OFPPT

ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail

Résumé Théorique
&
Guide de Travaux Pratiques

Module n°:4 **SOUDER A L'ELECTRODE ENROBEE**

Secteur : Constructions métalliques

Spécialité : Ferronnerie d'Art

Niveau : Spécialisation

Document élaboré par :

Nom et prénom	Affectation
Gabriel NAE	CDC GM

Durée : 40 heures

10 heures théoriques

30 heures pratiques

OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU

DE COMPORTEMENT

COMPORTEMENT ATTENDU

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit souder à l'arc électrique avec électrodes enrobées **sur des tôles et des barres en position** selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.

CONDITION D'EVALUATION

Travail individuel à partir :

- D'un plan de définition
- De croquis ou de dessin à main levée
- De pièces existantes
- De directives

à l'aide :

- De poste de soudage électrique à l'arc procédé 111(électrode enrobée)
- De matériel de protection
- D'outillages d'exécution

CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE

- Respect de la méthode de travail
- Respect des croquis
- Respect des règles de sécurité
- Utilisation adéquate des postes et d'outillage
- Application des critères de qualité

OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT	
PRECISIONS SUR LE COMPORTEMENT ATTENDU	CRITERES PARTICULIERS DE PERFORMANCE
Souder en position à plat	Respect des règles de sécurité Respect des consignes données par le formateur Préparation des pièces à souder selon les règles prescrites. Choix des paramètres de réglage Respecter de la bonne qualité de soudure
Souder en angles en position	Respect des règles de sécurité Respect des consignes données par le formateur Préparation des pièces à souder selon les règles prescrites. Choix des paramètres de réglage Respecter de la bonne qualité de soudure
Souder bout à bout en positions	Respect des règles de sécurité Respect des consignes données par le formateur Préparation des pièces à souder selon les règles prescrites. Choix des paramètres de réglage Respecter de la bonne qualité de soudure

OBJECTIFS OPERATIONNELS DE SECOND NIVEAU

Le stagiaire doit maîtriser les savoirs, savoir-faire, savoir percevoir ou savoir être juges préalables aux apprentissages directement requis pour l'atteinte de l'objectif opérationnel de premier niveau, ainsi :

Avant d'apprendre à souder à plat (rutile et basique) (A)

Appliquer les techniques de préparation

Choisir les paramètres de réglage

Effectuer la répartition des passes de soudure

Avant d'apprendre à souder en position verticale montante, descendante sur angles (rutile et basique) (B) :

Appliquer les techniques de préparation

Choisir les paramètres de réglage

Effectuer la répartition des passes de soudure

SOUDURE A L'ARC ELECTRIQUE PROCEDE 111(ELECTRODE ENROBEE)

A. THEORIE

1 - Définition du procédé :

Le soudage à l'arc à l'électrode enrobée est réalisé à partir d'un arc électrique créé et entretenu entre l'âme métallique de l'électrode et la pièce à souder. L'énergie calorifique de l'arc fait fondre simultanément et très localement la pièce à assembler, l'âme métallique de l'électrode et l'enrobage pour constituer le bain de fusion et après refroidissement le cordon de soudure recouvert d'un laitier protecteur qui se détache plus ou moins facilement. Un générateur électrique fournit le courant continu ou alternatif avec une intensité variant de 30 à 400 ampères en fonction de différents paramètres comme le diamètre de l'électrode, la nature de l'enrobage, la position de soudage, le type d'assemblage, la dimension et la nuance des pièces à assembler.

2 - Principe du procédé :

L'électrode enrobée est placée et serrée sur la pince porte électrode reliée sur l'une des bornes électriques de sortie du poste de soudage. Le connecteur de pièce est reliée au générateur et est placée sur la pièce à souder. L'amorçage de l'arc est réalisée en frottant l'extrémité de l'électrode sur la pièce et en écartant de quelques millimètres le bout de l'électrode lorsque l'arc jaillit. Ensuite il faut entretenir cet arc électrique afin d'éviter la rupture d'arc en veillant à maintenir une distance constante la plus faible possible entre le bout de l'électrode et la pièce à souder.

3 - Définition de l'électrode enrobée :

L'électrode est constituée de deux parties distinctes :

L'âme : partie métallique cylindrique placée au centre de l'électrode. Son rôle principal est de conduire le courant électrique et d'apporter le métal déposé de la soudure.

L'enrobage : partie extérieure cylindrique de l'électrode. Il participe à la protection du bain de fusion de l'oxydation par l'air ambiant en générant une atmosphère gazeuse entourant le métal en fusion. L'enrobage dépose, lors de sa fusion, un laitier protecteur sur le dessus du cordon de soudure. Ce laitier protège le bain de fusion de l'oxydation et d'un refroidissement trop rapide. L'enrobage a un **rôle électrique**, assure la stabilité et la continuité de l'arc par son action ionisante. L'enrobage a un **rôle métallurgique**, il permet d'apporter les éléments chimiques spéciaux d'addition nécessaires. Sa composition chimique et physique est très complexe.

Le diamètre de l'électrode enrobée varie de Ø 1,6 à Ø 8 mm. La longueur totale est comprise entre 250 et 500 mm

4 - Classification des enrobages des électrodes enrobées :

Acide ou A (à base d'oxyde de fer et de ferro-alliages)

Basique ou B (à base de carbonate de calcium et de fluor de calcium)

Cellulosique ou C (à base de cellulose)

Oxydant ou O (à base d'oxyde de fer et de ferro-alliages)

Rutile ou R (à base d'oxyde de titane)

Les électrodes enrobées utilisées sont couramment :
Rutiles pour les travaux courants.
Basiques pour tous les travaux de sécurité (appareils à pression)
Cellulosiques pour les soudures à forte pénétration en position descendante

5 - Étuvage des électrodes enrobées :

Les électrodes à enrobage basique doivent être étuvées dans un four-étuve à 300° Celsius pendant 2 heures. Après étuvage, les électrodes à enrobage basique doivent être conservées à une température de 120° Celsius dans des étuves portatives sur le lieu de soudage. Les autres
types d'électrodes à enrobage rutile, cellulosique et acide sont conservées dans un local chauffé avec une humidité relative inférieure à 60%.

6 - Paramètres de soudage par diamètre des électrodes enrobées :

Lorsque l'intensité est trop faible, il y a collage de l'électrode enrobée sur la pièce à souder, la fusion est molle et la pénétration est faible, l'amorçage est difficile, une instabilité de l'arc et une mauvaise compacité du métal déposé (présence de défaut type soufflure et inclusion de laitier)

Lorsque l'intensité est trop forte, vous constatez des projections importantes au abord du joint, des écoulements de métal lors du soudage en position.

Ø électrode	Enrobage mince	Enrobage semi-épais	Enrobage épais
Ø 1,6 mm	25 A	30 A	35 A
Ø 2,0 mm	40 A	50 A	55 A
Ø 2,5 mm	60 A	70 A	75 A
Ø 3,2 mm	90 A	100 A	110 A
Ø 4,0 mm	130 A	150 A	160 A

Le réglage de l'intensité appliquée à l'électrode dépend :

du diamètre de l'électrode (voir tableau ci-dessus)

de la nature de l'âme de l'électrode

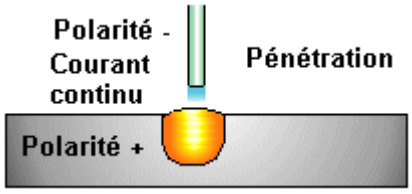
de la nuance des pièces à assembler

de la position de soudage

du type d'assemblage rencontré

de l'épaisseur des pièces à souder

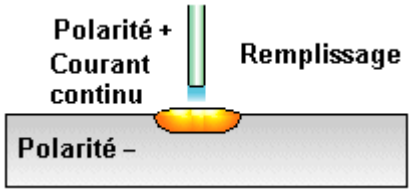
7 - La polarité de l'électrode enrobée :



Les passes de pénétration (non reprises à l'envers) réalisées à l'électrode enrobée avec un générateur à courant continu sont généralement effectuées avec la **polarité négative** à l'électrode.

La fiche du câble de la pince porte électrode est raccordée à la borne (-)

La fiche du câble de la pince de masse ou connecteur de pièce est raccordée à la borne (+)



Les passes de remplissage et de finition réalisées à l'électrode enrobée avec un générateur à courant continu sont généralement effectuées avec la **polarité positive** à l'électrode.

La fiche du câble de la pince porte-électrode est raccordée à la borne (+)

La fiche du câble de la pince de masse ou connecteur de pièce est raccordée à la borne (-)

8 - Les différents types de générateurs de soudage :

Les générateurs de soudage transforment le courant du réseau (tension élevée et faible intensité) en courant de soudage (tension relativement faible et intensité élevée). Ils permettent un réglage de l'intensité du courant de soudage.

Les différents types de postes de soudage ou générateurs sont :

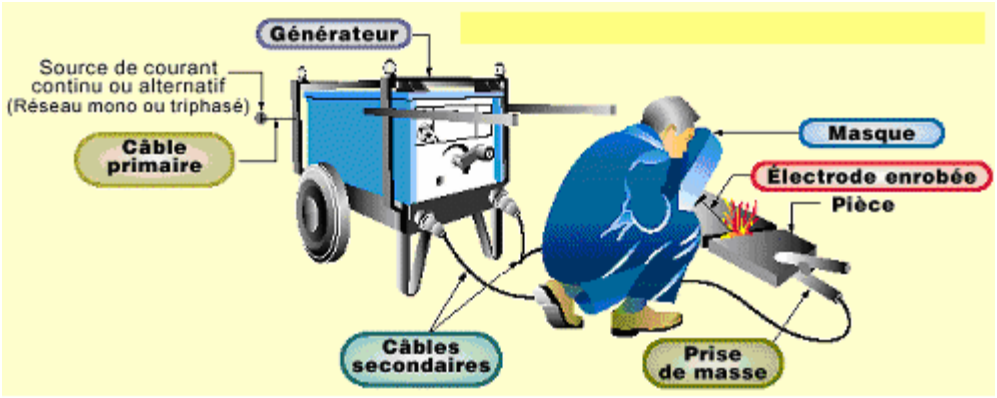
Les **transformateurs statiques monophasés** qui fournissent du courant alternatif à 50 hertz. Ces postes sont les plus économiques du marché et les plus simples.

Les **transformateurs statiques monophasés ou triphasés à redresseur** (pont de diodes, thyristors ou transistors) qui fournissent du courant continu. Les bornes électriques de sortie sont repérées par les signes conventionnels (+) et (-).

Les **groupes rotatifs à changeur de fréquence**. Ils se composent d'un moteur entraînant une génératrice à courant alternatif de 150 à 450 Hertz.

Les **transformateurs rotatifs à redresseur** qui fournissent un courant continu redressé.

9 - Le croquis didactique du procédé de soudage :



10 - Installation de soudage à l'arc à l'électrode enrobée :

Un générateur de courant (poste de soudage)

Une pince porte-électrode avec câble conducteur

Une pince de masse ou connecteur de pièce avec câble conducteur

Une étuve portative pour les électrodes basiques

Un masque avec verres teintés spéciaux de 11 à 13

Une combinaison de soudeur et gants en cuir souple

Un marteau à piquer et une brosse métallique

Une meuleuse d'angle électrique

Des écrans ou rideaux de protection

Une ventilation dans les endroits confinés

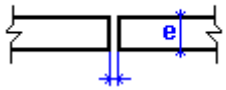
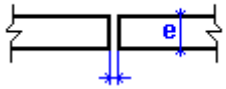
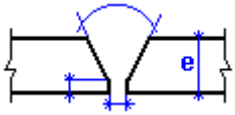
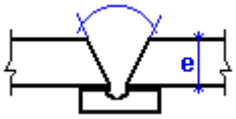
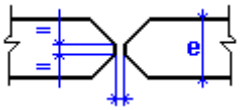
QUELQUES PRÉPARATIONS DE JOINTS			
Epaisseur en mm	Fourchette d'intensité	Ø électrode	Préparation
De 1,0 à 2,5 mm	30 à 60 ampères	Ø 1,6 mm	
De 2,0 à 4,0 mm	50 à 90 ampères	Ø 2,0 à 3,2 mm	
De 4,0 à 20 mm	60 à 200 ampères	Ø 2,5 à 5,0 mm	
De 4,0 à 20 mm	70 à 200 ampères	Ø 2,5 à 5,0 mm	
De 8,0 à 30 mm	80 à 200 ampères	Ø 3,2 à 5,0 mm	

TABLEAU DES DÉFAUTS RENCONTRES		
DÉFAUTS RENCONTRES	ORIGINES PROBABLES	SOLUTION A ADOPTER
Morsures et caniveaux le long du cordon de soudure	Mauvais balancement de l'électrode Intensité de soudage trop élevée Vitesse de soudage trop rapide Tôles insuffisamment blanchies	Insister sur les bords du chanfrein lors du soudage. Vérifier les paramètres de soudage. Nettoyer correctement les rives.
Cordon trop bombé ou	Vitesse de soudage inadaptée	Vérifier vos valeurs de soudage et faites varier les

cordon trop creux	et intensité mal réglée.	deux paramètres lors du soudage.
Manque de pénétration	Diamètre de l'électrode trop grosse en première passe. Préparation des chanfreins inadaptée. Jeu d'écartement entre les deux pièces trop faible ou non constant. Entraînement du soudeur insuffisant.	
Soufflures dans la soudure	Causes multiples : Pièces humides ou sales. Électrodes non étuvées donc humides. Arc trop long lors du soudage. Intensité trop faible.	Sécher et dégraisser les pièces à assembler. Étuver les électrodes basiques dans un four à 300° C pendant au moins 1 heure. Étuver les électrodes rutiles dans un four à 100° C pendant au moins 1 heure. Réduire la distance électrode/pièce lors du soudage.
Projections sur les bords des pièces	Intensité trop forte. Mauvais raccordement du connecteur de pièce. Électrodes non étuvées	Adapter l'intensité du courant au diamètre de l'électrode. Étuver les électrodes basiques dans un four à 300° C pendant au moins 1 heure. Étuver les électrodes rutiles dans un four à 100° C pendant au moins 1 heure.
Rougissement important de l'électrode	Intensité trop élevée. Arc trop long lors du soudage.	Adapter l'intensité du courant au diamètre de l'électrode. Réduire la distance électrode/pièce lors du soudage.

B. PRATIQUE

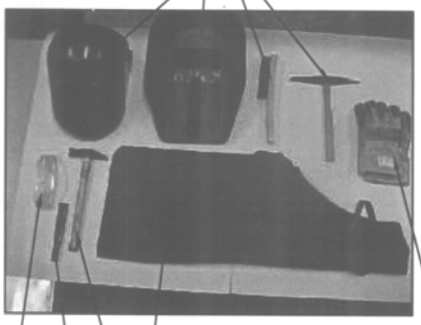
Exercice 1 :

N° NOM: PRENOM:

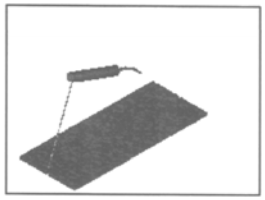
fiche de soudage

classe: année:

masque de soudage
casque de soudage
brosse métallique
marteau a piquer



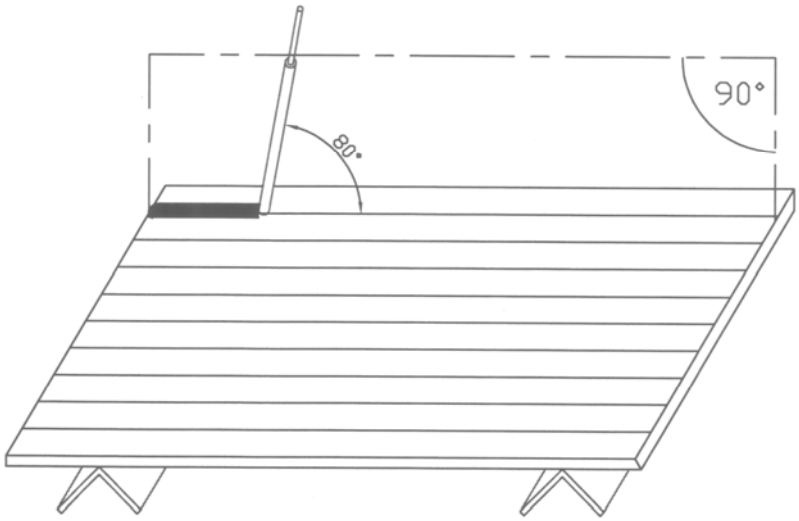
gants de protéction
tablier en cuir
marteau
burin
lunette transparente



111

LIGNES DE FUSION

* POSTE N°	
* MATIERE:	
* DIMENSIONS:	
* ELECTRODE:	
* POLARITE:	
* POSITION:	
* INTENSITE:	



DIRECTIVES

Tracer des lignes distantes de 15mm dans le sens de la longueur puis les marquer au pointeau.
amorcer l'arc a l'extrémité gauche de la premiére ligne.
Maintenir un arc court et avancer de facon réguliéren en assurant la rectitude du cordon.
L'angle de l'éléctrode doit étre comprise entre 70 à 80°.
Enlever le laitier aprés refroidissement, néttoyer le cordon a la brosse métallique.
Supprimer les projection avec un burin.

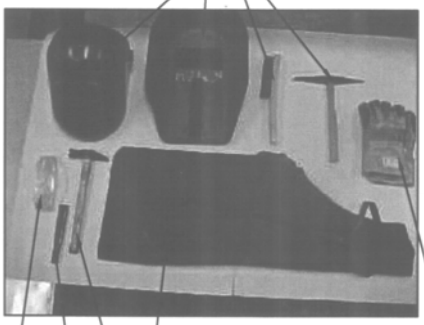
Exercice 2 :

N° NOM: PRENOM:

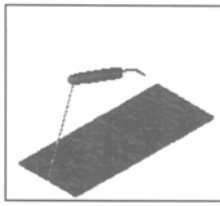
fiche de soudage

classe: année:

masque de soudage
casque de soudage
brosse métallique
marteau a piquer



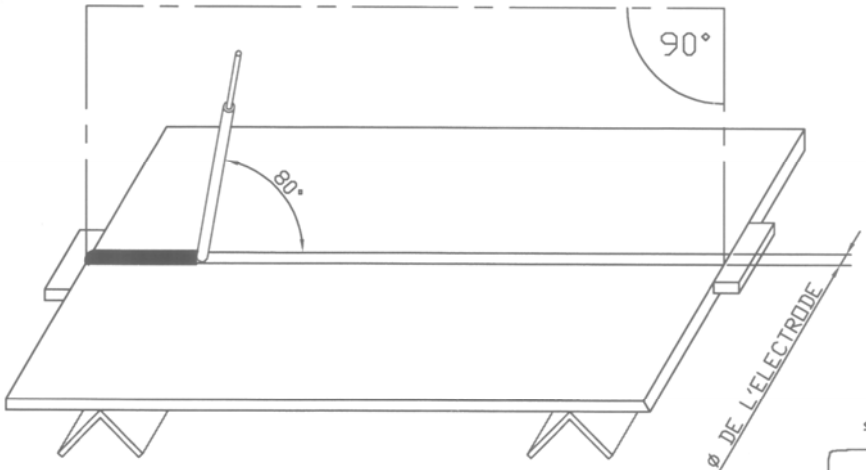
gants de protéction
tablier en cuir
marteau
burin
lunette transparente



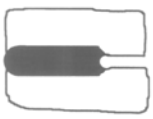
111

BORD A BORD

* POSTE N°	
* MATIERE:	
* DIMENSIONS:	
* ELECTRODE:	
* POLARITE:	
* POSITION:	
* INTENSITE:	



schéma



DIRECTIVES

Pointer les deux tôles avec un jeu égale au Ø de l'éléctrode.
Amorçer l'éléctrode,puis créer un trou est imprimer un mouvement en forme de U autour de celui-ci(voir schéma) qu'il faudra maintenir constant.
maintenir une avance réguliére avec un arc court.Pour les reprises, amorcer l'arc 1cm en retrait du cordon.
Enlever le laitier, néttoyer a la brosse métallique.

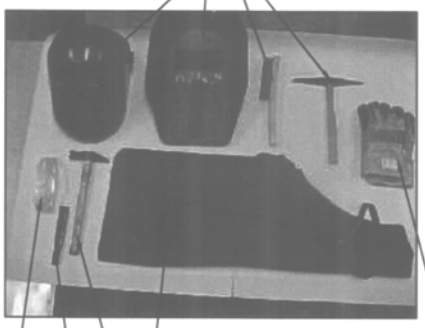
Exercice 3 :

N° NOM: PRENOM:

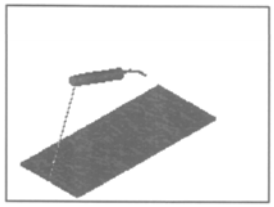
fiche de soudage

classe: année:

masque de soudage
casque de soudage
brosse métallique
marteau a piquer



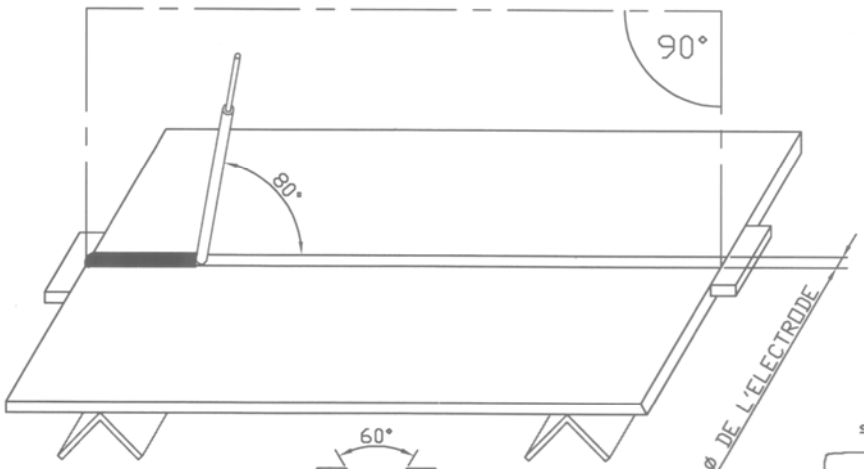
gants de protection
tablier en cuir
marteau
burin
lunette transparente



111

BORD A BORD AVEC CHANFREIN

* POSTE N°	
* MATIERE:	
* DIMENSIONS:	
* ELECTRODE:	
* POLARITE:	
* POSITION:	
* INTENSITE:	



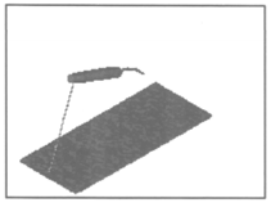
schéma

DIRECTIVES

Pointer les deux tôles avec un jeu égale au Ø de l'éléctrode et un talon de 3mm.
1re passe:amorçer l'éléctrode,puis créer un trou est imprimer un mouvement en forme de U autour de celui-ci(voir schéma) qu'il faudra maintenir constant, garder un arc court est une inclinaison de 70 à 80°.Nettoyer soigneseument et blanchir le cordon avec une meule.
Autres passes:augmenter légérement l'intensité est le diamétre de l'éléctrode pour le remplissage.
Enlever le laitier, néttoyer a la brosse métallique.
Supprimer les projections avec un burin.

Exercice 4 :

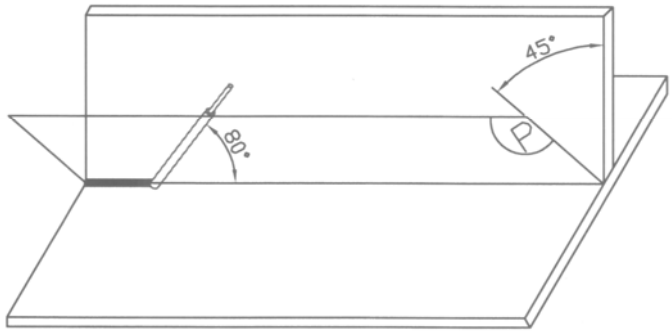
N°	NOM:	fiche de soudage	classe:
	PRENOM:		année:



111

ANGLE INTERIEUR

* POSTE N°	
* MATIERE:	
* DIMENSIONS:	
* ELECTRODE:	
* POLARITE:	
* POSITION:	
* INTENSITE:	



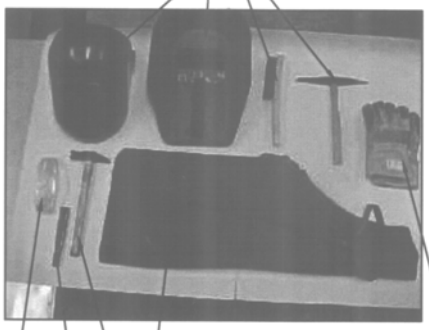
DIRECTIVES

Pointer les deux tôles perpendiculairement l'une a l'autre.
Amorçer l'éléctrode côté opposé aux points.
Maintenir une avance réguliére avec un arc court, angle de léléctrode entre 70 à 80° dans un plan bissecteur à 45°.
Pour les reprises, amorcer l'arc 1cm en retrait du cordon aprés en avoir néttoyé l'extrémité.
Enlever le laitier, néttoyer a la brosse métallique.
Enlever les projections avec un burin.

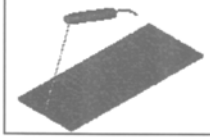
Exercice 5:

N°	NOM:	fiche de soudage	classe:
	PRENOM:		année:

masque de soudage
casque de soudage
brosse métallique
marteau a piquer



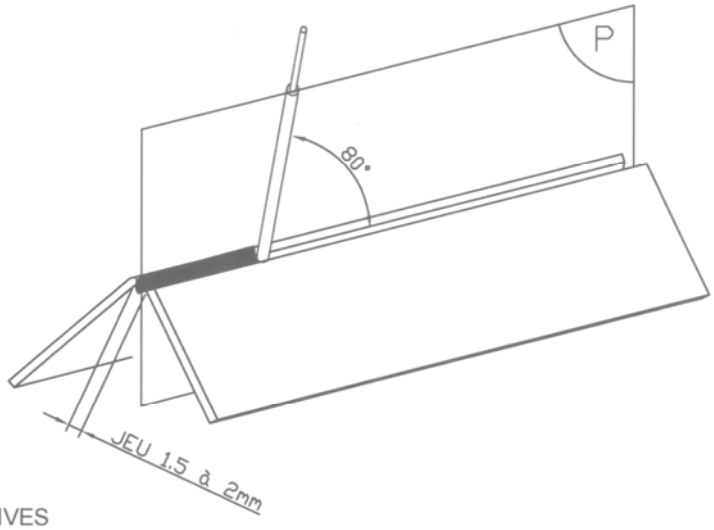
gants de protéction
tablier en cuir
marteau
burin
lunette transparente



111

ANGLE EXTERIEUR

* POSTE N°	
* MATIERE:	
* DIMENSIONS:	
* ELECTRODE:	
* POLARITE:	
* POSITION:	
* INTENSITE:	



schéma

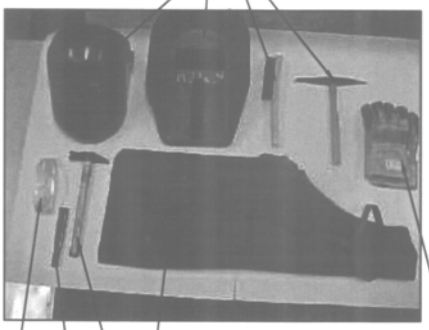
DIRECTIVES

Pointer les deux tôles avec un jeu de 1.5 à 2mm.
Amorçer l'éléctrode,puis créer un trou est imprimer un mouvement en forme de U autour de celui-ci(voir schéma) qu'il faudra maintenir constant.
maintenir une avance réguliére avec un arc court dans un plan bissecteur.
Pour les reprises, amorcer l'arc 1cm en retrait du cordon.
Enlever le laitier, néttoyer a la brosse métallique.
Supprimer les projections avec un burin.

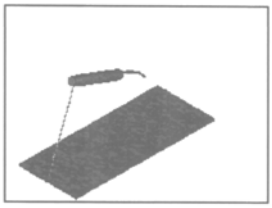
Exercice 6:

N°	NOM:	fiche de soudage	classe:
	PRENOM:		année:

masque de soudage
casque de soudage
brosse métallique
marteau a piquer



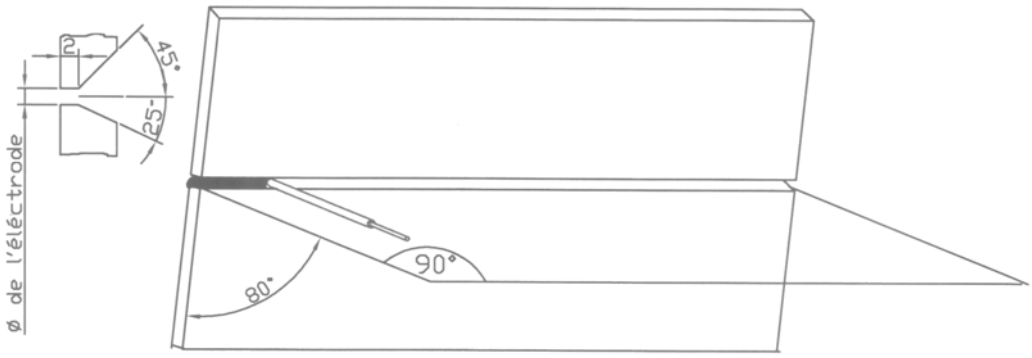
gants de protéction
tablier en cuir
marteau
burin
lunette transparente



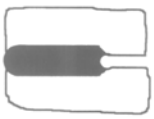
111

BORD A BORD
HORIZONTALE

* POSTE N°	
* MATIERE:	
* DIMENSIONS:	
* ELECTRODE:	
* POLARITE:	
* POSITION:	
* INTENSITE:	



schéma



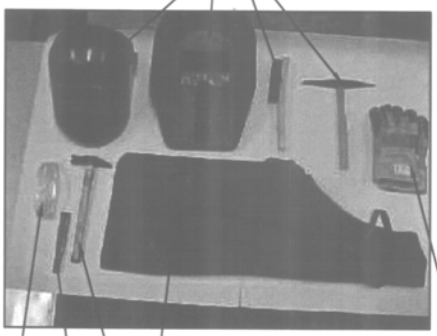
DIRECTIVES

Pointer les deux tôles avec un jeu égale au Ø de l'éléctrode et un talon de 2mm.
Amorçer l'éléctrode plaquer le sur la tôle,puis créer un trou est imprimer un mouvement en forme de U autour de celui-ci(voir schéma) qu'il faudra maintenir constant, garder un arc court est une inclinaison de 70 à 80°.
Enlever le laitier, néttoyer a la brosse métallique.
Supprimer les projections avec un burin.

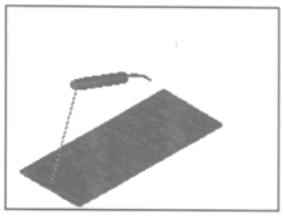
Exercice 7:

N°	NOM: PRENOM:	fiche de soudage	classe: année:

masque de soudage
casque de soudage
brosse métallique
marteau a piquer



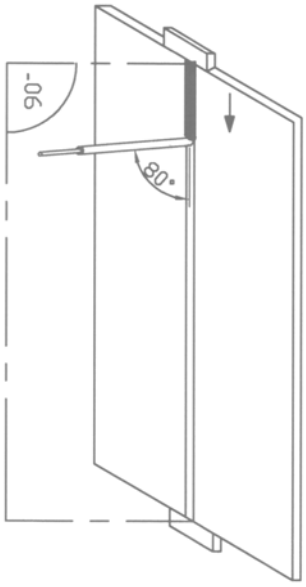
gants de protéction
tablier en cuir
marteau
burin
lunette transparente



111

BORD A BORD DESCENDANTE

* POSTE N°	
* MATIERE:	
* DIMENSIONS:	
* ELECTRODE:	
* POLARITE:	
* POSITION:	
* INTENSITE:	



schéma

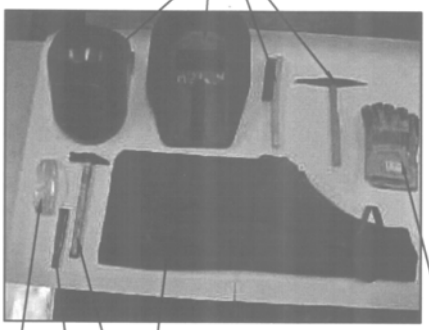
DIRECTIVES

Pointer les deux tôles avec un jeu égale au Ø de l'éléctrode moins un et un talon de 3mm.
1re passe:amorçer l'éléctrode et plaquer le contre la tôle est descendre,puis créer un trou est imprimer un mouvement en forme de U autour de celui-ci(voir schéma) qu'il faudra maintenir constant, garder un arc court est une inclinaison de 70 à 90°.
Nettoyer soigneseument le cordon avec une brosse métallique st supprimer les projections avec un burin.

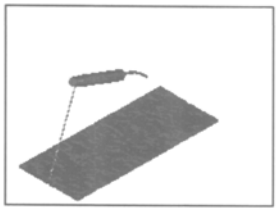
Exercice 8:

N°	NOM:	fiche de soudage	classe:
	PRENOM:		année:

masque de soudage
casque de soudage
brosse métallique
marteau a piquer



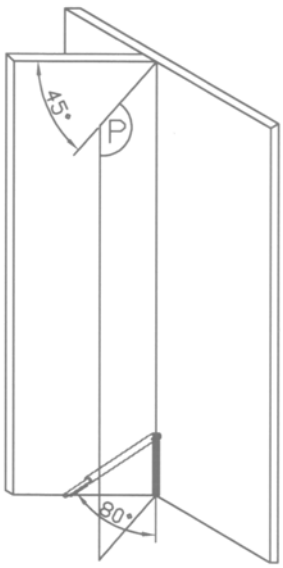
gants de protéction
tablier en cuir
marteau
burin
lunette transparente



111

ANGLE
INTERIEUR
MONTANTE

* POSTE N°	
* MATIERE:	
* DIMENSIONS:	
* ELECTRODE:	
* POLARITE:	
* POSITION:	
* INTENSITE:	



SHEMA

DIRECTIVES

Pointer les deux tôles perpendiculairement l'une a l'autre.
Amorçer l'éléctrode côté opposé aux points.
Déplacer rapidement l'éléctrode de gauche a droite en imprimant le mouvement indiqué sur la shéma,marquer un temps d'arrêt sur les extrémités.
Maintenir une avance réguliére avec un arc court, angle de léléctrode entre 70 à 80°.
Pour les reprises, amorcer l'arc 1cm en retrait du cordon aprés en avoir néttoyé l'extrémité.
Enlever le laitier, néttoyer a la brosse métallique.
Enlever les projections avec un burin.