail est terminé.
- Ne jamais ouvrir le robinet de la bouteille d'acétylène de plus d'un tour et demi.
En cas d'urgence, on peut le fermer rapidement.
- Ne jamais utiliser la bouteille d'acétylène couchée, parce que l'acétone passerait dans les manodétendeurs.
- Tenir l'huile et la graisse loin des bouteilles.
- Ne pas allumer les gaz sur des pièces de métal chaud ou dans un espace restreint.
- Pour éviter des brûlures aux doigts, ne jamais utiliser d'allumettes pour allumer les gaz. Il faut utiliser les allumeurs qui sont sécuritaires et peu coûteux.
- Ne pas suspendre les tuyaux aux manodétendeurs ou aux robinets des bouteilles.
- Ne pas suspendre des vêtements, des gants ou d'autres objets aux bouteilles.
- S'assurer qu'il y a un extincteur approprié et en bon état de fonctionnement tout près du lieu de travail.

Exercice 1.2

1. Dans quelle position doit-on entreposer les bouteilles ?

.....

2. Nommez trois précautions à prendre lors du transport des bouteilles de gaz.

.....

.....

3. Pourquoi faut-il éviter le contact de l'huile et de la graisse avec de l'oxygène sous pression ?

.....

.....

4. Nommez cinq accidents qui peuvent être causés par le soudage.

.....
.....

5. Pourquoi ne doit-on pas utiliser la bouteille d'acétylène si elle est couchée ?

.....
.....

6. Pourquoi ne doit-on pas ouvrir le robinet de la bouteille d'acétylène de plus d'un tour et demi ?

.....
.....

7. Donnez deux raisons de porter des lunettes de soudeur lors des activités de soudage.

.....
.....

1.3 Mise en marche d'un poste à souder oxyacétylénique

Installation des bouteilles sur le chariot

- Placer sur le chariot les bouteilles d'oxygène et d'acétylène ; les attachées au chariot à l'aide de la chaîne.
- Enlever le chapeau de sécurité sur la bouteille d'acétylène.

Purge des robinets

- Il faut ouvrir et fermer le robinet de chaque bouteille pour chasser toute impureté (Figure 1. 14).
- Se placer à coté ou derrière le robinet ; ne jamais se placer devant.
- Ne pas diriger le jet de gaz en direction d'une flamme ou d'une personne.
- Toujours se lacer dans un endroit bien aéré.

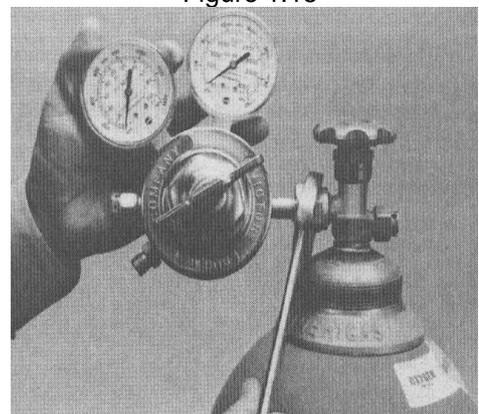
Figure 1. 14



Fixation des manodétendeurs

- Vérifier les filetages des manodétendeurs et des robinets des bouteilles pour s'assurer qu'il n'y a pas de trace d'huile ou de graisse.
- Fixer le manodétendeur d'oxygène au robinet de la bouteille d'oxygène et bien serrer du côté droit avec la clef appropriée.
- fixer le manodétendeur d'acétylène au robinet de la bouteille d'acétylène et bien serrer du côté gauche avec la clef appropriée.

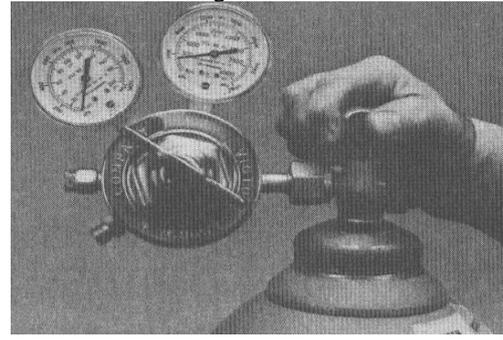
Figure 1.15



Purge des manodétendeurs

- S'assurer que les vis de réglage des manodétendeurs sont desserrées.
- Ouvrir lentement et avec soin les robinets des bouteilles
- Purger un à un les manodétendeurs des poussières, attendre quelques seconde afin de laisser échapper un peu de gaz puis desserré les vis de réglage.

Figure 1.16



Installation des tuyaux

- Inspecter les tuyaux avant de les raccorder (coupures, brûlures).
- Raccorder chaque tuyau aux manodétendeurs qui le correspond et bien serrer à l'aide d'une clef .
- Purger les tuyaux en faisant monter la pression pendant quelques secondes.
- Il est nécessaire de se trouver dans un endroit bien aéré.

Installation du chalumeau

- Avant de raccorder le chalumeau aux tuyaux, vérifier le filetage de la tête du chalumeau, l'état des robinets et s'il y a présence d'huile ou de graisse sur les pièces du chalumeau.

Fixation de la buse

- La buse doit être manipulée avec beaucoup de précaution pour éviter de l'endommager. En effet, utiliser une buse en mauvais état comporte des risques d'accident.
- Visser la buse à la main seulement.

Vérification de l'étanchéité

Avant d'allumer les gaz, il est nécessaire de faire les essaies de fuite :

- S'assurer que les deux robinets du chalumeau sont fermés.
- S'assurer que les vis de réglage sont desserrées.
- Ouvrir le robinet de la bouteille d'oxygène. Régler le manomètre de basse pression à 1,5 bars.
- Ouvrir le robinet de la bouteille d'acétylène. Régler le manomètre de basse pression à 0,5 bars.
- Vérifier s'il y a des fuites. Appliquer de l'eau savonneuse à l'aide d'un pinceau, s'il y a des bulles, il y a une fuite, donc il faut y remédier immédiatement en serrant davantage les raccords ou en remplaçant les pièces défectueuses (tuyau,buse,etc.)

Exercice 1.3

1. Pourquoi doit-on purger les robinets des bouteilles de gaz ?
.....
.....
2. Nommez quatre précautions à prendre lors de la purge des robinets des bouteilles de gaz.
.....
.....
3. Comment doit-on se placer lors de l'ouverture des robinets des bouteilles de gaz ?
.....
.....
4. Quels endroits doit-on inspecter sur un poste à souder pour vérifier la présence de fuites ?
.....

1.4 Ouverture d'un poste à souder oxyacétylénique

Voici les étapes à suivre pour ouvrir un poste à souder

- S'assurer que les vis de réglage des manodétendeurs sont complètement desserrés ;
- Vérifier la fermeture des robinets du chalumeau ;
- Ouvrir lentement les robinets des bouteilles de gaz :
 - ouvrir complètement celui d'oxygène.
 - ouvrir celui d'acétylène d'un tour et demi.
- Régler le manodétendeur d'acétylène à la pression de travail 0,5 bar, on tournant la vis de réglage jusqu'à ce que la pression désirée soit indiquée sur le manomètre basse pression.
- Régler le manodétendeur d'oxygène à la pression de travail 1,5 bars, on tournant la vis de réglage jusqu'à ce que la pression désirée soit indiquée sur le manomètre basse pression.
- Ouvrir légèrement le robinet du chalumeau * oxygène * ;
- Ouvrir le robinet du chalumeau *acétylène* ;
- Allumer et régler la flamme ;
- Augmenter ou diminuer le débit d'oxygène jusqu'à obtention de la flamme

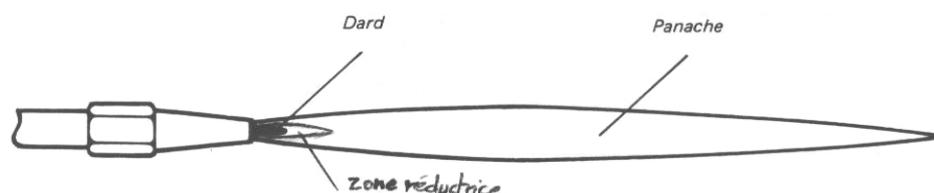
Il ne faut pas que la flamme se détache de l'extrémité de la buse (décollement)

Flamme soudante :

Une flamme sortant d'un chalumeau présente (Figure 1. 17) :

- Un dard très brillant à la sortie de la buse.
- Une zone réductrice qui protège le bain de fusion contre l'oxydation.
- Le panache, qui est d'un bleu transparent.

Figure 1. 17



Flamme normale ou neutre

Flamme normale correspond à une proportion en volumes égaux d'oxygène et d'acétylène. Le dard est de forme très nette, blanc et brillant. Utilisée pour souder de l'acier doux

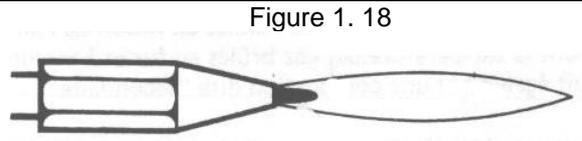


Figure 1. 18

Flamme carburante

Plus d'acétylène que d'oxygène dans le mélange, la flamme dépose du carbone dans le joint de soudure, rendant ce dernier faible et cassant. Utilisée pour souder des métaux non ferreux (étain, plomb)

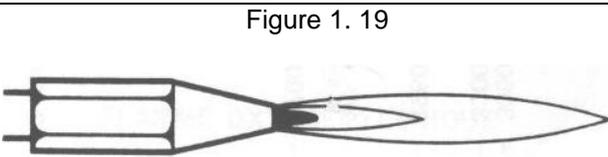


Figure 1. 19

Flamme oxydante

Plus d'oxygène que d'acétylène dans le mélange, le métal s'oxyde et le joint de soudure devient faible et cassant. Utilisée pour le soudage des tôles galvanisées, la flamme est sifflante.

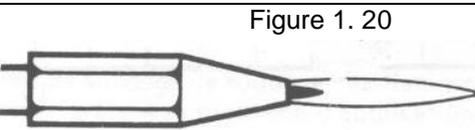


Figure 1. 20

Procédure de fermeture

- Fermez les bouteilles d'acétylène et d'oxygène ;
- Evacuez le gaz en ouvrant les robinets du chalumeau ;
- Desserrez les vis de réglage des manodétendeurs ;
- Fermez les robinets du chalumeau.

EXERCICE 1.4

1. Nommez les trois parties d'une flamme oxyacétylénique.
.....
.....
2. Comment obtient-on une flamme oxydante ?
.....
3. Dans quelles proportions doit-on retrouver l'oxygène et l'acétylène pour obtenir une flamme normale ?
.....
4. Quel est l'effet d'une flamme oxydante sur un joint de soudure ?
.....
5. Quel est l'effet d'une flamme carburante sur un joint de soudure ?
.....
6. Pour quel type de soudage utilise-t-on la flamme normale ?
.....
.....
7. Enumérez, dans l'ordre, toutes les étapes de la procédure de fermeture du poste à souder.
.....

TRAVAUX PRATIQUE 1.1

MISE EN MARCHÉ D'UN POSTE À SOUDER OXYACÉTYLÉNIQUE

I.1. Objectif :

Réaliser le montage complet d'un poste oxyacétylénique.

I.2. Durée : 3 Heures

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

- chariot,
- bouteille d'oxygène et bouteille d'acétylène
- manodétendeurs d'oxygène et d'acétylène
- valves anti- retour d'oxygène et d'acétylène
- raccords d'oxygène et d'acétylène
- tuyaux d'oxygène et d'acétylène
- chalumeau soudeur avec buses
- allumoir
- jeu de clefs plates
- solution pour faire l'essai de fuite
- équipement de protection individuelle

I.4. Description :

Au cours de ce TP, vous aurez à effectuer le montage complet d'un poste oxyacétylénique. Ainsi vous devez allumer les gaz et régler les trois types de flammes, et ce, en respectant les règles de santé et de sécurité.

I.5. Déroulement :

Partie 1 : Montage du poste

1. Attachez les bouteilles au chariot.
2. Purgez les robinets des bouteilles.
3. Fixez et purgez les manodétendeurs.
4. raccordez les tuyaux aux manodétendeurs et purgez les tuyaux.
5. Installez les valves de retenue pare flamme.
6. Installez les raccords aux tuyaux.
7. Fixez la buse au chalumeau

Partie 2 : Vérification de l'étanchéité du montage

8. Vérifiez le robinet de la bouteille d'oxygène et de la bouteille d'acétylène.
9. Vérifiez les raccords du manodétendeur d'oxygène et ceux du manodétendeur d'acétylène.
10. Vérifiez les raccords des tuyaux d'oxygène et ceux des tuyaux d'acétylène.
11. Vérifiez les robinets du chalumeau.
12. Vérifiez les raccords des valves de retenue pare flamme d'oxygène et d'acétylène.
13. Vérifiez les raccords de la buse.
14. Réparez, remplacez ou serrez, si nécessaire, afin d'éliminer les fuites.
15. Réglez la pression des manodétendeurs.

Partie 3 : Allumage des gaz et réglage de la flamme

16. Allumez les gaz et ajustez la flamme pour obtenir tour à tour :
 - Une flamme normale ;
 - Une flamme carburante ;
 - Une flamme oxydante.
17. Fermez le poste.
18. Effectuez le démontage du poste à souder et ranger l'équipement.

Résumé

- L'oxygène est un gaz comburant fourni dans des bouteilles d'aciers creuses.
- L'acétylène est un gaz carburant fourni dans des bouteilles conçues pour le retenir dans une matière poreuse saturée d'acétone.
- Les manodétendeurs fixés sur les bouteilles servent à réduire la pression de la bouteille à une pression de travail et à maintenir le débit constant.
- Tous les raccords d'oxygène se vissent vers la droite tandis que ceux de l'acétylène se vissent vers la gauche.
- Les buses portent un numéro. Plus ce dernier est grand, plus la quantité de chaleur produite est grande.
- Pour monter un poste à souder oxyacétylénique :
 - Attacher les bouteilles sur chariot.
 - Retirer le chapeau des robinets.
 - Purger les robinets des bouteilles.
 - Inspecter, fixer et purger les manodétendeurs.
 - Inspecter, raccorder et purger les tuyaux.
 - Inspecter le chalumeau.
 - Fixer les valves de retenue pare flamme au chalumeau.
 - Raccorder les tuyaux au chalumeau.
 - Vérifier la buse et l'installer sur le chalumeau.
 - Effectuer un essaie de fuite sur tout le système et, s'il y a lieu, remédier aux fuites immédiatement.
- Mise en marche d'un poste à souder oxyacétylénique :
 - Les vis de réglage doivent être relâchées avant d'ouvrir les robinets des bouteilles.
 - Les robinets des bouteilles doivent être ouverts lentement
 - Le réglage des manodétendeurs doit être fait en respectant les paramètres du fabricant.
 - La flamme normale ou neutre est utilisée pour souder de l'acier doux
 - Purger les tuyaux et les manodétendeurs après fermeture du poste

Chapitre 2 SOUDAGE OXYACETYLENIQUE AUTOGENE

2.1 Principe du soudage autogène

Le soudage autogène ou homogène est une opération de liaison par fusion de deux métaux semblables avec ou sans métal d'apport, de même nature que le métal de base (Figure 2.1).

Avantages

- La soudure est aussi forte que les pièces elles-mêmes.
- Sa couleur est uniforme.

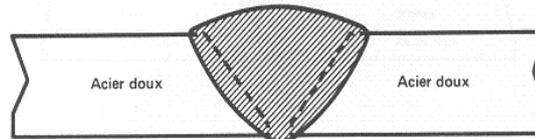


Figure 2.1

Action de la chaleur sur les tôles

La chaleur nécessaire à la fusion est fournie par une flamme produite par la combustion de l'acétylène en présence d'oxygène (flamme oxyacétylénique). Si on chauffe une pièce de métal, il y a **dilatation**, les dimensions de la pièce augmentent en tous sens. Le phénomène inverse c'est le **retrait** ou contraction, se produit lors du refroidissement.

Supposez que l'on chauffe le bord d'une tôle d'acier jusqu'au rouge vif et qu'on la laisse refroidir. La partie froide de la tôle se dilate, le bord chauffé est ondulé, il y a **gauchissement**. En se refroidissant, à cause de la contraction, le bord devient légèrement moins long qu'auparavant.

- température : plus le métal est chauffé, plus le risque de déformation est grand.
- dilatation et contraction : plus il y a de différence entre la dilatation et la contraction, plus il y a de risque que les tôles gauchissent (Figure 2.8).
- forme des pièces : les pièces de tôle qui ont des formes galbées ont moins tendance à se déformer sous l'action de la chaleur qu'une tôle plane.

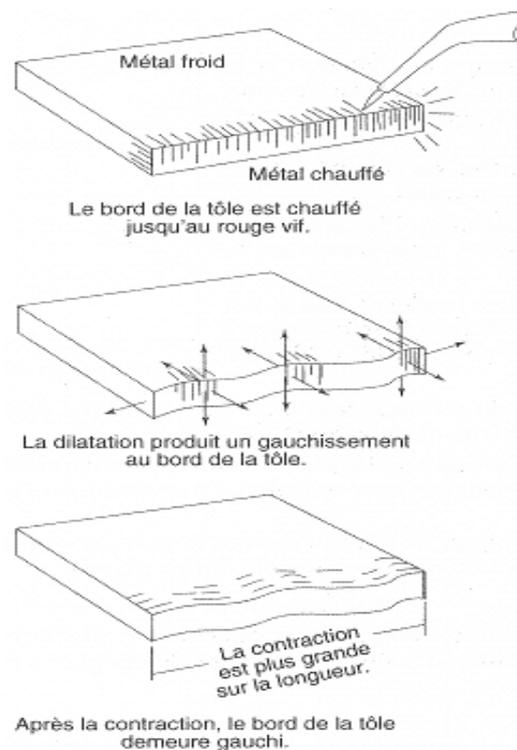


Figure 2.2

Exercice 2. 1

1. Nommez les deux avantages du soudage autogène.

.....
.....

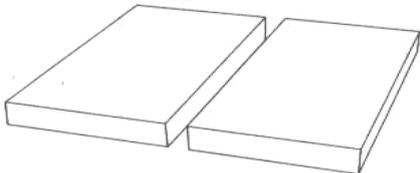
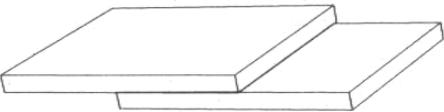
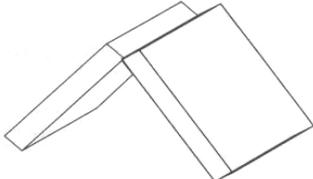
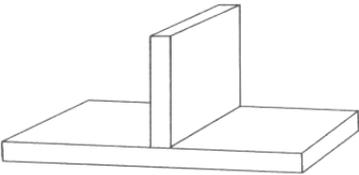
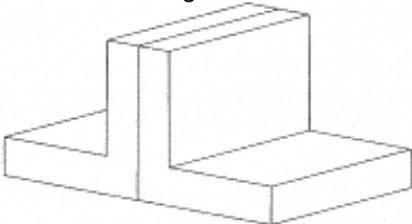
2. Comment appelle t-on le phénomène contraire de la dilatation ?

.....

3. Qu'est ce qu'un gauchissement ?

.....
.....

Types de joints

<p>Joint bord à bord Soudure qui réunit deux pièces de métal sur un même plan. Cette soudure peut être exécuté avec ou sans métal d'apport.</p>	<p>Figure 2.3</p> 
<p>Joint à recouvrement Soudure de deux pièces en métal qui se chevauche, appelée aussi à clin. Cette soudure s'effectue avec du métal d'apport.</p>	<p>Figure 2.4</p> 
<p>Joint à angle extérieur Soudure qui réunit deux pièce perpendiculairement l'une à l'autre. Ce type de soudage peut s'effectuer avec ou sans métal d'apport.</p>	<p>Figure 2.5</p> 
<p>Joint à angle intérieur Soudure qui réunit deux pièces à angle droit qui forme un T. Ce type de soudage s'effectue avec du métal d'apport.</p>	<p>Figure 2.6</p> 
<p>Joint sur tranche Appelé aussi soudure sur bord relevé, placer les épaisseurs des deux pièces côte à côte de façon égale. Le cordon de soudure s'effectue en fondant l'épaisseur des deux pièces. Généralement, le métal d'apport est inutile.</p>	<p>Figure 2.7</p> 

Choix de la buse

Le choix de la buse se fait en fonction de l'épaisseur du métal à souder.

Une buse dont l'orifice est grand laisse passer un fort débit de gaz et produit une flamme puissante. Pour souder les tôles mince ce type de buse surchauffe et perce. Dans tel cas, il ne faut pas baisser la pression, car cela provoquerait des claquements du chalumeau.

Par contre, si la buse est trop petite, le métal ne fond pas assez vite. Dans ce cas, il ne faut pas augmenter la pression, car il en résulterait une flamme sifflante.

La buse indique la puissance du chalumeau. C'est la quantité d'acétylène en litres consommés à l'heure (45 – 100 – 150 – 200 litres / heure par mm d'épaisseur).

Choix du métal d'apport

Baguette en acier doux, enrobée de pellicule en cuivre qui la protège contre l'oxydation. On choisit le diamètre d'une baguette en fonction du métal à souder. Présenté sous des Ø (1,5 - 2 - 3 - 4...mm)

Ligne de fusion

Ligne de fusion consiste à former un petit volume de métal liquide appelé bain de fusion et à le faire progresser de façon rectiligne et continue (Figure 2.8).

Tenir le chalumeau à 45° par rapport à la tôle. Le point le plus chaud de la flamme se situe au bout du dard à environ 1,5mm de la surface de la tôle pour obtenir un bain de fusion large d'environ trois fois l'épaisseur de la tôle. Le bain de fusion doit traverser le métal dans toute son épaisseur afin qu'il y ait fusion complète (pénétration).

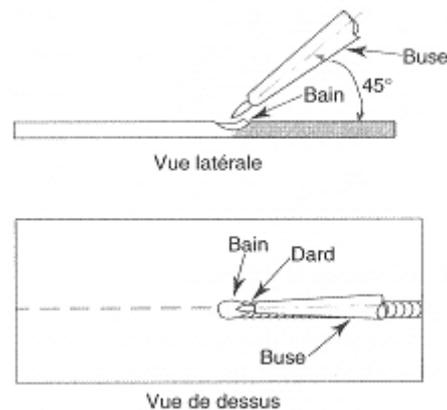


Figure 2.8

Principaux problèmes

Lors de l'exécution d'une ligne de fusion, il peut se produire des claquage ou des retours de flamme.

Le claquage se produit lorsque la flamme entre momentanément dans la buse. Un bruit sec (pan) se fait entendre. Le métal en fusion est projeté dans les airs.

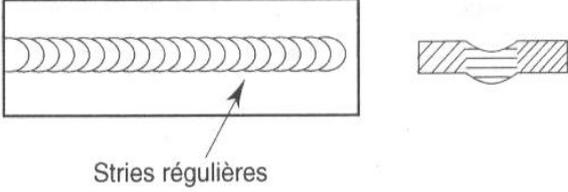
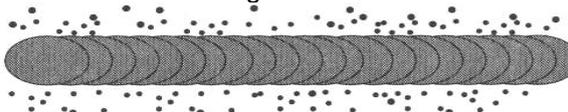
Un retour de flamme se produit quand la flamme pénètre dans le mélangeur ou l'injecteur. On entend alors un sifflement caractéristique. Dans ce cas il faut fermer rapidement les robinets du chalumeau afin d'arrêter le retour de flamme.

Si le chalumeau est trop chaud, on doit le refroidir en ouvrant légèrement le robinet d'oxygène et en le plongeant dans un seau d'eau propre quelques minutes.

Voici les principales causes du claquage et du retour de flamme.

- La buse touche la surface de travail.
- L'orifice de la buse est sale ou partiellement obstrué.
- La buse est desserrée.
- Mauvais réglage des pressions aux manodétendeurs.
- La flamme est trop faible pour la grosseur de la buse.

Caractéristiques

<p>Ligne de fusion bien exécutée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - largeur uniforme (trois fois l'épaisseur). - Les stries sont régulières et arrondie. - La profondeur de la ligne de fusion est uniforme. - la pénétration est complète. 	<p>Figure 2.9</p>  <p>Stries régulières</p>
<p>A éviter :</p> <ul style="list-style-type: none"> - stries pointues, qui sont causées par une avance rapide. 	<p>Figure 2.10</p> 
<p>A éviter :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les perforations, qui sont causée par un avancement trop lent ou par un mauvais réglage du chalumeau. 	<p>Figure 2.11</p> 
<p>A éviter :</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'oxydation, causée par une flamme oxydante. Le bain de fusion à tendance à bouillir, et à mousser. - La carburation, causée par une flamme carburante. Le cordon est faible. 	<p>Figure 2.12</p> 

Exercice 2. 2

1. Nommez les cinq types de joints de soudure.

.....

2. En fonction de quoi doit on choisir la buse ?

.....

3. En fonction de quoi choisit-on- le diamètre de la baguette à souder ?

.....

4. À quel endroit se situe le point le plus chaud de la flamme ?

.....

5. Que devez- vous faire si vous entendez un sifflement et que le chalumeau devient rapidement très chaud ?

.....

6. Citez les causes principales du claquage et de retour de flamme ?

.....

7. Nommez quatre qualités que doit avoir une ligne de fusion.

.....

8. A quoi sont du les perforations sur une ligne de fusion sans métal d'apport ?

.....

.....

TRAVAUX PRATIQUE 2.1

LIGNES DE FUSION SANS METAL D'APPORT

I.1. Objectif :

- Apprendre à effectuer correctement une ligne de fusion à plat et sans métal d'apport

I.2. Durée: 4 heures

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

a) Equipement :

- Poste de soudage oxyacétylénique
- Buse appropriée
- Outillages de traçage
- Marteau à garnir et pointeau
- Pince à gaz
- Tas cubique et marbre de planage
- Equipement de protection individuelle

b) Matière d'œuvre :

- Tôles acier doux 200 x 150 x 1mm par stagiaire

I.4. Description du TP :

Au cours de ce TP vous allez choisir l'outillage nécessaire de traçage, régler le poste et le chalumeau, exécuter les lignes de fusion sans métal d'apport, dresser la pièce et contrôler l'aspect des lignes de fusions

I.5. Déroulement du TP

1. Faites d'abord la lecture complète des diverses étapes de ce TP.
2. Débiter la tôle d'acier de façon à obtenir une pièce de 200x150x1mm pour chaque stagiaire .
3. Nettoyer la pièce au décapant ou papier abrasif N° 80.
4. Tracer la pièce et faire des repères en **V** tous les 15mm (Figure 2.13).

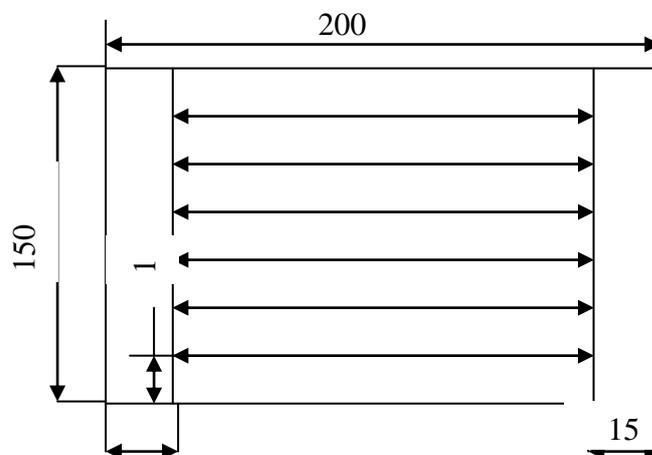


Figure 2.13

5. Pointer les lignes et les numéroter suivant l'ordre ci-dessus.
6. Allumage du chalumeau.

Vérifier le desserrage des vis de pression des manodétendeurs.
Vérifier la fermeture des robinets du chalumeau.
Régler la pression d'oxygène à 1,5 bar et d'acétylène à 0,5 bar.
Ouvrir légèrement le robinet d'oxygène, ensuite le robinet d'acétylène.
Allumer et régler la flamme.

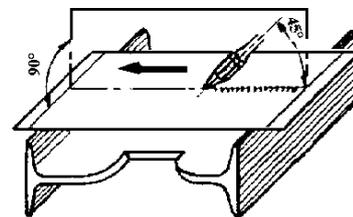
Figure 2.14



7. Réalisation des lignes de fusion :

Reposer la pièce sur un support.
Présenter le chalumeau à 45°.
Exécuter des lignes de fusion suivant l'ordre.
Dresser après chaque ligne de fusion.

Figure 2.15



8. Arrêt du poste OA :

Fermer la bouteille d'acétylène ensuite celle d'oxygène.
Evacuer le gaz en ouvrant les robinets du chalumeau.
Desserrer les vis de pression des manodétendeurs.
Fermer les robinets du chalumeau.

Figure 2.16



2.2 Cordons de soudure autogène

Caractéristiques

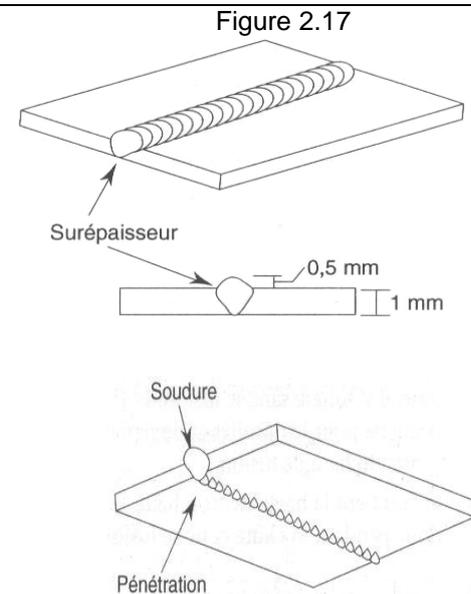
Un cordon de soudure est une surépaisseur formée par le métal d'apport et fusionnée au métal de base (Figure 2.17).

Il faut surveiller constamment le bain de fusion pour les raisons suivantes :

- s'il progresse trop vite, il se solidifie, créant ainsi un manque de fusion.
- s'il progresse trop lentement, il s'élargit et s'enfonce dans le métal de base.

Caractéristiques d'un cordon bien fait :

- Largeur du cordon est uniforme (3 x l'épaisseur).
- La surépaisseur est légère 0,5mm pour une tôle de 1mm d'épaisseur.
- Les stries sont régulières.
- Fusion homogène.
- Pénétration est complète.
- Le cordon est en ligne droite et régulière.



Principaux problèmes rencontrés

- Le dard ne doit pas toucher le bain de fusion ou le métal d'apport. Cela obstrue l'extrémité de la buse et peut provoquer un retour de flamme.
- Une buse sale ou partiellement obstruée produit un dérèglement de la flamme et occasionne des soudures imparfaites. Il faut donc nettoyer l'extrémité de la buse.
- La baguette colle sur le métal de base, mouvements mal coordonnés. Il suffit de chauffer son bout pour la décoller et reprendre le mouvement en la plongeant dans le centre du bain de fusion.
- Si l'on tient la baguette trop haute, le métal d'apport dégorge au lieu de couler.

Technique d'exécution à plat

Pour exécuter un cordon de soudure, on doit d'abord chauffer le métal de base avec une flamme neutre afin de former un bain de fusion.

On place ensuite l'extrémité de la baguette dans le bain de fusion. C'est alors qu'une goutte se fusionne et vient s'ajouter au métal de base déjà en fusion pour former un mélange homogène.

Manipulation de la baguette

- Baguette tenue à 45° par rapport au métal de base, devant la buse et dans l'axe du cordon de soudure (Figure 2.18).
- soit maintenue dans le bain lors du soudage.
- Plonger dans le bain et ressortir dans un mouvement de va-et-vient.

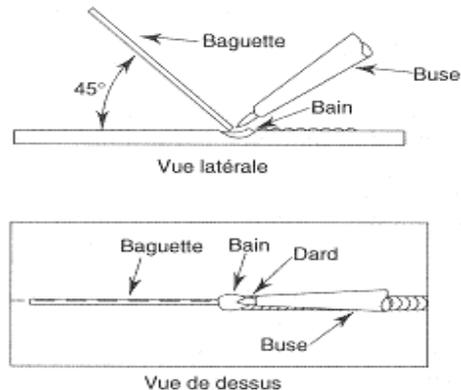


Figure 2.18

Manipulation du chalumeau

- Tenir le chalumeau à un angle de 45° par rapport au métal de base.
- Avancer de droite à gauche.
- pointe du dard à 2mm du bain de fusion
- donner un mouvement semi-circulaire si nécessaire pour bien unir le métal de chaque coté du cordon de soudure.

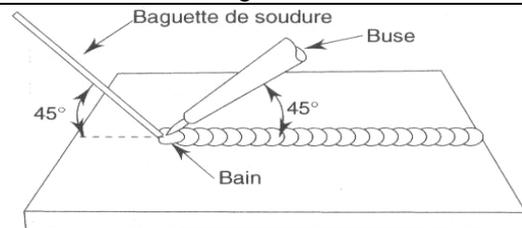


Figure 2.19

Technique d'exécution horizontale

Le métal liquide à tendance à couler vers le bas, par gravité (Figure 2. 20). Pointer la buse vers le haut dans un angle de 10° à 15° et la baguette au dessus du bain de fusion

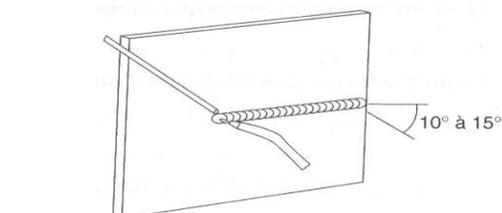


Figure 2. 20

Technique d'exécution verticale

Peut être exécuté de deux façons : Du haut vers le bas ou du bas vers le haut. Pour avoir une bonne pénétration, redresser le chalumeau à 60° et la baguette à 45° (Figure 2.21).

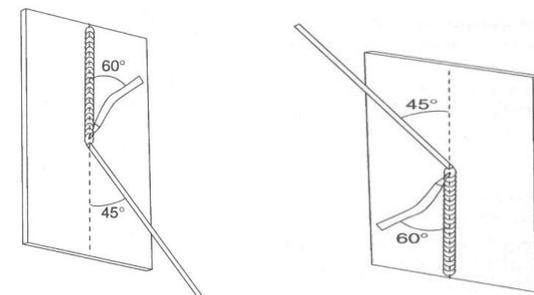


Figure 2.21

Exercice 2.3

1. Quel angle doit-on donner à la baguette de métal d'apport lors de l'exécution d'un cordon de soudure à plat ?
.....
2. Quel angle doit-on donner au chalumeau lors de l'exécution d'un cordon de soudure à plat ?
.....
3. Enumérez les six caractéristiques d'un cordon de soudure bien fait.
.....
.....
.....
4. Que peut occasionner une buse sale ou obstruée ?
.....
.....
5. Lors de l'exécution d'un cordon horizontal, pourquoi doit-on pointer la buse de 10 à 15° vers le haut ?
.....
6. Lors de l'exécution d'un cordon de soudure vertical du bas vers le haut :
 - a) à quel angle doit-on tenir la baguette ?.....
 - b) quel angle doit avoir la buse par rapport au métal de base ?.....
7. Qu'arrive-t-il si l'avance du chalumeau est trop rapide ?
.....
8. Qu'arrive-t-il si l'avance du chalumeau est trop lente ?
.....

Résumé

- Le soudage autogène consiste à unir les pièces de métal de même nature en les fondant entre elles avec ou sans métal.
- Le principale avantage du soudage autogène réside dans le fait que la soudure est aussi forte que les pièces elles même.
- Théoriquement, tout métal chauffé se dilate pour ensuite se contracter lors du refroidissement et reprend ses dimension initiales.
- Les types de joints les plus courants lors du soudage sont :
 - le joint bord à bord, à recouvrement, à angle extérieur, à angle intérieur et sur tranche.
- La buse et le métal d'apport sont choisis en fonction de l'épaisseur du métal à souder.
- Le point le plus chaud de la flamme se situe juste au bout du dard. Il faut le tenir à 1,5mm de la surface de la tôle pour obtenir le bain de fusion.
- Afin d'éviter le retour de flamme dans les tuyaux ou les manodétendeurs, le chalumeau doit être muni de valves de retenue pare flamme.
- La ligne de fusion bien exécutée doit être uniforme. Les stries doivent être régulière et arrondies.

TRAVAUX PRATIQUE 2.2

LIGNES DE FUSION AVEC METAL D'APPORT

I.1. Objectif :

Apprendre à effectuer correctement des cordons de soudure à plat, horizontaux et verticaux.

I.2. Durée: 4 heures

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Équipement :

- Poste de soudage oxyacétylénique avec buse appropriée
- Outillages de traçage
- Marteau à garnir et pointeau
- Métal d'apport de diamètre 1,6mm
- Tas cubique et marbre de planage
- Équipement de protection individuelle

Matière d'œuvre :

- Tôles acier doux 100 x 50 x 1mm par stagiaire

I.4. Description du TP :

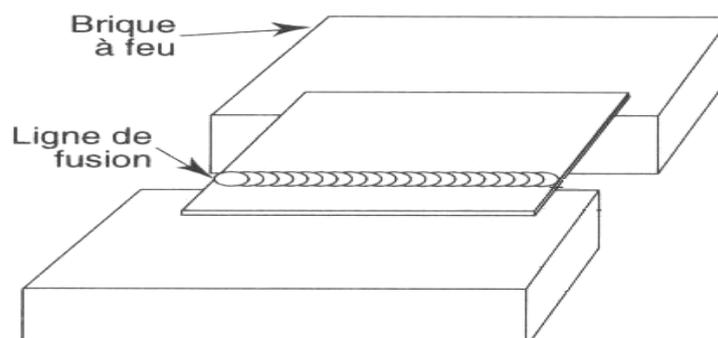
Au cours de cet exercice vous allez choisir l'outillage nécessaire de traçage, régler le poste et le chalumeau, exécuter des cordons de soudures à plat, horizontaux et verticaux, dresser les pièces et contrôler l'aspect des cordons de soudures.

I.5. Déroulement du TP

Partie 1 : Exécution d'un cordon de soudure à plat

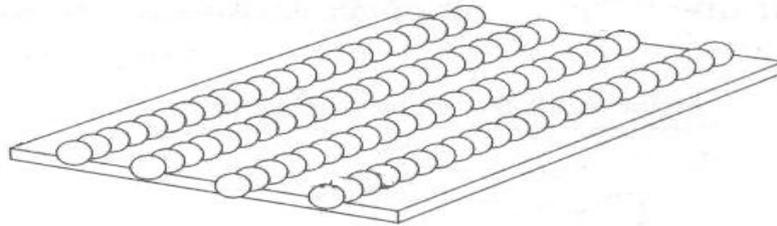
1. Faites d'abord la lecture complète des diverses étapes de ce TP.
2. Débiter la tôle d'acier à 100x50x1mm par stagiaire.
3. Nettoyer les pièces au décapant ou papier abrasif N° 80
4. Tracer les pièces et faire des repères en V tous les 10mm
5. Pointer les lignes pour rester toujours rectiligne lors du soudage.
6. Allumage du chalumeau et réglage de la flamme.
7. Réalisation du cordon de soudure à 10mm du bord sur toute la longueur.

Figure 2.22



8. Dressage après chaque cordon de soudure
9. Exécuter les trois autres lignes sur la tôle, comme le montre la figure ci-dessous

Figure 2.23

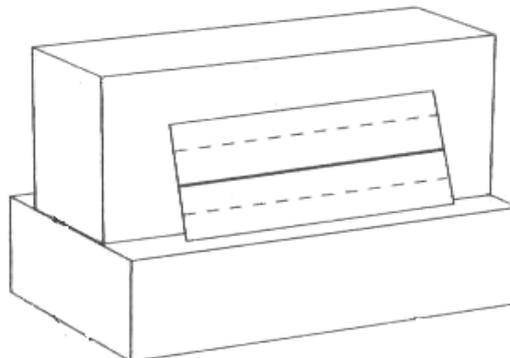


10. Arrêt du poste oxyacétylénique.

Partie 2 : Exécution d'un cordon de soudure horizontal

11. Placer une tôle sur une brique et appuyer-la sur une deuxième, comme le montre la figure ci-dessous.

Figure 2.24

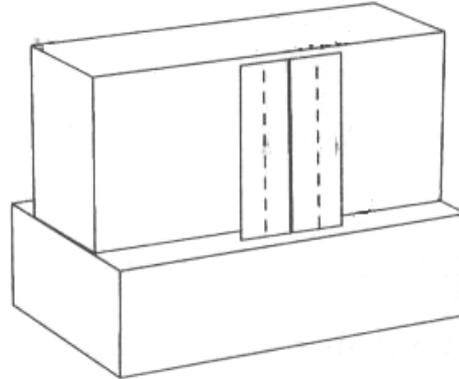


12. Exécuter un cordon au centre de la tôle à l'aide d'une baguette de 1,6 mm de diamètre.
13. Dresser sur un tas après chaque passe de soudures.

Partie 3 : Exécution de cordon de soudure vertical

14. placer une tôle debout sur une brique et appuyez-la sur une deuxième, comme le montre la figure ci-dessous.

Figure 2.25



15. Exécuter un cordon de soudure au centre de la tôle en partant du bas vers le haut.
16. Exécutez les autres cordons de soudure et dresser après chaque passe de soudage.

2.3 SOUDAGE DE DEUX TOLES

Soudage à plat d'un joint bord à bord avec métal d'apport

Ce type de soudure consiste à fondre les deux tôles ensemble en utilisant le métal d'apport. Mais il faut d'abord effectuer le pointage des deux tôles avant le soudage.

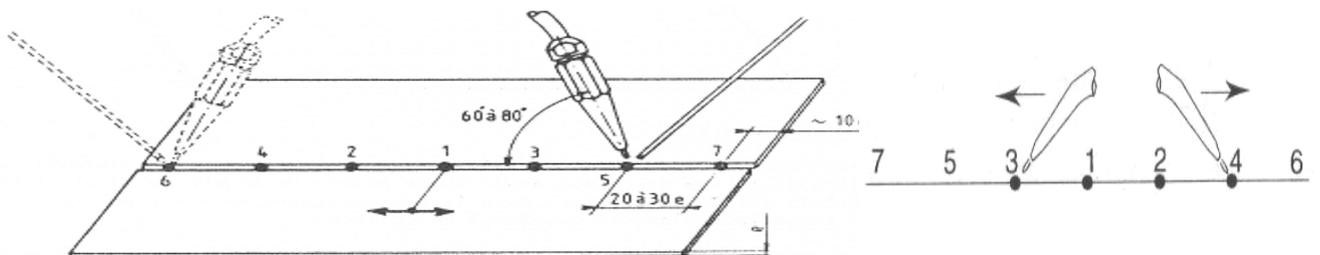
Pointage

On doit laisser un écartement entre les deux tôles qui est de $\frac{1}{2}$ l'épaisseur. Cet espace permet la dilatation du métal lors du soudage. Exécuter le premier point au milieu de la longueur du joint puis (figure 2.26), pour les suivants, procéder alternativement de part et d'autre pour compenser les effets du retrait.

La flamme sera dirigée, de préférence, vers l'extrémité du joint. Les points sont espacés d'environ 20 à 30 x l'épaisseur de la tôle à souder (figure 2.27).

Figure 2.26

Figure 2.27

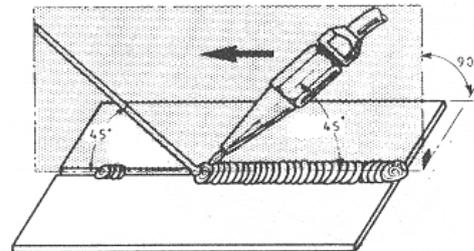


Lors du pointage, s'il se produit une dénivellation des bords ou si ces derniers cherchent à se chevaucher, il faut les marteler sur une enclume avant de continuer. Il soit préférable de tenir le chalumeau plus perpendiculaire aux bords à chauffer (chauffe plus rapide et plus localisée). Le métal d'apport ne sera déposé qu'en très petite quantité.

Technique d'exécution de soudage

La baguette est fondue à l'avant et dans le bain de fusion. Elle est animée d'un léger mouvement saccadé, son extrémité ne doit jamais sortir de la zone réductrice.

Figure 2.28



Le soudage s'effectue en deux temps :

1. Exécution du talon de quelques centimètres pour éviter la fissuration du cordon.
2. Finition de la soudure en reprenant le talon sur 1cm (liaison parfaite du cordon)

Figure 2.28

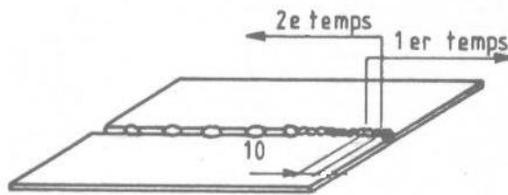
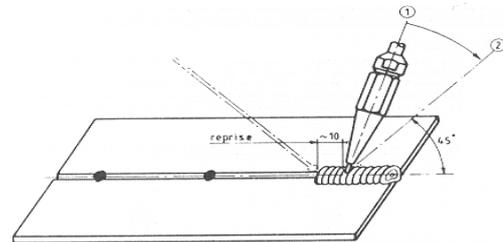
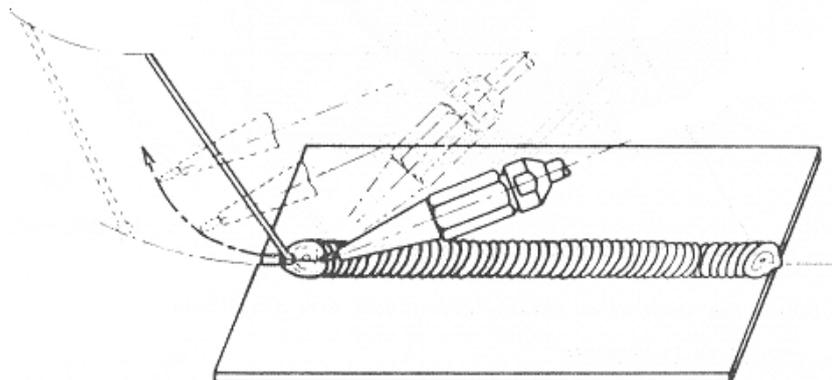


Figure 2.29



La buse doit avancer de façon rectiligne. Lorsqu'on arrive à la fin de la soudure, on diminue l'angle de la buse à environ 15° pour éviter l'effondrement de cordon. Dégager progressivement le dard dans un mouvement de remontée (Figure 2.30) pour ne pas avoir un cratère à la fin du cordon.

Figure 2. 30



Caractéristiques d'une bonne soudure

Le cordon doit avoir une légère surépaisseur, des stries régulières sans cratère terminal, une fusion total avec liaison parfaite des bords, l'envers doit présenter une bonne pénétration (Figure 2.28).



Figure 2.28

Formes particulières des défauts

Mauvaise préparation	Causes
<p>Figure 2.29</p>	- Non prévision du retrait du cordon au pointage.
<p>Figure 2.30</p>	- Ecartement trop faible, impossibilité à pénétrer.
<p>Figure 2.31</p>	- Ecartement exagéré, risque de perforation.
<p>Figure 2.32</p>	- Dénivellation, l'effet esthétique est médiocre
<p>Figure 2.33</p>	- Ø du métal d'apport trop faible
<p>Figure 2.34</p>	- Régulation du métal d'apport
<p>Figure 2.35</p>	- Choix de la buse trop faible ou trop forte - Vitesse d'avance trop rapide ou trop lente - Angle d'avance trop couché ou trop relevé - Ecartement entre les bords serré ou écarté
	- Angle du plan de soudage non vertical - Dard dévié.

Paramètres de soudage bord à bord à plat

Le débit de la buse	100 litre/ heure par mm d'épaisseur
Diamètre du métal d'apport	$\frac{1}{2} e + 1\text{mm}$
Ecartement des pièces	$\frac{1}{2} e$
Pointage	20 à 30 x e
Largeur du cordon	3 x e

* e = épaisseur

TRAVAUX PRATIQUE 2.3

SOUDAGE DE JOINTS BORD A BORD A PLAT

I.1. Objectif :

- Apprendre à effectuer la technique de soudage d'un joint bord à bord à plat.

I.2. Durée: 4 heures

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Equipement :

- Poste de soudage oxyacétylénique avec buse appropriée.
- Outillages de traçage.
- Marteau à garnir, tas cubique et marbre de planage.
- Métal d'apport de diamètre 1,6mm.
- Equipement de protection individuelle.

Matière d'œuvre :

- Tôles acier doux 200 x 80 x 1mm par stagiaire.

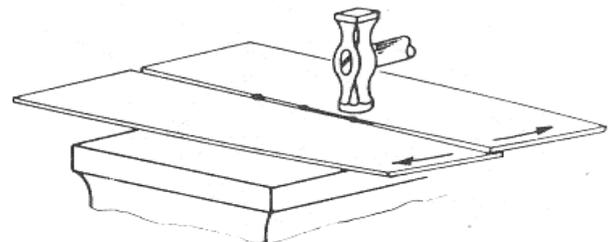
I.4. Description du TP :

Au cours de cet exercice vous allez exécuter des joints de soudure bord à bord à plat avec métal d'apport.

I.5. Déroulement du TP

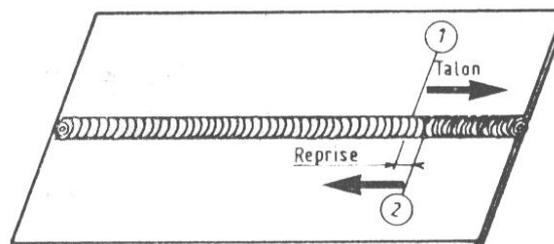
1. Faites d'abord la lecture complète des diverses étapes de ce TP.
2. Débiter la tôle d'acier de façon à obtenir deux pièces de 200x 40x1mm pour chaque stagiaire.
3. Placer les deux pièces en porte-à-faux sur deux briques, puis les écartés
4. Fixer la buse de 100l /h/ épaisseur.
5. Ouvrir et régler le poste à souder.
6. Effectuer le pointage des deux tôles.
7. Dressage des deux tôles après pointage (Figure 2.36).

Figure 2.36



8. Exécution du talon de l'intérieur vers l'extérieur de 20 à 30 mm.
9. Retourner et souder en reprise sur le talon en se dirigeant vers l'autre extrémité (Figure 2.37).

Figure 2.37



10. Dresser la pièce pour avoir une bonne planéité.

Exercice 2.4

1. Pourquoi, lors de l'exécution d'un cordon de soudure vertical, redresse-t-on la buse de façon qu'elle forme un angle de 60° par rapport au métal de base ?

.....

2. Pourquoi est-il nécessaire de faire le pointage avant d'effectuer le soudage des deux tôles ?

.....

3. Dans quel ordre exécute-t-on le pointage de deux tôles bord à bord ?

.....

4. S'il y a dénivellation des bords lors du pointage, que faut-il faire ?

.....

5. Pourquoi doit-on diminuer l'angle de la buse lorsqu'on arrive à la fin de la soudure ?

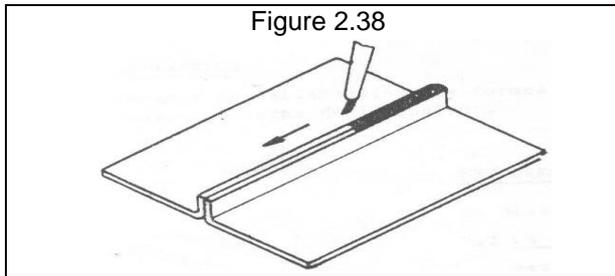
.....

6. Nommez les caractéristiques d'une bonne soudure bout à bout à plat bien exécutée.

.....

.....

Soudure sur tranches ou bords relevés



Type de soudure réalisée sur tôle mince (souvent ≤ 1) dont les bords relevés :
 - Contribue au raidissage.
 - Diminue les déformations dues aux effets thermiques (Figure 2.38).

Avantages

- Grande vitesse d'exécution ;
- Pas de métal d'apport ;
- Pointage facile ;
- Raidissage des pièces ;
- Limitation des déformations du soudage.

Inconvénients

- Réalisation des plis ;
- Esthétique des bords ;
- Création des nids à corrosion.

Figure 2.39



Préparation des bords

Il existe deux types de préparation des bords (Figure 2.39) :

- bords subsistant dont $H = e \times 6$
- bords fondus dont $H = e \times 2$

Pointage

Points espacés tous les 50mm environ.

Soudage

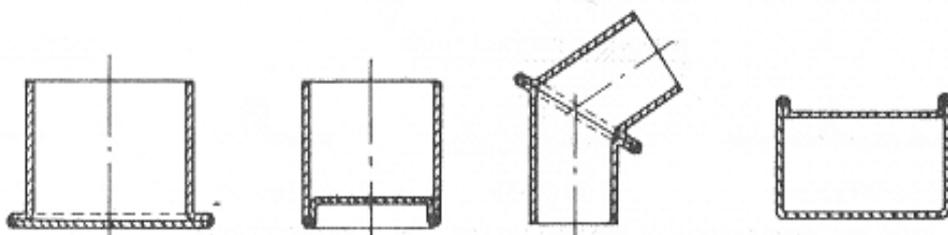
- Débit de la buse 100L / h par dixième de millimètre d'épaisseur ;
- On fond les bords en déplaçant le chalumeau vers l'avant. Il faut assurer une fusion parfaite et régulière.

Défauts de soudures

Mauvaise préparation			Excès de fusion
Figure 2.40	dénivellation	Figure 2.42	Figure 2.43
Bord non équerré	Figure 2.41	bords écartés	

Exemple d'ouvrage

Figure 2.44



TRAVAUX PRATIQUE 2.4

SOUDAGE DE JOINTS SUR TRANCHE

I.1. Objectif :

- Apprendre à effectuer correctement la technique de soudage d'un joint sur tranche.

I.2. Durée: 6 heures

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Équipement :

- Poste de soudage oxyacétylénique avec buse appropriée.
- Outillages de traçage.
- Marteau à garnir, tas cubique et marbre de planage.
- Maillet à tonneau.
- Équipement de protection individuelle.

Matière d'œuvre :

- Tôles acier doux 200 x 50 x 0,8mm par stagiaire.
- Tôles acier doux 200 x 50 x 1mm par stagiaire.

I.4. Description du TP :

Au cours de cet exercice vous allez exécuter des joints de soudure à bords relevés sans métal d'apport.

I.5. Déroulement du TP

1. Faites d'abord la lecture complète des diverses étapes de ce TP.
2. Débiter la tôle d'acier de façon à obtenir deux pièces de 200x 25x1mm. et deux pièces de 200x 25x0,8mm pour chaque stagiaire.
3. Tracer les quatre pièces selon les formules (bords subsistant et fondus).
4. Plier à 90° les bords entre deux cornières.
5. Fixer la buse appropriée, ouvrir et régler le poste à souder.
6. Effectuer le pointage des deux tôles et un petit talon (Figure 2.45).

✦ Tôle épaisse pour réduire les effets de déformation

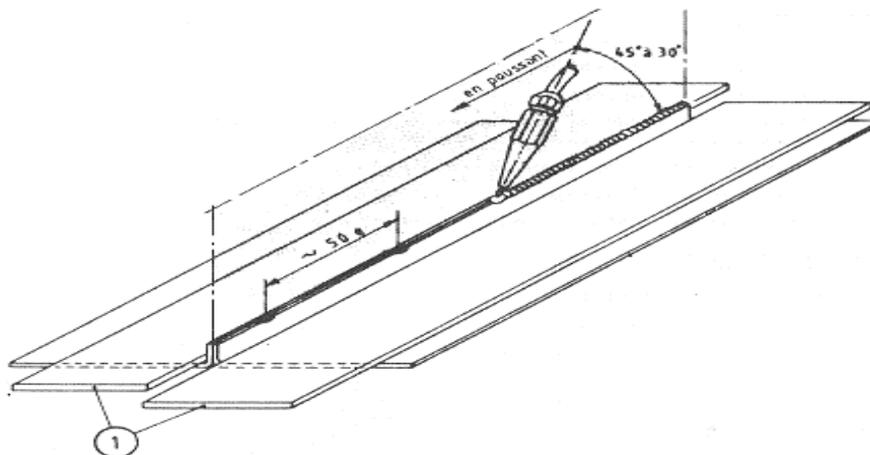
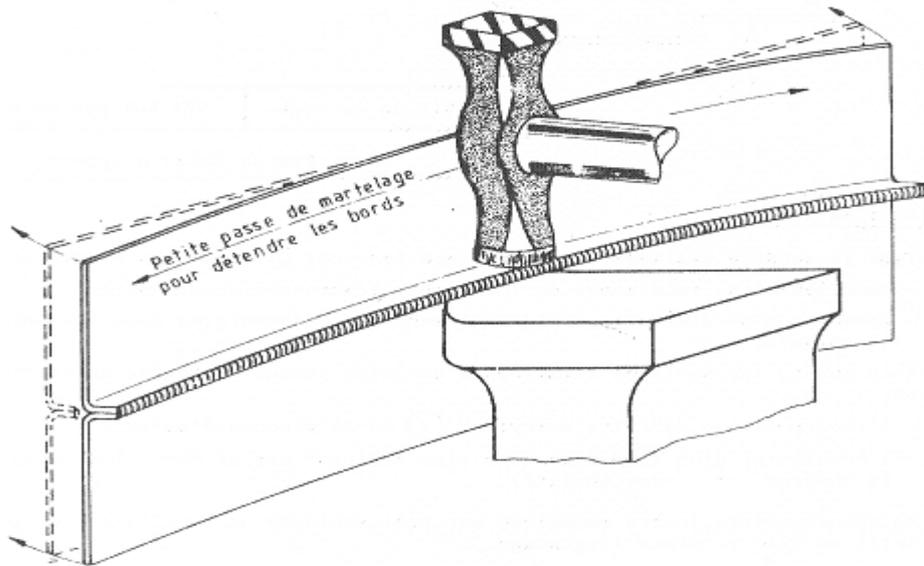


Figure 2.45

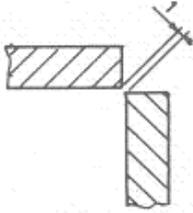
7. dressage des deux tôles après pointage.
8. Exécution des cordons de soudure sans métal d'apport.
9. Dresser la pièce pour avoir une bonne planéité (Figure 2.46).

Figure 2.46



Soudure à plat sur angle extérieur

Figure 2.47

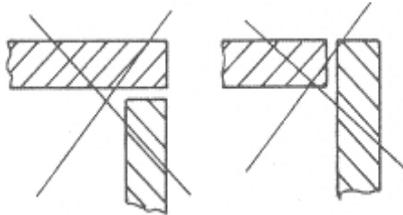


S'exécute sur tôles de 1 à 3mm

Préparation

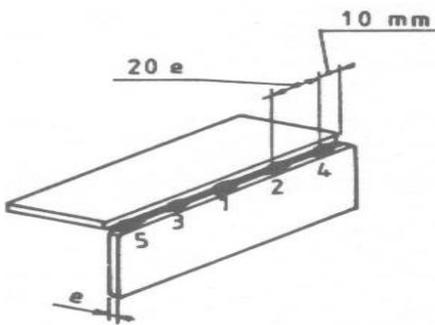
Disposition en chanfrein naturel, avec écartement de 1mm entre les angles de chants (Figure. 2.47).

Fig.2. 48



Défaut de préparation

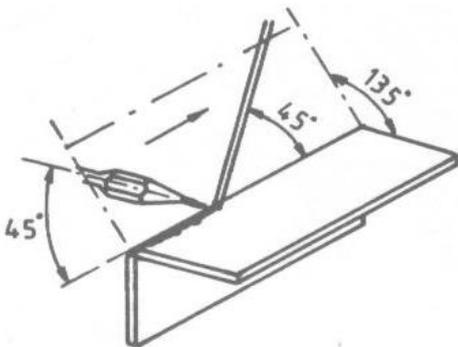
Mauvaise disposition des bords qui s'opposent à une bonne pénétration du soudage (Figure. 2.48).



Pointage

Pointage alterné avec espacement des points égal à $20 e$, sur bords formant chanfrein naturel (Figure. 2.49).

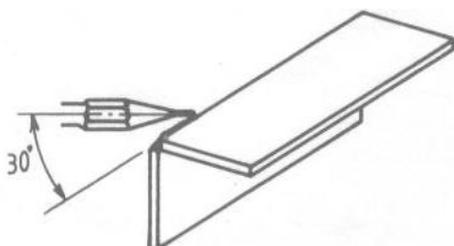
Figure. 2.49



Soudage avec métal d'apport

Débit de la buse 75 L /h par mm d'épaisseur à souder.
Diamètre du métal d'apport $\frac{1}{2} e + 1\text{mm}$
Légers mouvements transversaux du métal d'apport pour unir les bords (Figure. 2.50).

Figure. 2.50



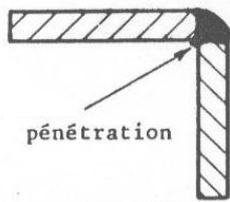
Soudage sans métal d'apport

Lorsque la soudure est effectuée sans métal d'apport, l'inclinaison du chalumeau est de 30° (Figure. 2.51).

Figure. 2.51

Caractéristique d'une bonne soudure

Figure. 2.52



Aspect arrondi du cordon avec une pénétration continue (Figure. 2.52).

Défauts de soudage	Causes possibles
<p><u>Mauvaise préparation</u> Figure. 2.53</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Chevauchement avant pointage - Mauvais pointage - Angle non rectifié après pointage - Non prévision du retrait de cordon.
<p><u>Cordon affaissé ou déporté</u> Figure. 2.54</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Inclinaison du chalumeau incorrecte - Buse trop puissante - Avance trop lente.
<p><u>Manque ou excès de métal d'apport</u></p> <p style="text-align: center;">Figure. 2.55</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ø du métal d'apport trop faible - Dépôt de métal d'apport trop exagéré.
<p><u>Absence ou excès de pénétration</u> Fig. 2.56</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Buse trop faible ou trop forte - Vitesse d'avance trop rapide ou trop lente - angle d'avance trop couché ou trop relevé.

TRAVAUX PRATIQUE 2.5

SOUDAGE À PLAT EN ANGLE EXTERIEUR

I.1. Objectif :

- Apprendre à exécuter correctement la technique de soudage, à plat sur angle extérieur.

I.2. Durée: 4 heures

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Equipement :

- Poste de soudage oxyacétylénique avec buse appropriée.
- Outillages de traçage.
- Marteau à garnir, tas cubique et marbre de planage.
- Equerre simple.
- Equipement de protection individuelle.

Matière d'œuvre :

- Tôles acier doux 200 x 50 x 1mm par stagiaire.
- Cornière de 25 x 25 x 1mm longueur 600mm à découper en trois pièces.

I.4. Description du TP :

Au cours de cet exercice vous allez exécuter des joints de soudure, à plat sur angle extérieur.

I.5. Déroulement du TP

1. Faites d'abord la lecture complète des diverses étapes de ce TP.
2. Débiter la tôle d'acier de façon à obtenir deux pièces de 200x 25x1mm
3. Monter les pièces sur cornière et les fixées avec des pinces de soudage
4. Fixer la buse 70L /h par mm d'épaisseur, ouvrir et régler le poste à souder
5. Effectuer le pointage des deux tôles (Figure. 2.57) et retirer la cornière
6. Rectifier l'équerrage

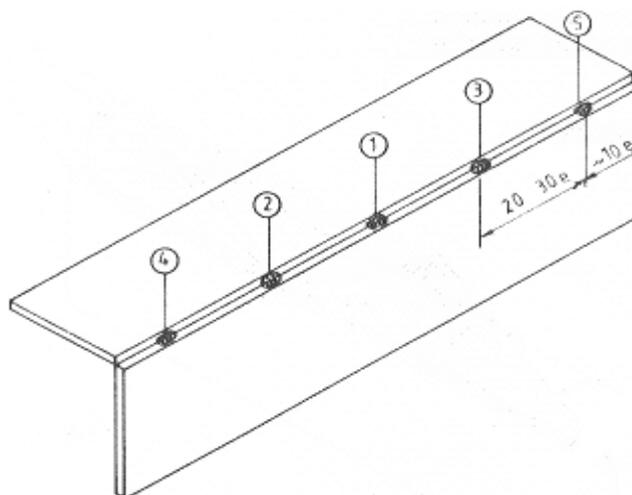


Figure. 2.57

7. Placer la pièce en position gouttière et réaliser le soudage avec métal d'apport. (Figure. 2.58)

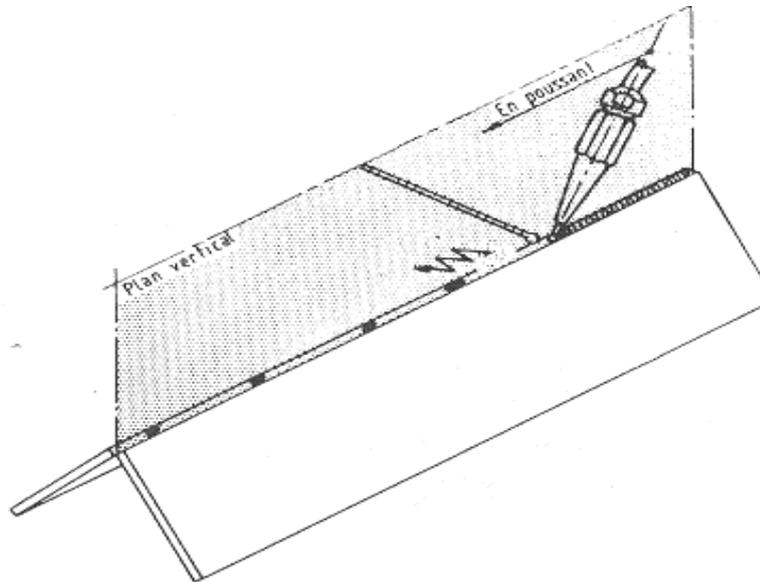


Figure. 2.58

8. Souder en évitant toute déformation produite au retrait.
9. Contrôler l'angle à l'aide d'une équerre.

Exercice 2.5

1. Quels sont les avantages du soudage sur bords relevés ?

.....
.....

2. Quels sont les inconvénient du soudage sur bords relevés ?

.....
.....

3. Calculer la hauteur d'un bord subsistant pour une tôle d'épaisseur 1,2mm ?

.....
.....

4. Calculer la hauteur d'un bord fondu pour une tôle d'épaisseur 0,5mm ?

.....
.....

5. Chercher le débit de la buse et le diamètre du métal d'apport pour assembler deux pièces en angle extérieur.

.....
.....

6. Quelles sont les causes d'un cordon déporté pour le soudage en angle extérieur ?

.....
.....

Résumé

- Pour surmonter le problème de la dilatation, on doit exécuter le pointage des tôles avant de souder deux tôles bord à bord. Le pointage consiste à exécuter des petit points de soudures courtes pour maintenir les tôles ensemble et les empêcher ainsi de s'écarter ou de se chevaucher lors du soudage.
- Lors du pointage bout à bout sans métal d'apport, on ne doit pas souder les tôles en allant d'une extrémité à l'autre. La soudure se fissurerait à cause des forces de dilatation et de contraction. On doit commencer de l'intérieur vers l'extérieur des deux bords.
- Lors du pointage de deux tôles avec métal d'apport, on doit laisser un espace entre les deux tôles afin de permettre la dilatation du métal de base.
- Si l'on ajoute trop de métal d'apport, le cordon de soudure est trop haut et la pénétration n'est pas complète.
- Si l'on n'ajoute pas assez de métal d'apport, la soudure manque de métal et les rebords des deux tôles ne sont pas bien couverts.
- Lors du soudage d'un joint sur tranche il y a deux possibilités de préparation soit avec bord subsistant, soit avec bord fondu.
- Inconvénient de ce procédé de soudage c'est la corrosion.
- lors du soudage en angle extérieur, on peut soit souder avec ou sans métal d'apport.
- Lors du soudage en angle extérieur le chalumeau doit être dirigé vers les deux tôles pour les chauffer simultanément.

Chapitre 3 SOUDAGE OXYACETYLENIQUE HETEROGENE

3. 1 Principe du soudage hétérogène

Le soudage hétérogène permettant d'assurer la liaison entre deux métaux de même nature ou de nature différente à l'aide d'un métal d'apport ayant une température de fusion inférieure à celle des pièces à assembler (Figure. 3 .1) .

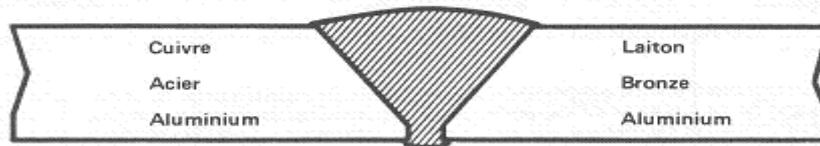


Figure. 3 .1

Brasage

On utilise un métal d'apport non ferreux dont le point de fusion est inférieur au métal de base, et qui s'étale et s'accroche par **capillarité** (Figure. 3 .2).



Figure. 3 .2

Brasage tendre :

Brasage dans le quel la température de fusion du métal d'apport est inférieur à 450°C

Brasage fort :

Brasage dans le quel la température de fusion du métal d'apport est supérieur à 450°C

Le soudobrasage

Procédé utilisant des méthodes opératoires identiques au soudage oxyacétylénique avec un métal d'apport fondant à une température supérieur à 450°C et inférieur à celui du métal de base. Les pièces à assembler ne participe pas, par fusion, à la construction du joint. La liaison ne peut avoir lieu que par diffusion du métal d'apport liquide. Dans la pratique ce phénomène s'appelle **accrochage ou mouillage** (Figure. 3 .3).

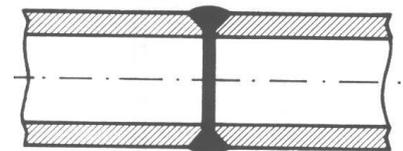


Figure. 3 .3

Avantages du soudobrasage

- Le soudobrasage est utile pour souder des éléments qui ne doivent pas être chauffés jusqu'au point de fusion.
- Ce procédé permet l'assemblage de pièces de métal de même nature ou de nature différente.
- Il permet de souder des métaux très minces ou relativement épais.
- Etant donné que l'on chauffe moins, les effets de la dilatation et de la contraction sont moins importants.
- Le soudage s'effectue rapidement et facile à maîtriser.

Inconvénients du soudobrasage

- Le métal d'apport et le métal de base étant de couleur différente, les soudures sont apparentes donc moins esthétique.
- La résistance de la soudure est moins grande que dans le cas du soudage autogène

Métal d'apport

Les baguettes utilisées pour le soudobrasage sont généralement composées d'environ 60% de cuivre et 40% de zinc : on les appelle baguettes de **laiton**. Un décapant recouvre la baguette, mais elle peut être nue, dans ce cas il faut la tremper dans une poudre appelée **fondant (flux)**.

Rôle du fondant

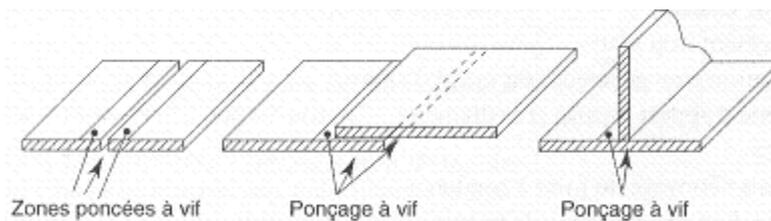
- Lors du chauffage empêche la formation d'oxydes.
 - Protège le métal de base et le métal d'apport contre l'oxydation par l'air pendant le soudage.
 - favorise le **mouillage** sur le métal de base.
- Il y a deux façons d'appliquer le fondant au joint de soudure :
- Si l'on utilise une baguette nue, on chauffe l'extrémité de la baguette et on la plonge dans le récipient de fondant pour que celui-ci y adhère. Il faut tremper la baguette à chaque fois que le fondant n'y ait plus pour continuer le soudobrasage.
 - utiliser les baguettes enrobées de fondant. Lorsqu'on chauffe la baguette, le fondant coule sur les surfaces à unir. Cette méthode est plus pratique et fournit une application plus uniforme.

Pratique du soudobrasage

Nettoyage des tôles

Le succès d'un soudobrasage dépend en grande partie de la préparation des pièces à souder. Il faut donc nettoyer manuellement ou mécaniquement les pièces de tous corps étrangers (huile, rouille, peinture ...) (Figure. 3 .4).

Figure. 3 .4



Choix de la buse

La buse de soudage est choisie en fonction de l'épaisseur du métal à souder. Le débit est de 60L /h par mm d'épaisseur pour les aciers doux et de 25 à 50L /h par mm d'épaisseur pour les fontes.

Choix de la flamme

On emploie une flamme neutre ou parfois légèrement oxydante.

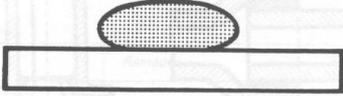
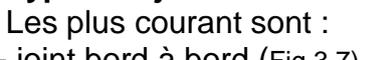
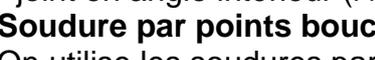
Cordon de soudage hétérogène (soudobrasage)

Pour exécuter un soudobrasage, il faut chauffer le métal de base jusqu'au rouge cerise (700 à 900°C). A ce moment, on peut présenter le bout de la baguette près du dard (1,5 à 2mm), une goutte de métal d'apport fond et vient s'étendre sur la pièce à souder par le principe de **mouillage**. Ce sont les mêmes techniques de maniement du chalumeau et baguette que celles utilisées pour le soudage autogène inclinaison de 45° et pointage alterné. La vitesse de soudage joue un rôle très important dans la réussite du joint de soudure.

Qualités

- largeur uniforme
- stries régulières et arrondies
- métal d'apport bien étendu sur le métal de base
- absence de porosité
- joint bien couvert par le métal d'apport

Défauts

Défauts	Causes
Mauvais mouillage  Figure. 3 .5	<ul style="list-style-type: none"> - Surface mal nettoyée - Métal de base surchauffé ou pas assez chauffé - manque de fondant (flux)
Cordons trop larges  Figure. 3 .6	<ul style="list-style-type: none"> - Excès de chaleur - Avance trop lent - Baguette d'apport de gros diamètre
Porosités  Figure. 3 .7	<ul style="list-style-type: none"> - mauvais nettoyage du joint - emploi d'un mauvais type de flamme -mauvaise qualité du métal d'apport ou du fondant
Métal d'apport qui roule sur le métal de base  Figure. 3 .8	<ul style="list-style-type: none"> - métal surchauffé -métal oxydé ou mal nettoyé - métal de base insuffisamment chauffé

Types de joints

Les plus courant sont :

- joint bord à bord (Fig.3.7)
- joint à recouvrement (Fig. 3.8)
- joint en angle intérieur (Fig.3.9)

Soudure par points bouchons (Figure. 3 .10)

On utilise les soudures par points bouchons pour remplacer les soudures par points d'origine lors des remplacements de panneaux.

Mode opératoire

1. Percer une série de trous le long du bord de la tôle supérieur avec une poinçonneuse ou perceuse.
2. Assembler les pièces comme pour le joint à recouvrement.
3. Serrer les deux pièces avec une pince étau.
4. Chauffer la tôle inférieur à travers le trou de la tôle supérieur jusqu'au rouge cerise. Puis, le remplir à l'aide du métal d'apport.

Figure. 3 .9

Figure. 3 .8

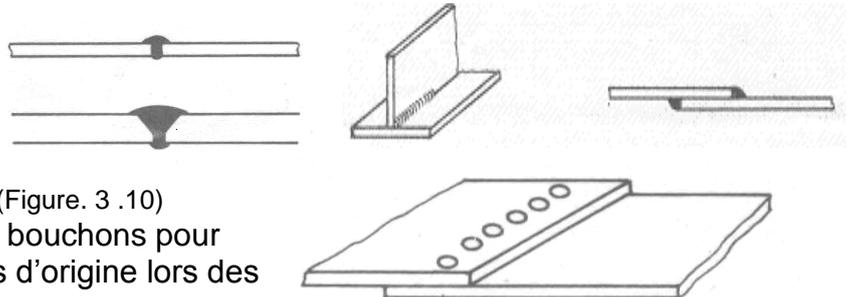


Figure. 3 .10

Soudage de tôles galvanisées

Certaines tôles de carrosserie sont couvertes d'une couche de zinc. Il faut éviter de respirer les fumées qui peuvent causer une intoxication grave. Souder dans des lieux bien aérés ou utiliser un masque respiratoire à cartouche contre les fumées de métal.

Nettoyage de soudures

Après le soudobrasage, le fondant recouvre le cordon de soudure. Il ressemble à des gouttes de verre fondu sur le métal d'apport. Il est très important de nettoyer le cordon avec une brosse d'acier afin d'éliminer toute trace du fondant qui est corrosif.

Exercice 3.1

1. Décrivez le principe du soudage hétérogène

.....
.....

2. Nommez deux inconvénients du soudobrasage.

.....
.....

3. Quel est le rôle du métal d'apport ?

.....
.....

4. Quelle est la composition d'une baguette de laiton ?

.....
.....

5. Quels sont les facteurs qui facilitent le mouillage des pièces à souder ?

.....
.....

6. Quel est le rôle du fondant ?

.....
.....

7. A quoi doit-on le dégagement de la fumée blanche lors du soudage

.....
.....

Résumé

- Pour le soudage hétérogène, le métal d'apport utilisé est de nature différente des pièces à souder.
- Lors du brasage, le métal est distribué par capillarité entre les pièces étroitement ajustées.
- Le soudobrasage est utile pour souder des éléments ne devant pas être chauffés jusqu'à la fusion.
- Le soudobrasage permet d'assembler des pièces de même ou de nature différente.
- Le métal d'apport est composé d'environ 60% de cuivre et de 40% de zinc.
- L'emploi d'un fondant est nécessaire pour protéger le métal de base et le métal d'apport contre l'oxydation pendant le soudage.
- Les soudures par point bouchons sont utilisées pour remplacer les soudures par points d'origine lors des remplacements de panneaux.
- Lors du soudage, on peut contrôler la température du métal en modifiant l'angle de la buse : si l'on diminue l'angle de la buse, on chauffe moins le métal de base.

TRAVAUX PRATIQUE 3. 1

SOUDOBRASAGE DE JOINT BORD A BORD A PLAT

I.1. Objectif :

- Exécuter correctement un joint bord à bord par procédé de soudobrasage.

I.2. Durée: 4 heures

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Équipement :

- Poste de soudage oxyacétylénique avec buse appropriée
- Outillages de traçage
- Marteau à garnir, tas cubique
- Métal d'apport en laiton diamètre 2,5mm
- Brosse métallique
- Equipement de protection individuelle

Matière d'œuvre :

- Tôles acier doux 200 x 80 x 1mm par stagiaire.

I.4. Description du TP :

Au cours de cet exercice vous allez exécuter des joints de soudure bord à bord par procédé de soudobrasage.

I.5. Déroulement du TP

1. Faites d'abord la lecture complète des diverses étapes de ce TP.
2. Débiter la tôle d'acier de façon à obtenir deux pièces de 200x 40x1mm pour chaque stagiaire.
3. Placer les deux pièces en porte-à-faux sur deux briques, puis les écartés
4. Fixer la buse de 60l /h/ par mm d'épaisseur
5. Ouvrir et régler le poste à souder flamme normale
6. Effectuer le pointage des deux tôles
7. Dressage des deux tôles après pointage
(Fig.3 11)
8. Exécuter le cordon de soudage (Figure. 3 .12).
9. Dressage de la pièce.
10. Nettoyage de la pièce.

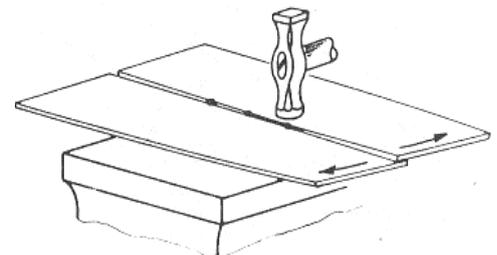


Figure. 3 .11

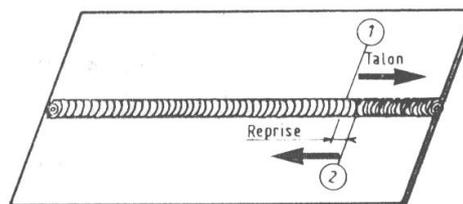


Figure. 3 .12

TRAVAUX PRATIQUE 3. 2

SOUDOBRASAGE D'UN JOINT DE RECOUVREMENT À PLAT

I.1. Objectif :

- Exécuter correctement un joint de soudure à recouvrement par procédé de soudobrasage.

I.2. Durée: 4 heures

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Équipement :

- Poste de soudage oxyacétylénique avec buse appropriée
- Outillages de traçage
- Marteau à garnir, tas cubique
- Métal d'apport en laiton diamètre 2,5mm
- Brosse métallique
- Équipement de protection individuelle

Matière d'œuvre :

- Tôles acier doux 200 x 80 x 1mm par stagiaire.

I.4. Description du TP :

Au cours de cet exercice vous allez exécuter des joints de soudure à recouvrement par procédé de soudobrasage.

I.5. Déroulement du TP

1. Faites d'abord la lecture complète des diverses étapes de ce TP.
2. Débiter la tôle d'acier de façon à obtenir deux pièces de 200x 40x1mm pour chaque stagiaire.
3. Tracer la moitié d'une pièce et poser par-dessus la seconde pièce
4. Fixer la buse de 60 l /h/ par mm d'épaisseur
5. Ouvrir et régler le poste à souder, flamme normale
6. Tenir à l'aide des pinces étau les deux tôles
7. Effectuer le pointage des deux tôles
8. Dressage des deux tôles après pointage
9. Exécuter le cordon de soudage.
10. Dressage de la pièce.
11. Nettoyage de la pièce.

TRAVAUX PRATIQUE 3. 3

SOUDOBRASAGE D'UN JOINT EN T À PLAT

I.1. Objectif :

- Exécuter correctement un joint de soudure an angle extérieur par procédé de soudobrasage.

I.2. Durée: 5 heures

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Equipement :

- Poste de soudage oxyacétylénique avec buse appropriée
- Outillages de traçage
- Marteau à garnir, tas cubique
- Métal d'apport en laiton diamètre 2,5mm
- Brosse métallique et équerre simple
- Equipement de protection individuelle

Matière d'œuvre :

- Tôles acier doux 200 x 50 x 1mm par stagiaire.
- Tôles acier doux 200 x 30 x 1mm par stagiaire.

I.4. Description du TP :

Au cours de cet exercice vous allez exécuter des joints de soudure en T par procédé de soudobrasage.

I.5. Déroulement du TP

1. Faites d'abord la lecture complète des diverses étapes de ce TP.
2. Débiter la tôle d'acier de façon à obtenir deux pièces de 200x 50x1mm et une autre de 200 x 30 x1mm pour chaque stagiaire. Figure. 3 .13
3. Placer la petite pièce perpendiculairement à la grande
4. Fixer la buse de 80l /h/ par mm d'épaisseur
5. Ouvrir et régler le poste à souder flamme normale
6. Effectuer un pointage alternatif des deux tôles de la manière suivante (Figure. 3 .13)
7. Contrôler l'angle 90° à l'aide d'une équerre (Fig.3 14)
8. Exécuter les cordons de soudobrasage.
9. Dressage de la pièce.
10. Nettoyage de la pièce.

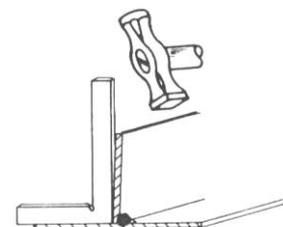
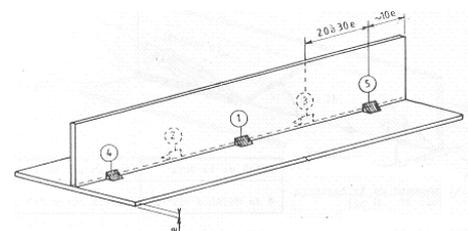


Figure. 3 .14

TRAVAUX PRATIQUE 3. 4

SOUDOBRASAGE PAR POINT BOUCHON A PLAT

I.1. Objectif :

- Exécuter correctement le soudobrasage par point bouchons.

I.2. Durée: 5 heures

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Equipement :

- Poste de soudage oxyacétylénique avec buse appropriée
- Outillages de traçage et pinces étaux
- Marteau à garnir, tas cubique
- Perceuse ou poinçonneuse
- Métal d'apport en laiton diamètre 2,5mm
- Brosse métallique
- Equipement de protection individuelle

Matière d'œuvre :

- Tôles acier doux 200 x 40 x 1mm par stagiaire.
- Tôles acier doux 200 x 40 x 2mm par stagiaire.

I.4. Description du TP :

Au cours de cet exercice vous allez exécuter le soudobrasage par point bouchons à plat.

I.5. Déroulement du TP

1. Faites d'abord la lecture complète des diverses étapes de ce TP.
2. Tracer la tôle d'acier suivant le dessin de 200x 40x1mm
3. Percer la tôle avec le foret de $\varnothing 6$ mm (Figure 3 .15)
4. Serrer avec une pince étau les deux pièces
5. Fixer la buse de 60 l /h/ par mm d'épaisseur
6. Ouvrir et régler le poste à souder flamme normale
7. Nettoyer les zones à souder
8. Exécuter le bouchonnage par soudobrasage (Figure. 3 .16)
9. Dressage de la pièce
- 10..Nettoyage de la pièce.

Figure. 3 .15

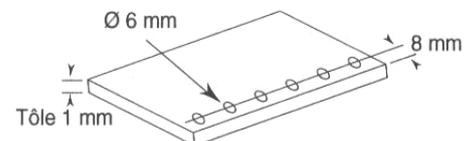
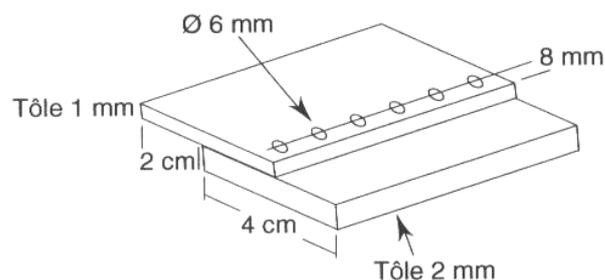


Figure. 3 .16



Chapitre 4 OXYCOUPAGE

4. 1 Principe de l'oxycoupage

Le procédé d'oxycoupage se réalise en chauffant le métal d'apport jusqu'au rouge vif. Puis, on libère un jet d'oxygène pur sous pression sur le métal, provoquant une réaction chimique entre l'oxygène et le métal.

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

Application

Le chalumeau coupeur est utile dans un atelier de carrosserie

- Couper des boulons rouillés
- Couper des barres de métal en plaque, en tube, en cornière
- Découper des sections de carrosserie écrasées (longeron...)

Chalumeaux coupeurs

Il y a deux sortes de chalumeaux coupeurs :

Chalumeau coupeur complet Le chalumeau coupeur est semblable à un chalumeau soudeur. Il possède en plus une tubulure d'oxygène pour amener l'oxygène à la tête de coupe et un levier pour libérer l'oxygène de coupe (Fig4.1)

Chalumeau coupeur en accessoire Le chalumeau coupeur en accessoire se raccorde au manche du chalumeau soudeur. C'est plus pratique dans un atelier de carrosserie (Figure.4.2)

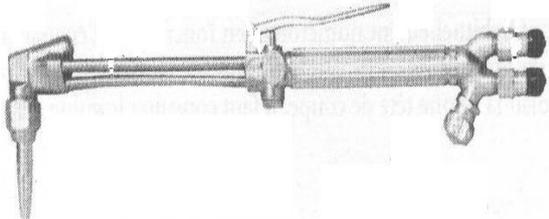


Figure. 4.1

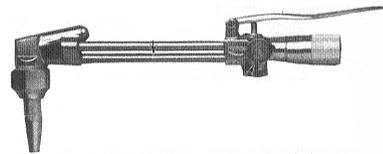


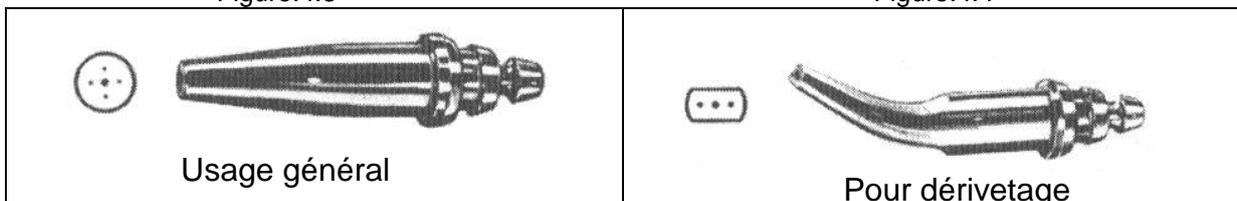
Figure.4.2

Choix de la tête de coupe

Les têtes de coupe sont numérotées en fonction de l'épaisseur du métal à couper. Les têtes sont en cuivre, produisent généralement de quatre à six petites flammes. Il existe différents modèles de têtes de coupe selon la nature de travail.

Figure.4.3

Figure.4.4



Vérification et entretien d'une tête de coupe

Les orifices d'une tête de coupe doivent être bien propres pour réussir des coupes de qualité. On procède de la même façon que pour les buses de soudage (nettoyeur)

Pour le remplacement d'une tête de coupe, il faut procéder de la façon suivante :

- Desserrer l'écrou de la tête de coupe à l'aide d'une clef appropriée.
- Dévisser au complet l'écrou à la main et remplacer la vielle tête par la neuve.
- Serrer l'écrou à l'aide de la clef.

Allumage des gaz

Pour l'ajustement des pressions aux manodétendeurs, respecté les spécifications du fabricant.

Les étapes pour l'allumage des gaz

1. juste avant d'allumer les gaz, effectuer une purge du chalumeau coupeur on ouvrant quelques secondes les deux robinets de gaz puis les fermer.
2. Ouvrir le robinet d'acétylène d'un quart de tour, puis provoquer une étincelle avec l'allumoir.
3. Ouvrir d'avantage le robinet d'acétylène pour ajuster la flamme.
4. Ouvrir lentement le robinet d'oxygène jusqu'à ce que la flamme soit neutre.
5. Appuyer sur le levier d'oxygène de coupe jusqu'à ce que la flamme soit de nouveau neutre.
6. Relâcher le levier d'oxygène de coupe. Le chalumeau est prêt à être utilisé.

Fermeture du poste

1. Fermer d'abord le robinet d'oxygène sur le chalumeau ensuite celui d'acétylène.
2. Fermer les robinets des bouteilles d'oxygène et d'acétylène.
3. Ouvrir les robinets d'acétylène du chalumeau afin de purger le chalumeau.
4. Fermer les robinets d'oxygène et d'acétylène du chalumeau.
5. Dévisser les vis de réglage des manodétendeurs pour relâcher la tension exercée sur la membrane.

4. 2 Technique d'exécution de l'oxycoupage.

Lors des opérations d'oxycoupage, le port de l'équipement de sécurité est très important (gants en cuir, lunettes de sécurité, chaussures de sécurité et des vêtements sans pli ni revers).

Voici les principaux risques liés aux opérations d'oxycoupage :

Projection du métal en fusion

Toute matière inflammable doit être tenue loin du poste de travail afin d'éviter les risques d'incendie et d'explosion.

Il faut éviter de diriger le métal en fusion sur le poste afin de protéger l'équipement de toute brûlure.

Chutes de pièce de métal

Maintenir solidement les pièces à couper à l'aide de pinces étaux. Et afin d'éviter les risques de brûlure les manipulées à l'aide des tenailles.

Manipulation du chalumeau coupeur

Il faut s'assurer d'avoir une position stable qui permet d'avoir un bon contrôle du chalumeau (Fig.4.5), en plus de rendre le travail plus sécuritaire. Avant de commencer une coupe, on doit faire un mouvement de pratique avec le chalumeau fermé (Fig.4.6). Le chalumeau coupeur est tenu à une distance de 3mm de la surface à couper.

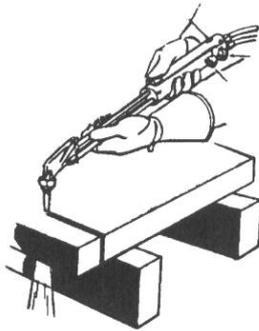


Figure.4.5

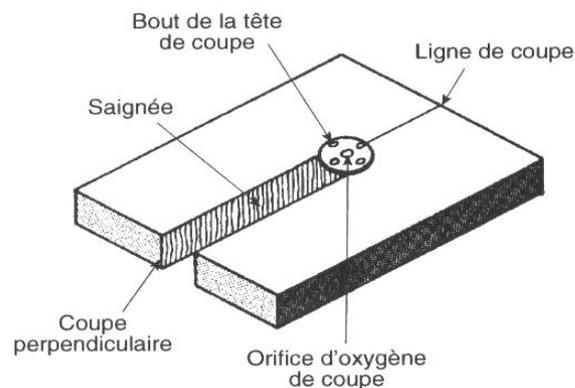


Figure.4.6

Technique d'exécution

Les techniques d'exécution pour l'oxycoupage des métaux minces diffèrent de celles des métaux plus épais.

Oxycoupage léger

Coupage des toles d'acier de 3mm ou moins, lors de l'avancement, l'angle de la tête de coupe est de 15 à 20° par rapport au métal de base.

Amorçage

1. Pointer la flamme en direction de la coupe jusqu'à ce que le rebord de la tôle commence à fondre. La tête de coupe doit former un angle de 90°
2. Presser lentement sur le levier d'oxygène de coupe pour commencer la coupe. Puis incliner progressivement la tête de coupe à un angle de 15 à 20° avec la surface.

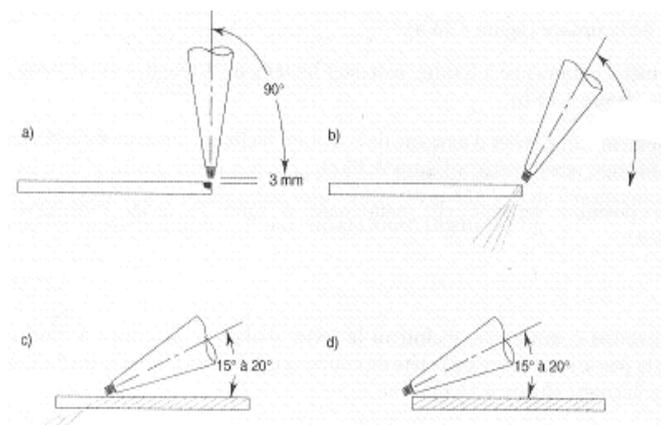


Figure.4.7

Avancement

3. Maintenir le levier d'oxygène de coupe à fond et déplacer le chalumeau dans la direction de la coupe (Figure.4.7).

Oxycoupage lourd

Coupage de plaque d'acier de 6mm et plus, l'angle de la tête de coupe est presque à 90° par rapport au métal de base.

Caractéristiques d'une coupe bien exécutée

- Les bords supérieur et inférieur sont net, sans scories.
- La surface est lisse et nette.
- les stries sont uniformes et verticales. Pas besoin de meuler (Figure.4.8).

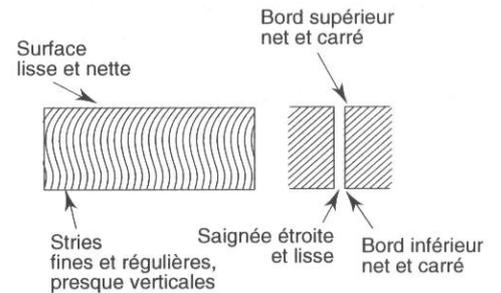


Figure.4.8

Points à surveiller lors de l'exécution des coupes

La qualité de coupe peut être affectée par les facteurs suivants :

- Mauvais réglage des pressions aux manodétendeurs ;
- Mauvais choix de la tête de coupe ;
- Tête de coupe endommagée ou encrassée ;
- Excès ou manque de chauffage ;
- Maintien de la tête de coupe trop loin ou trop près de la surface à couper ;
- Angle de la tête de coupe qui ne correspond pas à l'épaisseur du métal à couper.

Défaut de coupe

Fusion des arrêtes supérieures Trop de préchauffage, flamme trop puissante ou vitesse d'avance insuffisante	<p>Figure.4.9</p>
Beaucoup de scories aux bords inférieurs vitesse d'avance trop rapide, pression d'oxygène de coupe trop basse	<p>Figure.4.10</p>
Beaucoup de scories au bords inférieurs et bords supérieur arrondis et fondus Flamme de chauffe trop faible puissance avec un avancement trop lent	<p>Figure.4.11</p>

Exercice 4.1

1. À quels métaux l'oxycoupage convient-il principalement ?
2. En fonction de quoi numérote-t-on les têtes de coupes ?
3. À quelle distance se présente le chalumeau de la surface de coupe ?
4. Afin d'éviter les incendies et les explosion dus à la projection de métal en fusion, que doit-on faire ?
5. Pour éviter les risques de brûlure, avec quoi doit-on manipuler le métal chaud ?
6. Quel angle la tête de coupe doit-elle former avec la surface du métal à couper lors du coupage d'une pièce de métal de :
 - pour le métal de 3mm d'épaisseur ?.....
 - pour le métal de 6,4mm d'épaisseur ?.....

7. Quelles sont les qualités d'une coupe bien exécutée ?

TRAVAUX PRATIQUE 4.1 OXYCOUPAGE LEGER DES TOLES

I.1. Objectif :

- Exécuter correctement l'oxycoupage des tôles d'aciers doux.

I.2. Durée: 6 heures

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Équipement :

- Poste oxyacétylénique avec chalumeau coupeur
- Outillages de traçage
- Marteau à garnir
- Pincés étaux et une tenaille
- Brosse métallique
- Équipement de protection individuelle

Matière d'œuvre :

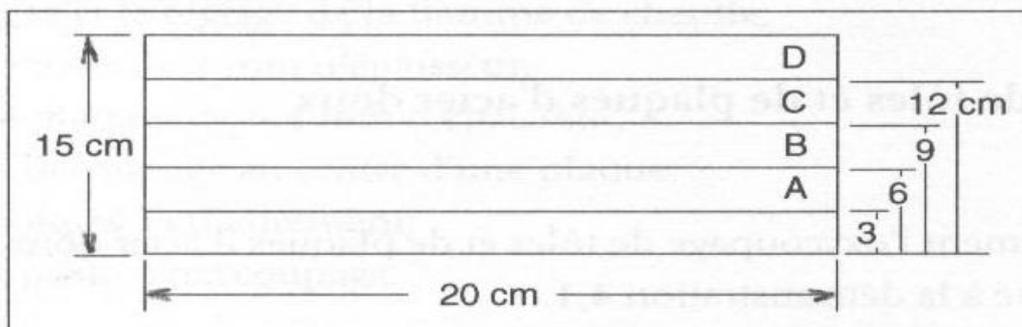
- Tôles acier doux 200 x 150 x 2mm par stagiaire.

I.4. Description du TP :

Au cours de cet exercice vous allez exécuter l'oxycoupage des lignes droites, tout en respectant les consignes de sécurité.

I.5. Déroulement du TP

1. Faites d'abord la lecture complète des diverses étapes de ce TP.
2. Tracer la tôle d'acier suivant le dessin ci- dessous (Figure.4.11).



3. Pointer ci nécessaire, ou passer une craie blanche pour tableau pour une bonne visibilité.
4. Placer la tôle sur une table de manière à laisser les lignes de découpage à l'extérieur de la table.
5. Installer le chalumeau coupeur avec la tête de coupe appropriée.
6. Ouvrir le poste à couper oxyacétylénique.
7. Ajuster les manodétendeurs aux pressions recommandées.
8. Allumez les gaz et réglez les flammes de chauffe de manière qu'elles soient normales ou neutres.
9. Effectuer l'oxycoupage des lignes droites A, B, C, D sur toute la longueur.

TRAVAUX PRATIQUE 4. 2 OXYCOUPAGE LOURD DES TOLES

I.1. Objectif :

- Exécuter correctement l'oxycoupage des plaques d'aciers doux.

I.2. Durée: 6 heures

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Equipement :

- Poste oxyacétylénique avec chalumeau coupeur
- Outillages de traçage
- Marteau à garnir
- Perceuse et foret de diamètre 6mm
- pinces étaux et une tenaille
- Brosse métallique
- Equipement de protection individuelle

Matière d'œuvre :

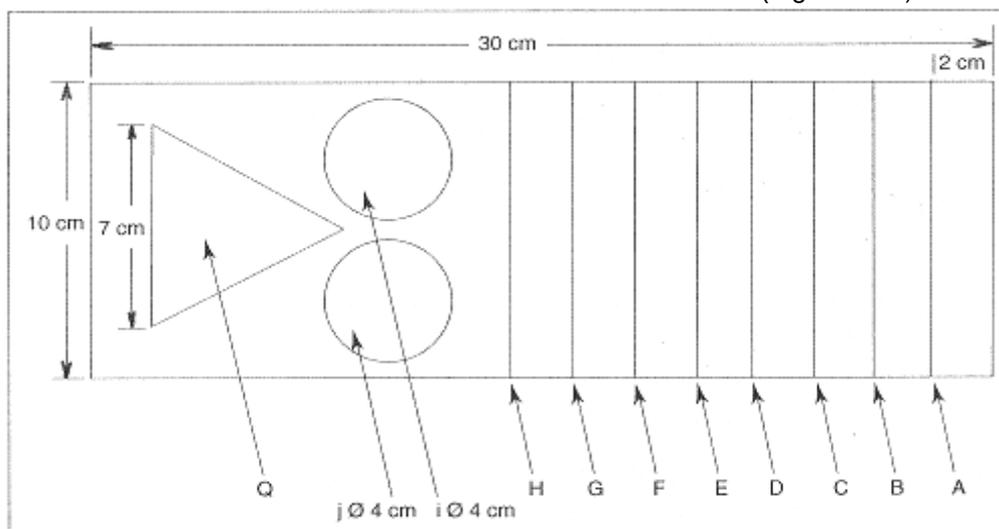
- Plaque d'acier doux 300 x 100 x 6mm par stagiaire.

I.4. Description du TP :

Au cours de cet exercice vous allez exécuter l'oxycoupage des lignes droite et circulaire tout en respectant les consignes de sécurité.

I.5. Déroulement du TP

1. Faites d'abord la lecture complète des diverses étapes de ce TP.
2. Tracer la tôle d'acier suivant le dessin ci- dessous (Figure.4.12).



3. Pointer ci nécessaire, ou passer une craie blanche pour tableau pour une bonne visibilité.

4. Placer la tôle sur une table de manière à laisser les lignes de découpage à l'extérieur de la table.
5. Percer de trous de diamètre 6mm à l'intérieur des cercles (i et j).
6. Installer le chalumeau coupeur avec la tête de coupe appropriée.
7. Ouvrir le poste à couper oxyacétylénique.
8. Ajuster les manodétendeurs aux pressions recommandées.
9. Allumez les gaz et réglez les flammes de chauffe de manière qu'elles soient normales ou neutres.
10. Effectuer l'oxycoupage des lignes droites A à H.
11. Effectuer l'oxycoupage des figures I, J, Q.

Résumé

- Lors des opérations d'oxycoupage, le port de l'équipement de protection individuelle est de première importance (gants de cuir, lunette de sécurité, vêtement sans plis ni revers, chaussures de sécurité).
- Toute matière inflammable doit être tenue loin du poste de travail afin d'éviter les risques d'incendie et d'explosion.
- Il faut s'assurer de la présence d'un extincteur sur les lieux de travail.
- L'oxycoupage ne doit en aucun cas être pratiqué près des bouteilles de gaz.
- L'opérateur doit adopter une position stable afin de bien contrôler le chalumeau et rendre le travail sécuritaire.
- Le chalumeau coupeur est tenu de manière que le bout des dards soit à une distance de 3mm de la surface à couper.
- Pour le coupage des tôles de 3mm ou moins, l'angle de la tête de coupe est de 15 à 20° par rapport au métal de base.
- Pour le coupage des plaques de 3 à 6mm, l'angle de la tête de coupe est de 20 à 60° par rapport au métal de base.
- Il faut toujours laisser un espace libre sous la pièce à couper de manière que la projection de métal en fusion soit évacuée vers le bas.
- La qualité des coupes peut être affectée par les facteurs suivants :
 - Mauvais réglage des pressions aux manodétendeurs ;
 - Mauvais choix de la tête de coupe ;
 - Excès ou manque de préchauffage du métal de base ;
 - Maintien de la tête de coupe trop éloignée ou trop près de la surface à couper ;
 - Mauvais maniement du chalumeau lors du coupage ;
 - Angle de la tête de coupe qui ne correspond pas à l'épaisseur du métal à couper ;
 - Vitesse d'avancement inappropriée.

Chapitre 5 LE SOUDAGE A L'ARC AVEC ELECTRODE ENROBEE

5.1 Le principe de soudage à l'arc avec électrode enrobée

Le procédé de soudage à l'arc consiste à faire jaillir un arc entre l'extrémité d'une baguette métallique appelée électrode et la pièce à souder.

Sous l'action de la chaleur, l'arc creuse un cratère dans la pièce métallique et fait fendre le métal d'apport (âme) de l'électrode. Le métal fondu se dépose alors dans le cratère. Dès que l'arc s'éteint le métal se solidifie aussitôt, faisant apparaître à l'endroit de la soudure un cordon de soudure (Figure 5.1).

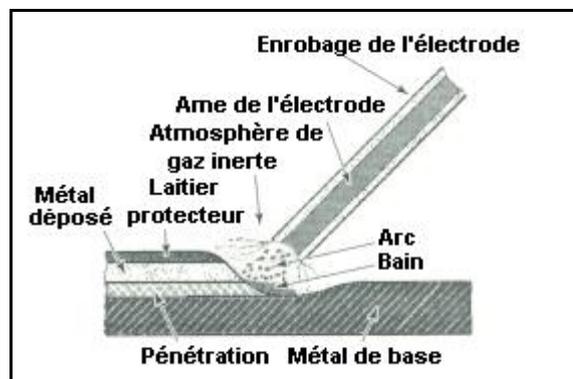


Figure 5.1

L'électrode et la pièce à souder sont chacune reliée à une des bornes de la source d'énergie électrique (Figure 5.2)

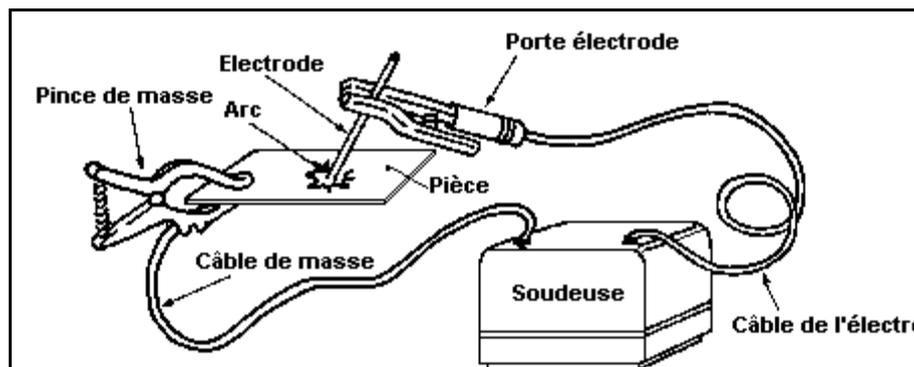


Figure 5.2

Les deux types de courant utilisés pour le soudage sont :

- Le courant alternatif (CA), et le courant continu (CC).

Avec le courant continu, il y a deux polarités :

Le choix de la polarité a une influence sur les résultats du soudage.

Polarité normale : porte électrode relié au pôle négatif et la pièce à souder, reliée au pôle positif.

Polarité inversée : porte électrode relié au pôle positif et la pièce à souder, reliée au pôle négatif.

Types de poste à l'arc électrique

Le poste de soudage est l'appareil qui sert à transformer le courant du réseau de distribution en courant de soudage. Il y a des générateur à courant continu mais les plus répandus sont les transformateurs statiques à courant alternatif en 220 volts ou 380 volts.

Fonctionnement général

La lecture ainsi que le réglage de l'intensité s'effectuent à l'avant du poste. L'intensité maximale d'une machine à souder désigne l'ampérage maximum pouvant être fourni par le poste (entre 100 et 1200A).

Le facteur de marche d'un poste à souder à l'arc électrique s'exprime en pourcentage. Par exemple, une soudeuse dont le régime d'utilisation est de 60 % a été conçue pour fournir une intensité maximum pendant 6 minutes à toutes les 10 minutes.

Exercice 5.1 :

1. Nommez les 2 types de courant utilisés pour le soudage à l'arc électrique ?

.....

2. Lorsque le câble de l'électrode est relié au pôle négatif, la polarité est-elle normale ou inversée ?

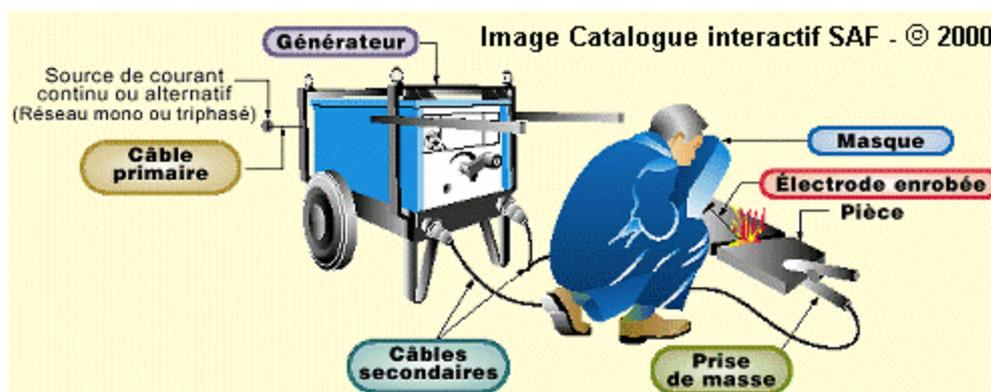
.....

3. Nommez 2 types de soudeuses à l'arc électrique ?

.....

4. Que signifie un régime d'utilisation de 60% ?

.....



Accessoires de soudage à l'arc électrique.

Câbles électriques

Les câbles de soudage servent à amener le courant électrique du poste de soudage aux pièces à souder. Ils sont constitués de fils conducteurs en cuivre revêtus d'une enveloppe isolante de caoutchouc afin de protéger le soudeur des décharges électriques (Figure.5.3).

On peut distinguer trois câbles sur un poste à l'arc électrique :

- Le câble de la source d'énergie, qui relie la soudeuse au réseau de distribution.
- Le câble de soudage relié à la porte électrode, qui assure la liaison entre la soudeuse et l'électrode ;
- Le câble de soudage relié à la pince de masse qui assure le retour du courant à la soudeuse.

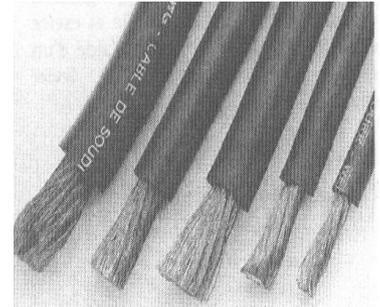


Figure.5.3

Les raccords

Les raccords sont des pièces conductrices que l'on fixe à l'extrémité d'un conducteur. Ils permettent d'abouter les câbles et d'assurer le passage du courant électrique. Les raccords doivent toujours être correctement reliés les uns aux autres (Figure.5.4).

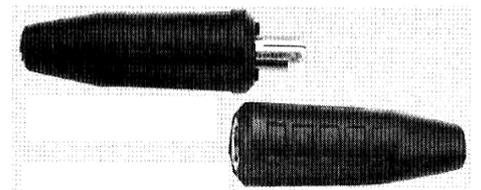


Figure.5.4

Porte électrode

La porte électrode est reliée au bout du câble conducteur du courant de soudage. Elle permet le passage du courant vers l'électrode en plus de la retenir pendant le soudage. Une porte électrode de qualité est légère et laisse circuler le courant sans trop chauffer (Figure.5.5).



Figure.5.5

Pince de masse

Elle sert à établir la liaison entre la soudeuse et la pièce à souder, ce qui ferme le circuit électrique lorsque l'électrode entre en contact avec la pièce à souder. Les mâchoires de pinces de masse sont généralement fabriquées en laiton ou en cuivre de façon à favoriser la conductivité électrique (Figure.5.6).

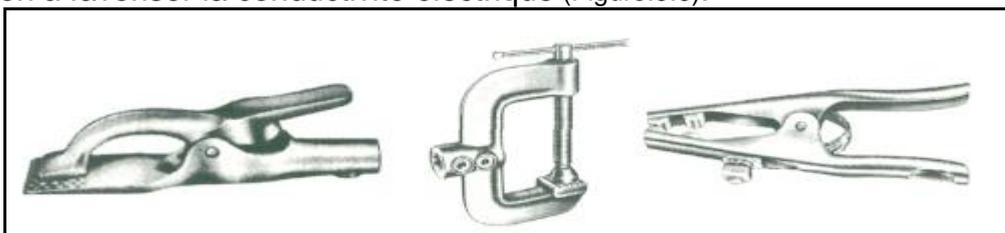


Figure.5.6

Marteau à piquer

Le marteau sert à enlever le laitier du cordon de soudure (Figure.5.7).

Brosses métalliques

La brosse métallique est destinée à frotter le cordon de soudure (Figure.5.8).

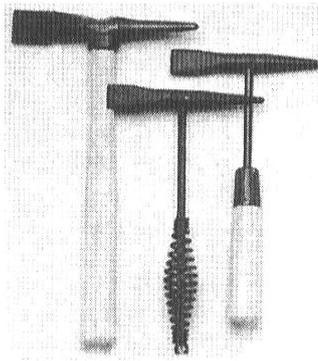


Figure.5.7

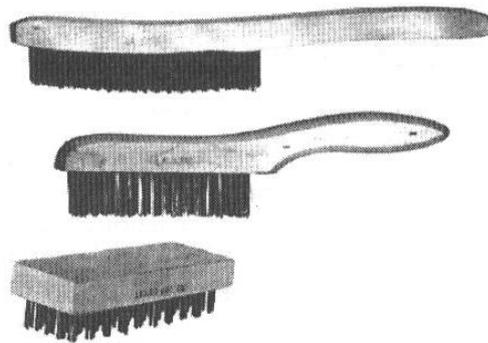


Figure.5.8

Électrodes enrobées

Les électrodes servent à la fois d'amenée le courant et de métal d'apport.

Caractéristiques des électrodes

Les électrodes sont constituées (Figure.5.9):

- d'une baguette métallique appelée âme
- d'un revêtement adhérent appelé enrobage.

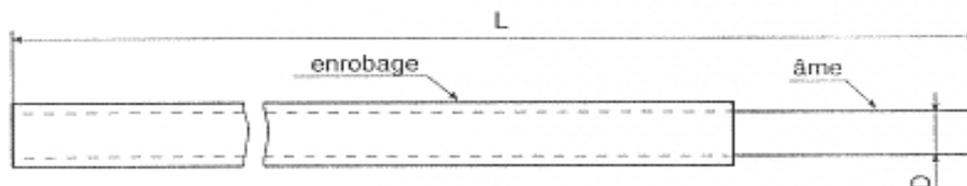


Figure.5.9

Les électrodes sont désignées par le diamètre D de leur âme métallique.

La longueur de l'électrode est en rapport du diamètre pour limiter l'échauffement pendant sa fusion.

L'enrobage permet d'améliorer les qualités physiques, mécaniques et chimiques des soudures réalisées.

Le rôle de l'enrobage :

- Protéger le bain de fusion contre la contamination atmosphérique. La fusion de l'enrobage produit des gaz qui protègent le métal en fusion contre l'oxygène et l'azote de l'air.
- Augmenter la conductibilité électrique de l'arc.
- Permettre de diriger et de concentrer davantage l'arc sur l'endroit voulu et, de ce fait d'augmenter la vitesse d'exécution de la soudure.
- Former un dépôt de laitier, c'est l'enrobage fondu qui recouvre le métal fusionné de laitier. Bien que l'on doive l'enlever après le refroidissement, le laitier préserve le métal en fusion de l'action de l'air et ralentit le refroidissement du cordon de soudure.

Parmi les avantages de l'enrobage, il faut mentionner qu'il :

- Permet une plus grande variation de la longueur de l'arc ;
- Elimine le collage ;
- Rend l'amorçage plus facile ;
- Régularise la désintégration de l'électrode durant le soudage.

La taille des électrodes varie selon l'épaisseur du métal à souder, la position de soudage et la préparation des bords. L'intensité de soudage dépend de l'électrode choisie. Il est important de faire un choix judicieux de l'électrode afin d'obtenir des soudures saines. Une électrode appropriée permet de réaliser des soudures avec des caractéristiques chimiques et mécaniques équivalentes ou supérieures au métal de base à souder.

Selon la nature de l'enrobage on distingue des catégories d'électrodes :

- Cellulosique ;
- Rutile ;
- Basique ;

Le soudage à l'arc avec électrode enrobée

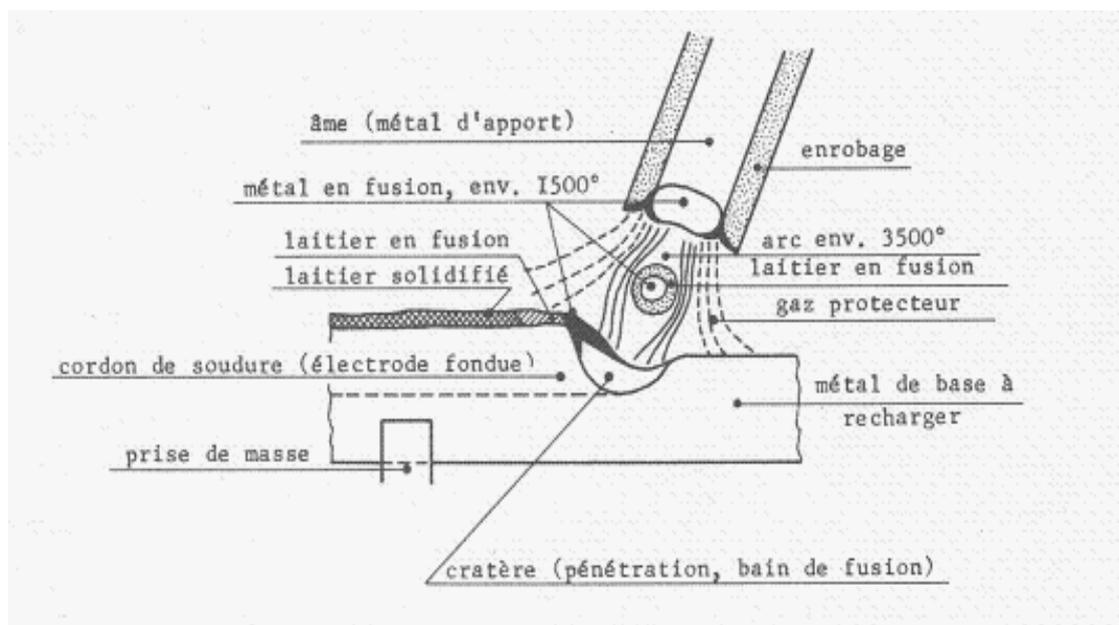


Figure.5.10

Arc électrique

Le passage d'un courant électrique dans l'intervalle qui sépare l'électrode de la pièce provoque un arc, fuseau lumineux entouré de gaz et de flammes colorées, produit par la combustion partielle des éléments de l'enrobage et du métal de l'âme volatilisés, avec l'oxygène de l'air (Figure.5.10).

Production de l'arc

L'amorçage

Se fait par frottement ou par contact de l'électrode sur une pièce métallique. Le mauvais contact provoque l'échauffement de l'extrémité de l'électrode.

L'arc

Une fois l'électrode amorcée, il faut apprendre à déposer le métal d'apport. La manipulation de l'électrode est très importante en soudage à l'arc. Il faut maintenir un intervalle sensiblement égal au Ø de l'âme de l'électrode. Tout changement de l'angle de l'électrode, de longueur d'arc ou de modification de la vitesse d'avancement peut modifier la qualité de la soudure.

Exercice 5.2 :

1. A quoi servent les câbles de soudage ?
.....
2. Nommez les 3 câbles de la soudeuse à l'arc ?
.....
3. A quoi sert la porte électrode ?
.....
4. A quoi sert le marteau à piquer ?
.....
5. Quels sont les 4 rôles principaux de l'enrobage de l'électrode ?
.....
6. Nommez les deux méthodes d'amorçage de l'arc ?
.....
7. À quelle distance doit-on maintenir le bout de l'électrode du métal de base, lors du soudage ?
.....

Préparation des pièces à souder

On effectue le soudage à l'arc électrique sur des tôles de 1 à 4mm avec ou sans reprise à l'envers et sans chanfrein. Aude la de 4mm d'épaisseur il est nécessaire de préparer un chanfrein pour avoir une bonne pénétration (Figure.5.11).

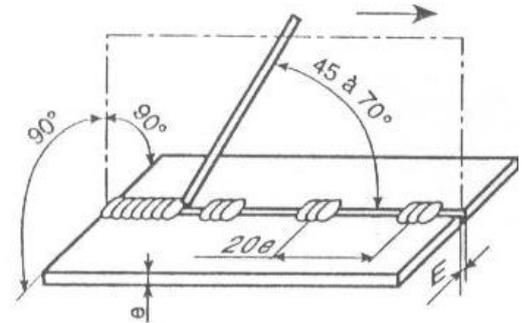


Figure.5.11

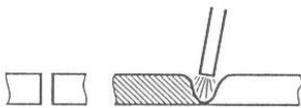
Ecartement des bords :

- Epaisseur de la tôle 1mm – écartement 0
- Epaisseur de la tôle 2mm – écartement 0,5mm
- Epaisseur de la tôle 3mm – écartement 1,5mm
- Epaisseur de la tôle 4mm – écartement 2mm

Pointage

Pointage alterné. Espacement des points 20 à 30e. Une bonne préparation des joints (préparation des bords, accostage, pointage) contribue pour une très large part à la réalisation d'assemblages de qualité.

Soudage



Sur bords trop rapprochés :
Augmenter l'intensité et redresser l'électrode, ou prendre une électrode d'un Ø plus fort (Figure.5.12).



Sur bords trop écartés :
Diminuer l'intensité et incliner l'électrode, ou prendre une électrode d'un Ø plus faible (Figure.5.13).

Fig.5.12 et 13

Défaut de soudures sur bords droits



Bien



Manque de pénétration



Dénivellation
Mauvaise disposition des bords



Bien



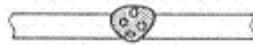
Manque de pénétration



Caniveaux
Mauvaise tenue de l'électrode
Trop d'intensité



Soudure affaissée
Trop d'intensité ou trop d'écartement



Soufflures ou inclusions
Electrodes humide
Nature du métal de base



Fissures
Nature du métal de base
Existence de tension internes

5. 2 Techniques de soudage

Voici les étapes pour réaliser un cordon de soudure :

- Raccordez la prise de masse à la pièce de métal à souder.
- Sélectionnez l'électrode appropriée $\frac{1}{2}$ épaisseur + 1mm;
- Réglez l'intensité $I = (\varnothing \text{ électrode} - 1) \times 50$ unité de mesure Ampère **A**.
- Tenez l'électrode à environ 25mm du métal de base (il doit être en angle droit par rapport à l'horizontale et à environ 20 à 30° par rapport à la verticale dans le sens de soudage de la gauche vers la droite).
- Amorcez l'arc soit par frottement ou par contact.
- Rapprochez l'électrode du métal de base à une distance = \varnothing de l'électrode.
- Déplacez lentement l'électrode le long du joint, devant le bain de fusion (Fig.5.14).

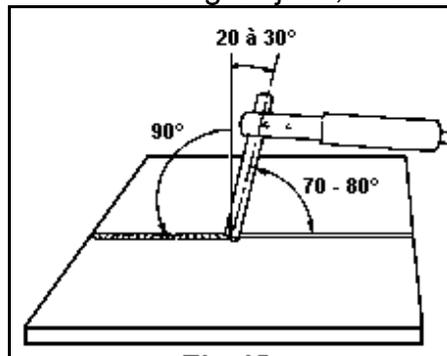


Figure.5.14

Comme l'électrode fond continuellement Il faut abaisser la main pour compenser le raccourcissement de l'électrode. On peut savoir si la distance entre l'électrode et le métal de base est appropriée par le son que l'arc émet ;

- Si l'électrode est trop distante du métal de base, l'arc émet un sifflement sourd. L'arc risque alors de se désamorcer ;
- Si l'électrode est trop près du métal de base, elle colle au métal. Alors il suffit de tourner la porte électrode brusquement pour que son extrémité se décolle du métal de base. Par contre, si elle demeure collée, on doit arrêter le poste.

Une soudure de qualité doit présenter une surface lisse, régulière et posséder des stries arrondies

Mouvements oscillatoires de l'électrode

Il y a trois types de passes pour avoir un cordon de soudure :

Les passes étroites, larges et mixtes. Pour avoir un cordon large il faut donner un léger mouvement oscillatoire à l'électrode, ce qui permet de déposer davantage de métal d'apport sur le métal de base.

Pénétration

Le métal de base en fusion forme une cavité que l'on nomme cratère. La pénétration de la soudure est déterminée par la largeur et la profondeur de ce cratère.

Facteurs de contrôle de soudage

- L'intensité du courant ;
- La longueur de l'arc ;
- L'angle d'inclinaison de l'électrode ;
- La vitesse d'avancement.

Sécurité

- Manipuler les pièces chaudes, de préférence, avec des pinces.
- Eviter de placer la pince porte électrode à l'intérieur du masque.
- Utiliser les équipements de protection.
- Utiliser que les verres filtrants spéciaux et non des verres colorés quelconques.

Exercice 5.3

1. Que faut-il faire pour éviter le collage de l'électrode ?
.....
2. Que faut-il faire lorsqu'on veut souder des bords trop rapprochés ?
.....
3. Que faut-il faire lorsqu'on veut souder des bords trop écartés ?
.....
4. Cherchez le \emptyset de l'électrode, et l'intensité de courant, pour assembler deux tôles d'épaisseur 3,5mm bout à bout à plat en SEA ?

Résumé

- En soudage à l'arc, la fusion des métaux est obtenue par la chaleur d'un arc électrique établi entre électrode métallique enrobée et le métal de base.
- Le soudage à l'arc est un procédé de soudage avec fusion des bords et addition de métal d'apport.
- Deux types de courant sont utilisés pour le soudage à l'arc : le courant alternatif et le courant continu.
- Avec le courant continu, il y a deux polarités : la polarité normale et polarité inversée.
- Lorsque le câble de l'électrode est relié au pôle négatif et la pièce au pôle positif on dit que la polarité est normale.
- Le carrossier utilise le poste de soudage à l'arc pour la fabrication, l'installation ou la réparation d'outillage et d'équipement en acier qui nécessitent des soudures à forte pénétration.
- Le poste de soudage est l'appareil qui sert à transformer le courant du réseau de distribution en courant de soudage.
- Les câbles de soudage servent à amener le courant électrique du poste de soudage aux pièces à souder.
- Pour enlever le laitier du cordon de soudure, on utilise le marteau à piquer, puis on termine le nettoyage à l'aide de la brosse métallique.
- Pour la protection du rayonnement de l'arc, on utilise un casque de soudage muni d'un verre à indice de protection 11 ou 12.
- L'âme de l'électrode est constituée d'une tige métallique qui sert à conduire l'énergie électrique à l'arc tout en fournissant le métal d'apport.
- L'enrobage permet d'améliorer les qualités, mécanique et chimiques des soudures réalisées.
- La taille de l'électrode varie selon l'épaisseur du métal à souder, la position de soudage et la préparation des bords.
- Les fiches techniques produites par le fabricant fournissent tous les renseignements relatifs au choix et à l'utilisation des électrodes disponibles sur le marché.

TRAVAUX PRATIQUE 5.1

Installation d'un poste de soudage à l'arc et dépôt de cordons de soudure

1.1. Objectif :

- Exécuter correctement le montage des accessoires du générateur ainsi que le bon choix des électrodes, le bon réglage du poste, et le dépôt des cordons de soudure à l'arc électrique.

1.2 Durée : 6 heures

1.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Équipement :

- Table de soudage avec briques à feu ;
- Poste de soudage à l'arc ;
- Équipement de protection ;
- Electrodes appropriées ;
- Pince étau à double prise ;
- Marteau à piquer ;
- Brosse métallique.

Matière d'œuvre :

- Plaque d'acier de 150 x 150 x 6 mm

1.4. Description du TP :

Le TP permet aux stagiaires d'apprendre à exécuter correctement la vérification et l'installation d'un poste de soudage à l'arc ainsi que le dépôt de cordons de soudure..

1.5. Déroulement du TP

A. Vérification et installation du poste de soudage à l'arc

Faites la vérification du poste de soudage.

- 1 - Identifiez le type de générateur ;
 - 2 - Les câbles sont exempts de coupures et de détériorations ;
 - 3 - La fiche de branchement de l'appareil avec le réseau de distribution est en bon état ;
 - 4 - L'état du ressort de la pince de masse est assez fort pour établir un bon contact signalez toute défektivité.
- Faites l'installation du poste de soudage ;
- 5 - Placez le poste de soudage de façon à assurer une bonne circulation d'air tout autour ;
 - 6 - Raccordez la pince de masse avec la table de soudage ou la pièce à souder, selon le cas.
 - 7 - Branchez la fiche d'alimentation au réseau de distribution ;

B. Exécution de cordons de soudure

- 8 - Découper la pièce au chalumeau coupeur 150 x150 x6mm ;
- 9 - Insérez l'extrémité dénudée d'une électrode, préalablement sélectionnée, dans la porte électrodes ;

- 10 - Réglez l'intensité de courant en fonction de l'électrode utilisée ;
- 11- Placez l'électrode à environ 30mm de distance de la surface de métal à souder ;
- 12 - Amener le bout de l'électrode en contact avec la surface du métal de façon à amorcer l'arc et effectuer des cordons de soudure sur la plaque.

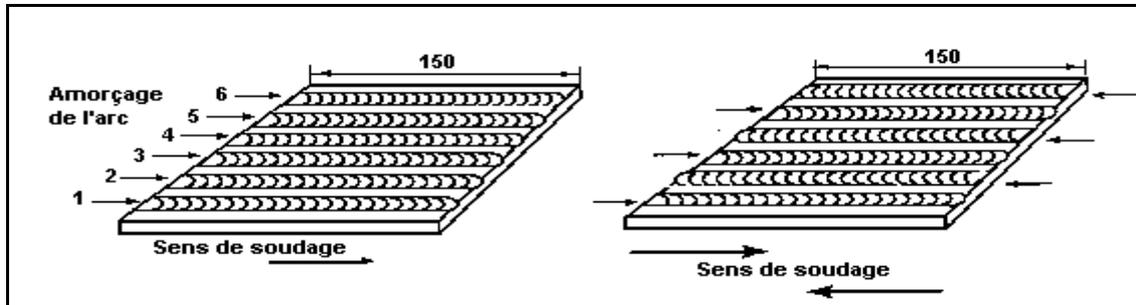


Figure.5.15

- 13 - Laissez refroidir le cordon de soudure. Piquez et brossez la soudure pour enlever le laitier (Figure.5.15).
- 14- Observez le cordon de soudure et au besoin, modifiez les paramètres de soudage.
- 15 - Répétez ces opérations de manière à couvrir toute la surface de la plaque.
- 16 - Répétez ces opérations sur le deuxième côté de la plaque de façon à le couvrir de cordons de soudure successivement de gauche à droite.
- 17- Arrêter le poste de soudage et ranger l'outillage.

TRAVAUX PRATIQUE 5.2

SOUDAGE BOUT A BOUT A PLAT SUR BORDS DROIT

1.1. Objectif :

- Apprendre à effectuer la technique de soudage d'un joint bord à bord à plat.

1.2. Durée : 4 heures

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Équipement :

- Poste oxyacétylénique avec chalumeau coupeur ;
- Table de soudage avec briques à feu ;
- Poste de soudage à l'arc ;
- Equipement de protection ;
- Electrodes appropriées ;
- Pince étau à double prise ;
- Marteau à piquer et burin ;
- Brosse métallique.

Matière d'œuvre :

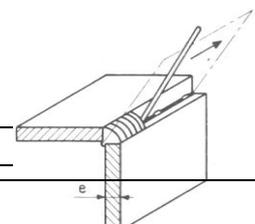
- Plaque d'acier de 200 x 100 x 4 mm

I.4. Description du TP :

Le TP permet aux stagiaires d'apprendre à exécuter correctement un cordon de soudure à l'arc électrique avec un réglage adéquat du poste de soudage .

I.5. Déroulement du TP

1. Réglez le poste de soudage selon les spécifications ;
2. Découpage des deux plaques 200x50x4 avec le chalumeau coupeur;
3. Raccordez la prise de masse à plaques à souder.
4. Insérez une électrode, préalablement sélectionnée, dans la porte électrodes.
5. Vérifiez le nivellement et l'écartement des plaques de 2 mm .
6. Effectuez le pointage des plaques.
7. Exécutez la passe de soudage.
8. Enlevez le laitier à l'aide du marteau à piquer et nettoyez la soudure à l'aide d'une brosse métallique.
9. Exécutez la deuxième passe avec un léger mouvement oscillatoire transversal de l'électrode par rapport au cordon de soudure.
10. Enlevez le laitier à l'aide du marteau à piquer et nettoyez la soudure à l'aide d'une brosse métallique.
11. Une fois le travail terminé, examinez la soudure : elle doit avoir une légère surépaisseur et une pénétration parfaite d'un bout à l'autre.



Soudage à plat en angle extérieur

S'exécute sur tôles de toutes épaisseurs.

Assemblage à ne pas employer si le joint est soumis à des efforts de flexion. Le cordon doit avoir la même épaisseur que les tôles (Fig.5.16)

Figure.5.16

Préparation

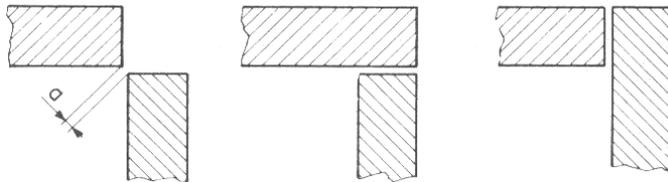


Figure.5.17

Jusqu'à 10mm d'épaisseur, disposition des bords en chanfrein naturel, écartement des arêtes de 1 à 2mm (Fig.5.17).

Pointage

Ecartement des points de 25 à 30 e. Points de faible épaisseur. Electrode de petit diamètre, forte intensité. Prévoir le retrait.

Soudage

Jusqu'à 4mm d'épaisseur, soudage en une ou deux passe.

Au dessus de 4mm d'épaisseur, soudage suivant plusieurs méthodes :

- par passes étroites (Fig.5.18), par passes larges, ou par passes mixte (étroites et larges)

Intensité inférieure de 5% au soudage à plat bout à bout.

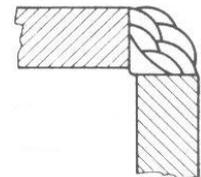
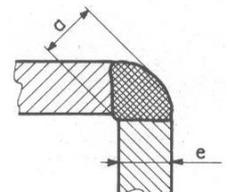


Figure.5.18

Caractéristiques d'une bonne soudure

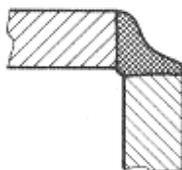
Cordon régulier avec pénétration apparente à l'intérieur de l'angle. $a = e$

Exemple : tôle épaisseur 8mm, gorge de 8mm (Fig.5.19).



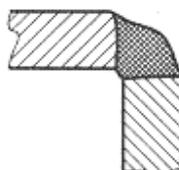
Défauts des soudures

Figure.5.20



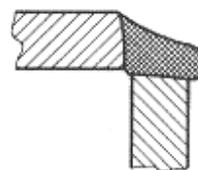
Manque d'épaisseur

Figure.5.21

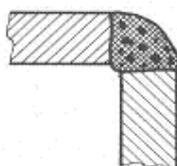


Caniveaux

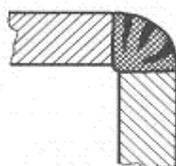
Figure.5.22



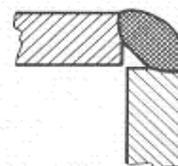
Manque de métal



Inclusion



Fissures



Manque de pénétration

TRAVAUX PRATIQUE 5.3

SOUDAGE A L'ARC ELECTRIQUE EN ANGLE EXTERIEUR

1.1 à effectuer la technique de soudage à l'arc électrique d'un joint en

angle extérieu. Objectif :

- Apprendre r à plat.

1.2. Durée : 5 heures

1.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Equipement :

- Poste oxyacétylénique avec chalumeau coupeur ;
- Table de soudage avec briques à feu ;
- Poste de soudage à l'arc ;
- Equipement de protection ;
 - Pince étau à double prise ;
- Marteau à piquer et burin ;
- Brosse métallique.

Matière d'œuvre :

- Plaque d'acier de 200 x 100 x 4 mm
- Cornière de 40 x 40 Longueur 1000mm à découper.
- Electrodes appropriées ;

1.4. Description du TP :

Le TP permet aux stagiaires d'apprendre à exécuter correctement un cordon de soudure à l'arc électrique avec un réglage adéquat du poste de soudage .

1.5. Déroulement du TP

1. Réglez le poste de soudage selon les spécifications ;
2. Découpage des plaques 200x60x4 et 200x40x4 avec le chalumeau coupeur ;
3. Raccordez la prise de masse à plaques à souder.
4. Insérez une électrode, préalablement sélectionnée, dans la porte électrodes.
5. Fixer les pièces sur la cornière et vérifiez l'équerrage.
6. Effectuez le pointage opposé des plaques.
7. Exécutez la passe de fond avec électrode soudage d'un côté.
8. Enlevez le laitier à l'aide du marteau à piquer et nettoyez la soudure à l'aide d'une brosse métallique.
9. Exécutez la deuxième passe avec un léger mouvement oscillatoire transversal de l'électrode.
10. Enlevez le laitier à l'aide du marteau à piquer et nettoyez la soudure à l'aide d'une brosse métallique.
11. Une fois le travail terminé, examinez la soudure : elle doit avoir un raccordement entre les deux parois.

Chapitre 6 LE SOUDAGE SEMI AUTOMATIQUE MIG - MAG

6. 1.Le principe de soudage semi-automatique MIG – MAG

Ce procédé utilise la chaleur d'un arc produit par le passage d'un courant électrique entre la pièce et l'extrémité d'un fil électrode fusible au sein d'une atmosphère gazeuse inerte ou active (Figure.6.1).

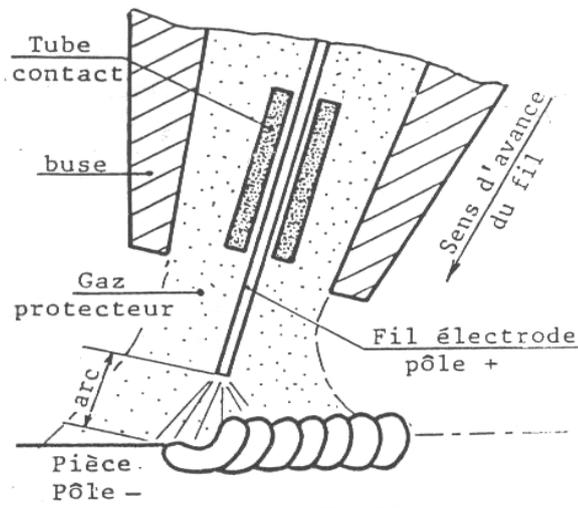


Figure.6.1

Procédé MIG **M**étal **I**nerte **G**az l'arc jaillit dans une atmosphère inerte : argon.
Procédé MAG **M**étal **A**ctive **G**az l'arc jaillit dans une atmosphère active : CO₂.

Polarité de l'arc

En MIG – MAG on utilise toujours la polarité **Positive** :

- Pôle + au fil électrode.
- Pôle - à la pièce à souder.

Modes de transfert du métal à travers l'arc

Façon dont le métal d'apport traverse l'arc électrique pour aller dans le bain de fusion. Deux modes de transfert les plus utilisés :

- Transfert par **pulvérisation** : Le fil fusible traverse l'arc à très grande vitesse sous la forme de gouttelettes très fines.
- Transfert par **courts-circuits** : Le fil arrive près de bords à assembler. L'arc s'amorce. Fil et pièce s'échauffe voir figure (Figure.6.2).

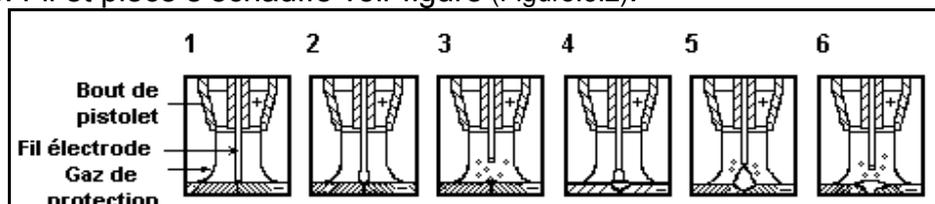


Figure.6.2

Pendant les opérations de soudage, on entend un bourdonnement particulier, parfaitement perceptible à l'oreille, qui prévient le bon ou mauvais réglage du poste.

Les composants du poste semi-automatique MIG – MAG (Figure.6.3)

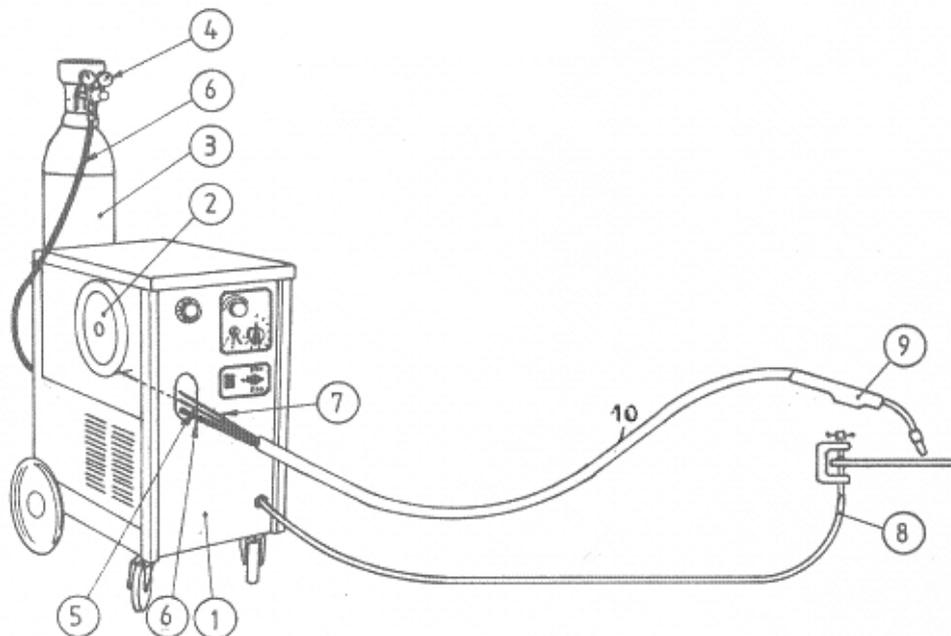
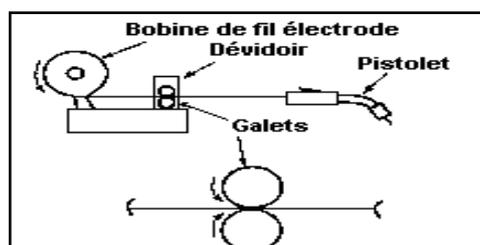


Figure.6.3

- 1 - Générateur de soudage
- 2 - Dévidoir
- 3 - Bouteille de gaz
- 4 - Détendeur
- 5 - Fil électrode (bobine) cuivré pour éviter l'oxydation
- 6 - Tuyau d'arrivée de gaz
- 7 - Alimentation électrique
- 8 - Câble de masse
- 9 - Torche ou pistolet
- 10 - Gaine enfermant le fil électrode, l'alimentation et le tuyau d'arrivée du gaz.

Avantages de ce procédé :

- grande vitesse de soudage.
- bonne pénétration.
- absence de laitier.
- zone de chauffe réduite, d'où des déformations très réduites.
- en carrosserie, l'absence de flamme conduit à limiter les dégarnissages.



Dévidoir

Le dévidoir est un mécanisme qui alimente automatiquement le pistolet de soudage en fil électrode. Il est situé sous le capot de la soudeuse. Il se compose d'un moteur et de roues appelées galets d'entraînement. Ces derniers permettent de débobiner le fil électrode à une vitesse réglable et constante (Figure.6.4).

Figure.6.4

Câble multigaine

Le câble multigaine est celui qui conduit le courant de soudage, le courant de commande, le gaz de protection et le fil électrode de la soudeuse au pistolet à souder (Figure.6.5).

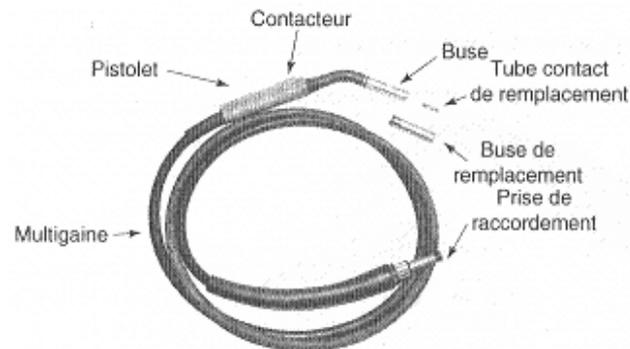


Figure.6.5

Pistolet de soudage

Le pistolet de soudage est construit de manière à conduire le fil électrode au bain de fusion et à diriger le gaz de protection nécessaire à l'exécution de la soudure. Ce pistolet est muni d'un contacteur fixé sur la poignée. Lorsqu'il est sollicité, le contacteur actionne dans la soudeuse les commandes suivantes (Figure.6.6) :

- La valve magnétique qui permet le passage du gaz de protection ;
- Le moteur électrique qui fait fonctionner le dévidoir de fil électrode ;
- Le contacteur qui permet le passage du courant de soudage.

On répare et entretient facilement le pistolet puisque certaines pièces sont conçues pour un remplacement rapide (Figure.6.7)

- Le tube contact ;
- La buse ;
- Le diffuseur de gaz.



Figure.6.6

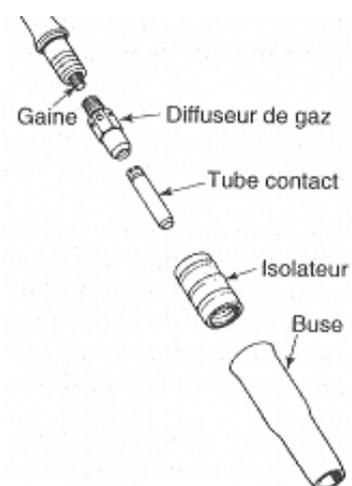


Figure.6.7

Manodétendeur – débitmètre

Le manodétendeur – débitmètre sert à réduire la pression de la bouteille et à contrôler le débit du gaz lors du soudage. Un débit régulier est un facteur indispensable à la réussite du soudage. Il y a 3 types : A bille (fig6.8), à orifice (fig6.9), à cadran (fig6.10).

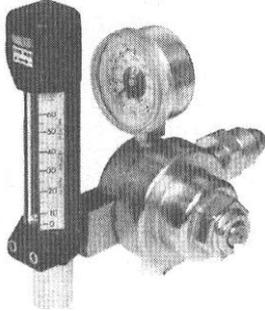


Figure.6.8

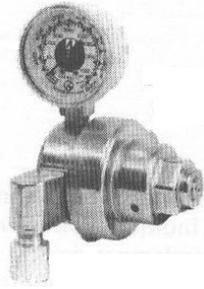


Figure.6.9

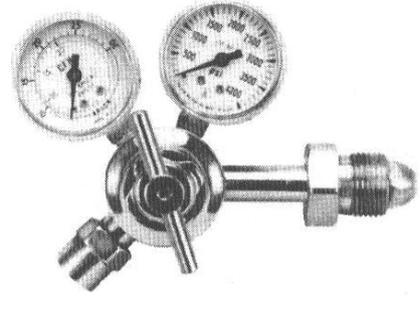


Figure.6.10

Vêtements et accessoires de sécurité

Le soudage semi-automatique MIG – MAG requiert l'utilisation de vêtements et d'accessoires de sécurité indispensables à la protection du travailleur.

Le casque de soudage est porté sur la tête et l'écran de protection est rabaisé devant le visage au moment du soudage, lorsqu'on ne soude pas l'écran peut être relevé au-dessus de la tête. Le verre à un indice entre 9 et 12 (Figure.6.11).

Vêtements en cuir : Porter les vêtements en cuir par-dessus les vêtements ordinaires pour se protéger contre les projections d'étincelles, la chaleur et le rayonnement de l'arc (Fig.6.12) ainsi protéger les mains par des gants (Figure.6.13).

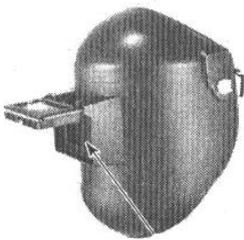


Figure.6.11



Figure.6.12



Figure.6.13

Fil électrode

Le fil électrode vendu en bobine sert à la fois d'amener de courant de soudage et de métal d'apport pour le remplissage du joint, le fil d'acier est recouvert d'une pellicule de cuivre qui le protège contre l'oxydation.

Pour le soudage des tôles de carrosserie automobile on utilise généralement un fil électrode plein en acier de 0,6 ou 0,8mm de diamètre.

Gaz de protection

On emploie un gaz de protection qui empêche le bain de fusion d'entrer en contact avec l'air. Les principaux gaz utilisés pour le soudage sont.

- Le gaz carbonique (CO₂) considéré comme gaz actif, c'est-à-dire qui réagit au contact du métal en fusion.
- L'argon (Ar) est considéré comme un gaz inerte c'est-à-dire qu'il est inactif et ne réagit donc pas avec les métaux.
- Le hélium (He) est considéré comme un gaz inerte.

Pour la réparation des carrosseries on utilise des mélanges de gaz (Ar – CO₂) pour souder les aciers. Le choix du gaz est très important parce qu'il affectera :

- La pénétration du cordon de soudure ;
- Le profil du cordon de soudage ;
- La vitesse de soudage ;
- La tendance à faire des caniveaux ;
- La propreté de la soudure.

Exercice 6.1 :

1. Pourquoi les fabricants insistent-ils sur le soudage MIG- MAG pour la réparation des carrosseries endommagées ?

.....

2. Quelle est la fonction du câble multigaine ?

.....

3. A quoi sert le manodétendeur -débitmètre ?

.....

4. Quel est le diamètre du fil électrode qu'on emploie généralement pour le soudage des carrosseries auto ?

.....

5. Quel est le rôle que peut jouer le gaz de protection ?

.....

6. Nommez les avantages du soudage semi-automatique MIG -MAG ?

.....

.....

6.2. Montage et préparation du poste de soudage

A. Installation de la bouteille :

- La fixer sur le support du générateur et l'attacher avec la chaîne de sécurité (pour éviter un basculement accidentel) ;
- Dévisser le chapeau protecteur de la bouteille et le retirer ;
- Purger le robinet de la bouteille en prenant soin de ne pas diriger le jet de gaz sur soi ou en direction d'une autre personne.

B. Installation du manodétendeur débitmètre : Avant l'installation il faut :

- Examiner le manodétendeur débitmètre pour s'assurer qu'il est en bon état ;
- Vissez le manodétendeur débitmètre au robinet de la bouteille : on commence à visser le raccord à la main, puis à l'aide d'une clé on complète le serrage ;
- Ouvrir le robinet de la bouteille au complet, puis tournez la vis de réglage de manière à purger le manodétendeur débitmètre ;
- Raccorder le tuyau d'acheminement des gaz du générateur au débitmètre ;
- Régler le débitmètre aux environs de 10 litres / minute, afin de permettre l'essai de fuite sur les joints filetés de la bouteille et du manodétendeur débitmètre. La vérification se fait avec une solution d'eau savonneuse et d'un pinceau.

C. Installation du câble multigaine

Le câble multigaine est raccordé au générateur au moyen d'un connecteur rapide. Pour l'installer, il s'agit généralement d'introduire le connecteur de la multigaine dans l'orifice de raccordement en serrant la vis de fixation.

D. Installation de la bobine de fil électrode :

Pour installer la bobine de fil électrode il faut ouvrir le couvercle du générateur et placer la bobine de fil électrode sur son support. Ensuite, on doit régler le frein de la bobine. Le frein a pour but d'empêcher la bobine de tourner par inertie à chaque arrêt de la soudeuse (Figure.6.14).

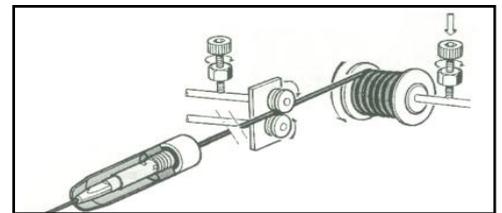


Figure.6.14

Ensuite, on doit passer le fil électrode entre les galets (fig6.15) et le diriger vers le pistolet en avançant à l'intérieur de la gaine (fig6.16). Avant d'enfiler le fil, étendre le câble multigaine sur toute sa longueur puis, souffler à l'aide d'air comprimé, dans le guide-fil pour déloger les poussières ensuite installer le tube contact et la buse (fig6.17).

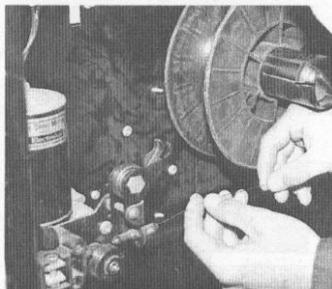


Figure 6.15

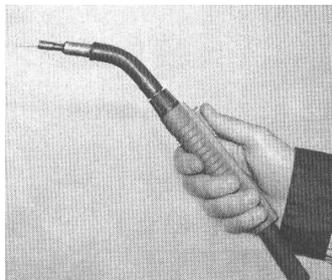


Figure 6.16

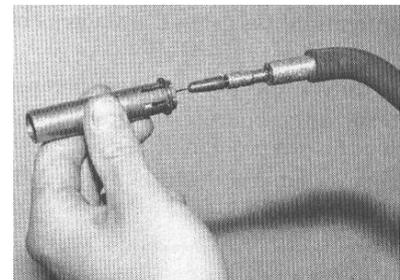


Figure.6.17

Opérations de mise en marche du poste semi-automatique MIG – MAG

- Branchez la fiche du câble d'alimentation du générateur à la source de courant ;
- Placez l'interrupteur en position « marche » : la lampe témoin de mise sous tension devrait allumer ;
- Ouvrir le robinet de la bouteille de gaz au complet et régler le débitmètre de la manière suivante : enfoncer d'abord le contacteur du pistolet de manière à commander l'arrivée du gaz, puis tourner la vis de débitmètre jusqu'à ce que le débit soit de 10 l/min, puis relâcher le contacteur du pistolet ;
- Installez le câble de masse du générateur à la pièce à souder.

Réglage des paramètres de soudage

Le poste semi-automatique est muni d'un sélecteur qui permet de choisir le mode de soudage désiré. Le choix est fait en fonction du travail à exécuter (Fig.6.18)

- Le soudage en mode continu ;
- Le soudage en mode par intervalles ;
- Le soudage en mode ponctuel.

Régalez les sélecteurs d'intensité et de vitesse de débobinage de la soudeuse. L'intensité se règle en fonction de l'épaisseur du métal à souder : la vitesse de débobinage du fil électrode doit être correspondante. Le réglage des paramètres s'effectue à partir des sélecteurs qui portent des repères numérotés (Fig.6.19)

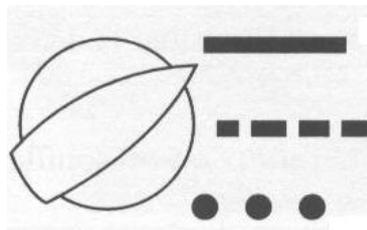


Figure.6.18

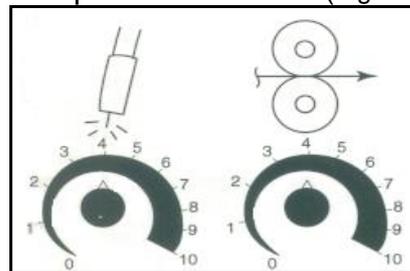


Figure.6.19

Lorsque la vitesse de débobinage du fil électrode est trop grande par rapport à l'intensité, on sent des secousses dans le pistolet. Cela provient du fil qui frappe le métal de base avant d'avoir eu le temps de se fusionner complètement. Dans ces conditions, l'exécution du soudage donne généralement une mauvaise liaison.

Si l'intensité du courant est trop élevée par rapport à la vitesse de débobinage du fil électrode, de grosses gouttes de métal en fusion se forment à l'extrémité du fil électrode et parfois il arrive qu'une de ces gouttes se soude au bout du tube contact causant ainsi une panne de la soudeuse. Pour éviter cette situation, on recommande d'augmenter un peu la vitesse de débobinage puis, lors des essais, de réduire la vitesse jusqu'à l'obtention du réglage parfait.

Pendant le soudage, lorsque le réglage est bien effectué, on entend un bruit caractéristique qui provient de l'arc électrique. Ce bruit est régulier et ressemble à celui du grésillement d'une friteuse.

Le mouvement imprimé au pistolet de soudage influence la pénétration du cordon de soudure. Les deux techniques qu'on utilise pour déplacer le pistolet sont :

- Le soudage piquant ;
- Le soudage traînant.

Le soudage piquant

Appelé aussi « soudage en poussant » puisqu'on pousse le pistolet en direction de soudage. Le pistolet est tenu de la main droite et le bout de la buse maintenu à une distance d'environ 5 à 8mm du métal de base.

On opère un peu comme en soudage oxyacétylénique, c'est-à-dire en déplaçant le pistolet de droite à gauche, mais en formant avec la buse un angle de 75° par rapport au métal de base (fig.6.20).

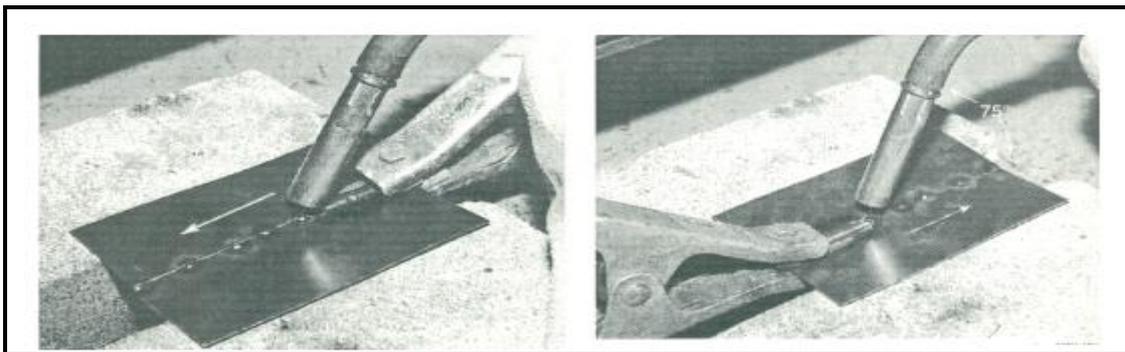


Figure.6.20

Figure.6.21

Lorsque le soudeur appuie sur le contacteur, l'arc jaillit, le gaz de protection s'écoule et le fil électrode alimente le bain de fusion. Le soudage étant amorcé, il suffit de déplacer le pistolet dans le sens du soudage de manière à faire progresser le cordon de soudure.

Le soudage traînant

Appelé aussi « soudage en tirant » puisqu'on déplace le pistolet en le tirant en direction du soudage. On tient le pistolet avec la main droite et en maintenant le bout de la buse à une distance d'environ 5 à 8 mm du métal de base. On déplace le pistolet à partir de la gauche en allant vers la droite : la buse doit former un angle de 75° par rapport au métal de base (fig.17).

La technique de soudage a une influence sur le profil du soudage : le soudage traînant donne une plus grande pénétration

Le mode de soudage par intervalles procure des avantages dans les situations suivantes :

- Lorsque le métal à souder est très mince, on évite l'effondrement d'un métal de base dû à un excès de fusion ;
- Lorsque les pièces à souder présentent un grand espacement à remplir, les interruptions permettent au métal de se solidifier et d'éviter ainsi l'écoulement du bain de fusion ;
- Lorsque l'endroit à souder présente des risques de déformation due à la dilatation et la contraction, le soudage par intervalles permet une moins grande accumulation de chaleur qu'en soudage continu.

Pour éviter que les projections de soudage n'adhèrent au tube contact et à la buse, on doit les vaporiser à l'aide d'un produit antiadhésif.

Qualités et défauts d'un cordon de soudure

Un cordon bien exécuté doit présenter les caractéristiques suivantes :

- régulier et droit ;
- largeur uniforme ;
- fusion du métal de base avec le métal d'apport doit être homogène ;
- la surépaisseur doit être légère ;
- la pénétration doit être complète.

Défauts de soudage

Défauts	Causes
Porosités	- Protection de gaz insuffisante. - métal de base sale.
Mauvais remplissage	- vitesse de soudage trop grande. - intensité trop forte. - vitesse de débobinage trop lente.
Mauvaise pénétration	- vitesse de soudage trop grande. - intensité trop faible. - vitesse de débobinage trop élevée.
Projection	- intensité é trop élevée. - vitesse de débobinage trop basse. - projection gazeuse insuffisante. - utilisation d'un gaz non recommandé.

Problèmes de fonctionnement du poste de soudage MIG - MAG

Pannes	Caractéristiques	Causes	Remèdes
Dévidage irrégulier du fil	Sifflement Coincement du fil au démarrage	Mauvais réglage Encrassement du tube contact	Diminuer la tension Nettoyer ou changer
Arrêt en cours de soudage	Plus d'arc électrique	Bobine de fil vide Faisceau de torche trop coudé Fil oxydé Mauvais masse	A vérifier et y remédier
Mauvaise arrivée du gaz	Cordon poreux, noir en surface	Bouteille vide ou fermée Débitmètre givré Poste de travail exposé dans un courant d'air Buse encrassée	A vérifier et y remédier

Exercice 6.2

1. Avant d'effectuer un essai de fuite, à quel débit doit-on régler le débitmètre ?
.....
2. Pourquoi doit-on souffler l'intérieur de la gaine avant d'enfiler le fil électrode ?
.....
3. Quels sont les 3 modes de soudage semi-automatiques ?
.....
4. A quoi doit-on se référer pour effectuer le réglage de l'intensité et de la vitesse de débobinage du fil électrode ?
.....
5. Nommez 2 techniques qu'on utilise pour déplacer le pistolet ?
.....
6. Dans quelles situations est-il avantageux d'utiliser le soudage par intervalles ?
.....
7. Comment fait-on pour éviter que les projections de soudage n'adhèrent au tube contact et à la buse ?
.....

Résumé

- Le soudage semi automatique MIG – MAG est un procédé de soudage où la fusion est obtenue par un arc électrique entre un fil électrode plein, continu et fusible, et le métal de base.
- Le transfert du métal d'apport s'effectue sous forme de gouttes au moyen d'un arc électrique (court-circuit).
- Le dévidoir se compose d'un moteur et des galets qui permettent de débobiner le fil électrode à une vitesse réglable.
- Le câble multigaine conduit le courant de soudage, le courant de commande, le gaz de protection et le fil électrode du générateur au pistolet de soudage.
- Les pièces les plus soumises au remplacement : le tube de contact, la buse et le diffuseur de gaz.
- Les manodétendeurs- débitmètres sont 3 types : à bille, à orifice et à cadran.
- Le casque de soudage est muni de verre à indice entre 9 et 12.
- Le débit de gaz est de 10 Litre par minutes.
- Le soudage des tôles de carrosserie, on utilise un fil électrode de 0,6 ou 0,8mm.
- Le gaz de protection empêche le bain de fusion d'entrer en contact avec l'air.

TRAVAUX PRATIQUE 6.1

Montage d'un Poste Semi-automatique MIG – MAG Essais de Réglage et Exécution de Cordons de Soudure

1.1. Objectif :

Effectuer correctement le montage, la mise en marche et le réglage d'un générateur semi-automatique MIG-MAG de même que l'exécution de cordons de soudure.

1.2. Durée : 6 heures

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Équipement :

- Table de soudage avec briques à feu ;
- Soudeuse semi-automatique MIG – MAG complète ;
- Outillage de traçage ;
- Cisaille à main ;
- Équipement de protection ;
- Clé à mollette, pince coupante.

Matière d'œuvre :

- Tôle de 150 x 100 x 1 mm ;
- Tôle de rebut de 1mm d'épaisseur ;
- Produit anti-adhérent.
- Décapant ou papier abrasif N° 80

I.4. Description du TP :

Le TP permet aux stagiaires d'apprendre à monter, mettre en marche, régler la soudeuse semi-automatique MIG – MAG et exécuter correctement un cordon de soudure.

I.5. Déroulement du TP

1. Nettoyez la tôle de 150 x 100 x 1mm ;
2. Coupez la tôle de façon à obtenir 9 pièces de 50 x150 mm ;
3. Montez et branchez le poste de soudure ;
4. Placez l'interrupteur en position « marche », un témoin lumineux doit indiquer que le générateur est sous tension ;
5. Étendez à plat le câble multigaine bien droit et appuyez sur le contacteur de façon à faire avancer le fil électrode jusqu'au pistolet ;
6. Fixez le tube contact et la buse au pistolet de soudage ;
7. Ouvrez le robinet de la bouteille de gaz et réglez le débit ;
8. Coupez le fil électrode à 5mm du bout de la buse ;

A. Réglage de la soudeuse en mode continu

9. Réglez les sélecteurs d'intensité et de vitesse de débobinage en fonction de l'épaisseur du métal à souder ;
10. Prenez une tôle de rebut pour essais et placez-la en porte à faux entre deux briques ;
11. Raccordez le câble de fil de masse à la tôle de rebut ;
12. Effectuez un essai de soudage de quelques centimètres ;
13. Réglez la vitesse de débobinage de façon à ce que le bruit de l'arc soit régulier et que le profil recherché du cordon de soudure soit obtenu ;
14. Lorsque le réglage est correct, prenez une tôle de 50 x 150mm et effectuez trois cordons de soudure tels qu'illustrés à la fig.6.22 ;

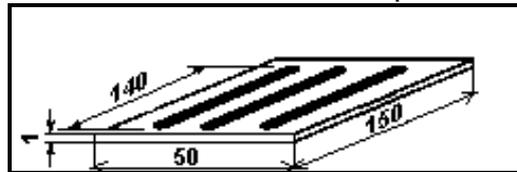


Figure.6.22

15. Effectuez la fermeture et le rangement de la soudeuse.

6.3 Le soudage de deux tôles

Préparation des tôles

Nettoyer les bords des tôles, avec un décapant, ou les poncer au papier abrasif

Accostage : Maintenir les pièces avec des pinces étaux à double prise (Figure.6.23).

Pointage : Pour souder deux tôles, il faut pointer les pièces ensemble en partant du centre, en allant alternativement vers chaque bord de la même façon que celle utilisée pour le soudage oxyacétylénique.

Pour effectuer le pointage de deux tôles on peut sélectionner le mode ponctuel ou le mode continu, puis régler l'intensité et la vitesse du débobinage en fonction de l'épaisseur du métal à souder.

- En mode continu, on enfonce le contacteur du pistolet pour former le point de soudure, puis on le relâche une fois que le point est de la grosseur désirée
- En mode ponctuel, le temps de soudage est pré-réglé à l'aide du temporisateur, on appuie sur le contacteur, puis le soudage s'effectue le temps de former le point seulement. Les points doivent être aussi petits que possible de façon à ce qu'ils se fusionnent facilement avec le cordon de soudure et qu'ils ne créent pas de surépaisseurs.

Techniques de soudage

La réussite du soudage semi-automatique dépend du choix des paramètres à adopter, parmi lesquels on retrouve :

- Le mode de soudage ;
- L'intensité ;
- La vitesse de débobinage ;
- La longueur d'arc ;
- La vitesse de déplacement ;
- La nature du gaz de protection utilisée.

Contrôle de la chaleur : lors de l'exécution du cordon de soudure, il faut minimiser l'accumulation de chaleur ; on risque moins les déformations dues à la dilatation des métaux et les effondrements du métal de base. Voici les méthodes qui vous permettront de contrôler l'accumulation de chaleur :

- Exécutez le soudage par petits bouts à la fois seulement, 10 à 15mm, en alternant les passes (Figure.6.24) ;
- Sélectionnez le mode de soudage par intervalles ;
- Utilisez la technique de déplacement du pistolet dite piquante ;
- De temps à autres interrompez le soudage afin de laisser la chaleur se dissiper.

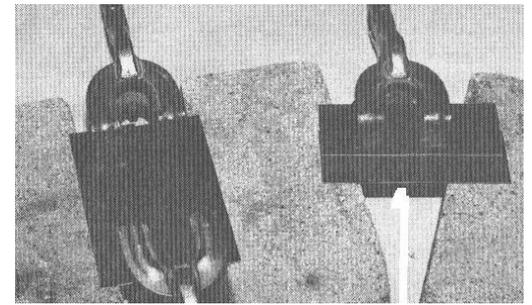


Figure.6.23

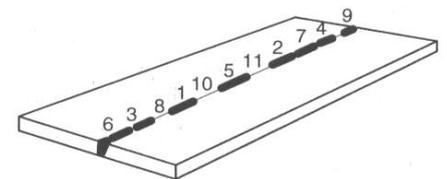


Figure.6.24

Soudage d'un joint bord à bord

Lors du soudage bord à bord, la buse doit être maintenue de manière à former un angle de 75° par rapport au joint de soudure, et 90° dans l'autre sens par rapport à l'horizontale.

Lors du maniement du pistolet, il est important d'avoir une position confortable ; la régularité de la soudure dépend de la constance des mouvements. La distance de la buse avec les pièces à souder doit être uniforme lors de l'avancement puisque, comme nous l'avons déjà vu, la longueur d'arc a une influence sur le profil du soudage.

En pratique, le carrossier a recourt au soudage horizontal, vertical et au plafond.

Le soudage horizontal : le carrossier n'a pas vraiment à modifier sa technique en ce qui concerne le réglage du générateur et l'angle que forme la buse par rapport au métal de base. Le soudage s'effectue de la même façon qu'à plat.

Le soudage vertical peut être exécuté soit de bas en haut ou de haut en bas. Généralement, de bas en haut. On utilise un soudage piquant et l'angle que forme la buse avec l'horizontale est environ de 0 à 20° (Figure.6.25).

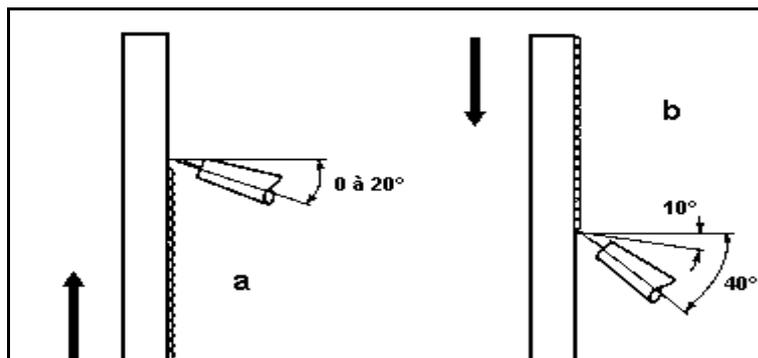


Figure.6.25

En descendant on utilise un soudage traînant : l'angle que forme la buse avec l'horizontale est d'environ 10 à 40° par rapport à l'horizontale. En soudage vertical descendant, la pénétration obtenue est faible, ce qui explique qu'on utilise cette technique sur des tôles minces afin d'éviter l'effondrement du métal de base.

Le soudage au plafond nécessite un réglage de la vitesse de débobinage légèrement supérieur au réglage normal. Comme le soudage au plafond permet moins la dissipation de la chaleur, il faut donc utiliser les moyens de contrôle de la chaleur. Comme le métal liquide a tendance à retomber en soudage au plafond, il faut donc donner à la buse un angle plus vertical pour retenir le métal liquide.

Exercice 6.4

1. *Que doit-on faire si la surface des tôles à souder est recouverte de rouille ou d'oxydation ?*
.....
2. *Lors du pointage, pourquoi doit-on effectuer les points aussi petits que possibles ?*
.....
3. *Quelles sont les méthodes qui permettent de contrôler l'accumulation de chaleur ?*
.....
4. *Lors du soudage vertical, laquelle des 2 méthodes donne la pénétration la plus faible ?*
.....
5. *En soudage au plafond, comment doit-on régler la vitesse de débobinage du fil ?*
.....

TRAVAUX PRATIQUE 6.2

SOUDAGE BORD A BORD A PLAT AU SEMI AUTOMATIQUE

1.1. Objectif :

Apprendre à effectuer correctement le soudage de joint bord à bord à plat.

1.2. Durée : 4 heures

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Équipement :

- Table de soudage avec briques à feu ;
- Soudeuse semi-automatique MIG – MAG complète ;
- Équipement de protection ;
- Cisaille à main ;
- Pince coupante, pince étau à double prise ;
- Outillage de traçage;

Matière d'œuvre :

- Tôle de 360 x 300 x 1 mm ;
- Tôle de rebut de 1mm d'épaisseur pour essais et réglages ;
- Décapant et chiffons ;
- Produit anti-adhérent ;

I.4. Description du TP :

Le TP permet aux stagiaires d'apprendre à exécuter correctement le soudage bord à bord.

I.5. Déroulement du TP

1. Nettoyez la tôle de 150 x 60 x 1mm des traces de rouille ou d'oxydation ;
2. Coupez la tôle de façon à obtenir 2 pièces de 150x30 x1 mm ;
3. Effectuez des essais de réglage, en vue d'exécuter le pointage, sur les tôles de rebut ;
4. Placez deux tôles en porte à faux entre deux briques et maintenez-les à l'aide de pinces étaux, afin de pouvoir les pointer bout à bout ;
5. Effectuez le pointage des deux tôles ;
6. Sur les tôles de rebut effectuez de réglage en vue d'exécuter le cordon de soudure : vérifiez la pénétration et la qualité des soudures ;
7. Une fois le réglage souhaité obtenu, effectuez le soudage des deux tôles préalablement pointées.
8. Effectuez la fermeture et le rangement de la soudeuse.

Joint de recouvrement

Pour effectuer un joint de recouvrement on doit placer les deux tôles l'une sur l'autre de façon à voir la moitié de la tôle inférieure (Figure.6.26)

Accostage avec un soyage

Le soudage d'un joint à recouvrement laisse apparaître une surépaisseur. Pour que le raccordement soit invisible, il est nécessaire d'effectuer un soyage (léger pli qui sert d'épaulement) sur le rebord de l'une des tôles (Figure.6.27).

Cet épaulement de la tôle peut être réalisé manuellement ou mécaniquement à l'aide d'une pince spéciale (Figure.6.28). Le soyage provoque une différence de niveau qui permet d'accoster les tôles ensemble sans surépaisseur.

Pointage

Pour ce qui est du pointage, on respecte l'ordre de pointage habituel ; par contre, les points peuvent être un peu plus longs, soit environ 2 à 3mm (Figure.6.29).

Soudage d'un joint à recouvrement

L'angle de la buse est le même que celui du soudage bord à bord. L'exécution du cordon de soudure qui se fait très près du rebord de la tôle supérieure pour que celui-ci se fusionne bien avec le cordon de soudure. La pénétration doit être totale et la fusion de la tôle supérieure avec la tôle inférieure doit être homogène.

Lors des essais de réglage, on peut constater que ce type de joint demande plus d'intensité de courant que le soudage bord à bord.

Soudage de des tôles superposées par points bouchons

Le soudage par points bouchons est une excellente méthode de soudage lors du remplacement de sections de carrosserie. Elle convient au soudage de tôles dont l'épaisseur varie entre 0,5 et 1,5mm.

Accostage : lors de l'assemblage par points bouchons, on prépare généralement les tôles de manière à ce que l'écartement entre les points soit d'environ 30mm. Le diamètre des trous de la tôle supérieure est de 8mm (Fig.6.30)

Le soudage par points bouchons : pour effectuer le soudage de deux tôles superposées par points bouchons, on peut régler la soudeuse en mode ponctuel, puis effectuer des essais de réglage. On peut utiliser la buse spéciale qui permet d'appuyer les tôles l'une contre l'autre et de bien les coller (Figure.6.31).

Figure.6.26

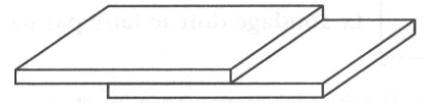


Figure.6.27

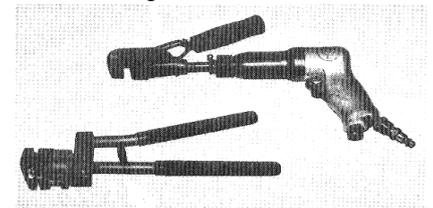
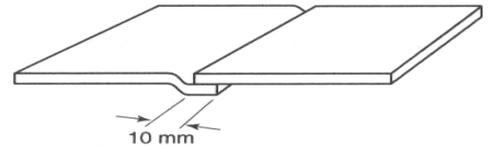


Figure.6.28

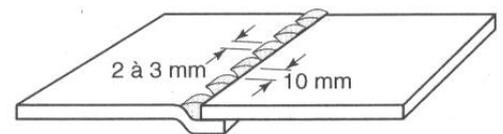


Figure.6.29

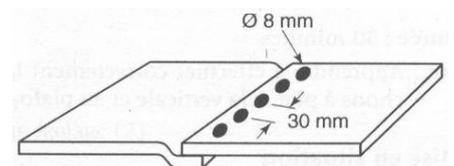


Figure.6.30

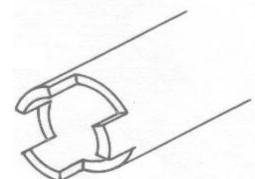


Figure.6.31

Avantages du soudage par points bouchons

- Il permet un soudage de bonne qualité, régulier et de grande résistance ;
- Il s'effectue rapidement et facilement ;
- Il peut souder des tôles neuves ou vieilles sans aucune difficulté ;
- Il résiste plus à la rouille et aux saletés ;
- Il convient au soudage par recouvrement ;
- Il donne un faible retrait, ce qui veut dire moins de travail ultérieur ;
- Il demande moins de démontage à proximité de l'endroit de soudage en raison de la zone de chaleur limitée.

Exercice 6.5

1. Que doit-on faire pour qu'un joint à recouvrement ne laisse apparaître aucune surépaisseur ?

.....

2. Lorsqu'on effectue le pointage d'un joint à recouvrement, quelle doit être la grosseur habituelle des points ?

.....

3. Lors de l'exécution du soudage d'un joint à recouvrement, comment doivent être la pénétration et la fusion ?

.....

4. Pour quelle épaisseur de tôle le soudage par points bouchons convient-il ?

.....

5. Lors du soudage par points bouchons, quel est l'écartement entre les points ?

.....

6. Quel est le diamètre des trous de la tôle supérieure ?

.....

TRAVAUX PRATIQUE 6.3

SOUDAGE PAR RECOUVREMENT A PLAT

1.1. Objectif :

Apprendre à effectuer correctement le soudage par recouvrement à plat.

1.2. Durée : 5 heures

1.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Equipement :

- Table de soudage avec briques à feu ;
- Soudeuse semi-automatique MIG – MAG complète ;
- Equipement de protection ;
- Cisaille à main ;
- Pince coupante, pince étau à double prise ;
- Outils pour soyage, fer à angle ;

Matière d'œuvre :

- Tôles de 150 x 100 x 1 mm ;
- Tôle de rebut de 1mm d'épaisseur pour essais et réglages ;
- Décapant et chiffons ;
- Produit anti-adhérent ;

1.4. Description du TP :

Le TP permet aux stagiaires d'apprendre à exécuter correctement le soudage par recouvrement à plat.

1.5. Déroulement du TP:

1. Nettoyez la tôle de 150 x 100 x 1mm des traces de rouille ou d'oxydation ;
2. Coupez la tôle de façon à obtenir 2 pièces de 50 x 150 mm ;
3. Effectuez un soyage sur le rebord d'une pièce ;
4. Effectuez l'accostage des deux tôles, l'une avec soyage l'autre avec le bord droit (fig.6.32).
5. Placez deux tôles en porte à faux entre deux briques et maintenez les à l'aide de pinces étaux afin de pouvoir pointer le joint de recouvrement ;
6. Effectuez le pointage des deux tôles (fig.6.33) ;
7. Sur les tôles de rebut effectuez de réglage en vue d'exécuter le cordon de soudure : vérifiez la pénétration et la qualité des soudures ;
8. Une fois le réglage souhaité obtenu, placez les deux tôles préalablement pointées en position à plat.
9. Effectuez le soudage du joint de recouvrement par passes alternatives.

Figure.6.32

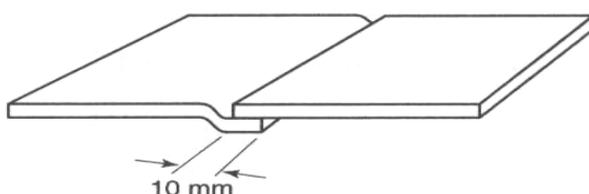
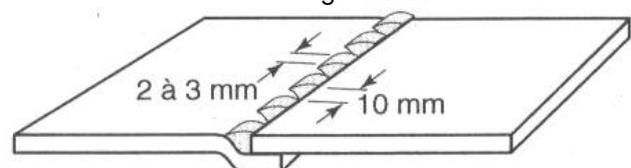


Figure.6.33



TRAVAUX PRATIQUE 6.4

SOUDAGE DE DEUX TOILES SUPERPOSEE PAR POINTS BOUCHONS A PLAT

1.1. Objectif :

Apprendre à effectuer correctement le soudage par points bouchons à plat.

1.2. Durée : 5 heures

1.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Équipement :

- Table de soudage avec briques à feu ;
- Soudeuse semi-automatique MIG – MAG complète ;
- Équipement de protection ;
- Cisaille à main ;
- Perceuse ;
- Pince coupante, pince étau ;

Matière d'œuvre :

- Tôle de 150 x 100 x 1 mm ;
- Tôle de rebut de 1mm d'épaisseur pour essais et réglages ;
- Foret de 8 et de 10 mm;
- Produit anti-adhérent ;

1.4. Description du TP :

Le TP permet aux stagiaires d'apprendre à exécuter correctement le soudage par recouvrement à plat.

1.5. Déroulement du TP:

1. Nettoyez la tôle de 150x100x1mm des traces de rouille ou d'oxydation ;
2. Coupez la tôle de façon à obtenir 2 pièces de 150 x50x 1mm ;
3. Effectuez le perçage d'une tôle tel qu'illustré à la (fig.634).
4. Effectuez de réglage sur les tôles de rebut en vue d'exécuter le soudage par points bouchons.
5. Effectuez l'accostage des deux tôles
6. Placez deux tôles et maintenez les à l'aide de pinces étaux de façon à pouvoir effectuer le bouchonnage en position à plat (Figure.6.35) ;

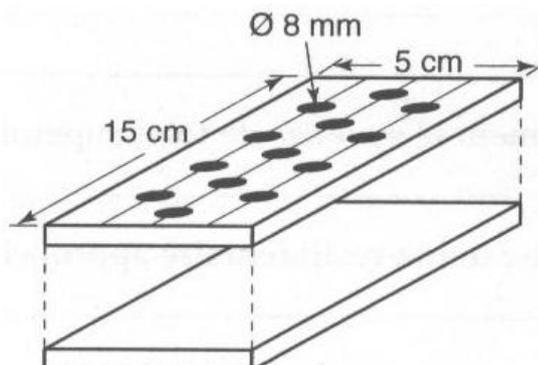


Figure.6.34

7. Effectuez le soudage des points bouchons en s'assurant que la pénétration est complète et le métal d'apport remplit bien le trou d la première tôle (Figure.6.36).

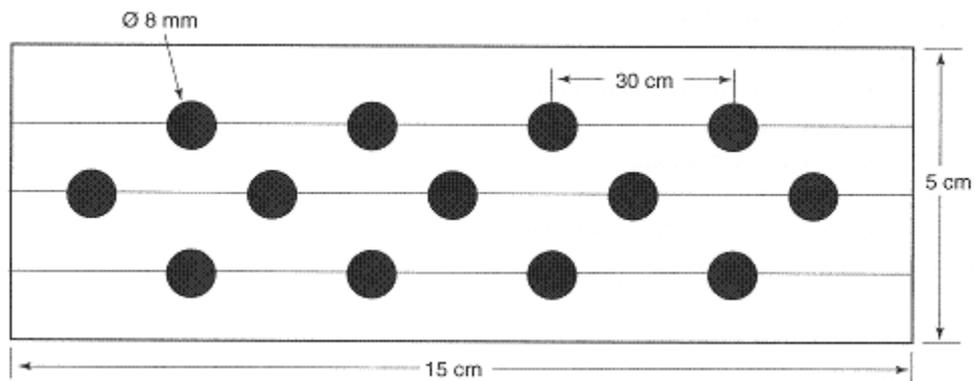


Figure.6.35

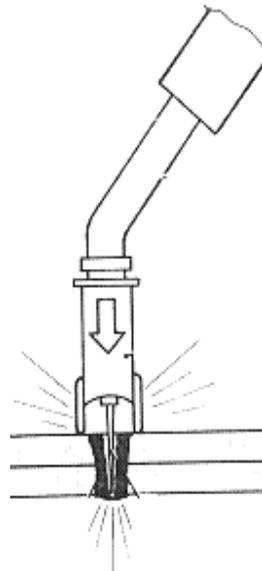


Figure.6.36

Chapitre 7 SOUDAGE ELECTRIQUE PAR RESISTANCE

7.1 Principe du soudage électrique par résistance

Procédé de soudage autogène, sans apport de métal, grâce à une fusion locale provoquée par la concentration d'un courant électrique de forte intensité entre deux électrodes en un temps très court (Figure.7.1).

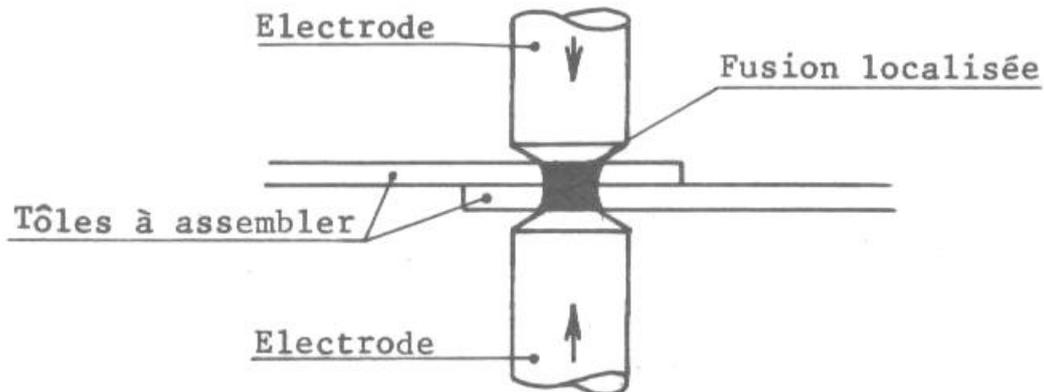


Figure.7.1

Voici les étapes de réalisation du soudage électrique par résistance (Figure.7.2) :

- 1 - La présentation des pièces à assembler ;
- 2 - Le rapprochement des électrodes ;
- 3 - Le passage du courant (chauffage);
- 4 - L'application de la force de compression aux électrodes (soudage);
- 5 - La phase d'écartement des électrodes.

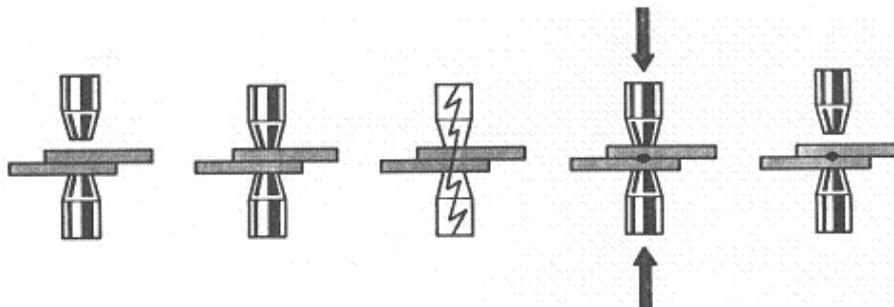


Figure.7.2

Avantages du procédé de soudage par résistance

- Il facilite le soudage des tôles très minces ;
- Il permet un soudage rapide ;
- Il procure une soudure résistante et ce, sans déformation ;
- Le soudage par résistance s'applique à la plupart des métaux, aciers, aciers inoxydables, alliages d'aluminium, cuivre, laiton.

La soudeuse par résistance par points

Il existe plusieurs types d'appareil de soudage par résistance par points qui peuvent être fixe ou portatif.

La soudeuse portative (poste à pinces) est la soudeuse que l'on utilise dans le secteur de la réparation en carrosserie. Le transformateur avec la pince de soudage forme une unité qui pèse généralement entre 10 et 14kg.

La pince de soudage

Composée de deux porte électrodes, deux électrodes et d'un transformateur, comme le montre la figure ci-dessous (Figure.7.3).

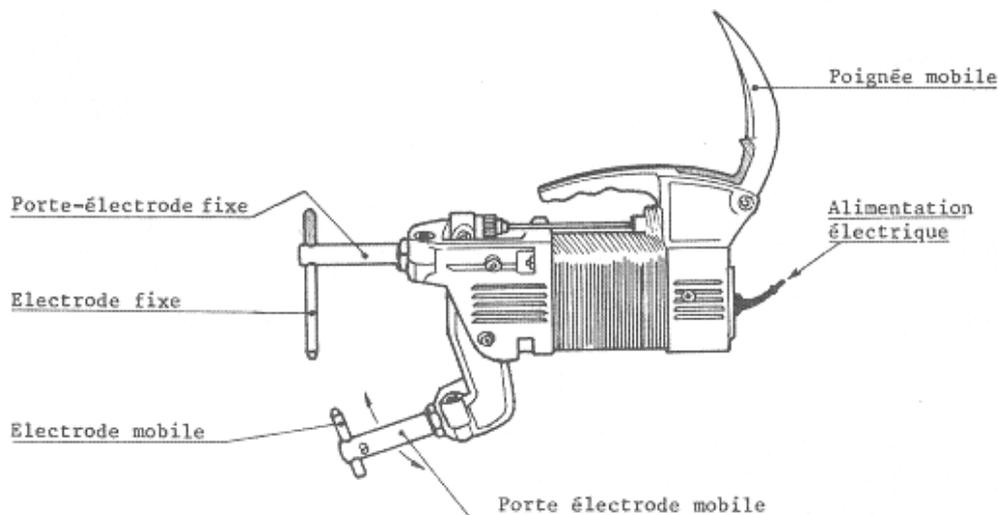


Figure.7.3

Les portes électrodes

Doivent être les plus courts possibles ; ceux qui sont longs donnent une pression inférieure donc, une moins bonne résistance mécanique des points de soudure. Les portes électrodes servent de conducteur pour le passage du courant vers les électrodes. C'est pourquoi ils sont fabriqués avec un matériau qui est bon conducteur (alliage à base de cuivre) (Figure.7.4)

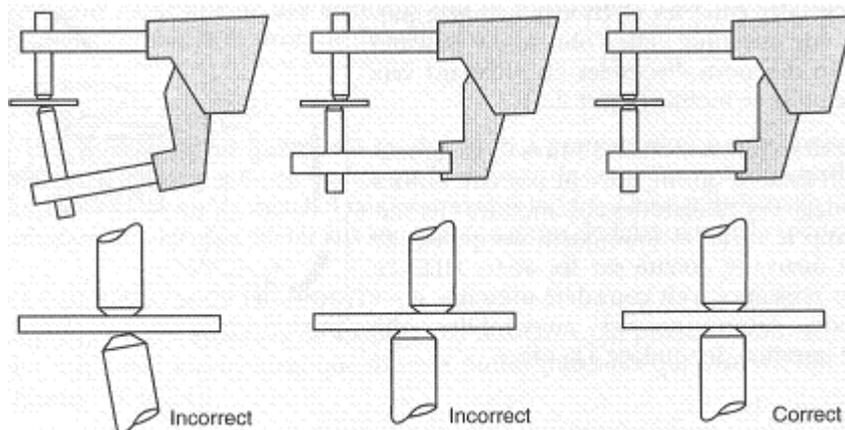


Figure.7.4

Les électrodes

Formes cylindriques, retenues aux portes électrodes au moyen de clavettes. Doivent être en ligne, et leurs pointes parallèle, et forment un angle au sommet d'environ 120° (Fig.7.5) Le bout des électrodes, s'écrasent à l'usage, ce qui occasionne une augmentation du diamètre de leur extrémité. Leur surface de contact avec les tôles doit être affûter fréquemment (Fig.7.6)

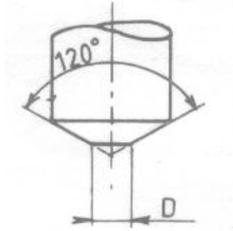


Figure.7.5

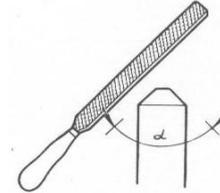


Figure.7.6

Le cycle du soudage

1. L'accostage : Etablissement d'un bon contact entre les deux tôles, par pression entre les deux électrodes
2. Le soudage : Le courant passe entre les électrodes pendant un temps déterminé. La fusion se forme entre les deux épaisseurs.
3. Le forgeage : La pression est maintenue pour permettre au point de soudure de se solidifier.

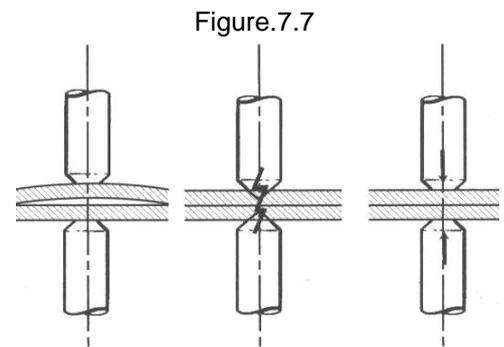


Figure.7.7

Paramètres de réglage

Il est nécessaire d'effectuer le réglage de l'appareil avant de procéder au soudage. Les trois paramètres qui influencent la fusion du métal sont :

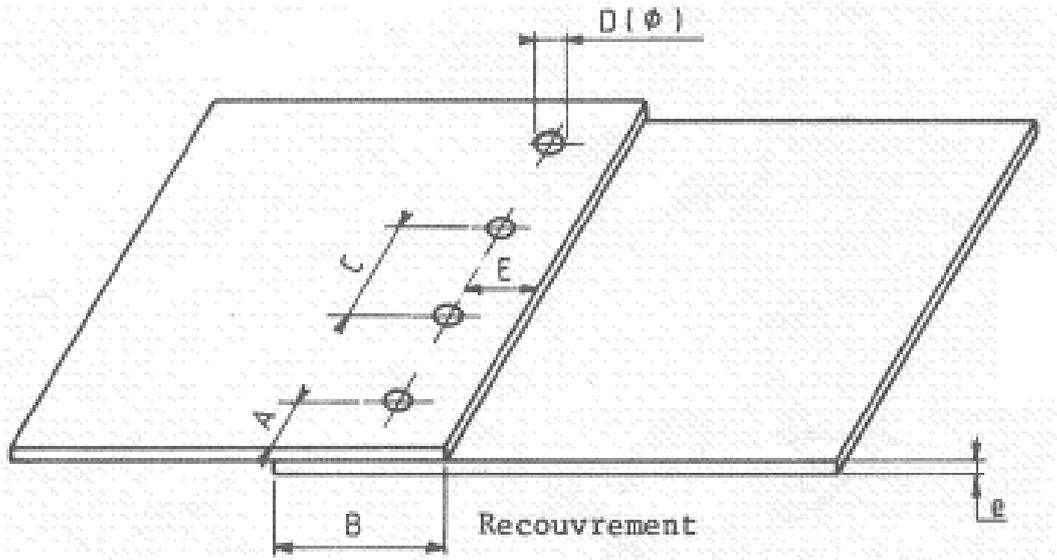
- Pression : Ou effort de serrage, c'est en fonction de l'épaisseur de tôles à assembler et de la longueur des portes électrodes ;
- L'intensité de soudage : Plus l'acier est propre, plus l'intensité doit être grande ;
- Le temps de soudage : Plus l'acier est propre, plus le temps de soudage doit être court. Le temps croit avec les épaisseurs à souder.

Préparation des tôles à souder

- Nettoyer les tôles par meulage ou par décapage afin d'éliminer : rouille, peinture.
- Maintenir les tôles en appui à l'aide de pinces étaux.

Formules de calcul pour préparation

Figure.7.8



- A - Distance du bord de la tôle au 1^{ER} point : $2 e + 4 \text{ mm}$
- B - Recouvrement minimum : $4 e + 8 \text{ mm}$
- C - Pas pour acier doux : $4 D$
- D - Diamètre du point : $2 e + 2$ à 3 mm
- E - Pince : \emptyset du point au minimum.

Pratiquement

- Procéder à des essais dans les mêmes conditions que le travail à effectuer et procéder au déboutonnage des points. Le noyau de la soudure doit rester sur l'une des tôles (Figure.7.9).
- L'intensité de soudage et le temps seront en fonction l'épaisseur la plus mince.

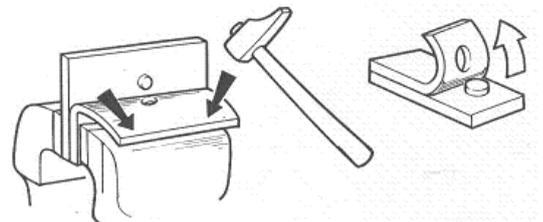


Figure.7.9

Défauts à éviter

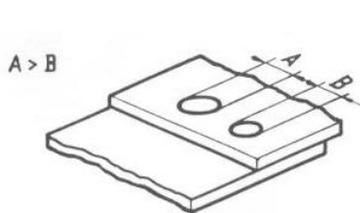


Figure.7.10

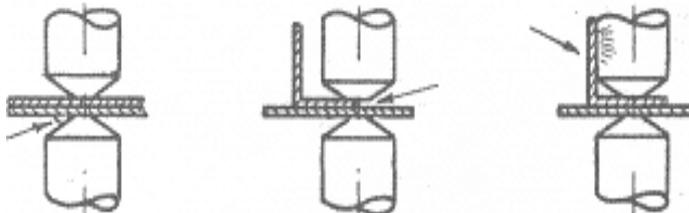


Figure.7.11

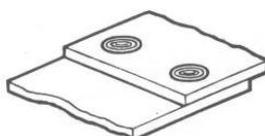


Figure.7.12

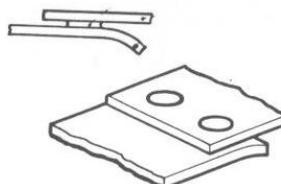


Figure.7.13

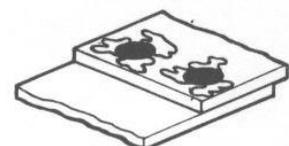


Figure.7.14

- Les diamètres des points ne doivent pas être différent (Figure.7.10).
- Présence d'une vis, porte à faux et contact avec les bords (Figure.7.11).
- Un chauffage excessif provoque des brûlures des points (Figure.7.12).
- Pression excessive ou mauvais état des surfaces de contact (Figure.7.13).
- Un courant trop élevé pour la pression de la pince et une prolongation du temps de soudage provoque une expulsion de métal en surface (Figure.7.14).

Soudage de tôles d'aluminium

Il suffit de recouvrir les tôles d'aluminium à souder par des tôles d'acier de faible épaisseur, et de mettre entre eux de la graisse ou de l'huile pour faciliter le détachement après soudage.

Mesures de sécurité

Le soudage par résistance émet parfois des projections d'étincelles, il est donc indispensable d'avoir une protection individuelle appropriée. Le port de lunettes de sécurité s'impose. il faut s'assurer d'une bonne mise à terre pour être protégé contre la tension du réseau de distribution.

Lors du soudage, les points de soudure deviennent extrêmement chauds : le port des gants de protection vous protégera des brûlures.

Exercice 7.1

1. Quels sont les 4 avantages du procédé de soudage par résistance ?
.....
2. Quel type de soudeuse par résistance utilise-t-on pour la réparation des carrosseries automobiles ?
.....
3. Pourquoi faut-il utiliser les porte électrodes les plus courts possible ?
.....
4. Quelles sont les étapes de réalisation d'une soudure par résistance ?
.....
5. Pourquoi doit-on affûter les électrodes régulièrement ?
.....
6. Nommez les paramètres de réglage du soudage par résistance ?
.....
7. Quel est en ordre le cycle de soudage électrique par résistance ?
.....
8. Nommez 3 mesures de sécurité à prendre lors du soudage électrique par résistance ?
.....
9. Sur un joint dont l'épaisseur des 2 tôles est de 1 et 1,5 mm :
Chercher le pas, la pince, le recouvrement et le diamètre du point.
.....

Résumé

- Le soudage électrique par résistance est un procédé de soudage autogène.
- Le soudage s'effectue par pression, sans métal d'apport et en un temps court.
- Le soudage par résistance facilite le soudage des tôles minces, permet un soudage rapide, résistant et sans déformation.
- Le type de soudeuse que l'on utilise dans le secteur de réparation est la soudeuse Mobiles, portable, appelée aussi poste à pince.
- Les portes électrodes doivent être réglés de façon à ce que les électrodes soient disposées dans le même axe.
- Les trois paramètres qui influencent la fusion du métal sont : la pression, l'intensité du soudage et le temps de soudage.
- Il faut poncer le métal afin de pouvoir établir un bon contact entre les pièces.
- Les étapes de réalisation du soudage d'un point de soudure sont : l'accostage, le soudage et le forgeage.
- Avant d'effectuer le soudage, il faut vérifier le réglage sur des tôles de rebut de même épaisseur et de même nature que les pièces à souder.
- Le soudage par résistance peut parfois émettre des projections d'étincelles ; il est donc indispensable d'avoir une protection individuelle appropriée.

TRAVAUX PRATIQUE 7.1

UTILISATION D'UNE SOUDEUSE PAR RESISTANCE, ESSAIS ET REGLAGES, EXECUTION DE SOUDURE PAR POINT

1.1. Objectif :

- Apprendre à exécuter correctement des soudures électriques par résistance par points.

1.2. Durée : 4 heures

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Equipement :

- Soudeuse électrique par résistance (différents porte électrodes) ;
- Jeux de clés appropriées;
- Electrodes (taille électrode) ;
- Lime douce, papier à poncer ;
- Marteau à panne ronde, pince étau à double prise ;
- Outillage de traçage ;
- Equipement de protection.

Matière d'œuvre :

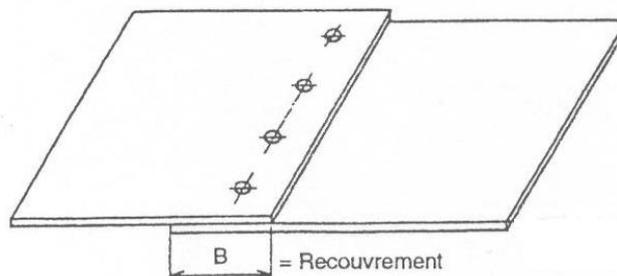
- Tôles de 1 et e 1,5 mm ;
- Tôle de rebut pour essais de réglage (mêmes dimensions) ;
-

I.4. Description du TP :

Le TP permet aux stagiaires d'apprendre à exécuter correctement des soudures électriques par résistance par points avec un réglage adéquat du poste de soudage .

I.5. Déroulement du TP

1. Nettoyez les tôles.
2. Découpez deux pièces de différentes épaisseur 150 x 30 x 1 mm et une autre pièce de dimension 150 x 30 x 1,5 mm ;
3. Poncez les surfaces à souder de façon à rendre le métal à vif.
4. Tracer les endroits où doivent être effectués les points de soudage (appliquez les formules déjà connues).



5. Placez une tôle de 1 mm sur l'autre de 1,5mm de façon à former un joint à recouvrement (utilisez un pince étau).
6. Vérifiez et réglez les paramètres de soudage en fonction de l'épaisseur la plus mince
7. Portez les lunettes de sécurité.
8. Exécutez le soudage à partir du centre de la tôle en allant vers l'extrémité.
9. Effectuez la fermeture complète de la soudeuse par résistance.
10. rangez l'outillage et l'équipement. Nettoyez les lieux de travail.

EVALUATION DE FIN DE MODULE

1. Objectif

Revoir et intégrer l'ensemble de vos apprentissages acquis dans ce module

2. Durée : 8 heures

3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) :

Équipement :

- Table de soudage avec briques à feu ;
- Poste semi-automatique MIG – MAG ;
- Soudeuse électrique par résistance ;
- Poste de soudage à l'arc ;
- Poste oxyacétylénique ;
- Equipement de protection ;
- Jeu de clés pour le montage et le réglage des électrodes ;
- Porte électrode standard ;
- Pince étau à double prise et standard ;
- Outillage de traçage;
- Lime douce ;
- Perceuse,
- Marteau à piquer ;
- Brosse métallique.

Matière d'œuvre :

- Tôle de 150 x 150 x 1 mm pour **la partie A** (à découper en trois pièces de 150 x 50 x 1mm) ;
- Tôle de 150 x 150 x 6 mm pour **la partie B** (à oxycouper en trois pièces de 150 x 50 x 6mm) ;
- Tôle de 100 x 150 x 1 mm pour **la partie C** (à découper en deux pièces de 150 x 50 x 1mm) ;
- Tôle de rebut de 1 mm d'épaisseur pour essais de réglage ;
- Electrodes enrobée de diamètre 3,15mm;
- Baguette de laiton de diamètre 2mm
- forets de 2 et 8 mm ;
- Produits anti-adhérents ;

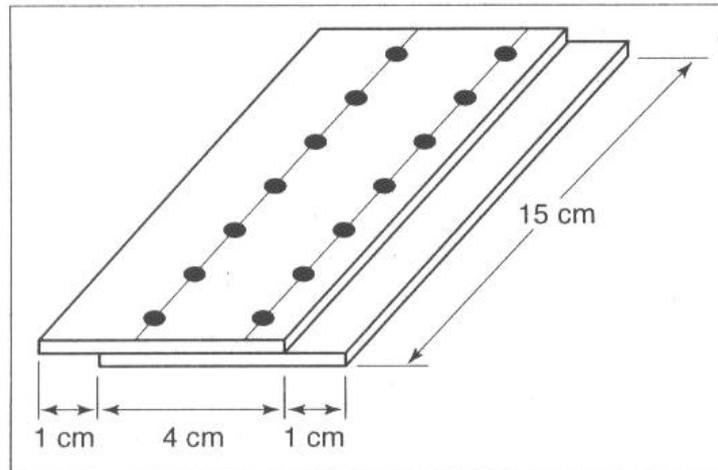
4. Description du TP :

Cette activité synthèse est divisée en 3 parties qui vont mettre à l'épreuve les connaissances acquises tout au long de ce module.

5. Déroulement du TP

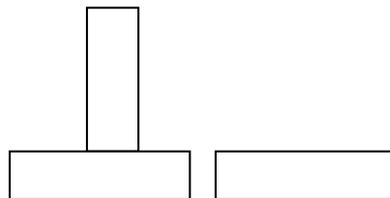
Dans la partie A les stagiaires ont à réaliser :

- Le soudage semi-automatique MIG – MAG de joints bord à bord à plat à joindre au deux pièces du soudage par bouchonnage
- Le soudage semi-automatique MIG – MAG par points bouchons à plat



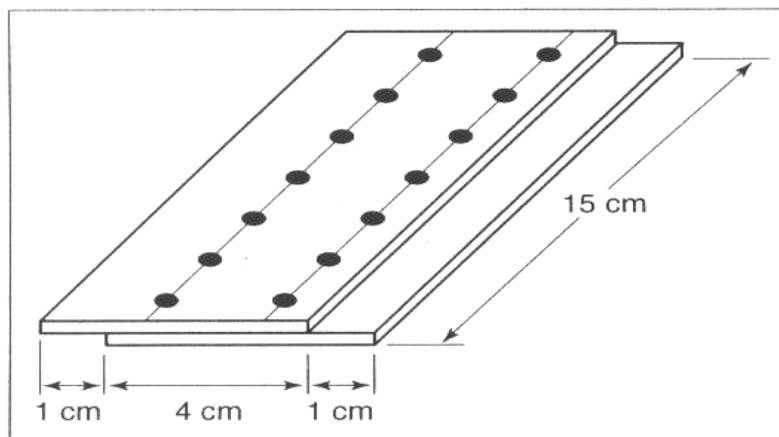
Dans la partie B les stagiaires ont à réaliser

- Le soudage à l'arc électrique avec électrode enrobée bord à bord ;
- Le soudage à l'arc électrique avec électrode enrobée de 2 plaques qui forment un joint en angle intérieur.



Dans la partie C les stagiaires ont à réaliser

- Sur une ligne réaliser le soudage par résistance par points, sur la deuxième réaliser le soudobrasage par bouchonnage de 2 tôles superposées.



Liste des références bibliographiques.

Ouvrage	Auteur	Edition
Les procédés de soudage	A F P A / FRANCE	
Soudage de différents métaux	CEMEQ / CANADA	Nancy Laliberté
Soudage Coupage	SAF	Catalogue général
Le soudage à la flamme	CASTOLLN EUTECTIC	Catalogue constructeur
Technique de réparation	Document FIAT	Catalogue constructeur
Assemblage thermique	Souris chaudronneuse	Site Internet Yahoo

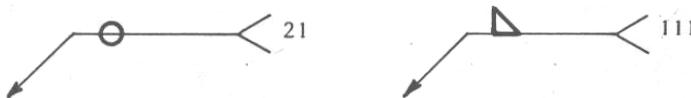
NB : Outre les ouvrages, la liste peut comporter toutes autres ressources jugées utiles (Sites Internet, Catalogues constructeurs, Cassettes, CD,...)

ANNEXE

Nomenclature des procédés de soudage les plus courants d'après NFE04-021

PROCEDE DE SOUDAGE	
311	Soudage oxyacétylénique
111	Soudage électrique à l'arc électrode enrobée
135	Soudage semi automatique MAG
131	Soudage semi automatique MIG
97	Soudobrasage
21	Soudage électrique par résistance par points

Exemple



Symboles élémentaires

N°	Désignation	Représentation simplifiée	symbole
1	Soudure sur bord relevé		
2	Soudure sur bord droit		
3	Soudure en V		
4	Soudure en U		
5	Soudure en angle		
6	Soudure par point		