



المؤسسة الوطنية للأشغال البترولية الكبرى



شركة مساهمة رأس المال 6.390.000.000 دج (فرع سوناطراك)
Entreprise Nationale de Grands Travaux Pétroliers
Société Par Actions au Capital de 6.390.000.000 DA
(Filiale 100% Sonatrach)



CENTRE DE SOUDURE & D'EXPERTISE

LE CONTRÔLE SOUDAGE 4

Document stagiaire :

« Inspecteur en Soudage »

Le contrôle visuel et dimensionnel des assemblages soudés

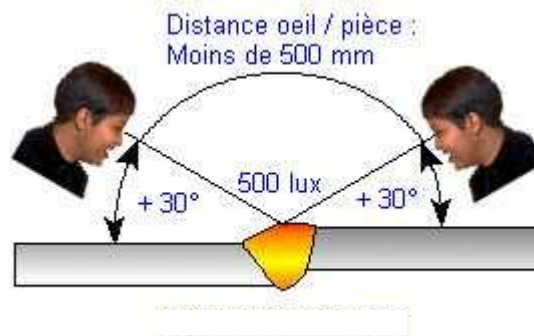
1 - Principe du contrôle visuel et dimensionnel

Le contrôle visuel et dimensionnel consiste à soumettre une surface, une préparation de chanfrein ou une soudure à une vérification visuelle de son aspect physique et de ses dimensions géométriques. La norme européenne **EN 970** est applicable pour les assemblages soudés.

2 - Condition du contrôle visuel et dimensionnel

Le contrôle visuel et dimensionnel doit être réalisé sous une luminosité de 500 lux minimum (recommandé : **800 lux sur la surface de la pièce**).

L'œil de l'observateur doit être placé à une distance inférieure à 500 mm de la surface à examiner sous un angle supérieur à 30°. L'acuité visuelle du personnel de contrôle doit être vérifiée tous les ans (visite médicale).



3 - Matériels de contrôle visuel à utiliser

- Règle droite ou ruban de mesure avec graduations de 1 mm
- Loupe grossissante de 2 à 5 fois
- Jeu de jauges ou cales de 0,1 à 3 mm
- Jauge à vernier ou calibre de soudure
- Miroir ou endoscope
- Pâte pour prise d'empreinte
- Peigne à profil

4 - Formes et dimensions

La préparation du chanfrein est contrôlée pour vérifier que :

- la forme et les dimensions du joint sont conformes à la fiche de soudage.
- les bords et la surface adjacente sont nettoyés
- le pointage ou le système de fixation est conforme aux prescriptions techniques

La soudure est contrôlée en cours de réalisation pour vérifier :

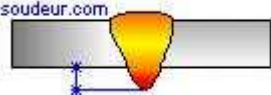

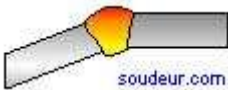



- l'absence de défauts visibles et débouchants
- la fusion des passes est satisfaisante
- le nettoyage des passes est correctement réalisé

La soudure est contrôlée en final à l'état brut pour vérifier :

- l'absence de défauts visibles et débouchants
- la hauteur de la surépaisseur du cordon externe et de la pénétration est conforme
- la surface de la soudure est saine et régulière
- la largeur de la soudure est constante
- la dénivellation ou le désalignement est dans les tolérances de la norme
- la dissymétrie d'un cordon de soudure d'angle

5 - Quelques défauts de forme sur les soudures

Quelques défauts de forme de soudure

Excès de pénétration	Dénivellation	Brisure
		
Surépaisseur de cordon	Manque d'épaisseur	Morsure / caniveau
		

Les principaux défauts de soudure :

La classification des défauts est réalisée conformément à la norme **NF EN 26250**

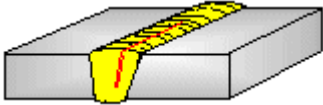
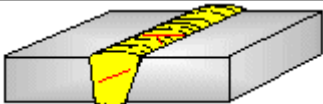

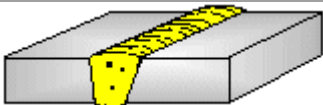
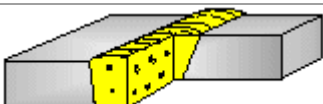





Groupe 1 - Fissures

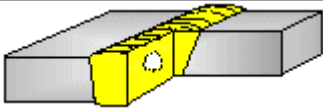
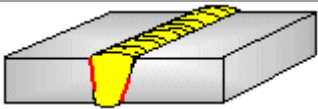
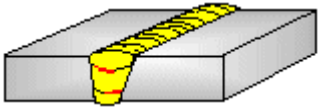
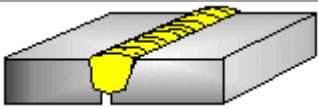
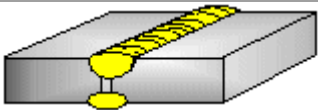










Groupe 2 - Cavités

Groupe 3 - Inclusions solides

Groupe 4 - Manque de fusion / Manque de pénétration

Groupe 5 - Défauts de forme

Tableau des défauts de soudure			
Numéro	Désignation	Illustration	
GROUPE N° 1 - FISSURES			
101	FISSURE LONGITUDINALE		
102	FISSURE TRANSVERSALE		
103	FISSURES RAYONNANTES		
GROUPE N° 2 - CAVITÉS			
2011	SOUFFLURE SPHÉROÏDALE		
2012	SOUFFLURES UNIFORMÉMENT REPARTIES		
2013	NID DE SOUFFLURES		
2014	SOUFFLURES ALIGNÉES		
2016	SOUFFLURE VERMICULAIRE		
2017	PIQÛRE		
GROUPE N° 3 - INCLUSIONS SOLIDES			
301	INCLUSION DE LAITIER		

304	INCLUSION MÉTALLIQUE		
GROUPE N° 4 - MANQUE DE FUSION			
4011	MANQUE DE FUSION DES BORDS		
4012	MANQUE DE FUSION ENTRE PASSES		
GROUPE N° 4 - MANQUE DE PÉNÉTRATION			
402	MANQUE DE PÉNÉTRATION		
402	MANQUE D'INTERPÉNÉTRATION		
GROUPE N° 5 - DÉFAUTS DE FORME			
5011	CANIVEAU		
5012	MORSURE		
5013	CANIVEAU A LA RACINE		
502	SURÉPAISSEUR EXCESSIVE		
504	EXCÈS DE PÉNÉTRATION		
5041	GOUTTE OU EXCÈS LOCAL DE PÉNÉTRATION		
507	DÉFAUT D'ALIGNEMENT		
508	DÉFORMATION ANGULAIRE		
511	MANQUE D'ÉPAISSEUR		
515	RETASSURE A LA RACINE		

Quels sont les outils nécessaires au contrôleur et à l'inspecteur en soudage ?

1 - Préambule

La préparation géométrique du joint avant soudage doit être contrôlée pour valider le descriptif de mode opératoire de soudage préliminaire (DMOSP).

Tous les paramètres électriques de soudage doivent être vérifiés pour corroborer avec le descriptif de mode opératoire de soudage préliminaire (DMOSP).

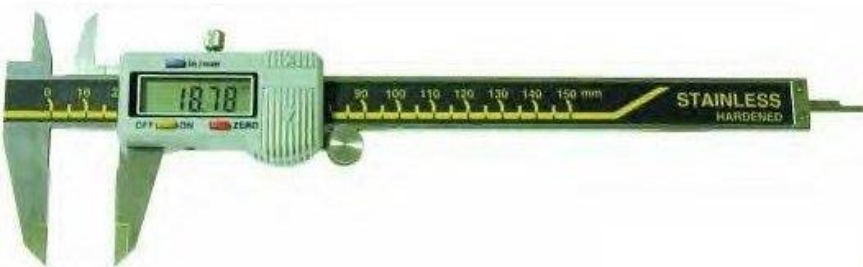
Dans certains cas, il est nécessaire de vérifier les températures mises en jeu pour confirmer les valeurs annoncées dans le descriptif de mode opératoire de soudage préliminaire (DMOSP).

Tout assemblage soudé doit être contrôlé visuellement et dimensionnellement pour répondre aux exigences des normes européennes ou internationales applicables.

Il est donc indispensable que le contrôleur et l'inspecteur en soudage possède le matériel décrit ci-dessous pour réaliser correctement ses missions.

2 - Les matériels de contrôle dimensionnel

2 - 1 - Le pied à coulisse de 150 mm



Le pied à coulisse permet de vérifier les diamètres externes et internes des tubes, les épaisseurs de paroi des tubes et des tôles. Il permet de vérifier les diamètres intérieurs des buses de soudage, des fils d'apport, électrodes enrobées ou électrode de tungstène. Il

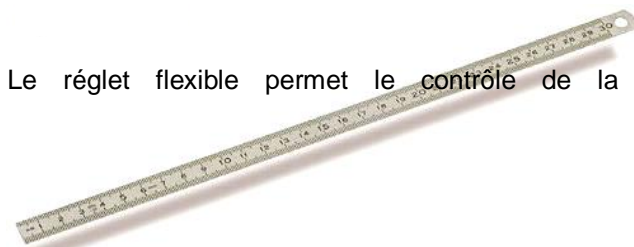
peut être utilisé comme jauge de profondeur pour évaluer les épaisseurs de remplissage de passes.

2 - 2 - Le mètre ruban de 3 m



Le mètre ruban permet le contrôle de la longueur et largeur des tôles et des tubes soudés, le développement d'un tube, la vitesse de dévidage du fil électrode d'apport en soudage MIG / MAG

2 - 3 - Le réglet métallique flexible de 300 mm



Le réglet flexible permet le contrôle de la longueur soudée sur les tubes et les tôles.

2 - 4 - Le rapporteur d'angle



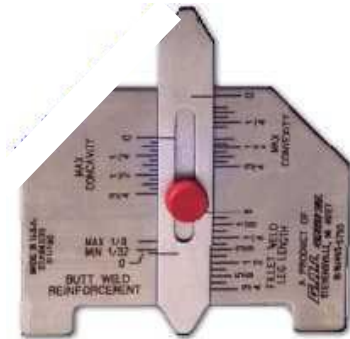
Le rapporteur d'angle permet de vérifier les inclinaisons des pièces soudées et des torches de soudage. Il permet de contrôler les ouvertures de chanfrein.

2 - 5 - Le jeu de cales d'épaisseur

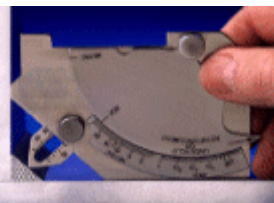
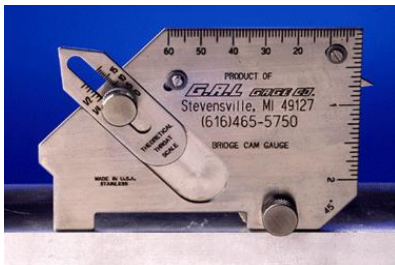
Le jeu de cales d'épaisseur permet de vérifier les jeux entre tôles et tubes après pointage. Il permet le réglage de la hauteur de l'électrode de tungstène pour le soudage TIG automatique.



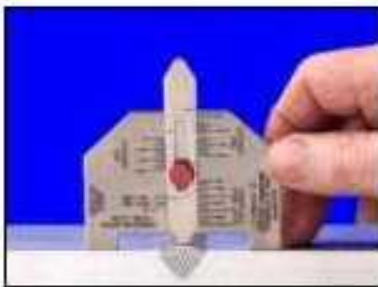
2 - 6 - Le calibre de soudeur



Le calibre de soudeur permet de vérifier les angles d'ouverture de chanfrein, les surépaisseurs extérieures de cordons de soudage, les épaisseurs de gorges de soudure d'angle. C'est l'outil indispensable du soudeur et du contrôleur.



Vérifier la surépaisseur d'un cordon de soudure bout à bout.



Vérifier la gorge d'un cordon de soudure d'angle.

3 - Les matériels de contrôle visuel

3 - 1 - La lampe stylo



La lampe stylo permet d'éclairer l'intérieur des tubes et d'assurer la vision du cordon de pénétration. En lumière rasante, la lampe stylo révèle les défauts de forme comme les morsures et les caniveaux en bord de cordon.

3 - 2 - Le miroir d'inspection

Le miroir d'inspection est l'outil indispensable du contrôleur et du soudeur de tuyauterie. Il permet de contrôler visuellement les intérieurs de tubes de $\varnothing > 25$ mm.



3 - 3 - La loupe éclairante



La loupe éclairante permet de grossir les détails et de distinguer des défauts de surface très fins sur les cordons de soudure comme des piqûres ou des fissures.

4 - Les matériels électroniques de contrôle

4 - 1 - Le multimètre avec pince ampère métrique

Le multimètre est l'outil indispensable pour le contrôleur et en soudage. Il permet de contrôler soudage et la tension de soudage. matériel électronique doit être étalonné périodiquement.



l'inspecteur l'intensité de
Ce type de
vérifié et

4 - 2 - Le thermomètre avec sonde de contact



Le thermomètre permet de vérifier la température ambiante, la température d'étuvage, la température de préchauffage avant soudage, la température entre passes, la température de post chauffage. Ce type de matériel électronique doit être vérifié et étalonné périodiquement.

5 - Le matériel de contrôle de débit de gaz

Le débit du flux gazeux de protection à la torche et en protection envers doit être vérifié avec un rota mètre à bille. Le rota mètre à bille doit être calibré selon le type de gaz de protection utilisé



Le contrôle visuel et les critères d'acceptation d'une soudure

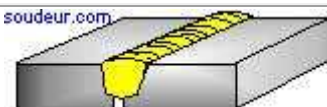
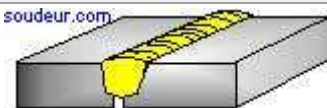





1 - Introduction

Le contrôle visuel selon l'EN 970 du cordon de soudure est obligatoire pour les essais de qualification de soudeur selon l'EN 287-1 de 2004 et les essais de qualification de mode opératoire de soudage selon l'EN 15614-1.

2 - L'évaluation des défauts de forme

L'EN 12062 définit que les défauts de forme sont évalués selon la norme EN ISO 5817 selon le niveau de qualité B sauf pour les surépaisseurs excessives, les convexités excessives, les gorges excessives et les excès de pénétration qui sont évalués selon le niveau de qualité C uniquement pour la qualification de soudeur.

3 - Les différents défauts rencontrés en visuel sur bout à bout

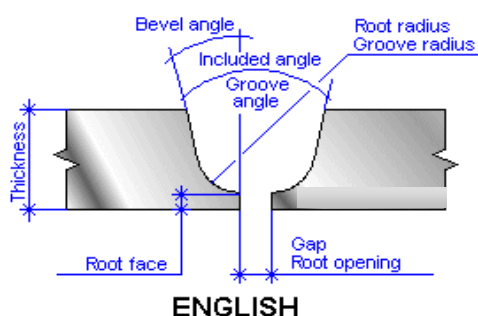
Référence	Désignation	Illustration	Limite des défauts
401	MANQUE DE FUSION		Non autorisé
4021	MANQUE DE PÉNÉTRATION		Non autorisé
5011	CANIVEAU		Profondeur $\leq 0,05 \times$ l'épaisseur soudée avec maxi de 0,5 mm - Transition douce
5012	MORSURE		Profondeur $< 0,05 \times$ l'épaisseur soudée avec maxi de 0,5 mm - Transition douce
502	SURÉPAISSEUR EXCESSIVE (soudure bout à bout)		Hauteur $\leq 0,15 \times$ la largeur du cordon externe de soudure + 1 mm avec maxi de 7 mm
504	EXCÈS DE PÉNÉTRATION (soudure bout à bout)		Hauteur $\leq 0,6 \times$ la largeur du cordon de pénétration + 1 mm avec maxi de 4 mm
511	MANQUE D'ÉPAISSEUR (soudure bout à bout)		Profondeur $\leq 0,05 \times$ l'épaisseur soudée avec maxi de 0,5 mm - Transition douce

4 - Les différents défauts rencontrés en visuel sur assemblage d'angle

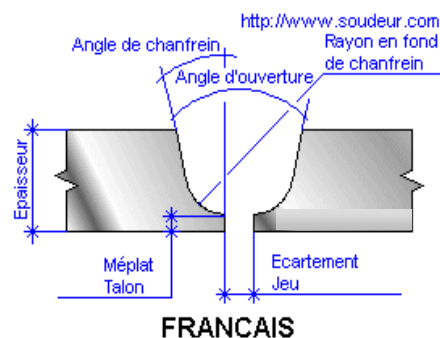
Référence	Désignation	Illustration	Limites des défauts
5011 5012	CANIVEAU / MORSURE		Profondeur $\leq 0,05 \times$ l'épaisseur soudée avec maxi de 0,5 mm - Transition douce
503	CONVEXITÉ EXCESSIVE (soudure d'angle)		Hauteur du bombement $\leq 0,15 \times$ la base du cordon avec maxi de 4 mm
512	DÉFAUT DE SYMÉTRIE EXCESSIVE (soudure d'angle)		Longueur ou hauteur $\leq 0,15 \times$ la gorge du cordon + 1,5 mm. Pour une gorge de 7 mm la différence de hauteur ne doit pas dépassée 2,55 mm

Terminologie des joints soudés

1 - Détail de préparation d'un joint bout à bout:

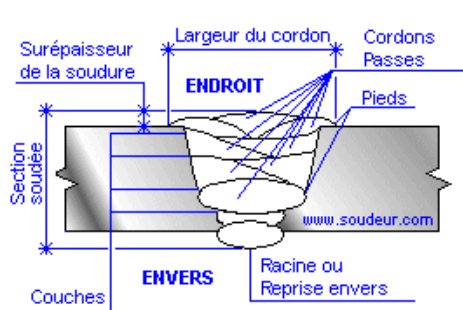


Le croquis ci-contre représente une préparation à simple ouverture (single groove preparation) avec un chanfrein en U ou tulipe (Butt weld single-U). Le joint est de type bout à bout (Butt welding)

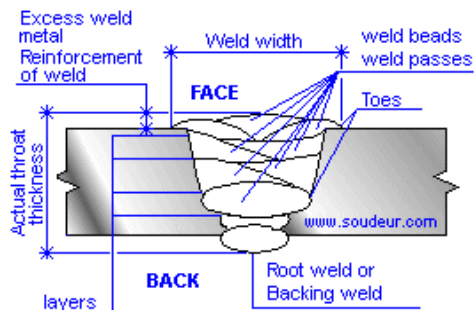


2 - Détail d'une soudure avec pénétration et reprise envers éventuelle:

Le croquis ci-dessous représente une soudure avec 10 passes dont une reprise à l'envers sur 6 couches.

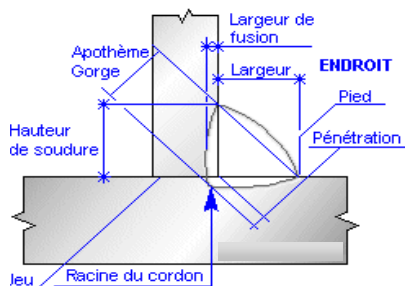


FRANCAIS

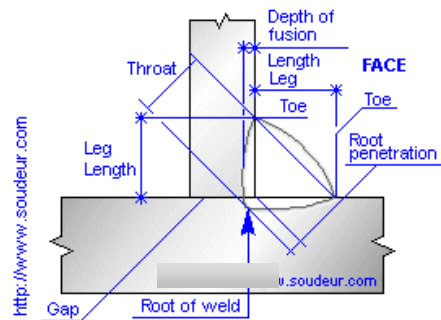


ENGLISH

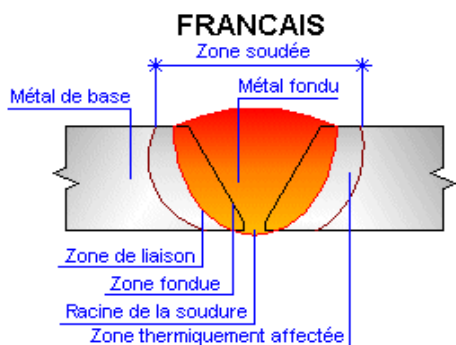
3 - Détail d'une soudure non pénétrée en angle:



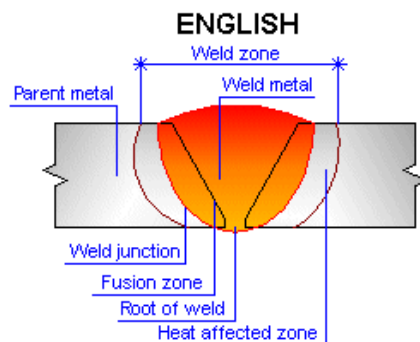
Le croquis ci-contre représente une soudure en angle (fillet weld) avec passe.



4 - Détail d'une soudure bout à bout et de ses zones:



Le croquis ci-contre représente une soudure avec ses différentes zones.



La représentation symbolique des soudures sur les plans (EN 22553)

1 - Généralités

Les plans de fabrication d'un ensemble soudé comportent souvent des indications graphiques particulières relatives au mode d'exécution des soudures. Cette symbolisation graphique est normalisée suivant la norme EN 22553 de Août 1994 et comporte plusieurs éléments symboliques.

2 - La symbolisation élémentaire des types de soudure

La symbolisation élémentaire des types de soudures est représentée ci-dessous. Cette représentation rappelle la configuration générale de l'assemblage à souder. Vous pouvez trouver, sur le plan de fabrication, des combinaisons de symboles élémentaires pour une même soudure.

	Soudure sur bord relevé		Soudure sur bords droits		Soudure en demi V à flancs droits
	Soudure sur chanfrein en V		Soudure en demi V		Soudure sur chant
	Soudure sur chanfrein en Y		Soudure sur demi Y		Soudure par rechargement
	Soudure sur tulipe ou U		Soudure sur demi U ou en J		Assemblage de surface
	Reprise à l'envers		Soudure d'angle		Assemblage oblique
	Soudure bouchon		Soudure par points		Assemblage replié
	Soudure en ligne continue avec recouvrement		Soudure en V à flancs droits		

<http://www.soudeur.com>

3 - La combinaison de symboles élémentaires

La combinaison de la symbolisation élémentaire des types de soudures est possible et elle est représentée ci-contre. Cette représentation rappelle la configuration générale de l'assemblage symétrique à souder.

	Soudure en double V ou X		Soudure en K avec méplat
	Soudure en K		Soudure en double U
	Soudure en X avec méplat		

4 - La symbolisation supplémentaire

La symbolisation élémentaire peut être complétée par un symbole supplémentaire de forme de la surface extérieure de soudure. La symbolisation supplémentaire précise l'aspect général de la surface du cordon de soudure. L'absence de symbole supplémentaire indique que l'aspect n'est pas précisé.

5 - Exemple d'utilisation des symboles supplémentaires

Exemples d'utilisations de symboles supplémentaires pour définir des exigences particulières applicables à la soudure.

	Les bords doivent être convenablement mouillés		Soudure convexe
	Support à l'envers subsistant		Soudure concave
	Support à l'envers		Soudure
	Soudure en V convexe		Soudure en V avec support envers provisoire
	Soudure en tulipe plate		Soudure en V avec méplat convexe et reprise envers
	Soudure		Soudure en V
	Soudure périphérique		Référence à une information
	Soudure chantier		
	Procédé de soudage 141		

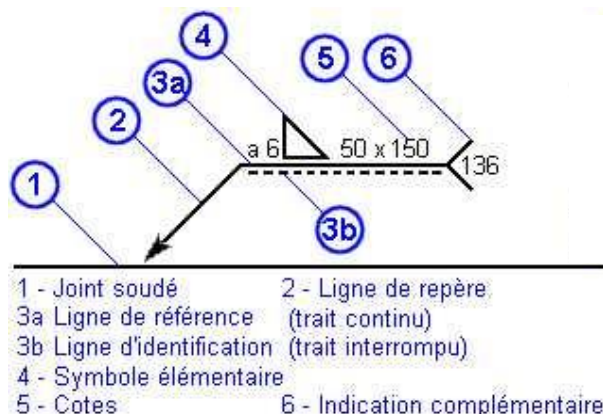
6 - La symbolisation complémentaire

La symbolisation complémentaire précise certaines conditions d'exécution de la réalisation de la soudure (procédé de soudage utilisé, soudure sur le pourtour périphérique, soudure chantier, niveau de réception, position de travail, métal d'apport, ...).

7 - La position des symboles sur le plan

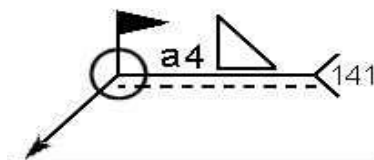
La symbolisation complète est composée de :

- ❖ La ligne de repère du joint
- ❖ La ligne de référence
- ❖ La ligne d'identification
- ❖ Le symbole élémentaire
- ❖ Des cotes et signes conventionnels

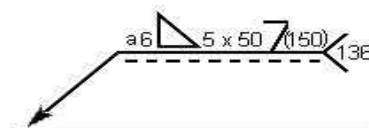


8 - Quelques exemples de symboles sur le plan

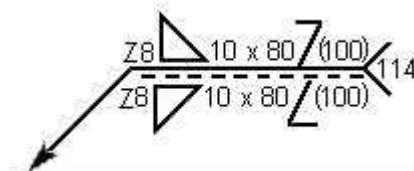
- Soudure d'angle
- Soudure continue sur tout le pourtour
- Soudure montage réalisée sur le chantier
- Gorge de soudure de $a = 4$ mm
- Procédé TIG (141)



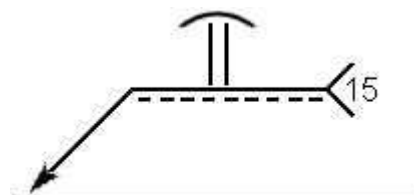
- Soudure d'angle
- Soudure discontinue d'un seul côté
- 5 points de 50 mm espacés de 150 mm
- Gorge de soudure de 6 mm ($a = 6$ mm)
- Procédé MAG Fil fourré avec gaz (136)
- a = hauteur du plus grand triangle isocèle inscrit dans la section



- Soudures d'angle des deux côtés
- Soudures discontinues alternées
- 10 points de 80 mm espacés de 100 mm
- Côté de soudure de 8 mm ($Z = 8$)
- Procédé MAG Fil fourré sans gaz (114)
- z = côté du plus grand triangle isocèle inscrit dans la section - $z = a2\sqrt{}$

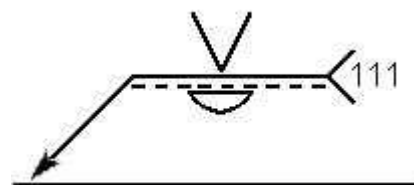


- Soudure bout à bout d'un seul côté
- Soudure sur préparation en bords droits
- Aspect du cordon de soudure convexe

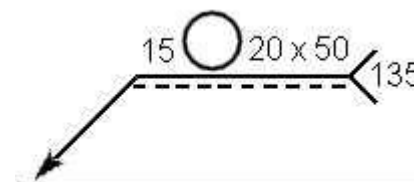


- Procédé PLASMA (15)

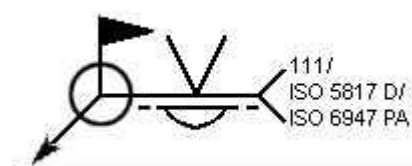
- Soudure bout à bout avec reprise envers
- Soudure sur chanfrein en V
- Aspect du cordon de soudure non précisé
- Procédé ARC E.E. (111)



- Soudure par points
- Points de diamètre 15 mm
- 20 points espacés de 50 mm
- Procédé MAG Fil plein (135)



- Soudure en V avec reprise envers
- Soudure continue sur tout le pourtour
- Soudure montage réalisée sur le chantier
- Procédé ARC (111) niveau D - ISO 5817
- Position soudage à plat PA - ISO 6947



- Soudure en demi-V
- Cordon de soudure plat
- Procédé 136 - MAG fil fourré

