

SOMMAIRE

INTRODUCTION	p3
I - CONTRAT DE SOUDAGE	p4
1.1) Travail demandé :	
1.2) Matériels et documents disponibles :	
1.3) Objectifs attendus :	
II - PREPARATION DES BORDS	p6
2.1) Délardage	
2. 2) Type de préparation des bords	
2. 3) Plan du C45	
2. 4) Plan du S 235 JR	
III - DESIGNATION DES ACIERS	p10
3.1) Désignation du S 235 JR	
3.2) Désignation du C 45	
IV - CARACTERISTIQUES	p12
4.1) Composition chimique	
4.2) Caractéristique mécanique	
V - ETUDE DE SOUDABILITE	p13
5.1) Calcul du carbone équivalent (C.E)	
5.2) Calcul du carbone équivalent composé (C.E.C)	
5.3) Conclusion	
VI - CALCUL DE LA TEMPERATURE DE PRECHAUFFAGE	p16
6.1) Avec la formule de SEFERIAN	
VII - DIAGRAMME DE L'I.R.S.I.D	p17
VIII - DIAGRAMME DE TRANSFORMATION AU REFROIDISSEMENT	p19
IX - RISQUE DE FISSURATION POUR LE C45	p20
9.1) Risque de fissuration à froid	
X - CHOIX DE L'ELECTRODE	p21
10.1) Caractéristiques mécaniques	
10.2) Type d'enrobage	
10.3) Choix du diamètre de l'électrode	

XI - RÔLE DES ELEMENTS	p24
11.1) Elément favorables :	
11.2) Elément favorables :	
XII - PREPARATION DE LA PIECE À SOUDER À L'ATELIER	
p25	
XIII - QUALIFICATION DU SOUDEUR	p26
XIV - D.M.O.S	p27
XV - POLISSAGE	p28
15.1) Définition :	
15.2) Mode opératoire :	
XVI - MACROGRAPHIE	p30
XVII - MICROGRAPHIE	p29
XVIII - ESSAI DE DURETE	p32
18.1) Dureté sous cordon :	
XIX - DURETE CRITIQUE HV 10	p34
XX - DURETE SOUS CORDON DU C45	
p35	
20.1) Détermination de la dureté maximale	
CONCLUSION	p36

INTRODUCTION

Afin de valider mon B.T.S Réalisation d'Ouvrages Chaudronné, j'ai eu comme objectif d'analyser une situation de soudage.

Le but de ce sujet était de réaliser l'assemblage bout à bout fibre alignée de deux aciers, l'un S 235 JR d'épaisseur 10mm et l'autre du C 45 d'épaisseur 20mm.

Ce type de d'assemblage mérite une préparation de bord, plus précisément un débardage et un chanfrein en X.

Etant donné la différence des matériaux et un seul procédé de soudage, procédé 111 arc avec électrodes enrobées, j'ai utilisé un type d'électrode :

- La **SAFER G 53**

Dans ce dossier de métallurgie, on analysera le comportement de la soudure et les différentes modifications des métaux.

I - CONTRAT DE SOUDAGE

Mise en situation

Assurer l'assemblage de deux aciers C45 et S235JR, contexte industriel bâti mécanique (exemple : cisaille, fraiseuse, tour, ect...)

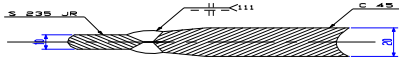
1.1) Travail demandé :

- 1 - Assemblage de deux pièces en acier C45 et S 235 JR.
- 2 - Procédé de soudage : électrode enrobée multipasses.
- 3 - Electrodes rutile.
- 4 - Macrographie des zones traitées sur la pièce.
- 5 - Micrographie des zones de structures différentes.
- 6 - Filiation de dureté HV 2 de la zone fondue.
- 7 - Conclusions.

Schéma :

Nota : Pièces d'épaisseur 20mm et 10mm en fibre alignée.

De largeur 185 mm et de longueur 300 mm.



1.2) Matériels et documents disponibles :

- 1 - Poste de soudage à l'arc, avec appareils de mesure de U, I.
- 2 - Tronçonneuse, scie, polisseuses, produits chimiques d'attaque pour macrographie.
- 3 - Appareil de métallographie et de photographie.
- 4 - Appareil de micro dureté.
- 5 - Toutes documentations utiles au savoir et au savoir-faire.
- 6 - Moyens de rédaction et d'impression nécessaire à la rédaction du dossier.

1.3) Objectifs attendus :

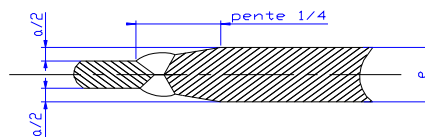
- 1 - Vérifier si la compatibilité métallurgique du C45 et S235JR est possible.
- 2 - Utiliser le matériel de la liste ci-dessus pour valider les acquis des travaux pratiques.
- 3 - Exploiter les manipulations effectuées pour valider les acquis du cours de métallurgie.
- 4 - Rédiger un dossier sur le travail.

II - PREPARATION DES BORDS

2.1) Délardage :

Afin de pouvoir souder mes deux tôles, il est nécessaire de réaliser un délardage, c'est-à-dire de ramener l'épaisseur la plus forte à l'épaisseur la plus faible le plus progressivement possible.

Pour obtenir les paramètres du délardage il faut utiliser la norme **NFE 83-100-2**, cette norme dit qu'il faut utiliser une pente de $\frac{1}{4}$.



Calcul :

$$\checkmark \frac{e}{4} = \frac{20}{4} = 5$$

Comme a est de 10mm et a maxi doit être de 5mm, on doit faire un délardage avec une pente de $\frac{1}{4}$ (0.25).

$$\checkmark \tan^{-1} 0.25 = 14^\circ$$

$$\frac{5}{\tan 14^\circ} = 20\text{mm}$$

2.2) Type de préparation des bords :

Le type de préparation des bords ou chanfrein est défini par la norme **FD E 83-100-3** appelé « Guide pour le choix des matériaux et pour les dispositions constructives ».

Mon type de préparation correspondant le mieux aux caractéristiques de mon essai est :

- **bs gg 26**

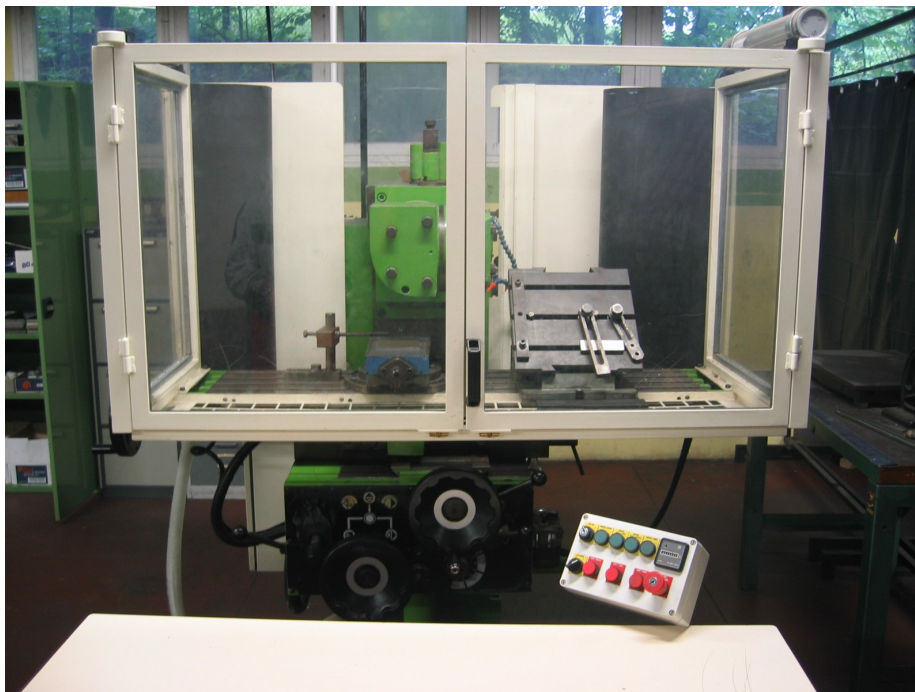
Ce type correspond à une position de soudage de toutes positions.

Désignation :

- **bs** = soudage des deux côtés.
- **gg** = gougeage ou meulage envers de la soudure.
- **26** = c'est la 26^{ème} désignation de la norme.

Préparation :

Mes éprouvettes sont chanfreinées à l'aide d'une fraiseuse, car la préparation des bords est obligatoire pour une bonne soudabilité.



III - DESIGNATION DES ACIERS

Ces renseignements ont été tirés du catalogue des aciers de produits sidérurgiques et produits transformés français.

3.1) Désignation du S 235 JR :

S=acier de construction.

235=résistance élastique.

JR=énergie rupture à 20° qui est égale à 27 joules.

Son ancienne norme était E 24.2 et c'est un acier de catégorie 0, c'est-à-dire que c'est un acier de construction d'usage courant du groupe 1, qui est laminé à chaud soudable avec tous les procédés et sans risque de fissuration.

Le soudage d'un acier de résistance inférieure à 520 Mpa doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Carbone $\leq 0.25\%$ → 0.25%
- Carbone équivalent $\leq 0.42\%$ → 0.25%
- Epaisseur $\leq 37\text{mm}$ → 10mm

Mon acier satisfait les conditions donc il n'y aura pas besoin de précautions spéciales.

3.2) Désignation du C 45 :

C = acier de construction.

45 = acier à teneur en carbone de 0.45%.

Son ancienne norme était XC 48 et c'est un acier de catégorie 0, c'est-à-dire que c'est un acier non allié du groupe 2, c'est un acier qui permet une trempe à l'huile pour les faibles et les moyennes sections, et il y a des risques de fissuration.

Mon acier ne satisfait pas les conditions donc il y aura besoin de précautions spéciales pour le soudage des deux éléments.

IV - CARACTERISTIQUES

4.1) Composition chimique :

	S 235 JR	C 45
Carbone (C)	0.25%	0.45%
Phosphore (P)	0.062%	0.035%

Souffre (S)	0.062%	0.035%
Nickel (Ni)	0.009%	
Manganèse (Mn)		0.80%
Silicium (Si)		0.40%

4.2) Caractéristique mécanique :

	S 235 JR	C 45
Résistance rupture	441 Mpa	780 Mpa
Limite élastique	235 Mpa	380 Mpa
Allongement	28%	17%
Résistance à 20°	27 Joules	

V - ETUDE DE SOUDABILITE

5.1) Calcul du carbone équivalent (C.E) :

Ce calcul est nécessaire pour les aciers dont la teneur en carbone est élevée, ce calcul est lié à la dureté sous cordon d'un acier.

Equation du C.E% :

$$C.E\% = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cr + \%Mo + \%V}{5} + \frac{\%Ni + \%Cu}{15}$$

Pour le S 235 JR :

$$C.E\% = \%C + \frac{\%Ni}{15}$$

$$C.E\% = 0.25 + \frac{0.009}{15}$$

$$C.E\% = 0.2506\%$$

Comme le $C.E\% \leq 0.42\%$, pas de risque élevé de trempabilité.

Pour le C 45 :

$$C.E\% = \%C + \frac{\%Mn}{6}$$

$$C.E\% = 0.45 + \frac{0.80}{6}$$

$$C.E\% = 0.5833\%$$

Comme le $C.E\% > 0.42\%$, il y a des risques de trempabilité.

5.2) Calcul du carbone équivalent composé (C.E.C) :

Ce calcul tient compte de l'épaisseur des pièces à souder, et plus la masse de la pièce est importante, plus il y aura un risque de trempe même pour un acier dont le $C.E\%$ est $\leq$ à 0.42% .

Equation du C.E.C% :

$$C.E.C\% = \%C.E + 0.0254 \times \text{épaisseur (en cm)}$$

Pour le S 235 JR :

$$\text{C.E.C\%} = 0.2506 + 0.0254 \times 1$$

$$\text{C.E.C\%} = 0.276\%$$

Comme le $\text{C.E.C\%} < 0.45\%$, il n'y a pas de risques de trempe.

Pour le C 45 :

$$\text{C.E.C\%} = 0.5833 + 0.0254 \times 2$$

$$\text{C.E.C\%} = 0.6341\%$$

Comme le $\text{C.E.C\%} > 0.45\%$, il y a des risques de trempe.

5.3) Conclusion :

Le S 235 JR ne pose pas de problème particulier.

Tandis que le C 45 nécessite un préchauffage avec le calcul du C.E et du C.E.C.

VI - CALCUL DE LA TEMPERATURE DE PRECHAUFFAGE

6.1) Avec la formule de SEFERIAN :

Le préchauffage a un double but :

- réduire le phénomène de trempe
- réduire les tensions internes

Le préchauffage ne modifie pas la structure du métal de base ou de la soudure.

Equation :

$$T^{\circ}p = 350 \times \sqrt{(C.E.C - 0.25)}$$

$$T^{\circ}p = 350 \times \sqrt{(0.6341 - 0.25)}$$

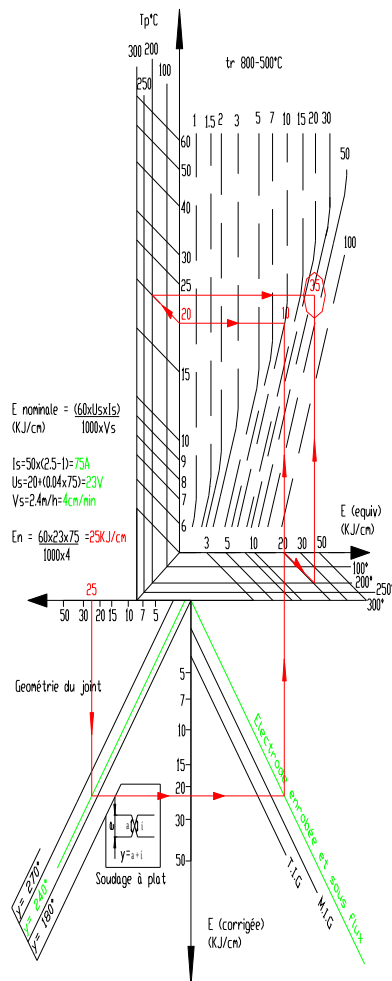
$$T^{\circ}p = 217^{\circ}c$$

La formule de SEFERIAN nous donne une température de préchauffage de 217°C.



VII - DIAGRAMME DE L'I.R.S.I.D

ELECTRODE $\phi 2.5$ lg 350mm

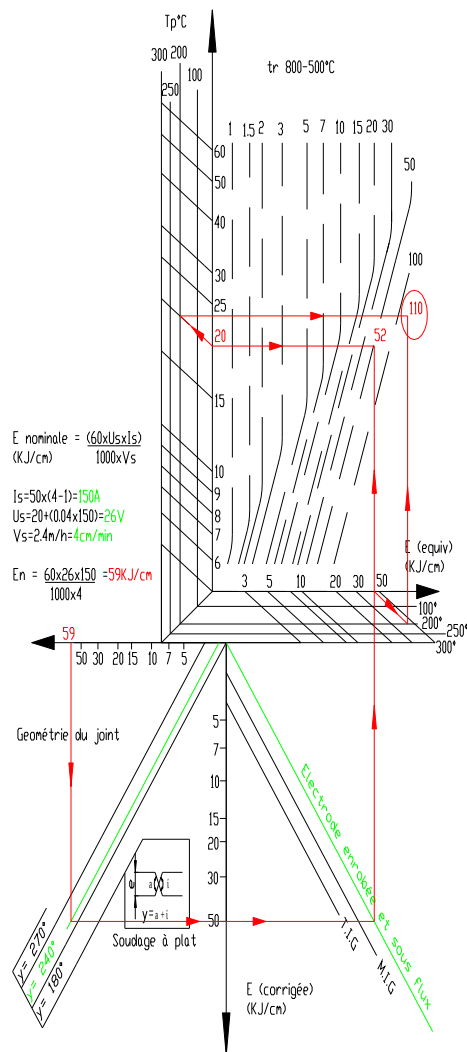


Vitesse de soudage en m/h (voir annexe).

Sans préchauffage on obtient un temps de 10 secondes.

Avec préchauffage on obtient un temps de 35 secondes et un dureter de 310 HV.

ELECTRODE $\varnothing 4$ lg 350mm



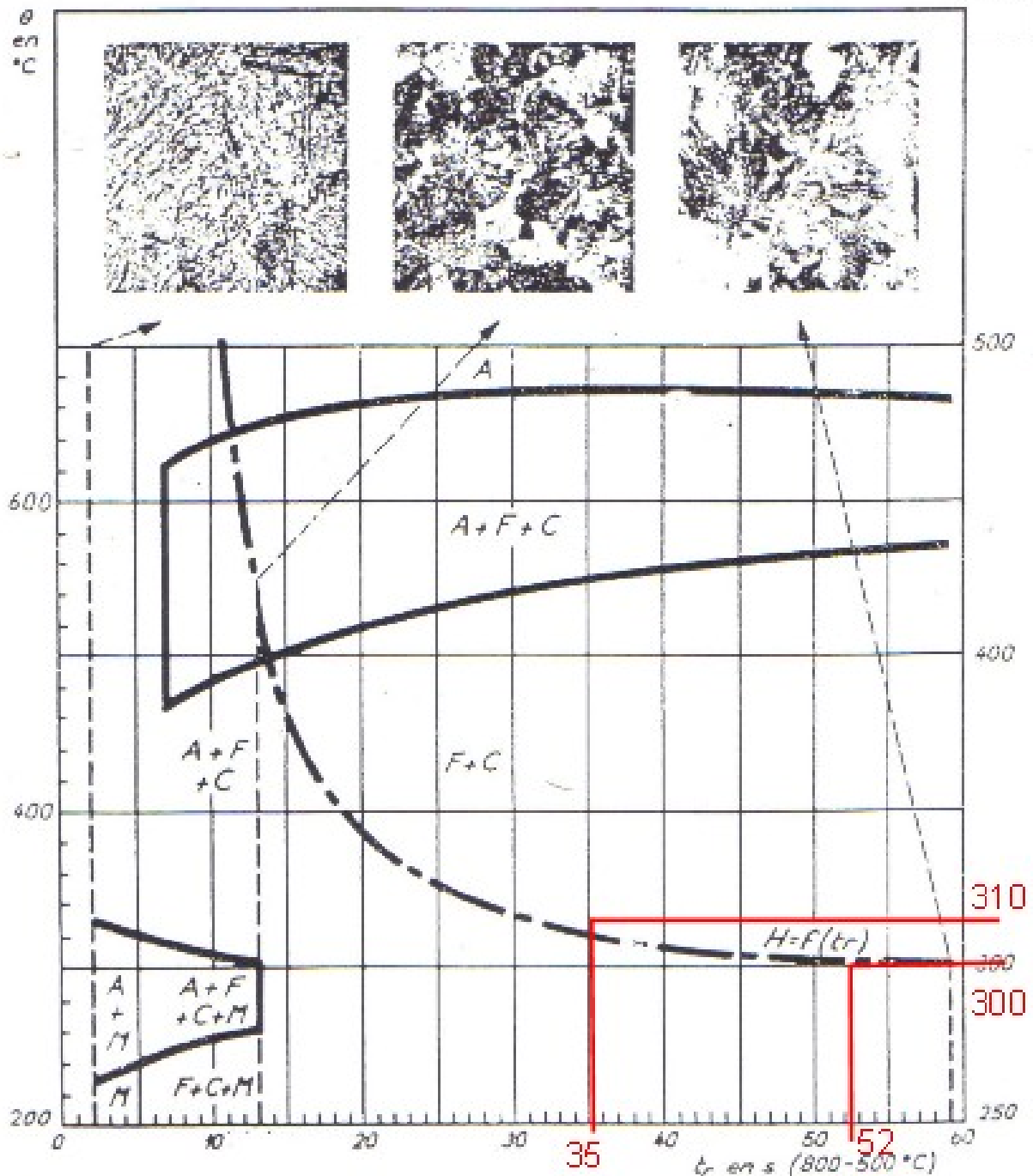
Vitesse de soudage en m/h (voir annexe).

Sans préchauffage on obtient un temps de 52 secondes et une dureté de 300 HV et avec préchauffage on obtient un temps de 110 secondes, il n'y a pas besoin de vérifier la dureté HV 10 grâce à son temps de refroidissement élevé, pas de problème de refroidissement.

VIII - DIAGRAMME DE TRANSFORMATION AU REFROIDISSEMENT

ACIER : XC 48 (C 45)

HV10



IX - RISQUE DE FISSURATION POUR LE C45

9.1) Risque de fissuration à froid :

La fissuration à froid est souvent associée à la première passe de soudage ou à la dernière.

Les causes de fissuration sont essentiellement du à :

- la présence d'hydrogène (métal d'apport).
- au bridage excessif des pièces ou retrait de soudage importé.
- à la présence de microstructure sous cordon susceptible à la fissuration (Martensite).

Equation :

$$P.N.B\% = \%C + \frac{\%Si}{20} + \frac{\%Mn}{10} + \frac{\%Cu}{20} + \frac{\%Cr}{30} + \frac{\%Mo}{20}$$

Calcul :

$$P.N.B\% = \%C + \frac{\%Si}{20} + \frac{\%Mn}{10}$$

$$P.N.B\% = 0.45 + \frac{0.40}{20} + \frac{0.80}{10}$$

$$P.N.B\% = 0.55\%$$

Comme le $P.N.B\% > 0.25\%$ il y a risque de fissuration à froid.

X - CHOIX DE L'ELECTRODE

Une électrode se choisi en fonction choix du des caractéristiques mécaniques, du type d'enrobage et du choix du diamètre de l'électrode.

10.1) Caractéristiques mécaniques :

Elles doivent être choisies légèrement supérieure à celles du métal de base.

	SAFER G 53
Limite élastique	470%
Résistance rupture	530%
Allongement	27%
Résistance à 20°	30 Joules

10.2) Type d'enrobage :

Il dépend du type de construction, et influe sur la composition du métal déposé qui devra être sensiblement identique au métal de base dans la plupart des cas.

	SAFER G 53
Carbone (C)	0.07%
Manganèse (Mn)	0.60%
Silicium (Si)	0.45%

La **SAFER G 53** est une électrode rutile.

10.3) Choix du diamètre de l'électrode :

Les petits diamètres sont utilisés pour le soudage de tôle mince. Comme ma tôle est de forte épaisseur et qu'il faut faire plusieurs passe de remplissage, j'ai choisit de faire quatre passes de chaque côté. La première passe se fera avec un diamètre 2.5mm, la deuxième avec de la 3.15mm, et la dernière avec un diamètre de 4mm.

XI - RÔLE DES ELEMENT

11.1) Elément favorables :

CARBONE :

- augmente la résistance à la rupture.
- augmente la dureté HV ou HR.
- teneur maxi 2%.

MANGANESE :

- augmente les caractéristiques mécanique (Rr, Re, ect...).
- joue le rôle de désoxydant.
- supérieur à 2%.

NICKEL :

- améliore les caractéristiques mécaniques.
- utilisé pour les aciers travaillant à haute température.
- teneur entre 3 et 9%.

SILICIUM : - c'est un désoxydant.
 - au delà de 0.5% cet élément favorise les risques de fissuration à chaud.
 - teneur inférieure à 0.5%.

11.2) Elément favorables :

SOUFFRE : - teneur doit être inférieure à 0.04%.

PHOSPHORE : - il fragilise les aciers en augmentant la grosseur du grain.
 - teneur inférieure à 0.04%.

XII - PREPARATION DE LA PIECE À SOUDER À L'ATELIER

Afin de respecter le jeu de 3mm, et la position du S 235 JR en fibre aligné avec le C 45, j'ai utilisé des cales. Tôles de 3mm pour le jeu et tôle de 5mm pour mettre le S 235 JR au niveau du C 45, puis j'ai fixé les tôles avec des serres joints pour pointer les pièces.



XIII - QUALIFICATION DU SOUDEUR

Qualification de soudage EN 287-1 111 P BW W03 W01 R t20 PA bs gg :

Procédé de soudage : soudage à l'arc avec électrode enrobée
111

Tôle : P

Soudage bout à bout : BW

Groupe de matériaux : Acier non allier W03

Acier non allié à bas carbone

W01

Produit d'apport : électrode rutile

R

Dimension de l'assemblage de qualification : épaisseur 20 mm
t20

Position de soudage : soudage bout à bout, à plat

PA

Mode d'assemblage : soudage des deux côtés

bs

gougeage ou meulage envers de la soudure gg

XIV - Descriptif de mode opératoire de soudage (D.M.O.S)

Lieu : Vitry sur seine

EXAMINATEUR OU ORGANISME D'INSPECTION :

DMOS référence N° :

...../.....

PV-QMOS N° :

Méthode de préparation et nettoyage : Fraisage

Constructeur ou Fabricant : RATIL El Mehdi.

.....

Nom du soudeur : RATIL El Mehdi

Spécification matériau de base : A = C45, B = S 235 JR

Procédé de soudage : 111

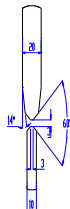
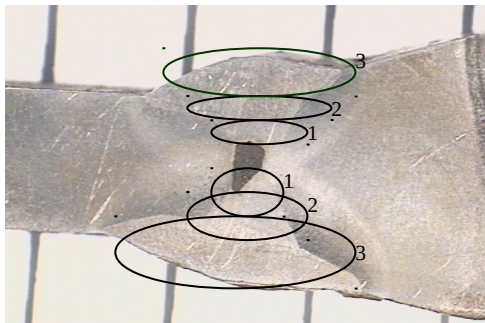
Épaisseur du matériau de base (mm) A=20mm, B=10mm

Type de joint : bs gg 26

Diamètre du matériau de base (mm) :

Détails de préparation de joint (Schéma)* : Chanfreinage

Position de soudage de l'assemblage : PA

Schéma de préparation	Disposition des passes
	

Paramètres de soudage :

Passe	Procédé	Dimension	Couran	Voltage	Type de courant	Alimentation en fil	Energie de
-------	---------	-----------	--------	---------	-----------------	---------------------	------------

n°		métal d'apport	t A	V	Polarité	Vitesse d'avance*	soudage*
1	111	2.5	75 A	23 V	Continu	/	25 KJ/cm
2	111	3.15	108 A	24.3 V	Continu	/	39 KJ/cm
3	111	4	150 A	26 V	Continu	/	59 KJ/cm

Métal d'apport : codification : Autres informations :
 Marque et type **SAFER**
 Reprise spéciale ou séchage : par ex : balayage (largeur maximale) oscillation :
 Gaz de protection/flux : endroit : **Avec balayage**
 envers : * Fréquence, Temporisation :/
 Débit de gaz- endroit : * Soudage pulsé détails :/
 envers : * Distance de maintien :/
 Type d'électrode de tungstène/Dimension : * Détail du plasma :/
 Détails de gougeage ou du support envers : * Angle de torche :/
 Température de préchauffage : **200°**
 Température entre passes :
 Traitement thermique après soudage ou vieillissement :
 Temps, Température, Méthode : **I.R.S.I.D**
 Vitesses de montée en température et de refroidissement* :
 L'assemblage de qualification décrit ci-dessus a été soudé en présence de :

Constructeur ou fabricant
Nom, date et signature

RATIL
LE 11/05/2004

Examineur ou organisme d'inspection
Nom, date et signature :

.....

*si nécessaire

XV - POLISSAGE

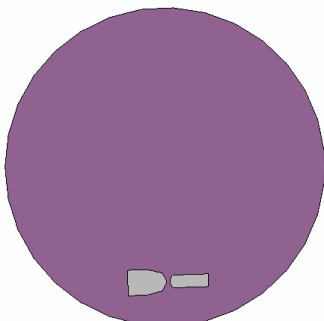
15.1) Définition :

Le polissage permet de supprimer les différentes marques (stries, etc...) causées par le tronçonnage sur la pièce. Il est effectué afin de pouvoir étudier la structure et l'analyse de la soudure.

15.2) Mode opératoire :

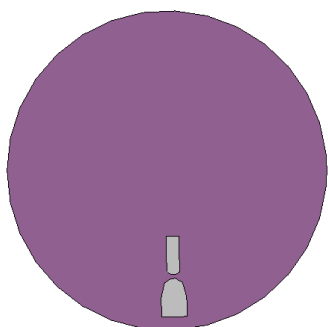
Pour effectuer au mieux cette opération, il est nécessaire d'utiliser plusieurs types de disques :

- 180
- 320
- 800
- 1200



Position de passage n : 1

Cette position permet d'éliminer les stries.



Position de passage n :2

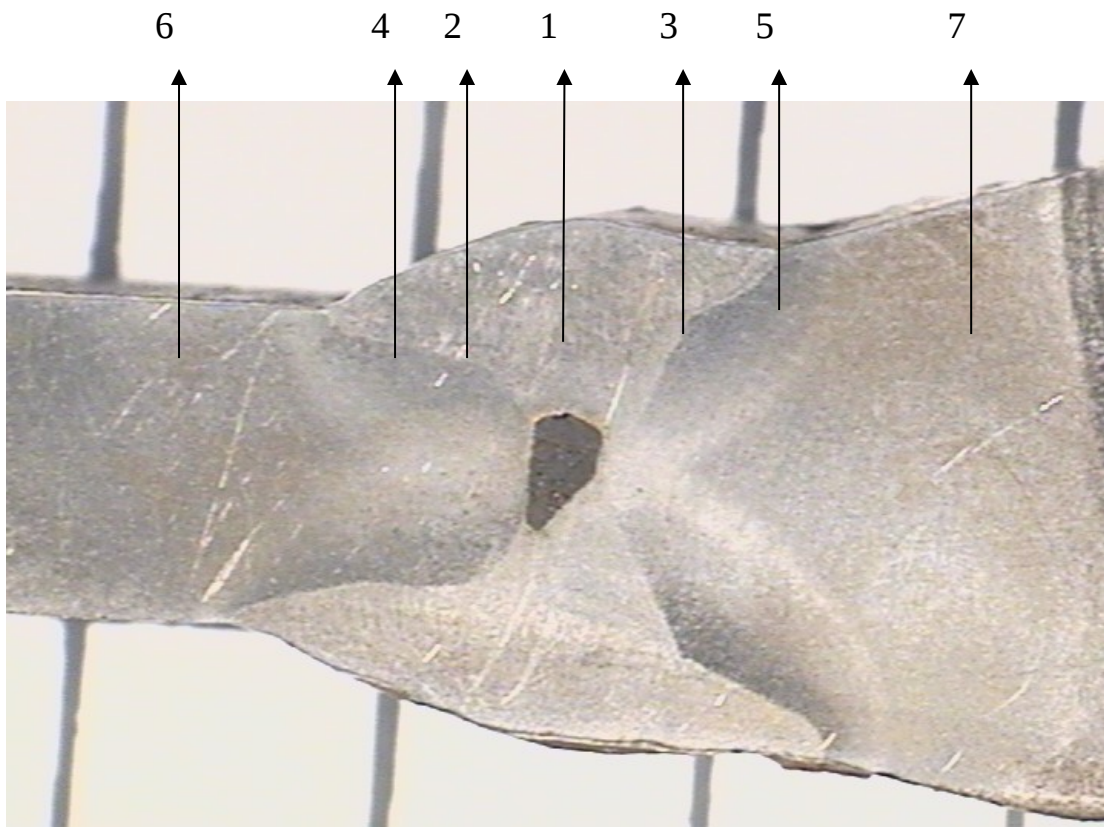
Afin d'éliminer les traces précédentes on se met sur cette position.



Sens de rotation

Pour savoir si la pièce est bien polie ou non on ne doit plus voir de stries. On appelle cela l'effet <<miroir>>. Il permet de bien visualiser les structures de la pièce.

XVI - MACROGRAPHIE



Sur la macrographie on remarque :

- la zone fondue, effectuer en 3 passes de chaque coter (num 1).
- la zone de liaison (num 2 et 3).
- les zones affectées thermiquement (num 4 et 5).
- le métal de base (num 6 et 7).

Malgré un bel aspect extérieur de la soudure, la macrographie révèle un manque de pénétration due à un mauvais nettoyage lors de la reprise envers de la soudure et un talon trop grand.

XVII - MICROGRAPHIE

PROCES-VERBAL D'EXAMEN PAR MICROSCOPIE

Conditions d'examen :

Condition de préparation : pré polissage 180, 320, 800, et 1200

Nature du métal : S 235 JR ép
10mm

Electrode : SAFER G53

RESULTATS DE L'EXAMEN

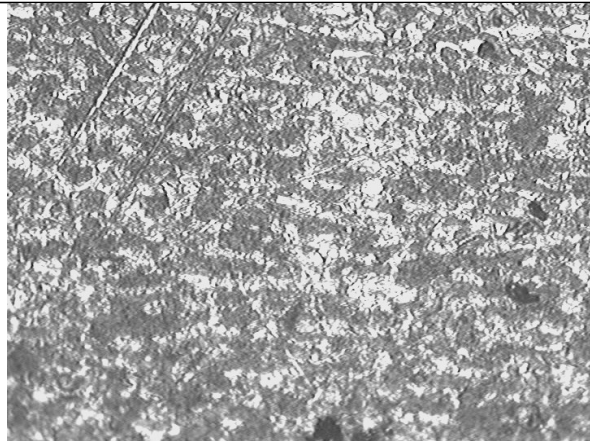
Situation : métal de base

Grossissement : x10

Attaque : ELECTROLYTE A2

Observation :

On retrouve une structure assez fréquente pour un S235JR avec de la Ferrite en blanc et de la perlite en noir de forme cellulaire.



num 6

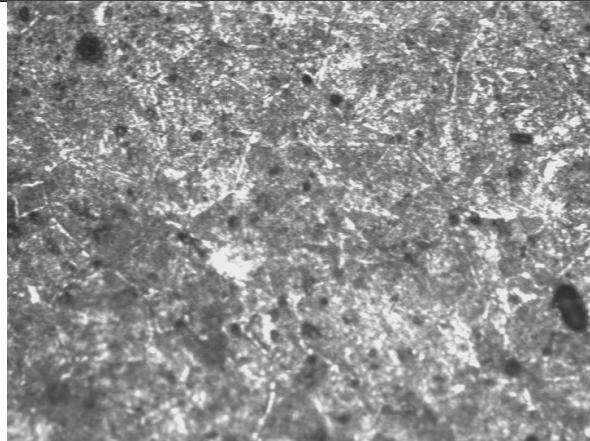
Situation : Z.A.T

Grossissement : x20

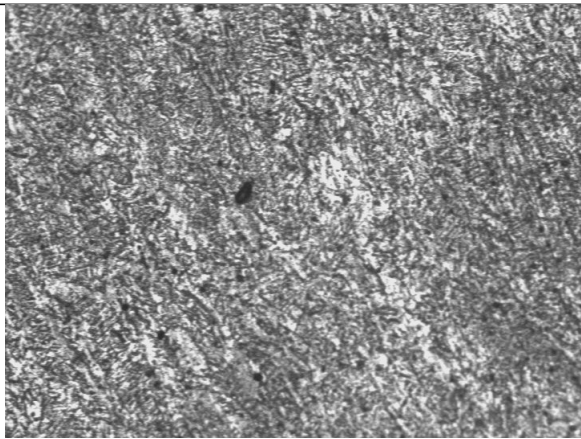
Attaque : ELECTROLYTE A2

Observation :

On peut voir des points noirs dus à une attaque trop forte, ainsi qu'un gros têt de perlite.

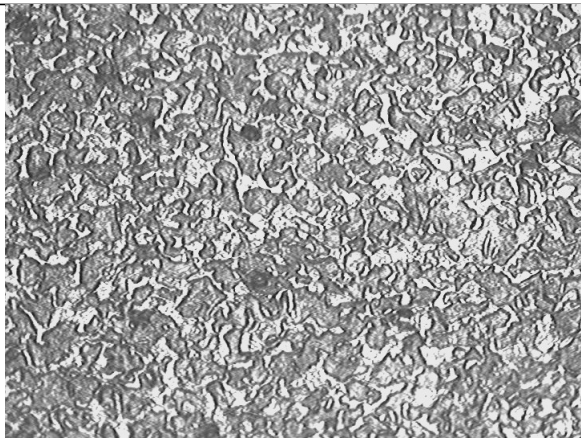
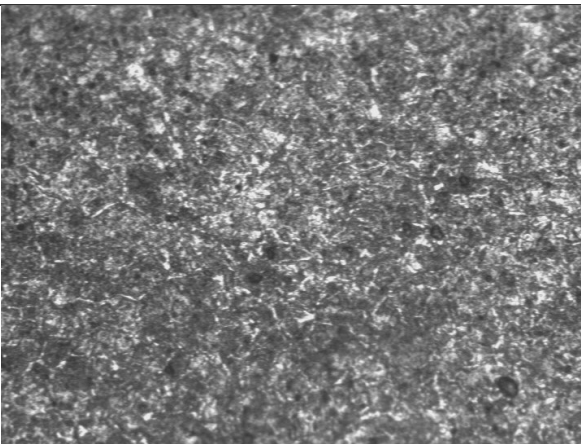


num 4

Situation : Zone fondue Grossissement : x10 Attaque : ELECTROLYTE A2 Observation : La micrographie de la zone fondue montre une structure ferrite et perlite.	 num 1
---	---

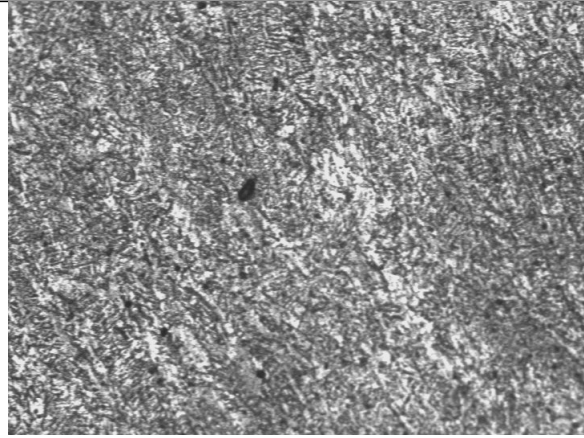
PROCES-VERBAL D'EXAMEN PAR MICROSCOPIE

Conditions d'examen :	
Condition de préparation : pré polissage 180, 320, 800, et 1200	
Nature du métal : C 45 ép 20mm	Electrode : SAFER G53
RESULTATS DE L'EXAMEN	

Situation : métal de base Grossissement : x10 Attaque : ELECTROLYTE A2 Observation : On retrouve une structure assez fréquente pour un C45 avec de la Ferrite en blanc et de la perlite en noir de forme cellulaire.	 num 7
Situation : Z.A.T Grossissement : x20 Attaque : ELECTROLYTE A2 Observation : Taux de perlite important avec une structure martensitique (voir filiation de dureté).	 num 5

Situation : Zone fondue
Grossissement : x10
Attaque : ELECTROLYTE A2
Observation :

La micrographie de la zone fondue montre une structure ferrite et perlite.



num 1

XVIII - ESSAI DE DURETE

Afin de montrer les modifications de dureté apportées par le soudage sur les différentes matières, plusieurs filiations sont effectuées dans les positions représentées ci-dessous.

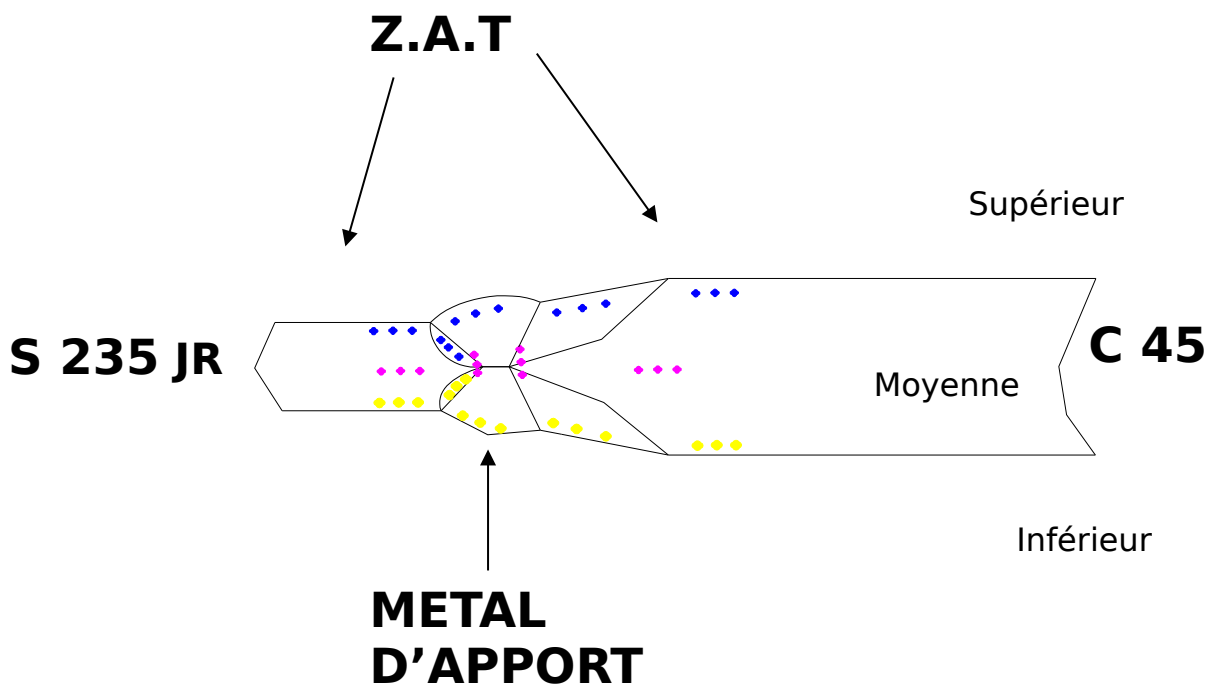


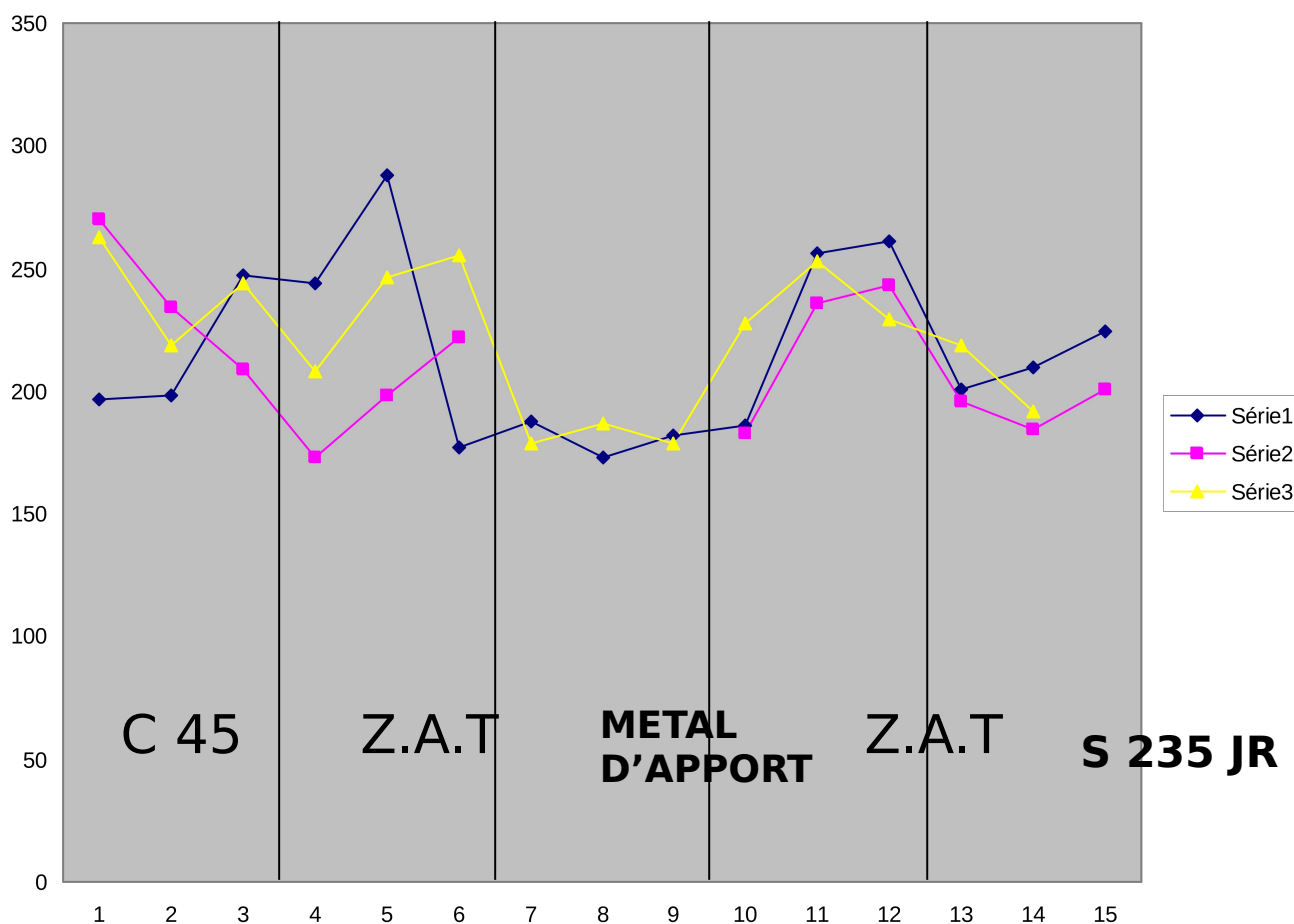
Tableau des duretés HV2 :

	C 45	Z.A.T	METAL D'APPORT	Z.A.T	S 235 JR
--	------	-------	----------------	-------	----------

	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
supérieur	19 7	19 8	24 7	24 4	28 8	17 7	18 8	17 3	18 2	18 6	25 6	26 1	20 1	21 0	22 4
moyenne	27 0	23 4	20 9	17 3	19 8	22 2				18 3	23 6	24 3	19 6	18 4	20 1
inférieur	26 3	21 9	24 4	20 8	24 6	25 5	17 9	18 7	17 9	22 8	25 3	22 9	21 9	21 9	19 2

18.1) Filiation de dureté :

DURTE HV2



Dans l'ensemble de la pièce la dureté HV2 est assez homogène, entre 200 HV et 250 HV sauf dans le métal d'apport où il est entre 200 HV et 150 HV.

Cependant il y a des zones de cassure dans les deux Z.A.T, du coté du C45 avec un HV de 288 et du coté du S235JR à 261.

XIX - DURETE CRITIQUE HV 10

EXTRAIT DE LA NF EN 288-3

Tableau 3 : Groupement des aciers

Groupe	Type d'acier
1	Aciers de limite d'élasticité minimale spécifiée $Re \leq 355 \text{ N/mm}^2$ ou de résistance A la traction $Rm \leq 520 \text{ N/mm}^2$ ayant une analyse chimique sur coulée n'excédant pas en % : C = 0.24 Si = 0.55 Mn = 1.60 Mo = 0.65 S = 0.045 P = 0.045 Par autre élément unitaire = 0.3 Somme de tous les autres éléments = 0.8
2	Aciers normalisés ou à laminage thermomécanique contrôlé à grains fins à limite d'élasticité minimale spécifiée $Re > 355 \text{ N/mm}^2$
3	Aciers à grains fins trempés et revenus à limite d'élasticité minimale spécifiée $Re > 500 \text{ N/mm}^2$
4	Aciers avec Cr max 0.6%, Mo max 0.5%, V max 0.25% ; Voir note 1
5	Acier avec Cr max 9%, en Mo max 1.2% ; Voir note 1
6	Aciers avec Cr max 12%, Mo max 1%, V max 0.5% ; Voir note 1
7	Aciers avec Ni max 9% ; Voir note 1
8	Aciers inoxydables ferritiques ou martensitiques avec une teneur en Cr de 12 à 20% ; Voir note 1
9	Aciers inoxydables austénitiques
Note 1 : Pour les groupes 4 à 8, la teneur des alliages révèle de l'analyse chimique sur coulée	

Tableau 2 : Essai de dureté HV 10. Valeur maximales admissibles

Groupe d'acier	Soudure mono passe bout à bout ou d'angle		Soudure multi passes bout à bout ou d'angle	
	Non traité thermiquement	Traité thermiquement	Non traité thermiquement	Traité thermiquement
1 ⁽¹⁾ , 2	380	320	350	320
3 ⁽²⁾	450	⁽³⁾	420	⁽³⁾
4, 5	⁽³⁾	320	⁽³⁾	320
6	⁽³⁾	350	⁽³⁾	350
Ni $\leq 4\%$	⁽³⁾	300	320	300
Ni $> 4\%$	⁽³⁾	⁽³⁾	400	⁽³⁾
Note 1 : Si l'essai de dureté est requis.				

Note 2 : Pour les aciers dont la limite élastique minimale $Re > 885 \text{ N/mm}^2$ une valeur spéciale doit être déterminée par agrément entre les parties.

Note 3 : Valeur à déterminer par agrément entre les parties.

Dureté HV 10 choisie

350 HV

**XX - DURETE SOUS CORDON DU
C45**

La dureté critique H.V.C dans la ZAT représente la dureté qu'il sera déconseillé de dépasser sous peine de risque de fissuration liée à la nature même de l'acier.

Cette valeur est donnée par la NF EN 288.3 p19 pour HV10 (10 daN), elle est indicative et dépend du tût d'hydrogène diffusible et des conditions de bridage.

20.1) Détermination de la dureté maximale :

Equation :

$$H.V \text{ max} = 90 + (1050 \times \%C) + (47 \times \%Si) + (75 \times \%Mn) + (30 \times \%Ni) + (31 \times \%Cr)$$

Calcul :

$$H.V \text{ max} = 90 + (1050 \times \%C) + (47 \times \%Si) + (75 \times \%Mn)$$

$$H.V \text{ max} = 90 + (1050 \times 0.45) + (47 \times 0.40) + (75 \times 0.80)$$

$$H.V \text{ max} = 641.3 \text{ daN}$$

CONCLUSION

Conclusion technique :

Ma pièce montre d'après l'essai de dureté qu'il y a des risques de rupture dans les deux Z.A.T car la dureté critique est dépassée (641,3 daN), c'est une zone martensitique.

Ma pièce n'est donc pas valide pour une construction mécano soudé, cependant en changeant le type d'électrode (rutile) avec une électrode basique la dureté dans la Z.A.T devrait baisser.

Conclusion personnelle :

Ce rapport de métallurgie montre bien que le control visuel n'est pas le seul critère de validation d'une soudure. En effet on remarque dans mon exemple que le control visuel s'est montré positif malgré que la soudure ne soit valide après les autres contrôles telles que :

- macrographie.
- micrographie.
- essai de dureté.