PLAN DE COURS:

Soudage et CND

Rédigé par:

YOUNES R.

Partie 1:

Soudage

Université Abderrahmane Mira-Béjaia

Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique

Master : Génie des matériaux

Unité d'enseignement:

Intitulée du module : Soudage et CND

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de cet enseignement est de montrer aux étudiants comment les propriétés d'assemblage de matériauxet comment celle-ci peut être modifiée pour les améliorer. Fournir aux étudiants une formation scientifique et technologique sur les techniques d'assemblage de pièces de différents matériaux.

Visées d'apprentissage

La compétence visée par ce cours, dans son ensemble, est « d'être capable de concevoir, d'analyser et d'implémenter un système théorique en relation avec état de surface pour le choix des outils à utiliser est très important pour le but de répondre aux exigences d'un commanditaire ».

Connaissances préalables recommandées:

Transformation de phases, RDM, Transfert de chaleur.

I.1 L’influence des paramètres de soudage

I.1.1 L’influence de la tension

- La longueur d’arc, La tension d’arc est fonction croissante de la longueur d’arc pour une intensité de courant donnée.
- Le profil de cordon.
- Le profil de la pénétration.
- Fusion.

I.1.2 L’Influence du diamètre de fil utilisé

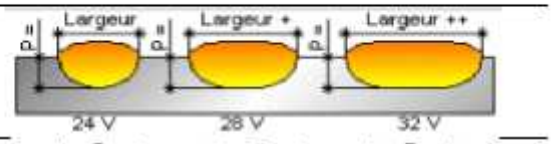
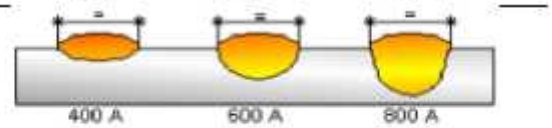
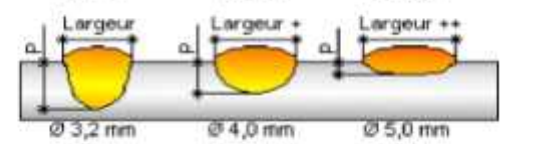
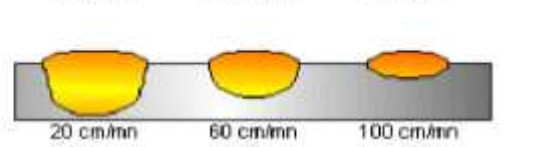
Le diamètre de fil utilisé influence:

- L’intensité de courant.
- Généralement diamètre plus élevé = intensité de courant plus élevé.
- La pénétration.
- La fusion
- La vitesse d’avance.
- diminution de la chaleur émise à la pièce.

I.1. L’influence Vitesse de déplacement

- Augmentation de la vitesse de déplacement.
- Réduction de la pénétration.
- Réduction de la dimension du cordon de soudage.

Tableau 1 : L’influence des paramètres du soudage sur le cordon de soudage.

Si valeurs augmentées	Largeur	Pénétration	Représentation graphique
TENSION	+	=	
INTENSITÉ	=	+	
Ø FIL	+	-	
VITESSE SOUDAGE	-	-	

II.2 Les défauts des soudages

II.2.1 Les fissures

a) Les fissures transversales :

Sont perpendiculaires à l'axe de la soudure. Celles-ci peuvent être limitées en taille et contenues entièrement dans le métal de soudure ou bien se propager dans la zone adjacente affectée par la chaleur puis dans le métal de base à partir du métal de soudure.

Dans certains assemblages soudés, les fissures transversales se forment dans la zone affectée par la chaleur et non pas dans la soudure. Les fissures transversales sont généralement le résultat de contraintes de retrait longitudinal agissant sur le métal fondu de faible ductilité. La fissuration par hydrogène du métal fondu peut être orientée dans le sens transversal.

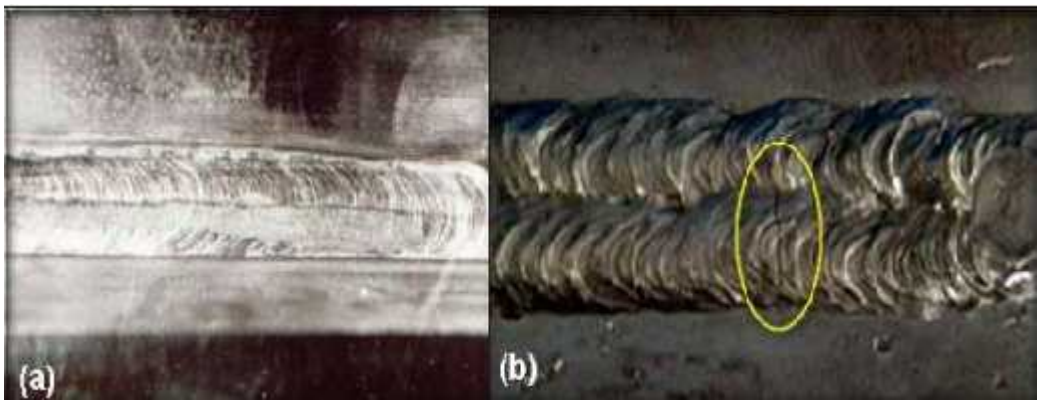


Figure 1 : Fissure sur un cordon de soudure : (a) longitudinale, (b) Transversale.

b) Fissures de Racine

Ce sont des fissures longitudinales à la racine de la soudure ou de la surface de la racine (Figure.2). Elles peuvent être des fissures à chaud ou à froid

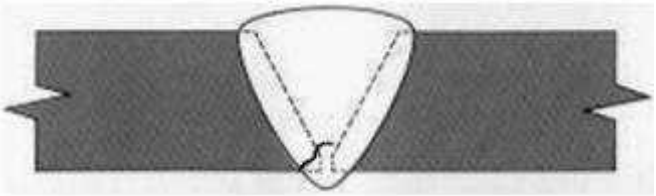


Figure 2 : Fissure de Racine.

c) Fissures au raccordement

Ce sont généralement **des fissures à froid**. Elles apparaissent et **se propagent depuis l'extrémité de la soudure où les contraintes de retrait sont concentrées**. Les fissures au

raccordement apparaissent à peu près à la normale de la surface du métal de base. **Ces fissures sont généralement le résultat des contraintes de retrait thermique** sur la zone affectée thermiquement (Fig.4.). Certaines fissures au raccordement se produisent **parce que la ductilité du métal de base ne peut pas s'accommoder aux contraintes de retrait** qui sont imposées par l'opération de soudage.

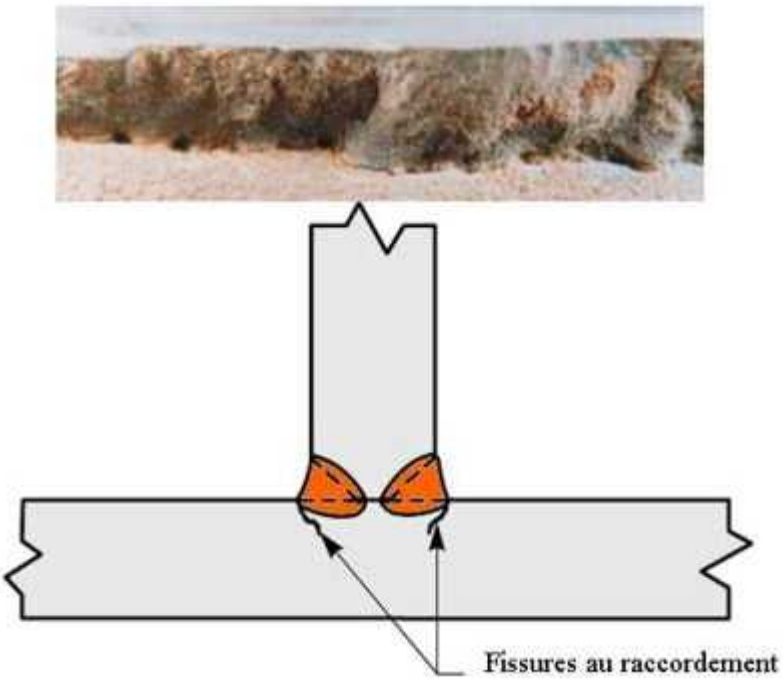


Figure 3 : Fissure au raccordement.

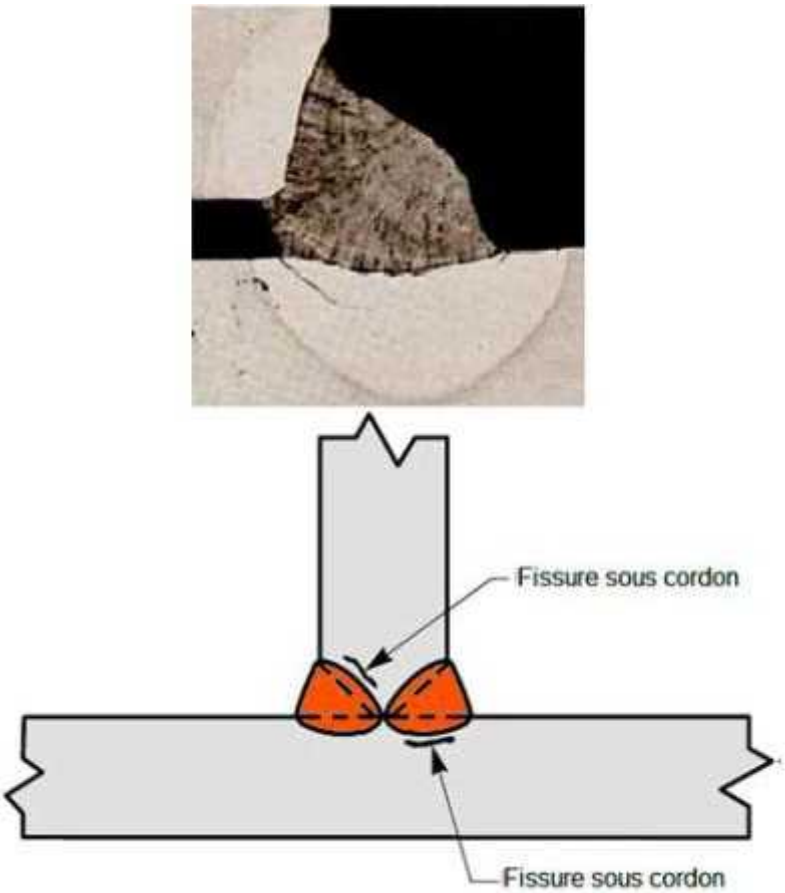


Figure 4: Fissures Sous –Cordon

d) Causes possibles

- **Une teneur en carbone, phosphore ou soufre du métal de base** trop élevée peut provoquer une **fissure inter-dendritique** par suite de la dilution entre MB et MD, des impuretés viennent se loger à l'endroit où la solidification se produit en dernier lieu, et où de plus **les dendrites provenant de cette solidification se rejoignent avec une orientation différente** . Notons que l'importance de la migration des impuretés augmente avec la température. C'est un effet défavorable de la préchauffe.

- Les joints trop étroits et plus profonds favorisent son apparition, tandis que des joints plus larges et de moindre profondeur en diminuent les risques
- **Transformations allotropiques**: on appelle ainsi les modifications de structure cristalline qui se produisent lors du chauffage et du refroidissement de l'acier; étant donné que ces transformations s'accompagnent de changements de volume et de

solubilité en certains éléments, elles induisent des tensions internes et l'apparition d‘éventuels constituants fragiles.

d) Manque de fusion dans le flanc de la soudure

Manque de cohésion moléculaire entre métal d’apport et métal de base au flanc de la soudure (Figure 5).

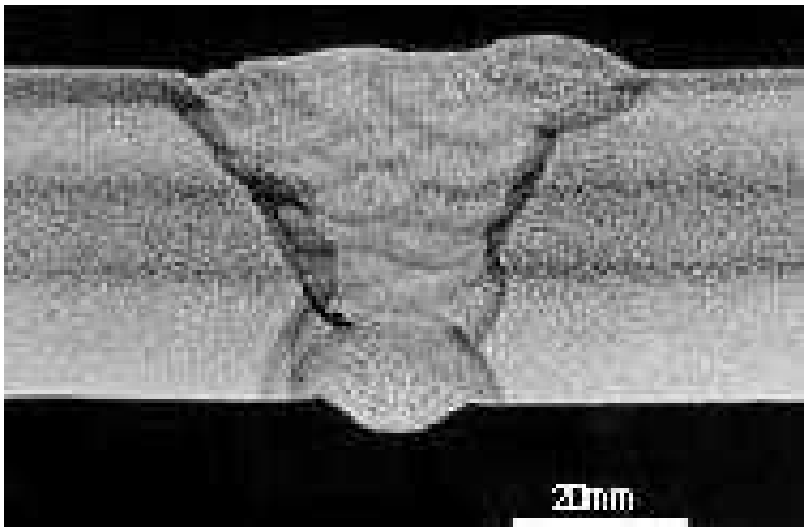


Figure 5 : Manque de fusion dans le flanc de la soudure

e) Défauts d’alignement

Figure 6 : Défauts d’alignements

I.3 Solutions et mesures préventives

I.3.1 Réglage des Paramètres du soudage

I.3.1.1 Électrode enrobée (MMA)

- Mesurer l'épaisseur des pièces à souder.
- Choisir un diamètre d'électrode inférieur ou égal à cette épaisseur.
- Régler l'intensité en fonction du diamètre de l'électrode en consultant la notice d'emploi sur le paquet qui vous donne la plage de réglage. On peut utiliser la formule suivante :

$$I = (DIAMETRE - 1) \times 50$$

- Affiner ce réglage en fonction de la masse des pièces, de l'écartement des bords et la méthode de soudage utilisée ainsi que de la position à plat... .

Tableau.2 : l'intensité en fonction de diamètre de l'électrode.

Epaisseur E en mm	**Ø 1.6 mm**	**Ø 2 mm**	**Ø 2.5 mm**	**Ø 3.15 mm**	**Ø 4 mm**
1	25 A	Zone de non utilisation	Zone de non utilisation	Zone de non utilisation	Zone de non utilisation
2	30 A	45 A	65 A	Zone de non utilisation	Zone de non utilisation
3		55 A	75 A	95 A	Zone de non utilisation
4			75 A	105 A	140 A
5				115 A	150 A
6					150 A
8					160 A
10					160 A

I.3.3 Calcule de la température de préchauffage

I.3.3.1 Méthode seferien

Cette méthode est également basée sur le « pouvoir trempant », elle consiste, pour un acier donné, à déterminer la température de préchauffage des pièces à souder, de manière à éviter un refroidissement trop rapide du joint qui conduirait à la formation d'une structure fragile (martensite) dans la Z.A.C. Le calcul de cette température de préchauffage s'effectue en trois étapes:

- Calcul du carbone équivalent (Ceq),
- Calcul du carbone équivalent compensé (Ceq.C),
- Calcul de la température de préchauffage (T p).

$$C_{éq} = C + \frac{Mn + Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{7M_o}{90}$$

b) Carbone équivalent compensé :

Le carbone équivalent compensé (Ceq.C) tient compte de l'épaisseur des pièces à assembler (influence de la vitesse de refroidissement) ainsi que du carbone équivalent (Ceq). Il est défini par la formule : Ceq.C = Ceq. (1 + 0.005 e)

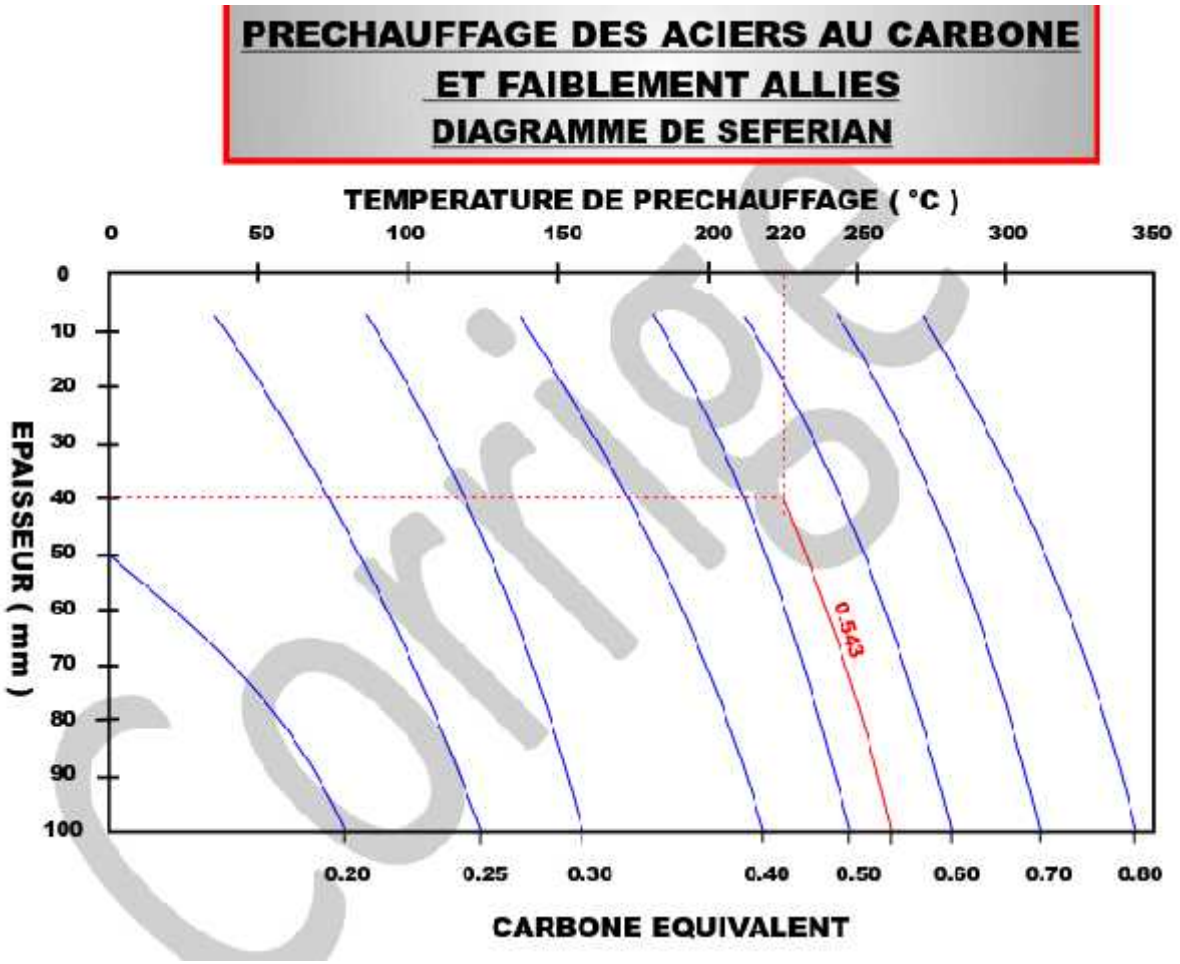
e : Epaisseur moyenne des tôles en mm.

c) Température de préchauffage des pièces a soudé :

Elle est calculée en fonction du Ceq.C par l'expression suivante :

$$Tp = 350\sqrt{Ceq.C - 0.25}$$

Le diagramme suivant détermine Tp, directement à partir de Ceq et de e.



I.3.3.2 Méthode BWRA

I.3.4 Calcul de la vitesse de refroidissement

I.3.4.1 Méthode de l'irsid

I.3.4.2 Méthode baus et chapeau