

Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques

Épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage

Partie 1: Soudage à l'arc et aux gaz des aciers et soudage à l'arc du nickel et des alliages de nickel

Norme Marocaine homologuée

Par décision du Directeur de l'Institut Marocain de Normalisation N°..... du 2021, publiée au B.O. N° du 2021.

La présente norme annule et remplace la NM ISO 15614-1 homologuée en 2014.

Correspondance

La présente norme est une reprise intégrale de la norme ISO 15614-1:2017+A1:2019.

Droits d'auteur

Droit de reproduction réservés sauf prescription différente aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé électronique ou mécanique y compris la photocopie et les microfilms sans accord formel. Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients de l'IMANOR, Toute mise en réseau, reproduction et rediffusion, sous quelque forme que ce soit, même partielle, sont strictement interdites.

Avant-Propos National

L'Institut Marocain de Normalisation (IMANOR) est l'Organisme National de Normalisation. Il a été créé par la Loi N° 12-06 relative à la normalisation, à la certification et à l'accréditation sous forme d'un Etablissement Public sous tutelle du Ministère chargé de l'Industrie et du Commerce.

Les normes marocaines sont élaborées et homologuées conformément aux dispositions de la Loi N° 12-06 susmentionnée.

La présente norme marocaine NM ISO 15614-1 a été examinée et adoptée par la Commission de Normalisation de Chaudronnerie et Menuiserie Métalliques (037).

Projet de norme marocaine

Sommaire

Page

Avant-propos	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	2
3 Termes et définitions	3
4 Descriptif de mode opératoire de soudage préliminaire (DMOS-P)	3
5 Épreuve de qualification du mode opératoire de soudage	4
6 Assemblage de qualification	4
6.1 Généralités.....	4
6.2 Forme et dimensions des assemblages de qualification.....	4
6.2.1 Généralités.....	4
6.2.2 Assemblage bout à bout de tôles à pleine pénétration.....	4
6.2.3 Assemblage bout à bout de tubes à pleine pénétration.....	4
6.2.4 Assemblage en T.....	5
6.2.5 Piquage.....	5
6.3 Soudage des assemblages de qualification.....	5
7 Contrôles, examens et essais	8
7.1 Type et étendue des contrôles, examens et essais.....	8
7.2 Positionnement et prélèvement des éprouvettes.....	9
7.3 Essais non destructifs.....	13
7.4 Essais destructifs.....	13
7.4.1 Essai de traction transversale.....	13
7.4.2 Essai de pliage.....	13
7.4.3 Examen macroscopique.....	14
7.4.4 Essai de flexion par choc.....	14
7.4.5 Essai de dureté.....	14
7.5 Niveaux d'acceptation.....	15
7.6 Contre-essais.....	16
8 Domaine de validité	17
8.1 Généralités.....	17
8.2 Par rapport au fabricant.....	17
8.3 Par rapport au matériau de base.....	17
8.3.1 Groupement des matériaux de base.....	17
8.3.2 Épaisseur du matériau.....	20
8.3.3 Diamètre des tubes et des piquages.....	22
8.3.4 Angle d'inclinaison de piquage.....	22
8.4 Commun à tous les modes opératoires de soudage.....	23
8.4.1 Procédés de soudage.....	23
8.4.2 Positions de soudage.....	23
8.4.3 Type d'assemblage/de soudure.....	24
8.4.4 Matériau d'apport, fabricant/appellation commerciale, désignation.....	25
8.4.5 Dimensions du matériau d'apport.....	26
8.4.6 Type de courant.....	26
8.4.7 Apport de chaleur (énergie de l'arc).....	26
8.4.8 Température de préchauffage.....	26
8.4.9 Température entre passes.....	27
8.4.10 Post-chauffage pour dégazage de l'hydrogène.....	27
8.4.11 Traitement thermique.....	27
8.5 Spécifique aux procédés.....	28
8.5.1 Soudage à l'arc sous flux (procédé 12).....	28
8.5.2 Soudage à l'arc avec électrode fusible sous protection gazeuse (procédé 13).....	29

ISO 15614-1:2017(F)

8.5.3	Soudage à l'arc avec électrode réfractaire sous protection gazeuse (procédé 14).....	30
8.5.4	Soudage plasma (procédé 15).....	30
8.5.5	Soudage oxyacétylénique (procédé 311).....	30
8.5.6	Gaz de protection envers.....	31
9	Procès-verbal de qualification du mode opératoire de soudage (PV-QMOS).....	31
	Annexe A (normative) Matériau d'apport, désignation.....	32
	Annexe B (informative) Modèle de procès-verbal de qualification du mode opératoire de soudage (PV-QMOS).....	34
	Bibliographie.....	38

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: <http://www.iso.org/iso/fr/foreword.html>.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 44, *Soudage et techniques connexes*, sous-comité SC 10, *Qualité en soudage*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 15614-1:2004), qui a fait l'objet d'une révision technique. Elle intègre également les Amendements ISO 15614-1:2004/Amd 1:2008, et ISO 15614-1:2004/Amd 2:2012, et le Corrigendum technique ISO 15614-1:2004/Cor 1:2005.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 15614 est disponible sur le site web de l'ISO.

Il convient d'adresser toute demande d'interprétation officielle de l'un des aspects du présent document au Secrétariat de l'ISO/TC 44/SC 10 via l'organisme de normalisation national de l'utilisateur. Pour une liste complète de ces organismes, consulter le site www.iso.org.

La présente version corrigée de l'ISO 15614-1:2017 inclut les corrections suivantes:

- dans le [Tableau 5](#), la valeur « 10-5 » a été ajoutée pour le matériau A de l'assemblage de qualification 10 pour matériau B de l'assemblage de qualification 5 ;
- la [Figure 6](#) a été mise à jour pour correspondre à la légende ;
- dans la version française, dans le [Tableau 2](#), pour les soudures d'angle le positionnement des notes b et e a été corrigé pour correspondre à la version anglaise.

Introduction

Toutes les nouvelles épreuves de qualification d'un mode opératoire de soudage doivent être effectuées conformément au présent document dès parution. Toutefois, le présent document n'invalide pas les épreuves de qualification antérieures d'un mode opératoire de soudage exécutées selon d'anciennes normes ou spécifications nationales, ou selon des éditions précédentes du présent document.

La présente norme prévoit deux niveaux d'épreuves de qualification du mode opératoire de soudage, de façon à être applicable à une large gamme de fabrications soudées. Ils sont désignés niveau 1 et niveau 2.

Le niveau 1 repose sur les exigences de la Section IX de l'ASME, et le niveau 2 sur les éditions précédentes du présent document.

Projet de norme marocaine

Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage —

Partie 1:

Soudage à l'arc et aux gaz des aciers et soudage à l'arc du nickel et des alliages de nickel

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie comment un descriptif de mode opératoire de soudage préliminaire est qualifié par des épreuves de qualification du mode opératoire de soudage.

Le présent document s'applique au soudage de production, de réparation et de reconstitution.

Le présent document définit les conditions d'exécution des épreuves de qualification du mode opératoire de soudage et le domaine de validité du mode opératoire de soudage pour toutes les opérations pratiques de soudage couvertes par la qualification selon le présent document.

L'objet principal de la qualification d'un mode opératoire de soudage est de démontrer que le procédé d'assemblage proposé pour la construction est capable de produire des assemblages ayant les propriétés mécaniques requises pour l'application prévue.

La présente norme prévoit deux niveaux d'épreuves de qualification du mode opératoire de soudage, de façon à être applicable à une large gamme de fabrications soudées. Ils sont désignés niveau 1 et niveau 2. Dans le niveau 2, l'étendue des essais est plus vaste et le domaine de validité plus restrictif que dans le niveau 1.

Les épreuves de qualification de modes opératoires réalisées selon le niveau 2 satisfont automatiquement les exigences du niveau 1, mais pas l'inverse.

Lorsqu'aucun niveau n'est spécifié dans un contrat ou une norme d'application, l'ensemble des exigences du niveau 2 s'appliquent.

Le présent document s'applique au soudage à l'arc et aux gaz d'aciers sous toutes formes, et au soudage à l'arc du nickel et des alliages de nickel sous toutes formes.

Les soudages à l'arc et aux gaz sont couverts par les procédés suivants, conformément à l'ISO 4063.

111 — soudage manuel à l'arc avec électrode enrobée;

114 — soudage à l'arc avec fil fourré autoprotecteur;

12 — soudage à l'arc sous flux (en poudre);

13 — soudage à l'arc avec électrode fusible sous protection gazeuse;

14 — soudage à l'arc avec électrode réfractaire sous protection gazeuse;

15 — soudage plasma;

311 — soudage oxyacétylénique.

ISO 15614-1:2017(F)

Les principes du présent document peuvent s'appliquer à d'autres procédés de soudage par fusion.

NOTE Les anciennes numérotations de procédés ne nécessitent pas une nouvelle épreuve de qualification au titre du présent document.

Un descriptif et une qualification de mode opératoire de soudage qui ont été effectués conformément aux précédentes éditions du présent document peuvent être utilisés pour toute application pour laquelle la présente édition est spécifiée. Dans ce cas, le domaine de validité des précédentes éditions reste applicable.

Il est également possible de créer un nouveau domaine de validité de PV-QMOS (procès-verbal de qualification du mode opératoire de soudage) selon la présente édition en se basant sur le PV-QMOS qualifié existant, à condition que l'intention technique des exigences d'essai du présent document ait été satisfaite. Lorsque des essais complémentaires doivent être réalisés pour rendre la qualification techniquement équivalente, il est uniquement nécessaire de réaliser l'essai complémentaire sur un assemblage de qualification.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 148-1, *Matériaux métalliques — Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy — Partie 1: Méthode d'essai*

ISO 3452-1, *Essais non destructifs — Examen par ressuage — Partie 1: Principes généraux*

ISO 4063, *Soudage et techniques connexes — Nomenclature et numérotation des procédés*

ISO 4136, *Essais destructifs des soudures sur matériaux métalliques — Essai de traction transversale*

ISO 5173, *Essais destructifs des soudures sur matériaux métalliques — Essais de pliage*

ISO 5817, *Soudage — Assemblages en acier, nickel, titane et leurs alliages soudés par fusion (soudage par faisceau exclu) — Niveaux de qualité par rapport aux défauts*

ISO 6520-1, *Soudage et techniques connexes — Classification des défauts géométriques dans les soudures des matériaux métalliques — Partie 1: Soudage par fusion*

ISO 6947, *Soudage et techniques connexes — Positions de soudage*

ISO 9015-1, *Essais destructifs des soudures sur matériaux métalliques — Essais de dureté — Partie 1: Essai de dureté des assemblages soudés à l'arc*

ISO 9016, *Essais destructifs des soudures sur matériaux métalliques — Essai de flexion par choc — Position de l'éprouvette, orientation de l'entaille et examen*

ISO 14175, *Produits consommables pour le soudage — Gaz et mélanges gazeux pour le soudage par fusion et les techniques connexes*

ISO 15609-1, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Descriptif d'un mode opératoire de soudage — Partie 1: Soudage à l'arc*

ISO 15609-2, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Descriptif d'un mode opératoire de soudage — Partie 2: Soudage aux gaz*

ISO 15613, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Qualification sur la base d'un assemblage soudé de préproduction*

ISO 17636-1, *Contrôle non destructif des assemblages soudés — Contrôle par radiographie — Partie 1: Techniques par rayons X ou gamma à l'aide de film*

ISO 17636-2, *Contrôle non destructif des assemblages soudés — Contrôle par radiographie — Partie 2: Techniques par rayons X ou gamma à l'aide de détecteurs numériques*

ISO 17637, *Contrôle non destructif des assemblages soudés — Contrôle visuel des assemblages soudés par fusion*

ISO 17638, *Contrôle non destructif des assemblages soudés — Magnétoscopie*

ISO 17639, *Essais destructifs des soudures sur matériaux métalliques — Examens macroscopique et microscopique des assemblages soudés*

ISO 17640, *Contrôle non destructif des assemblages soudés — Contrôle par ultrasons — Techniques, niveaux d'essai et évaluation*

ISO/TR 15608, *Soudage — Lignes directrices pour un système de groupement des matériaux métalliques*

ISO/TR 17671-1, *Soudage — Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques — Partie 1: Lignes directrices générales pour le soudage à l'arc*

ISO/TR 18491, *Soudage et techniques connexes — Lignes directrices pour le mesurage des énergies de soudage*

ISO/TR 20172, *Soudage — Systèmes de groupement des matériaux — Matériaux européens*

ISO/TR 20173, *Soudage — Systèmes de groupement des matériaux — Matériaux américains*

ISO/TR 20174, *Soudage — Systèmes de groupement des matériaux — Matériaux japonais*

ISO/TR 25901 (toutes les parties), *Soudage et techniques connexes — Vocabulaire*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO/TR 25901 (toutes les parties) ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

3.1

longueur effective du cordon

longueur du cordon obtenu après avoir fondu une électrode enrobée

Note 1 à l'article: Voir l'ISO/TR 17671-2.

3.2

soudage de reconstitution

ajout de métal fondu dans le but d'obtenir ou de rétablir les dimensions exigées

4 Descriptif de mode opératoire de soudage préliminaire (DMOS-P)

Le descriptif de mode opératoire de soudage préliminaire doit être préparé conformément à l'ISO 15609-1 ou l'ISO 15609-2.

ISO 15614-1:2017(F)

5 Épreuve de qualification du mode opératoire de soudage

La réalisation et les essais des assemblages de qualification doivent être conformes aux [Articles 6](#) et [7](#).

Le soudeur ou l'opérateur soudeur qui a réalisé l'assemblage conduisant à la qualification du mode opératoire de soudage conformément au présent document est qualifié selon la norme nationale/internationale applicable, dans la mesure où les exigences d'essais correspondantes de cette norme sont satisfaites.

6 Assemblage de qualification

6.1 Généralités

L'assemblage soudé auquel s'applique le mode opératoire de soudage en production doit être représenté par un ou plusieurs assemblages de qualification normalisés tels que spécifiés en [6.2](#).

Si la norme d'application l'exige, le sens de laminage de la tôle doit être indiqué sur l'assemblage de qualification lorsqu'un essai de flexion par choc est exigé dans la zone affectée thermiquement (ZAT) et il doit être mentionné dans le rapport de l'essai de flexion par choc.

Pour le niveau 1: Toute épreuve de qualification d'une soudure bout à bout qualifie l'ensemble des configurations d'assemblage.

Pour le niveau 2: Lorsque les assemblages de qualification normalisés tels qu'indiqués dans le présent document ne sont pas représentatifs des exigences de l'assemblage et/ou des dimensions de l'assemblage de qualification, l'utilisation de l'ISO 15613 doit être exigée.

6.2 Forme et dimensions des assemblages de qualification

6.2.1 Généralités

La longueur ou le nombre des assemblages de qualification doit être suffisant(e) pour permettre de réaliser tous les essais exigés.

Des assemblages de qualification supplémentaires ou des assemblages de qualification de taille supérieure au minimum indiqué peuvent être préparés en vue d'essais additionnels et/ou de contre-essais éventuels (voir [7.6](#)).

Pour tous les assemblages de qualification à l'exception des piquages (voir [Figure 4](#)) et des assemblages en T (soudure d'angle avec ou sans chanfrein, voir [Figure 3](#)), l'épaisseur de matériau t et le diamètre D doivent être les mêmes pour les deux tôles ou tubes sur la longueur requise de l'assemblage de qualification à souder.

L'épaisseur et/ou le diamètre extérieur du tube des assemblages de qualification doivent être choisis conformément aux indications des [paragraphes 8.3.2](#) à [8.3.3](#).

6.2.2 Assemblage bout à bout de tôles à pleine pénétration

L'assemblage de qualification doit être préparé conformément à la [Figure 1](#).

6.2.3 Assemblage bout à bout de tubes à pleine pénétration

L'assemblage de qualification doit être préparé conformément à la [Figure 2](#).

NOTE Le mot «tube», seul ou associé, est utilisé pour «tube», «tuyau» ou «section creuse», excepté pour les sections creuses carrées ou rectangulaires.

6.2.4 Assemblage en T

L'assemblage de qualification doit être préparé conformément à la [Figure 3](#). Cet assemblage de qualification s'applique aux soudures bout à bout à pleine pénétration ou aux soudures d'angle.

6.2.5 Piquage

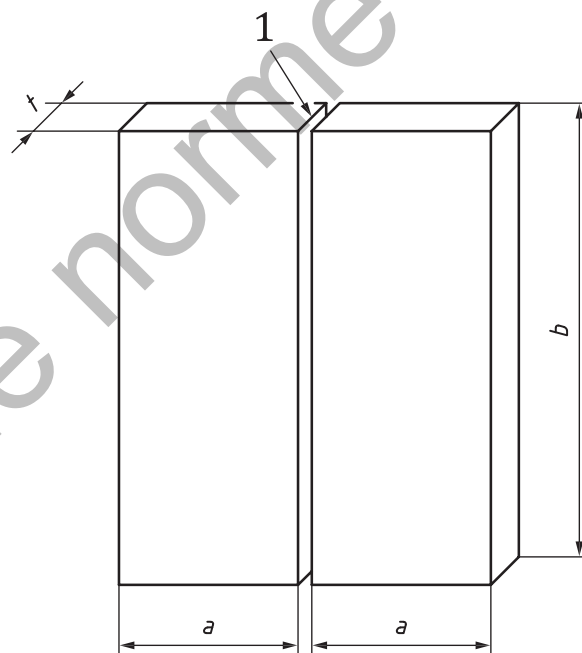
Pour le niveau 1: Aucun assemblage de qualification spécifique n'est exigé.

Pour le niveau 2: L'assemblage de qualification doit être préparé conformément à la [Figure 4](#). L'angle α est l'angle minimal utilisé en production. Cet assemblage de qualification s'applique aux assemblages à pleine pénétration (assemblage posé, pénétrant ou traversant) et aux soudures d'angle.

6.3 Soudage des assemblages de qualification

La préparation et le soudage des assemblages de qualification doivent être réalisés conformément au DMOS-P qu'ils doivent représenter. Les positions de soudage et les limites d'angles d'inclinaison et de rotation de l'assemblage de qualification doivent être conformes à l'ISO 6947. Si des soudures de pointage doivent être fondues dans l'assemblage final, elles doivent être présentes dans l'assemblage de qualification.

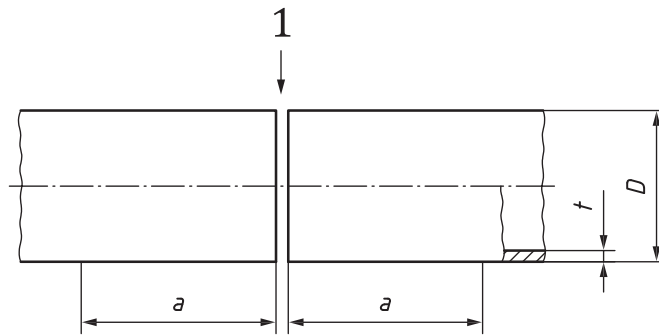
Le soudage et les essais de l'assemblage de qualification doivent être contrôlés par l'examineur ou l'organisme d'examen.



Légende

- 1 préparation et accostage des bords suivant le descriptif de mode opératoire de soudage préliminaire (DMOS-P)
- a dimension minimale 150 mm
- b dimension minimale 350 mm
- t épaisseur du matériau

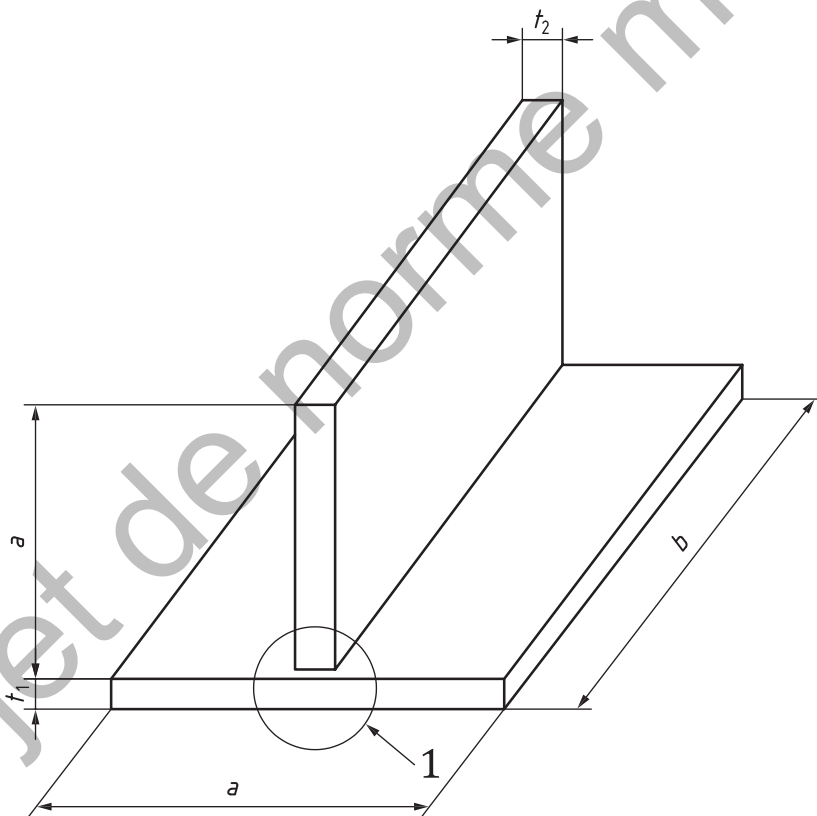
Figure 1 — Assemblage de qualification pour un assemblage bout à bout de tôles à pleine pénétration



Légende

- 1 préparation et accostage des bords suivant le descriptif de mode opératoire de soudage préliminaire (DMOS-P)
- a dimension minimale 150 mm
- D diamètre extérieur du tube
- t épaisseur du matériau

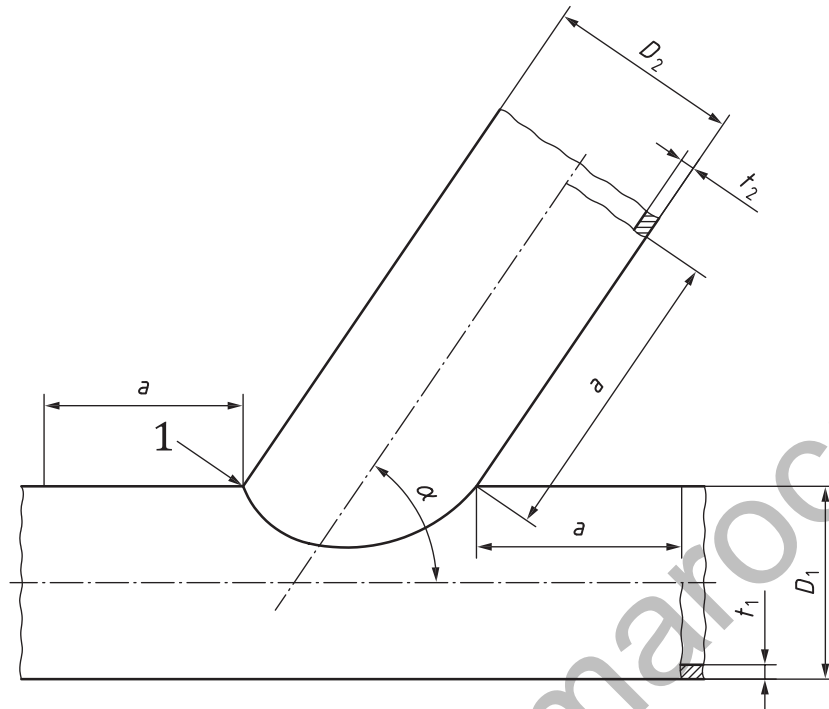
Figure 2 — Assemblage de qualification pour un assemblage bout à bout de tubes à pleine pénétration



Légende

- 1 préparation et accostage des bords suivant le descriptif de mode opératoire de soudage préliminaire (DMOS-P)
- a dimension minimale 150 mm
- b dimension minimale 350 mm
- t_1, t_2 épaisseur du matériau

Figure 3 — Assemblage de qualification pour un assemblage en T



Légende

- 1 préparation et accostage des bords suivant le descriptif de mode opératoire de soudage préliminaire (DMOS-P)
- α angle de piquage
- a dimension minimale 150 mm
- D_1 diamètre extérieur du tube principal
- D_2 diamètre extérieur du piquage
- t_1 épaisseur de paroi du tube principal
- t_2 épaisseur de paroi du piquage

Figure 4 — Assemblage de qualification pour un piquage

7 Contrôles, examens et essais

7.1 Type et étendue des contrôles, examens et essais

Pour le niveau 1: Le type et l'étendue des contrôles, examens et essais doivent être conformes aux exigences du [Tableau 1](#). Si une spécification ou une norme d'application exige un essai de flexion par choc, un essai de dureté ou un essai non destructif (END), celui-ci doit être réalisé et évalué conformément aux exigences du niveau 2, sauf spécification contraire dans la spécification ou la norme d'application en question.

Pour le niveau 2: Le type et l'étendue des contrôles, examens et essais doivent être conformes aux exigences du [Tableau 2](#).

Une norme d'application peut spécifier des contrôles, examens et essais complémentaires, par exemple:

- essai de traction longitudinale prélevé dans le métal déposé;
- essai de pliage dans le métal fondu hors dilution;
- essai de corrosion;
- analyse chimique;
- examen microscopique;
- détermination de la teneur en ferrite delta;
- essai de dureté;
- essai en croix;
- essai de flexion par choc;
- essai non destructif (END).

NOTE Des conditions spécifiques de service, de matériaux ou de fabrication peuvent exiger des essais plus complets que ceux spécifiés par le présent document, afin d'obtenir plus d'informations et d'éviter de refaire une épreuve de qualification de mode opératoire de soudage à une date ultérieure dans le seul but d'obtenir des résultats d'essais complémentaires.

Tableau 1 — Pour le niveau 1: Contrôles, examens et essais à réaliser sur les assemblages de qualification

Assemblage de qualification	Type d'essai	Étendue des essais	Note
Assemblage bout à bout à pleine pénétration — Figure 1 et Figure 2	Contrôle visuel	100 %	a
	Essai de traction transversale	2 éprouvettes	
	Essai de pliage transversal	4 éprouvettes	
Soudures d'angle — Figure 3	Contrôle visuel	100 %	b
	Examen macroscopique	2 éprouvettes	

^a Pour les essais de pliage, voir [7.4.2](#).

^b Lorsque les propriétés mécaniques sont requises par une norme d'application, elles doivent être soumises à essai en conséquence. Si un assemblage de qualification supplémentaire est nécessaire, il convient qu'il présente des dimensions suffisantes pour permettre de réaliser les essais mécaniques. Pour cet assemblage de qualification supplémentaire, la plage de paramètres de soudage, le groupe du matériau de base, le métal d'apport et le traitement thermique sont tenus d'être identiques.

Tableau 2 — Pour le niveau 2: Contrôles, examens et essais à réaliser sur les assemblages de qualification

Assemblage de qualification	Type d'essai	Étendue des essais	Note
Assemblage bout à bout à pleine pénétration — Figure 1 et Figure 2	Contrôle visuel	100 %	—
	Contrôle par radiographie ou ultrasons	100 %	a
	Contrôle de surface	100 %	b
	Essai de traction transversale	2 éprouvettes	—
	Essai de pliage transversal	4 éprouvettes	c
	Essai de flexion par choc	2 jeux d'éprouvette	d
	Essai de dureté	exigé	e
	Examen macroscopique	1 éprouvette	—
Assemblage en T à pleine pénétration — Figure 3 Piquage à pleine pénétration — Figure 4 f	Contrôle visuel	100 %	—
	Contrôle de surface	100 %	b
	Contrôle par ultrasons ou radiographie	100 %	a, g
	Essai de dureté	exigé	e
	Examen macroscopique	2 éprouvettes	—
Soudure d'angle — Figure 3 et Figure 4 f	Contrôle visuel	100 %	—
	Contrôle de surface	100 %	b
	Essai de dureté	exigé	e
	Examen macroscopique	2 éprouvettes	—

a Le contrôle par ultrasons ne doit pas être utilisé pour $t < 8$ mm ni pour les groupes de matériaux 8, 10, et 41 à 48.

b Surfaces de soudage accessibles: contrôle par ressuage ou par magnétoscopie. Contrôle par ressuage pour les matériaux non magnétiques.

c Pour les essais de pliage, voir [7.4.2](#).

d Un jeu dans le métal fondu et un jeu dans la ZAT pour les matériaux d'épaisseur ≥ 12 mm et dont la résistance à la flexion par choc est spécifiée par une norme de conditions techniques de livraison et/ou appropriée selon les conditions de service. Les normes d'application peuvent exiger un essai de flexion par choc pour une épaisseur inférieure à 12 mm. La température d'essai doit être choisie par le fabricant en fonction de l'application ou des normes d'application. Pour les contrôles, examens et essais complémentaires, voir [7.4.4](#).

e Non exigé pour les métaux de base du sous-groupe 1.1, des groupes 8 et 41 à 48, et les assemblages mixtes de métaux de ces groupes, excepté pour les assemblages mixtes entre le sous-groupe 1.1 et le groupe 8.

f Lorsque les propriétés mécaniques sont requises par une norme d'application, elles doivent être soumises à essai en conséquence. Si un assemblage de qualification supplémentaire est nécessaire, il convient qu'il présente des dimensions suffisantes pour permettre de réaliser les essais mécaniques. Pour cet assemblage de qualification supplémentaire, la plage de paramètres de soudage, le groupe du matériau de base, le métal d'apport et le traitement thermique sont tenus d'être identiques.

g Pour un diamètre extérieur ≤ 50 mm, aucun contrôle par ultrasons n'est exigé, mais un contrôle par radiographie est requis à condition que la configuration de l'assemblage fournisse des résultats valables. Pour un diamètre extérieur > 50 mm et lorsque le contrôle par ultrasons n'est pas techniquement réalisable, un contrôle par radiographie doit être réalisé à condition que la configuration de l'assemblage permette d'obtenir des résultats significatifs.

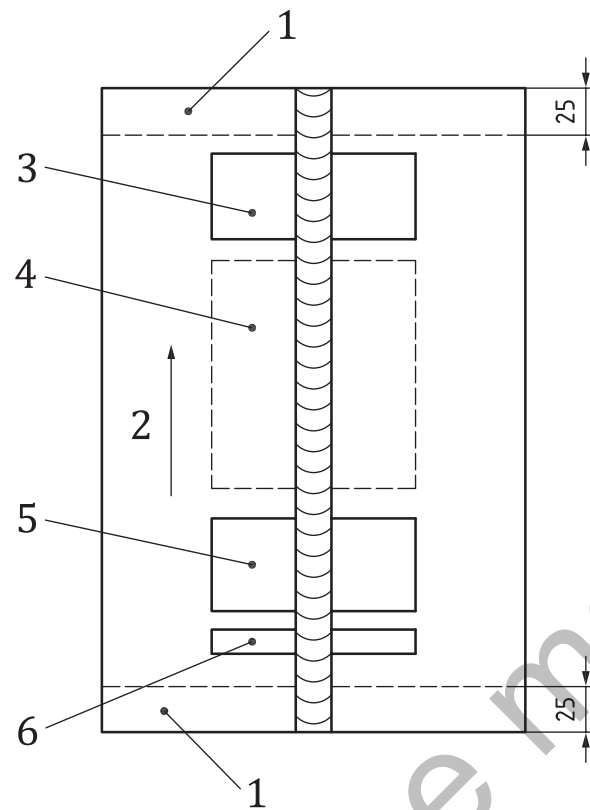
7.2 Positionnement et prélèvement des éprouvettes

Les éprouvettes doivent être prélevées conformément aux [Figures 5, 6, 7](#) et [8](#).

Pour le positionnement des éprouvettes pour les essais de dureté et de flexion par choc, le [paragraphe 8.4.2](#) doit être pris en compte.

Il est admis d'effectuer les prélèvements hors des zones présentant des défauts compris dans les limites d'acceptation de la ou des méthodes d'END utilisées.

Dimensions en millimètres

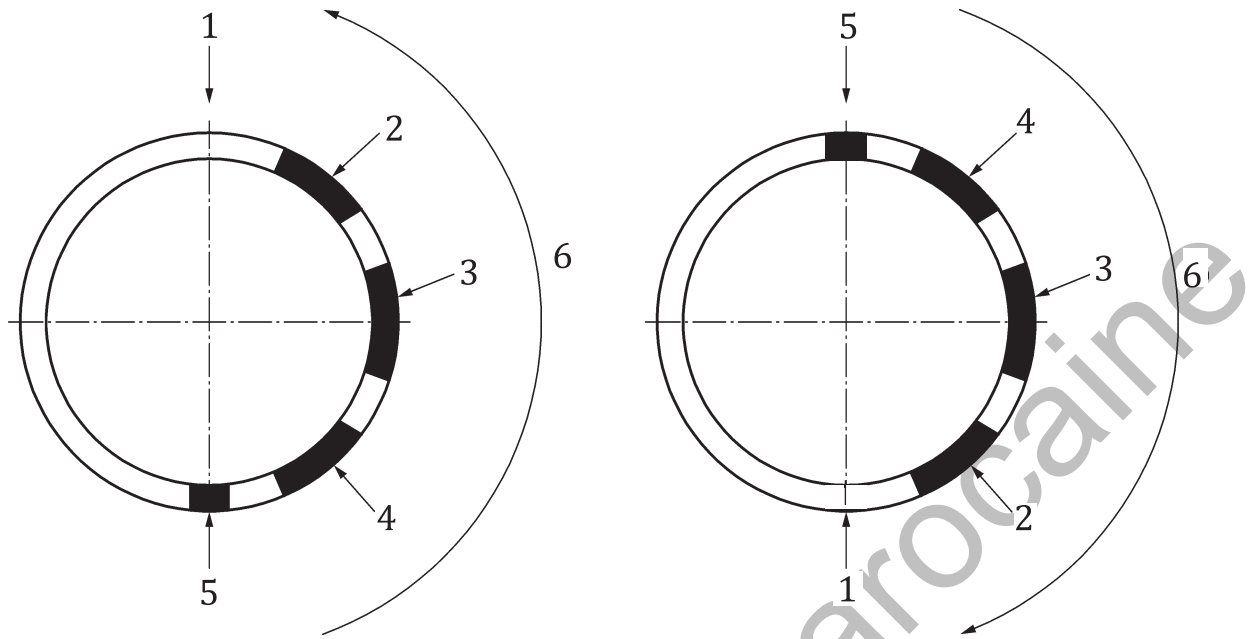


Légende

- 1 extrémité à chuter 25 mm
- 2 sens de soudage
- 3 aire pour:
 - 1 éprouvette de traction
 - éprouvettes de pliage
- 4 aire pour:
 - éprouvettes de flexion par choc et éprouvettes supplémentaires si exigées
- 5 aire pour:
 - 1 éprouvette de traction
 - éprouvettes de pliage
- 6 aire pour:
 - 1 éprouvette pour essai macroscopique
 - 1 éprouvette pour essai de dureté

NOTE Pas à l'échelle

Figure 5 — Positionnement des éprouvettes dans un assemblage bout à bout de tôles



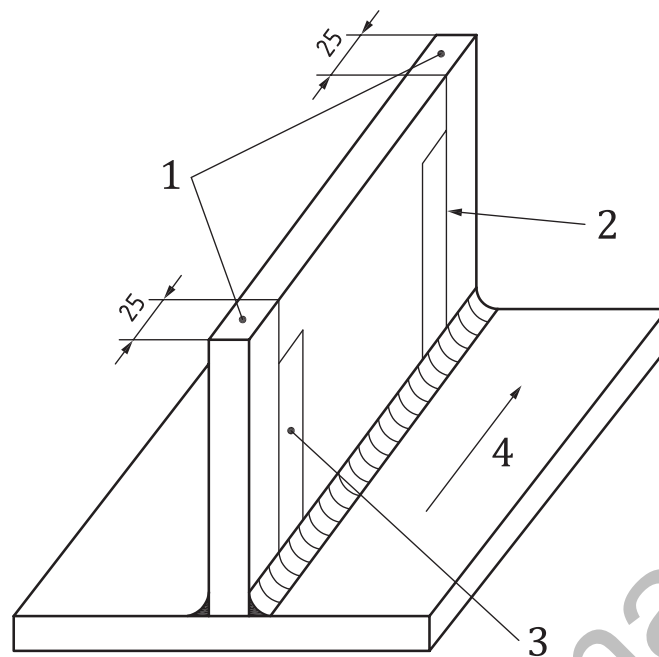
Légende

- 1 fin de la soudure
- 2 aire pour:
 - 1 éprouvette de traction
 - éprouvettes de pliage
- 3 aire pour:
 - éprouvettes de flexion par choc et éprouvettes supplémentaires si exigées
- 4 aire pour:
 - 1 éprouvette de traction
 - éprouvettes de pliage
- 5 début de la soudure; aire pour:
 - 1 éprouvette pour essai macroscopique
 - 1 éprouvette pour essai de dureté (prélevée au début de la soudure)
- 6 sens de soudage

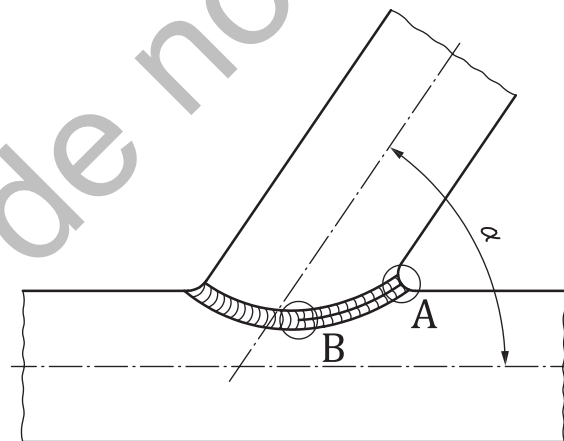
NOTE Pas à l'échelle

Figure 6 — Positionnement des éprouvettes dans un assemblage bout à bout de tubes

Dimensions en millimètres

**Légende**

- 1 extrémité à chuter 25 mm
- 2 éprouvette pour essai macroscopique
- 3 éprouvette pour essai macroscopique et éprouvette pour essai de dureté
- 4 sens de soudage

Figure 7 — Positionnement des échantillons dans un assemblage en T**Légende**

- A éprouvette pour essai macroscopique et éprouvette pour essai de dureté à prélever
- B éprouvette pour essai macroscopique à prélever
- α angle de piquage

Figure 8 — Positionnement des échantillons dans un piquage sur tubes

7.3 Essais non destructifs

Tous les essais non destructifs conformes à 7.1 doivent être effectués et acceptés sur des assemblages de qualification avant prélèvement des éprouvettes. L'extrémité à chuter (voir Figure 5 et Figure 7) ne doit pas être prise en compte pour l'END. Tout traitement thermique après soudage (TTAS) spécifié doit être exécuté avant les essais non destructifs.

Pour les matériaux sensibles à la fissuration par l'hydrogène et pour lesquels aucun post-chauffage ni aucun TTAS n'est spécifié, les essais non destructifs doivent être retardés.

En fonction de la géométrie de l'assemblage, des matériaux et des exigences de travail, les END doivent être réalisés selon les exigences du Tableau 1 et du Tableau 2, conformément à l'ISO 17637 (contrôle visuel), à l'ISO 17636-1 ou l'ISO 17636-2 (contrôle par radiographie), à l'ISO 17640 (contrôle par ultrasons), à l'ISO 3452-1 (contrôle par ressuage) et à l'ISO 17638 (contrôle par magnétoscopie). Les niveaux d'acceptation doivent être conformes à 7.5.

7.4 Essais destructifs

7.4.1 Essai de traction transversale

Les éprouvettes et la conduite de l'essai de traction transversale d'un assemblage bout à bout doivent être réalisées conformément à l'ISO 4136. L'essai doit représenter toute l'épaisseur, sauf la partie nécessaire pour obtenir des côtés parallèles sur les éprouvettes. L'essai de traction doit garantir que tous les procédés de soudage utilisés et les variables essentielles associées sont contrôlés.

NOTE Le recouvrement des éprouvettes tel qu'identifié dans l'ISO 4136 n'est pas indispensable.

Pour les tubes de diamètre extérieur >50 mm, la surépaisseur du métal fondu doit être éliminée sur les deux faces pour obtenir une épaisseur d'éprouvette égale à celle de la paroi du tube.

Pour les tubes de diamètre extérieur ≤50 mm, pour lesquels l'essai de traction transversale est réalisé sur la totalité du tube, la surépaisseur du métal fondu sur la surface interne du tube peut être laissée en l'état.

La résistance à la traction de l'éprouvette ne doit pas être inférieure à la valeur minimale correspondante spécifiée pour le métal de base, sauf spécification contraire avant les essais.

Pour les assemblages constitués de métaux de base mixtes, la résistance à la traction ne doit pas être inférieure à la valeur minimale spécifiée pour le matériau de base ayant la plus faible résistance à la traction.

7.4.2 Essai de pliage

Les éprouvettes et la conduite de l'essai de pliage d'un assemblage bout à bout doivent être réalisées conformément à l'ISO 5173.

Pour les épaisseurs <12 mm, deux éprouvettes de pliage endroit et deux éprouvettes de pliage envers doivent être utilisées. Pour les épaisseurs ≥12 mm, quatre éprouvettes de pliage côté peuvent être utilisées à la place des éprouvettes de pliage endroit et envers.

Pour les assemblages bout à bout mixtes et hétérogènes de tôles, il est permis d'utiliser une éprouvette de pliage longitudinal endroit et une éprouvette de pliage longitudinal envers à la place de quatre éprouvettes de pliage transversal.

Pendant l'essai, les éprouvettes ne doivent pas révéler un seul défaut >3 mm dans quelque direction que ce soit. Les défauts apparaissant dans les coins des éprouvettes lors de l'essai doivent être ignorés lors de l'évaluation.

ISO 15614-1:2017(F)

7.4.3 Examen macroscopique

Les éprouvettes doivent être préparées et attaquées sur une face, conformément à l'ISO 17639, pour révéler clairement la zone de liaison, la ZAT et la distribution des passes.

Les éprouvettes doivent comporter une partie de métal de base non affecté thermiquement et être tracées par au moins une photographie de la coupe macroscopique par épreuve de qualification de mode opératoire.

Les niveaux d'acceptation doivent être conformes à 7.5.

7.4.4 Essai de flexion par choc

Les éprouvettes et la conduite de l'essai de flexion par choc doivent être réalisées conformément au présent document pour la position des éprouvettes et la température d'essai, et conformément à l'ISO 9016 pour les dimensions des éprouvettes et la méthode d'essai. Sauf spécification contraire, un couteau de choc de 2 mm de rayon doit être utilisé conformément à l'ISO 148-1.

Il faut utiliser une éprouvette de type VWT (V: entaille Charpy en V - W: entaille dans le métal fondu - T: entaille à travers l'épaisseur) pour le métal fondu et une éprouvette de type VHT (V: entaille Charpy en V - H: entaille dans la zone affectée thermiquement - T: entaille à travers l'épaisseur) pour la ZAT. Pour chaque position spécifiée, chaque jeu doit comporter trois éprouvettes.

Des éprouvettes doivent être prélevées à une distance maximale de 2 mm sous la surface supérieure du métal de base et transversalement à la soudure.

Dans la ZAT, le point central de l'entaille doit être placé à une distance de la zone de liaison comprise entre 1 mm et 2 mm. Dans le métal fondu, le point central de l'entaille doit être placé au niveau de l'axe de la soudure.

Pour les assemblages bout à bout où l'épaisseur du matériau est $t > 50$ mm, deux jeux d'éprouvettes supplémentaires doivent être prélevés dans la zone de la racine, un dans la soudure et un dans la ZAT.

Pour les assemblages entre des matériaux ayant la même spécification de matériau et la même désignation, l'énergie absorbée doit être conforme à la norme du matériau de base correspondante, sauf si elle est modifiée par les normes d'application.

Pour les assemblages constitués de métaux de base mixtes, les essais de flexion par choc doivent être réalisés sur des éprouvettes issues de la ZAT de chaque métal de base et l'énergie absorbée doit être conforme à la norme du matériau de base correspondante.

La valeur moyenne des trois éprouvettes doit satisfaire aux exigences spécifiées. Pour chaque position d'entaille, une valeur individuelle peut être inférieure à la valeur moyenne minimale spécifiée, dans la mesure où elle n'est pas inférieure à 70 % de cette valeur.

Lorsque plusieurs procédés de soudage ou types d'enrobage et flux sont qualifiés à l'aide d'un seul assemblage de qualification, des éprouvettes de flexion par choc supplémentaires doivent être prélevées dans le métal fondu et dans la ZAT associée à chaque procédé, type d'enrobage et flux.

7.4.5 Essai de dureté

L'essai de dureté Vickers sous charge HV10 doit être réalisé conformément à l'ISO 9015-1. Les mesures de dureté doivent être effectuées dans la soudure, les zones affectées thermiquement et le métal de base afin d'évaluer la plage de valeurs de dureté dans tout l'assemblage soudé.

Pour les soudures d'épaisseur inférieure ou égale à 5 mm, une seule ligne de filiation doit être réalisée à une profondeur maximale de 2 mm sous la surface supérieure de l'assemblage soudé.

Pour les soudures d'épaisseur supérieure à 5 mm, une ligne de filiation doit être réalisée de chaque côté à une profondeur maximale de 2 mm sous la surface.

Pour les assemblages soudés des deux côtés, une ligne de filiation supplémentaire doit être réalisée en racine. Des exemples types de répartition d'empreintes sont donnés dans l'ISO 9015-1.

Lorsque plusieurs procédés de soudage sont utilisés, chacun doit être contrôlé suivant au moins une ligne de filiation.

Pour chaque ligne de filiation, au moins trois empreintes doivent être réalisées dans chacune des zones suivantes:

- la soudure;
- les deux zones affectées thermiquement;
- les deux métaux de base.

Pour la ZAT, la première empreinte doit être placée aussi près que possible de la zone de liaison.

Les résultats de l'essai de dureté doivent satisfaire aux exigences du [Tableau 3](#). Cependant, les exigences pour les groupes 6 (sans traitement thermique), 7, 10 et 11 et tout assemblage constitué de métaux de base mixtes doivent être spécifiées avant essai.

Tableau 3 — Valeurs de dureté maximales admissibles (HV10)

Groupes d'aciers ISO/TR 15608	Sans traitement thermique	Avec traitement thermique
1a, 2 ^b	380	320
3 ^b	450	380
4, 5	380 ^c	350 ^c
6	—	350
9.1	350	300
9.2	450	350
9.3	450	350

^a Si des essais de dureté sont exigés.

^b Pour les aciers à limite d'élasticité minimale $R_{eH} > 890$ MPa, des valeurs spéciales doivent être spécifiées.

^c Pour certains matériaux, des valeurs supérieures peuvent être acceptées, si spécifié avant l'épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage.

7.5 Niveaux d'acceptation

Les niveaux d'acceptation concernant les défauts correspondant au niveau 1 et au niveau 2 sont donnés dans le [Tableau 4](#).

NOTE La corrélation entre les niveaux de qualité de l'ISO 5817 et les niveaux d'acceptation des différentes méthodes d'END est donnée dans l'ISO 17635.

Tableau 4 — Niveaux d'acceptation concernant les défauts

N° de réf. ISO 5817	N° de réf. ISO 6520-1	Désignation	Niveau 1	Niveau 2 (niveau de qualité selon l'ISO 5817)
1.1	100	Fissure	Non autorisée	B (non autorisée)
1.5	401	Manque de fusion (fusion incomplète)	Non autorisé	B (non autorisé)
1.6	4021	Manque de pénétration à la racine	Non autorisé	B (non autorisé)
1.7	5011 5012	Caniveau continu Morsure caniveau discontinu	Pas d'exigence spécifique	C
1.9	502	Surépaisseur excessive (soudure bout à bout)	Pas d'exigence spécifique	C
1.10	503	Convexité excessive (soudure d'angle)	Pas d'exigence spécifique	C
1.11	504	Excès de pénétration	Pas d'exigence spécifique	C
1.12	505	Défaut de raccordement	Pas d'exigence spécifique	C
1.16	512	Défaut de symétrie excessif de soudure d'angle	$h \leq 3$ mm	B
1.21	5214	Gorge excessive	Pas d'exigence spécifique	C
—	—	Autres défauts ^a	Pas d'exigence spécifique	B

^a Si exigé par la norme d'application ou spécifié, les matériaux sensibles aux microfissures peuvent nécessiter un examen spécifique.

7.6 Contre-essais

Si l'assemblage de qualification ne satisfait pas à l'une des exigences de l'END, un autre assemblage de qualification doit être soudé et soumis au même contrôle. Si cet assemblage de qualification supplémentaire ne satisfait pas aux exigences, l'épreuve de qualification du mode opératoire de soudage a échoué. Alternativement, il est permis de réaliser une analyse afin de déterminer la cause principale du défaut. S'il est établi que la cause principale de l'échec n'est pas liée au mode opératoire et que cet échec est dû à l'habileté insuffisante du soudeur, aucun assemblage de qualification supplémentaire n'est nécessaire et un compte-rendu justificatif doit être ajouté au rapport.

Si l'une des éprouvettes exigées par le [Tableau 1](#) ou le [Tableau 2](#) ne répond pas aux critères d'acceptation applicables, l'assemblage de qualification doit être considéré comme non satisfaisant. En cas de défaillance de l'assemblage de qualification, un autre assemblage de qualification ayant les mêmes paramètres de soudage peut être soudé. Si tous les essais destructifs donnent des résultats d'essai acceptables et que l'examen de la coupe macroscopique n'est pas satisfaisant, deux éprouvettes d'essai supplémentaires pour l'examen de la coupe macro doivent être prélevées.

En cas de défaillance de l'une des éprouvettes soumises à l'essai destructif, excepté pour l'examen macroscopique, il est permis d'extraire deux éprouvettes supplémentaires de l'assemblage de qualification d'origine pour chaque éprouvette défectueuse, sous réserve que le matériau adéquat soit disponible. Les éprouvettes doivent être prélevées aussi près que possible de la position de l'éprouvette d'origine.

Chaque éprouvette supplémentaire doit être soumise aux mêmes essais que l'éprouvette d'origine défectueuse. Si l'une des éprouvettes supplémentaires ne satisfait pas aux exigences, l'épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage doit être considérée comme non satisfaisante.

Pour les essais de dureté, si des valeurs de dureté individuelles dans différentes zones soumises à essai sont supérieures aux valeurs indiquées dans le [Tableau 3](#), une ligne de filiation supplémentaire peut

être réalisée (sur l'envers de l'éprouvette ou après une préparation suffisante des surfaces soumises à essai). Aucune des valeurs de dureté supplémentaires ne doit dépasser les valeurs de dureté maximales données dans le [Tableau 3](#).

Pour les essais de flexion par choc dont les résultats sur un jeu de trois éprouvettes ne satisfont pas aux exigences mais où au maximum une valeur est inférieure à 70 % de la valeur moyenne minimale spécifiée, trois éprouvettes supplémentaires doivent être prélevées. Le nouveau jeu de trois éprouvettes doit satisfaire aux exigences en [7.4.4](#) et la valeur moyenne de ces éprouvettes et des éprouvettes d'origine ne doit pas être inférieure à la moyenne exigée.

8 Domaine de validité

8.1 Généralités

Toute modification se situant en dehors du domaine spécifié doit nécessiter une nouvelle épreuve de qualification du mode opératoire de soudage.

8.2 Par rapport au fabricant

Une épreuve de qualification de mode opératoire de soudage préparée par un fabricant selon le présent document est valable pour le soudage dans les ateliers ou sur les chantiers lorsque le fabricant qui a effectué cette épreuve conserve l'entière responsabilité de toutes les opérations de soudage réalisées selon ce mode opératoire.

8.3 Par rapport au matériau de base

8.3.1 Groupement des matériaux de base

8.3.1.1 Généralités

En vue de diminuer le nombre d'épreuves de qualification du mode opératoire de soudage, les aciers, le nickel et les alliages de nickel sont regroupés selon l'ISO/TR 15608. Lorsque des matériaux sont classés dans des groupes par l'ISO/TR 20172, l'ISO/TR 20173 ou l'ISO/TR 20174, ce classement doit être utilisé.

Des qualifications de mode opératoire de soudage séparées sont exigées pour chaque matériau de base ou combinaison de matériaux de base non couvert(e) par le système de groupement selon l'ISO/TR 20172, ISO/TR 20173, l'ISO/TR 20174 ou l'ISO/TR 15608.

Un support envers permanent doit être considéré comme un métal de base au sein du (sous-)groupe de qualification.

8.3.1.2 Aciers

Les domaines de validité sont donnés dans le [Tableau 5](#).

8.3.1.3 Alliages de nickel

Les domaines de validité sont donnés dans le [Tableau 6](#).

8.3.1.4 Assemblages mixtes en aciers et alliages de nickel

Les domaines de validité sont donnés dans le [Tableau 6](#).

Tableau 5 — Domaine de validité des groupes et sous-groupes d'aciers^{a,b,c}

Matériau A de l'assemblage de qualification	Matériau B de l'assemblage de qualification										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1-1	1-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2-1	2-1									
3	1-1 2-1 2-1 3-1 3-1	1-1	1-1	—	—	—	—	—	—	—	—
		2-1	2-1								
		2-2	2-2								
		3-1	3-1								
		3-2	3-2								
3-3	3-3										
4	4-1	4-1	4-1	—	—	—	—	—	—	—	—
		4-2	4-2								
		4-3	4-3								
		4-4	4-4								
5	5-1	5-2	5-3	5-4	5-1	—	—	—	—	—	—
					5-2						
					5-5						
6	6-1	6-1 6-2	6-1 6-2 6-3 6-3	6-1	6-1	—	—	—	—	—	—
				6-2	6-2						
				6-3	6-3						
				6-4	6-4						
				6-5	6-5						
				6-6	6-6						
7	7-1	7-1	7-1	7-4	7-5	7-5	7-7	—	—	—	—
		7-2	7-2								
		7-2	7-3								
		7-3	7-6								
8	8-1	8-1 8-2	8-1 8-2 8-3	8-4	8-1	8-1	8-7	8-8	—	—	—
					8-2	8-2					
					8-4	8-4					
					8-5	8-5					
					8-6	8-6					
					8-6	8-6					
9	9-1	9-1	9-1	9-4	9-5	9-6	9-7	9-8	9-9	—	—
		9-2	9-2								
		9-3	9-3								

Tableau 5 (suite)

Matériau A de l'assemblage de qualification	Matériau B de l'assemblage de qualification										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	10-1	10-1 10-2	10-1 10-2 10-3	10-4	10-1 10-2 10-3 10-4 10-5 10-6	10-1 10-2 10-4 10-6	10-7	10-8	10-9	10-10	—
11	11-1 1-1	11-1 11-2	11-1 11-2 11-3	11-4	11-5	11-6	11-7	11-8	11-9	11-10	1-1 11-1 11-11

a Les matériaux d'assemblages de qualification des groupes 1, 2, 3 et 11 qualifient les aciers à limite minimale d'élasticité spécifiée inférieure ou égale (indépendamment de l'épaisseur du matériau).

b Les matériaux d'assemblages de qualification des groupes 4, 5, 6, 8 et 9 qualifient les aciers du même sous-groupe et de tout sous-groupe inférieur du même groupe.

c Les matériaux d'assemblages de qualification des groupes 7 et 10 qualifient les aciers du même sous-groupe.

Tableau 6 — Domaine de validité des groupes des alliages de nickel et des alliages de nickel/aciers

Matériau A de l'assemblage de qualification	Matériau B de l'assemblage de qualification							
	41	42	43	44	45	46	47	48
41	41c-41	—	—	—	—	—	—	—
42	42c-41	42c-42	—	—	—	—	—	—
43	43c-41	43c-42	43c-43 45c-45 47c-47	—	—	—	—	—
44	44c-41	44c-42	44c-43	44c-44	—	—	—	—
45	45c-41	45c-42	45c-43	45c-44	45c-45 43c-43	—	—	—
46	46c-41	46c-42	46c-43	46c-44	46c-45	46c-46	—	—
47	47c-41	47c-42	47c-43	47c-44	47c-45	47c-46	47c-47 43c-43 45c-45	—
48	48c-41	48c-42	48c-43	48c-44	48c-45	48c-46	48c-47	48c-48
1	41c-1	42c-1	43c-1	44c-1	45c-1	46c-1	47c-1	48c-1
2	41c-2 ^a 41c-1	42c-2 ^a 42c-1	43c-2 ^a 43c-1	44c-2 ^a 44c-1	45c-2 ^a 45c-1	46c-2 ^a 46c-1	47c-2 ^a 47c-1	48c-2 ^a 48c-1
3	41c-3 ^a 41c-2 41c-1	42c-3 ^a 42c-2 42c-1	43c-3 ^a 43c-2 43c-1	44c-3 ^a 44c-2 44c-1	45c-3 ^a 45c-2 45c-1	46c-3 ^a 46c-2 46c-1	47c-3 ^a 47c-2 47c-1	48c-3 ^a 48c-2 48c-1
5	41c-5 ^b 41c-6 41c-4 41c-2 41c-1	42c-5 ^b 42c-6 42c-4 42c-2 42c-1	43c-5 ^b 43c-6 43c-4 43c-2 43c-1	44c-5 ^b 44c-6 44c-4 44c-2 44c-1	45c-5 ^b 45c-6 45c-4 45c-2 45c-1	46c-5 ^b 46c-6 46c-4 46c-2 46c-1	47c-5 ^b 47c-6 47c-4 47c-2 47c-1	48c-5 ^b 48c-6 48c-4 48c-2 48c-1

Tableau 6 (suite)

Matériau A de l'assemblage de qualification	Matériau B de l'assemblage de qualification							
	41	42	43	44	45	46	47	48
6	41c-6b	42c-6b	43c-6b	44c-6b	45c-6b	46c-6b	47c-6b	48c-6b
	41c-4	42c-4	43c-4	44c-4	45c-4	46c-4	47c-4	48c-4
	41c-2	42c-2	43c-2	44c-2	45c-2	46c-2	47c-2	48c-2
	41c-1	42c-1	43c-1	44c-1	45c-1	46c-1	47c-1	48c-1
8	41c-8b	42c-8b	43c-8b	44c-8 b	45c-8 b	46c-8b	47c-8b	48c-8b
11	41c-11	42c-11	43c-11	44c-11	45c-11	46c-11	47c-11	48c-11

a Couvre les aciers à limite d'élasticité spécifiée inférieure ou égale du même groupe.
 b Couvre les aciers du même sous-groupe et tout sous-groupe inférieur du même groupe.
 c Pour les groupes 41 à 48, une épreuve de qualification de mode opératoire réalisée sur un alliage à solution solide ou à durcissement structural d'un groupe couvre respectivement tous les alliages à solution solide ou à durcissement structural du même groupe.

8.3.2 Épaisseur du matériau

8.3.2.1 Généralités

Les limites de qualification du matériau de base et du métal déposé doivent correspondre à celles indiquées dans les [Tableaux 7](#) et [8](#). Les limites qualifiées pour le métal déposé ne doivent pas être dépassées dans les soudures de production, à l'exception de l'épaisseur de la soudure d'angle, qui ne doit pas être prise en considération.

Les deux parties du matériau de base à souder doivent respecter les limites d'épaisseur qualifiées. Néanmoins, pour les matériaux de base présentant des épaisseurs différentes, aucune limite n'est appliquée à la partie la plus épaisse, à condition que la qualification ait été réalisée sur un matériau de base d'une épaisseur supérieure ou égale à 30 mm.

Pour une qualification multi-procédé, l'épaisseur consignée du métal déposé propre à chaque procédé doit servir de base au domaine de validité du procédé de soudage individuel.

Il n'est pas prévu de mesurer précisément l'épaisseur du métal déposé ou du métal de base ou les diamètres extérieurs des tubes, mais il convient plutôt d'appliquer les principes généraux correspondant aux valeurs indiquées dans les [Tableaux 7, 8](#) et [9](#).

8.3.2.2 Domaine de validité des assemblages bout à bout, des assemblages en T, des piquages et des soudures d'angle

La qualification d'un mode opératoire de soudage par épreuve obtenue sur une épaisseur t qualifie les épaisseurs selon les domaines de validité donnés dans le [Tableau 7](#) et le [Tableau 8](#).

Pour le niveau 1: Toute épreuve réalisée sur une soudure bout à bout ou une soudure d'angle qualifie toutes les soudures d'angle, quelles que soient les dimensions de cordon et les épaisseurs de matériau.

Pour le niveau 2: Le domaine de validité des soudures d'angle qualifiées par une épreuve réalisée sur une soudure bout à bout ou sur une soudure d'angle à pleine pénétration est donné dans le [Tableau 8](#).

Pour les procédés 114, 12 et 13 dans lesquels l'épaisseur de chaque passe est supérieure à 13 mm, l'épaisseur maximale qualifiée du métal de base doit être de 1,1 t.

Lorsqu'un essai de flexion par choc est exigé, ce qui suit s'applique:

- pour les assemblages de qualification d'une épaisseur supérieure ou égale à 16 mm, l'épaisseur minimale qualifiée est de 16 mm;
- pour les assemblages de qualification d'une épaisseur inférieure à 16 mm, l'épaisseur minimale qualifiée est l'épaisseur de l'assemblage de qualification;
- pour les assemblages de qualification d'une épaisseur inférieure ou égale à 6 mm, l'épaisseur minimale qualifiée équivaut à 0,5 fois l'épaisseur de l'assemblage de qualification.

Tableau 7 — Domaine de validité de l'épaisseur de matériau et de l'épaisseur du métal déposé pour les soudures bout à bout

Dimensions en millimètres

Épaisseur de l'assemblage de qualification <i>t</i>	Domaine de validité			Épaisseur du métal déposé pour chaque procédé <i>s</i>
	Niveau 1	Épaisseur du matériau de base		
		Niveau 2 Monopasse	Niveau 2 Multipasse	
$t \leq 3$		$0,5 t \text{ à } 2 t$		max. 2 <i>s</i>
$3 < t \leq 12$	$1,5 \text{ à } 2 t$	$0,5 t \text{ (3 min) à } 1,3 t$	$3 \text{ à } 2 t^a$	max. 2 <i>s</i> ^a
$12 < t \leq 20$	$5 \text{ à } 2 t$	$0,5 t \text{ à } 1,1 t$	$0,5 t \text{ à } 2 t$	max. 2 <i>s</i>
$20 < t \leq 40$	$5 \text{ à } 2 t$	$0,5 t \text{ à } 1,1 t$	$0,5 t \text{ à } 2 t$	max. 2 <i>s</i> lorsque $s < 20$ max. 2 <i>t</i> lorsque $s \geq 20$
$40 < t \leq 100$	5 à 200	—	$0,5 t \text{ à } 2 t$	max. 2 <i>s</i> lorsque $s < 20$ max. 200 lorsque $s \geq 20$
$100 < t \leq 150$	5 à 200	—	$50 \text{ à } 2 t$	max. 2 <i>s</i> lorsque $s < 20$ max. 300 lorsque $s \geq 20$
$t > 150$	$5 \text{ à } 1,33 t$	—	$50 \text{ à } 2 t$	max. 2 <i>s</i> lorsque $s < 20$ max. 1,33 <i>t</i> lorsque $s \geq 20$

^a Pour le niveau 2: si des exigences sur la résistance à la flexion par choc sont spécifiées mais que les essais de flexion par choc n'ont pas été réalisés, la limite de l'épaisseur maximale de qualification est de 12 mm.

Tableau 8 — Pour le niveau 2: Domaine de validité de l'épaisseur de matériau et de l'épaisseur de gorge pour les soudures d'angle

Dimensions en millimètres

Épaisseur de l'assemblage de qualification <i>t</i>	Épaisseur du matériau ^a	Domaine de validité	
		Monopasse	Épaisseur de gorge Multipasse
$t \leq 3$	$0,7 t \text{ à } 2 t$	$0,75 a \text{ à } 1,5 a$	Aucune restriction
$3 < t < 30$	$3 \text{ à } 2 t$		
$t \geq 30$	≥ 5		

Si une soudure d'angle est qualifiée au moyen d'une soudure bout à bout, le domaine de validité de l'épaisseur de gorge doit être basé sur l'épaisseur du métal déposé.

NOTE *a* est l'épaisseur de gorge nominale telle que spécifiée dans le DMOS-P pour l'assemblage de qualification.

^a Si les matériaux ont une épaisseur différente, le domaine de validité des deux épaisseurs de l'assemblage de qualification doit être calculé séparément.

8.3.3 Diamètre des tubes et des piquages

Pour le niveau 1: Le diamètre n'est pas une variable essentielle. Toute forme de produit (tôle, tube, produit forgé ou pièce moulée) qualifie l'ensemble des formes de produits.

Pour le niveau 2: La qualification d'un mode opératoire de soudage par épreuve obtenue sur un diamètre *D* qualifie les diamètres selon les domaines suivants donnés dans le [Tableau 9](#).

Une qualification de soudure bout à bout de tubes couvre les soudures bout à bout de tôles. La qualification obtenue sur tôles couvre également les tubes de diamètre extérieur >500 mm ou de diamètre extérieur >150 mm soudés en position PC, en rotation en position PF ou en rotation en position PA.

Tableau 9 — Pour le niveau 2: Domaine de validité relatif au diamètre des tubes et des piquages

Dimensions en millimètres

Diamètre de l'assemblage de qualification	Domaine de validité
<i>D</i>	$\geq 0,5 D$

NOTE 1 Dans le cas de profils creux de section autre que circulaire (par exemple elliptique), *D* est la dimension du plus petit côté.

NOTE 2 *D* est le diamètre extérieur du tube pour une soudure bout à bout ou le diamètre extérieur du piquage pour un piquage (voir [Figure 4](#), diamètre extérieur *D*₂).

8.3.4 Angle d'inclinaison de piquage

Pour le niveau 1: L'angle d'inclinaison de piquage n'est pas une variable essentielle.

Pour le niveau 2: L'épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage doit être réalisée sur un piquage incliné d'un angle α (voir [Figure 4](#)). Un assemblage de qualification réalisé avec un angle d'inclinaison de piquage compris entre 60° et 90° qualifie l'angle $60^\circ \leq \alpha < 90^\circ$. Un angle $\alpha < 60^\circ$ exige un assemblage de qualification séparé et qualifie les angles d'inclinaison compris entre α et 90°.

8.4 Commun à tous les modes opératoires de soudage

8.4.1 Procédés de soudage

Pour le niveau 1: Le degré de mécanisation n'est pas une variable essentielle.

Pour le niveau 2: Chaque degré de mécanisation doit être qualifié de manière indépendante (manuel, partiellement mécanisé, totalement mécanisé et automatique).

La qualification est valable uniquement pour le(s) procédé(s) de soudage utilisé(s) dans l'épreuve de qualification du mode opératoire de soudage.

Dans le cas d'un mode opératoire multi-procédé, la qualification du mode opératoire de soudage peut être réalisée par des épreuves de qualification de modes opératoires de soudage séparées pour chaque procédé de soudage. Il est également possible de réaliser l'épreuve de qualification du mode opératoire de soudage comme une épreuve de qualification de mode opératoire multi-procédé.

Pour le niveau 1: Lorsque plusieurs procédés ou produits consommables sont utilisés sur un seul assemblage de qualification, chacun de ces procédés et produits consommables peut être utilisé individuellement ou dans des combinaisons différentes, à condition que:

- a) les variables associées à chaque procédé et produit consommable soient traitées dans le DMOS-P;
- b) les limites relatives à l'épaisseur du matériau de base et du métal fondu déposé données par le [Tableau 7](#) pour chaque procédé et produit consommable soient restreintes aux limites d'épaisseur qualifiées dans le DMOS-P.

Pour le niveau 2: Lorsqu'un assemblage de qualification est soudé en utilisant plus d'un procédé de soudage, le mode opératoire n'est valable que pour la séquence des procédés utilisée pour l'assemblage de qualification. Les éprouvettes doivent inclure le métal déposé associé à chacun des procédés de soudage utilisés.

La reprise envers est autorisée en utilisant l'un des procédés de soudage utilisés pour la qualification.

Si un seul des procédés d'une qualification d'un mode opératoire multi-procédé est utilisé en production, ce procédé doit être soumis à l'essai individuellement conformément à la présente norme.

8.4.2 Positions de soudage

Si aucune exigence de résistance à la flexion par choc ou de dureté n'est spécifiée, le soudage de l'assemblage de qualification dans n'importe quelle position (tube ou tôle) qualifie le soudage en toutes positions (tube ou tôle).

Pour la qualification de toutes les positions de soudage, les exigences suivantes doivent être satisfaites:

- les éprouvettes pour l'essai de flexion par choc doivent être prélevées dans la soudure à la position correspondant à l'apport de chaleur le plus élevé;
- les éprouvettes pour l'essai de dureté doivent être prélevées dans la soudure à la position correspondant à l'apport de chaleur le plus faible.

Afin de satisfaire à la fois aux exigences de dureté et de résistance à la flexion par choc, deux assemblages de qualification dans des positions de soudage différentes sont exigés, sauf si la qualification est exigée pour une seule position de soudage ou dans le cas où un tube en position fixe est utilisé pour la qualification. Lorsque la qualification est exigée pour toutes les positions, ces deux assemblages de qualification doivent être soumis à un contrôle visuel à 100 % et à d'autres méthodes non destructives.

Le soudage vertical descendant (positions de soudage PG, PJ et J-L045) doit être qualifié par un assemblage de qualification spécifique.

ISO 15614-1:2017(F)

Pour les matériaux du groupe 10, les positions correspondant à l'apport de chaleur le plus faible et le plus élevé doivent être soumises aux essais de flexion par choc.

NOTE Par exemple, pour un assemblage bout à bout de tôles, la position correspondant à l'apport de chaleur le plus élevé est normalement PF ou PA et celle correspondant à l'apport de chaleur le plus faible est PC ou PE.

8.4.3 Type d'assemblage/de soudure

Pour le niveau 1: Le domaine de validité du type d'assemblage soudé est celui utilisé dans l'épreuve de qualification du mode opératoire de soudage et soumis aux limitations données dans les autres articles (par exemple, épaisseur); en outre:

- a) les soudures bout à bout à pleine pénétration qualifient les soudures bout à bout à pleine pénétration ou à pénétration partielle et les soudures d'angle quel que soit le type d'assemblage;
- b) les assemblages bout à bout qualifient tous les types de piquage;
- c) les soudures d'angle ne qualifient que les soudures d'angle;
- d) les soudures réalisées d'un seul côté sans support envers qualifient les soudures réalisées des deux côtés et les soudures avec support envers;
- e) les soudures réalisées avec support envers qualifient les soudures réalisées des deux côtés et les soudures réalisées sans support envers;
- f) les soudures réalisées des deux côtés sans gougeage qualifient les soudures réalisées des deux côtés avec gougeage;
- g) les soudures réalisées des deux côtés avec ou sans gougeage qualifient les soudures réalisées d'un seul côté avec support envers;
- h) lorsque des exigences de résistance à la flexion par choc ou de dureté s'appliquent pour un procédé donné, il n'est pas permis de passer d'un dépôt multipasse à un dépôt monopasse (ou monopasse de chaque côté) ou vice versa;
- i) soudage de reconstitution. Le soudage de reconstitution est qualifié par un assemblage de qualification de soudure bout-à-bout.

Pour le niveau 2: Le domaine de validité du type d'assemblage soudé est celui utilisé dans l'épreuve de qualification du mode opératoire de soudage et soumis aux limitations données dans les autres articles (par exemple, épaisseur); en outre:

- a) les soudures bout à bout qualifient les soudures bout à bout à pleine pénétration ou à pénétration partielle et les soudures d'angle. Des épreuves sur soudures d'angle sont exigées pour les assemblages en T avec des soudures d'angle ou des soudures bout à bout à pénétration partielle lorsque celles-ci correspondent au type d'assemblage prédominant en conception et en soudage de production;
- b) les soudures bout à bout à pleine pénétration qualifient les soudures bout à bout à pleine pénétration ou à pénétration partielle et les soudures d'angle quel que soit le type d'assemblage;
- c) les assemblages bout à bout de tubes qualifient les piquages ayant un angle $\alpha \geq 60^\circ$ (voir [Figure 4](#) pour α);
- d) les soudures bout à bout à pleine pénétration des assemblages en T qualifient les soudures bout à bout à pleine pénétration ou à pénétration partielle des assemblages en T et les soudures d'angle, mais pas l'inverse;
- e) les soudures d'angle ne qualifient que les soudures d'angle;
- f) les soudures réalisées d'un seul côté sans support envers qualifient les soudures réalisées des deux côtés et les soudures avec support envers;
- g) les soudures réalisées avec support envers qualifient les soudures réalisées des deux côtés;
- h) les soudures réalisées des deux côtés sans retirer la racine qualifient les soudures réalisées des deux côtés en retirant la racine (sauf en cas de gougeage thermique);
- i) les soudures réalisées des deux côtés avec ou sans gougeage qualifient les soudures réalisées d'un seul côté avec support envers;
- j) lorsque des exigences de résistance à la flexion par choc ou de dureté s'appliquent, il n'est pas permis de passer d'un dépôt multipasse à un dépôt monopasse (ou monopasse de chaque côté) et inversement pour un procédé donné;
- k) le soudage de reconstitution est qualifié par un assemblage de qualification de soudure bout-à-bout;
- l) le beurrage doit être réalisé sur un assemblage de qualification séparé en combinaison avec la soudure bout à bout.

8.4.4 Matériau d'apport, fabricant/appellation commerciale, désignation

Pour le niveau 1: Une qualification séparée est exigée lorsqu'un changement entraîne le remplacement du numéro F de métal d'apport tel qu'indiqué dans le [Tableau A.1](#) par un autre numéro F, le remplacement du numéro A d'analyse chimique du métal fondu tel qu'indiqué dans le [Tableau A.2](#) par un autre numéro A ou encore lorsque le fabricant ou l'appellation commerciale du fabricant est modifié et que le métal d'apport n'est pas conforme à un numéro F et à un numéro A.

Une nouvelle qualification est exigée lorsque le DMOS doit être qualifié pour des applications soumises à des essais de flexion par choc et lorsque que le changement de métal d'apport entraîne une modification de la classification du métal d'apport dans une même spécification de métal d'apport, ou que le métal d'apport de remplacement n'est pas couvert par une spécification de métal d'apport, ou encore lorsqu'un métal d'apport non couvert par une spécification de métal d'apport est remplacé par un autre métal d'apport non couvert par une spécification de métal d'apport. Lorsqu'un métal d'apport est conforme à une classification de métal d'apport dans une spécification de métal d'apport, aucune nouvelle qualification n'est exigée si l'une des modifications suivantes est effectuée:

- a) le remplacement d'un métal d'apport désigné comme résistant à l'humidité par un métal d'apport non désigné comme tel et inversement;
- b) le remplacement d'un niveau d'hydrogène diffusible par un autre;
- c) le remplacement d'un type d'enrobage à faible teneur en hydrogène par un autre type d'enrobage à faible teneur en hydrogène pour les métaux d'apport en acier inoxydable ou en acier au carbone faiblement alliés ayant la même résistance minimale à la traction et la même composition chimique nominale;
- d) le remplacement d'une désignation position/aptitude à l'emploi par une autre pour les fils fourré de flux;
- e) le remplacement d'une classification exigeant un essai de flexion par choc par une classification identique dont le suffixe indique que l'essai de flexion par choc a été réalisé à une température inférieure et/ou a démontré une ténacité supérieure à la température exigée, par rapport à la classification utilisée lors de la qualification du mode opératoire; le remplacement de la classification qualifiée par un autre métal d'apport appartenant à la même spécification de métal d'apport, lorsque l'essai de flexion par choc sur le métal fondu n'est pas exigé par les normes d'application.

Pour le niveau 2: Les matériaux d'apport couvrent d'autres matériaux d'apport à condition que, selon la désignation de la Norme internationale appropriée correspondant au matériau d'apport concerné, ils aient des propriétés mécaniques équivalentes, le même type d'enrobage ou de flux, la même composition chimique nominale et une teneur en hydrogène inférieure ou égale.

Lorsqu'un essai de flexion par choc est exigé par la norme d'application à des températures inférieures à -20 °C pour les procédés 111, 114, 12, 136 et 132 conformément à l'ISO 4063, le domaine de validité est limité à l'appellation commerciale donnée par le fabricant au matériau d'apport utilisé dans l'épreuve de qualification du mode opératoire. Dans ce cas, il est également autorisé de remplacer le matériau d'apport d'un fabricant par celui d'un autre fabricant si la partie obligatoire de la désignation du produit est identique, et à condition qu'un assemblage de qualification supplémentaire soit soudé avec l'apport de chaleur maximal qualifié; seules les éprouvettes de flexion par choc sur le métal fondu doivent être soumises à essai. Cela ne s'applique pas au fil-électrode plein ni aux baguettes de même désignation et de même composition chimique nominale.

ISO 15614-1:2017(F)

8.4.5 Dimensions du matériau d'apport

Il est permis de modifier les dimensions du matériau d'apport à condition de satisfaire aux exigences en [8.4.7](#).

NOTE Si aucun essai de flexion par choc ou de dureté n'est exigé, aucune limite n'est appliquée aux dimensions du matériau d'apport.

8.4.6 Type de courant

La qualification obtenue est limitée au type de courant [courant alternatif (CA), courant continu (CC) ou courant pulsé] et à la polarité utilisés dans l'épreuve de qualification du mode opératoire de soudage. Pour le procédé 111, le courant alternatif qualifie également le courant continu (pour les deux polarités), à moins qu'un essai de flexion par choc ne soit exigé.

8.4.7 Apport de chaleur (énergie de l'arc)

L'apport de chaleur peut être remplacé par l'énergie de l'arc (J/mm). L'énergie de l'arc doit être calculée conformément à l'ISO/TR 18491. Lors de l'utilisation du calcul de l'apport de chaleur, le facteur k selon l'ISO/TR 17671-1 doit être pris en compte. Le type de calcul utilisé, soit le calcul de l'apport de chaleur, soit celui de l'énergie de l'arc, doit être documenté.

Pour le niveau 1: Lorsque des exigences sur la résistance à la flexion par choc s'appliquent, la limite supérieure de l'apport de chaleur qualifié correspond à l'apport de chaleur maximal utilisé lors du soudage de l'assemblage de qualification.

Pour le niveau 2: Lorsque des exigences sur la résistance à la flexion par choc s'appliquent, la limite supérieure de l'apport de chaleur qualifié est supérieure de 25 % à celle utilisée lors du soudage de l'assemblage de qualification. Lorsque des exigences de dureté s'appliquent, la limite inférieure de l'apport de chaleur qualifié est inférieure de 25 % à celle utilisée lors du soudage de l'assemblage de qualification. Si l'épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage a été réalisée à la fois à un niveau d'apport de chaleur élevé et faible, alors tous les niveaux d'apport de chaleur intermédiaires sont également qualifiés. Il n'est pas nécessaire de calculer chaque passe.

Pour les électrodes enrobées, la moyenne de l'apport de chaleur doit être calculée pour chaque diamètre utilisé de façon à définir l'apport de chaleur qualifié.

Pour le procédé 111, il est également permis de mesurer l'apport de chaleur par la longueur effective du cordon par unité de longueur de l'électrode.

Lorsque le temps de soudage est trop court et que la longueur de la soudure n'est pas significative (par exemple, pour les petites réparations et les soudures de pointage), il n'est pas nécessaire de vérifier l'apport de chaleur; il est recommandé de ne contrôler que les paramètres réglables, tels que l'ampérage et/ou la tension.

L'énergie de l'arc et l'apport de chaleur sont des mesures de la chaleur générée par l'arc. Alors que par le passé, c'étaient des termes différents pour la même mesure, désormais ces deux paramètres sont calculés différemment. Soit l'énergie de l'arc ou l'apport de chaleur peuvent être utilisés pour le contrôle du soudage, calculés conformément à l'ISO/TR 18491.

8.4.8 Température de préchauffage

Toute diminution de plus de 50 °C par rapport à la température de préchauffage consignée dans le PV-QMOS exige une nouvelle qualification.

Une diminution par rapport à la température de préchauffage n'est autorisée que si les exigences relatives au préchauffage (en particulier l'épaisseur combinée) sont satisfaites, par exemple conformément à l'ISO/TR 17671-2.

La température de préchauffage peut être spécifiée, par exemple par une fiche technique de matériau, et dépend de l'épaisseur du matériau.

8.4.9 Température entre passes

Toute augmentation de plus de 50 °C de la température maximale entre passes enregistrée pendant l'épreuve de qualification du mode opératoire de soudage doit exiger une nouvelle qualification.

Une température de préchauffage supérieure, intentionnellement appliquée pendant le soudage des passes terminales afin de réduire la dureté dans la zone affectée thermiquement (ZAT) de l'épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage doit être considérée comme une variable essentielle. À la fois la température minimale de préchauffage appliquée et les températures de préchauffage mises en œuvre pendant le soudage des passes terminales doivent être consignées.

Pour le niveau 1: Cette limitation ne s'applique pas lorsque l'essai de flexion par choc n'est pas exigé.

Pour le niveau 2: La limite supérieure de la qualification correspond à la température entre passes la plus élevée enregistrée pendant l'épreuve de qualification du mode opératoire de soudage pour les groupes de matériaux 8, 10 et 41 à 48.

Cette limitation ne s'applique pas si un DMOS a été qualifié avec un TTAS supérieur à la température de transformation supérieure ou si un matériau austénitique a subi un recuit de mise en solution après soudage.

8.4.10 Post-chauffage pour dégazage de l'hydrogène

Pour le niveau 1: Le post-chauffage pour dégazage de l'hydrogène n'est pas une variable essentielle.

Pour le niveau 2: La température et la durée du post-chauffage pour dégazage de l'hydrogène ne doivent pas être réduites. Le post-chauffage ne doit pas être omis, mais il peut être ajouté.

8.4.11 Traitement thermique

L'ajout ou la suppression d'un traitement thermique après soudage n'est pas autorisé.

Une qualification du mode opératoire séparée est exigée pour chacune des conditions suivantes:

- a) Pour les matériaux des groupes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10 et 11 de l'ISO/TR 15608, les conditions de TTAS suivantes s'appliquent:
 - 1) TTAS en dessous de la température de transformation inférieure (par exemple, traitement de relaxation);
 - 2) TTAS au-dessus de la température de transformation supérieure (par exemple, normalisation);
 - 3) TTAS au-dessus de la température de transformation supérieure suivi d'un traitement thermique inférieur à la température de transformation inférieure (par exemple, normalisation ou trempe suivie d'un revenu);
 - 4) TTAS compris entre les températures de transformation supérieure et inférieure s'applique.

Pour le niveau 2: La plage de températures validée correspond à la température de maintien utilisée dans l'épreuve de qualification du mode opératoire de soudage ± 20 °C, sauf spécification contraire. Lorsqu'exigé, les vitesses de montée en température et de refroidissement, et le temps de maintien doivent être associés au produit.

ISO 15614-1:2017(F)

- b) Pour tous les autres matériaux, TTAS compris dans une plage de températures spécifiée s'applique.

8.5 Spécifique aux procédés

8.5.1 Soudage à l'arc sous flux (procédé 12)

Toute modification décrite ci-dessous exige une nouvelle qualification.

Pour le niveau 1:

a) Une modification de la résistance minimale à la traction lorsque la combinaison flux/fil est classée dans la spécification du métal d'apport. Une modification de l'appellation commerciale du flux ou du fil lorsque ni le flux ni le fil ne sont classés. Une modification de l'appellation commerciale du flux lorsque le fil est classé mais que le flux ne l'est pas.

b) Une modification de l'appellation commerciale du flux pour les dépôts portant le numéro A 8 ou 9, comme indiqué dans le [Tableau A.2](#).

c) Si la teneur en alliage du métal fondu dépend de la composition du flux, toute modification du mode opératoire de soudage à la suite de laquelle les éléments d'alliage majeurs du métal fondu n'entreraient plus dans la gamme de composition chimique spécifiée du DMOS.

d) L'ajout ou la suppression d'un métal d'apport supplémentaire (poudre ou fil) ou une modification de plus de $\pm 10\%$ du rapport entre l'électrode et le matériau d'apport supplémentaire.

e) Une modification du type de flux (de neutre à actif ou inversement) pour les soudures multipasses des groupes de matériaux 1 et 11 selon l'ISO/TR 15608.

f) Lorsqu'un flux issu d'un laitier concassé est utilisé, chaque lot ou mélange doit être soumis à essai conformément aux exigences de la spécification du métal d'apport, soit par le fabricant soit par l'utilisateur, ou le flux doit être qualifié de flux non classé tel qu'exigé au point a).

g) Lorsque le DMOS doit être qualifié pour des applications soumises à des essais de flexion par choc, une nouvelle qualification est exigée en cas de modification de la classification du flux/fil, ou de modification de l'appellation commerciale de l'électrode ou du flux lorsqu'ils ne sont pas classés dans une spécification de métal d'apport. Aucune nouvelle qualification n'est exigée lorsque la combinaison fil/flux est conforme à une spécification de métal d'apport et que la modification concerne le remplacement d'un niveau d'hydrogène diffusible par un autre. Cette variable ne s'applique pas lorsque le métal fondu est dispensé d'essai de flexion par choc par d'autres normes d'application.

Pour le niveau 2:

a) Chaque variante de procédé 12 (121 à 126) doit être qualifiée de manière indépendante. Toute modification du nombre d'électrodes exige une nouvelle qualification. L'ajout ou la suppression de fils (fil froid ou fil chaud) doit exiger une nouvelle qualification. En outre, une modification de plus de $\pm 10\%$ du rapport entre le matériau d'apport supplémentaire et l'électrode exige une nouvelle qualification.

b) La qualification du mode opératoire de soudage par épreuve est limitée au fabricant, à l'appellation commerciale et à la désignation du flux utilisé pendant l'épreuve.

c) Lorsqu'un flux issu d'un laitier concassé est utilisé, chaque lot ou mélange nécessite une nouvelle épreuve de qualification.

8.5.2 Soudage à l'arc avec électrode fusible sous protection gazeuse (procédé 13)

8.5.2.1 Gaz de protection

La qualification est limitée à la composition nominale du gaz de protection utilisé dans l'épreuve de qualification du mode opératoire. La désignation de l'ISO 14175 peut être utilisée pour spécifier la composition des gaz de protection, par exemple ISO 14175:2008, M21-ArC-18.

Un écart de maximum ± 20 % (relatif) de la composition nominale de la teneur en CO₂ est autorisé.

Toutefois, l'ajout ou la suppression intentionnel de 0,1 % au maximum d'un composant gazeux n'exige pas une nouvelle épreuve de qualification du mode opératoire de soudage.

8.5.2.2 Variantes de procédés

Toute modification décrite ci-dessous exige une nouvelle qualification.

Pour le niveau 1: Ajout, suppression ou modification de plus de 10 % du volume du métal d'apport supplémentaire. Lorsque la teneur en alliage du métal fondu dépend fortement de la composition du métal d'apport supplémentaire, toute modification d'une partie du mode opératoire de soudage à la suite de laquelle les éléments d'alliage majeurs du métal fondu n'entreraient plus dans la gamme de composition chimique spécifiée dans le descriptif de mode opératoire de soudage.

Pour le niveau 2: La qualification obtenue est limitée au système de fil utilisé dans l'épreuve de qualification du mode opératoire de soudage (par exemple, système à fil unique ou à fils multiples).

Lorsque le DMOS doit être qualifié pour des applications soumises à des essais de flexion par choc, une nouvelle qualification est exigée en cas de remplacement d'une électrode simple par une électrode multiple agissant dans le même bain de fusion, ou inversement.

8.5.2.3 Mode de transfert

8.5.2.3.1 Généralités

Pour les fils pleins et les fils fourrés de métal, la qualification à l'aide du transfert par courts-circuits ne qualifie que ce type de transfert. La qualification à l'aide du transfert par pulvérisation, pulsé ou globulaire qualifie ces types de transfert.

8.5.2.3.2 Pour le niveau 2 — Soudage avec forme d'onde contrôlée

Lorsqu'une source de courant avec contrôle de la forme d'onde (voir l'ISO/TR 18491) est utilisée, le fabricant de la source de courant et le mode de contrôle de la forme d'onde doivent être consignés dans le PV-QMOS avec toutes les autres informations pertinentes.

Un changement de fabricant de la source de courant ou du mode de contrôle de la forme d'onde nécessite une nouvelle épreuve de qualification.

8.5.2.3.3 Pour le niveau 2 — Soudage en mode pulsé (sans forme d'onde contrôlée)

Lorsqu'une source de courant en mode pulsé est utilisée, l'identification du fabricant de la source de courant doit être consignée dans le PV-QMOS avec toutes les informations pertinentes.

Un changement de fabricant de la source de courant ne nécessite pas de nouvelle épreuve de qualification.

ISO 15614-1:2017(F)**8.5.2.3.4 Pour le niveau 2 — Soudage sans mode pulsé et sans contrôle de la forme d'onde**

Lorsque la source de courant servant à qualifier un PV-QMOS a été utilisée sans contrôle de la forme d'onde, l'identification du fabricant de la source de courant est requise.

Un changement de fabricant de la source de courant ne nécessite pas de nouvelle épreuve de qualification.

8.5.3 Soudage à l'arc avec électrode réfractaire sous protection gazeuse (procédé 14)**8.5.3.1 Gaz de protection**

La qualification est limitée à la composition nominale du gaz de protection utilisé dans l'épreuve de qualification du mode opératoire. La désignation de l'ISO 14175 peut être utilisée pour spécifier la composition des gaz de protection, par exemple ISO 14175:2008, I3-ArHe-30.

Un écart de maximum ± 10 % (relatif) de la composition nominale de la teneur en hélium est autorisé.

Toutefois, l'ajout ou la suppression intentionnel de 0,1 % au maximum d'un composant gazeux n'exige pas une nouvelle épreuve de qualification du mode opératoire de soudage.

8.5.3.2 Matériau d'apport

Le soudage avec matériau d'apport ne qualifie pas le soudage sans matériau d'apport ou vice versa.

8.5.4 Soudage plasma (procédé 15)

La qualification du mode opératoire de soudage est limitée à la composition nominale du gaz plasmagène utilisé dans l'épreuve de qualification du mode opératoire de soudage. La qualification est limitée à la composition nominale du gaz de protection utilisé dans l'épreuve de qualification du mode opératoire. Le soudage avec matériau d'apport ne qualifie pas le soudage sans matériau d'apport ou inversement.

Si des essais de flexion par choc sont exigés, toute modification du type de préparation des bords (chanfrein) exige une nouvelle qualification.

8.5.5 Soudage oxyacétylénique (procédé 311)

Le soudage avec matériau d'apport ne qualifie pas le soudage sans matériau d'apport ou inversement.

8.5.6 Gaz de protection envers

Pour le niveau 1: Pour les groupes de matériaux [7.1](#) et 41 à 48, la suppression du gaz de protection envers ou un changement de la composition nominale du gaz de protection envers d'un gaz inerte à un mélange contenant un ou plusieurs gaz non inertes nécessite une nouvelle qualification. Pour les groupes de matériaux [7.1](#) et 41 à 48, l'ajout de gaz de protection envers n'exige pas une nouvelle qualification. Pour tous les autres groupes de matériaux, l'ajout ou la suppression de gaz de protection envers n'exige pas une nouvelle qualification.

Pour le niveau 2: Une épreuve de qualification de mode opératoire de soudage bout à bout sans gaz de protection envers qualifie un mode opératoire de soudage avec gaz de protection envers des groupes I, N1, N2 et N3 suivant l'ISO 14175, mais pas l'inverse.

Un groupe principal de gaz de protection envers qualifie tous les sous-groupes de ce même groupe principal (classification selon l'ISO 14175).

Pour les groupes de matériaux 1 à 6 selon l'ISO/TR 15608, un changement entre les gaz de protection envers des groupes I, N1, N2 et N3 n'exige pas une nouvelle qualification.

Pour les groupes de matériaux 8 et 41 à 48, un changement entre les gaz de protection envers des groupes I, N et R n'exige pas une nouvelle qualification.

Tout changement de classification de gaz de protection envers pour les groupes de matériaux 7 et 10 exige une nouvelle qualification.

Si des soudures de production sont réalisées sur un support envers de plus de 5 mm d'épaisseur, la suppression du gaz de protection envers est admise.

9 Procès-verbal de qualification du mode opératoire de soudage (PV-QMOS)

Le PV-QMOS est un état des résultats de l'évaluation de chaque assemblage de qualification, y compris les contre-essais. Les points qui apparaissent dans la partie applicable de l'ISO 15609 pour le DMOS doivent être inclus, avec les détails de toutes caractéristiques qui seraient rejetées par les exigences de [l'Article 7](#). Si aucune caractéristique rejetable ni aucun résultat d'essai non conforme n'est trouvé, un PV-QMOS détaillant les résultats obtenus sur l'assemblage de qualification du mode opératoire de soudage est qualifié, et doit être signé et daté par l'examineur ou l'organisme d'examen.

Pour le niveau 1: Un modèle de PV-QMOS doit être utilisé pour consigner les détails et le niveau du mode opératoire de soudage et les résultats de l'épreuve, afin d'uniformiser la présentation et de faciliter l'évaluation des données.

Pour le niveau 2: Un modèle de PV-QMOS doit être utilisé pour consigner les détails, le domaine de validité et le niveau du mode opératoire de soudage et les résultats de l'épreuve, afin d'uniformiser la présentation et de faciliter l'évaluation des données.

Si requis par une spécification ou une norme d'application, les certificats des métaux de base et des produits consommables pour le soudage doivent par exemple être ajoutés au PV-QMOS.

Un exemple de modèle de PV-QMOS est donné en [Annexe B](#).

Annexe A (normative)

Matériau d'apport, désignation

Tableau A.1 — Pour le niveau 1: Groupement des métaux d'apport et des électrodes en vue de la qualification (groupement des électrodes et des baguettes de soudage en vue de la qualification)

Aciers			
N° F	Norme internationale	A Classification par limite d'élasticité (ou composition nominale)	B Classification par résistance à la traction (ou type d'alliage)
1	ISO 2560	EXXxA13, EXXxA33, EXXxRR4, EXXxRA54, EXXxB53	EXX20, EXX24, EXX27, EXX28
	ISO 3581	EXX XX Bx3, EXX XX Rx3	ESXXX(X)-25, ESXXX(X)-26
	ISO 2560	EXXxMo	EXX20-1M3, EXX27-1M3
2	ISO 2560	EXXxR12, EXXxR32, EXXxRA12	EXX12, EXX13, EXX14, EXX19
	ISO 2560	—	EXX13-XX
3	ISO 2560	EXXxC21, EXXxC11	EXX10, EXX11
	ISO 2560	EXXxMoC21, EXXxMoC11	EXX10-XX, EXX11-XX
4	ISO 2560	EXXxB22, EXXxB12, EXXxB32, EXXxB35	EXX15, EXX16, EXX18, EXX48
	ISO 3581 hors austénitiques et duplex	E13 XX Bx1, E13 XX Rx1 E17 XX Bx1, E17 XX Rx1	ES4XX(X)-15, ES4XX(X)-16, ES4XX(X)-17 ES6XX(X)-15, ES6XX(X)-16, ES6XX(X)-17
	ISO 3580	E XXX B	EXX15-XX, EXX16-XX, EXX18-XX
	ISO 18275	EXXXx1.5NiMo B	EXX18-N3M1, EXX18-N3M2
	ISO 2560 ISO 18275	EXXxMn2NiCrMo B, EXXxMn2Ni1CrMo B	EXX18-N4CM2, EXX18-N4CM2M2
5	ISO 3581 austénitiques et duplex	EXX XX Bx1, EXX XX Rx1	ESXXX(X)-15, ESXXX(X)-16, ESXXX(X)-17
6	ISO 14343	Toutes les classifications	Toutes les classifications
	ISO 14171	Toutes les classifications	Toutes les classifications
	ISO 14341	Toutes les classifications	Toutes les classifications
	ISO 636	Toutes les classifications	Toutes les classifications
	ISO 17632	Toutes les classifications	Toutes les classifications
	ISO 17633	Toutes les classifications	Toutes les classifications
	ISO 24598	Toutes les classifications	Toutes les classifications
	ISO 26304	Toutes les classifications	Toutes les classifications
	ISO 16834	Toutes les classifications	Toutes les classifications
	ISO 21952	Toutes les classifications	Toutes les classifications
	ISO 17634	Toutes les classifications	Toutes les classifications
ISO 18276	Toutes les classifications	Toutes les classifications	

Tableau A.1 (suite)

Nickel et alliages de nickel		
N° F	Norme internationale	Classification
41	ISO 14172	ENi 2061
	ISO 18274	SNi 2061
42	ISO 14172	ENi 4060
	ISO 18274	SNi 4060, SNi 5504
43	ISO 14172	ENi 6062, ENi 6133, ENi 6182, ENi 6093, ENi 6152, ENi 6094, ENi 6095, ENi 6025, ENi 6002, ENi 6625, ENi 6276, ENi 6275, ENi 6620, ENi 6455, ENi 6022, ENi 6627, ENi 6059, ENi 6686, ENi 6200, ENi 6650, ENi 6117
	ISO 18274	SNi 6082, SNi 6072, SNi 6076, SNi 6062, SNi 7092, SNi 6052, SNi 7069, SNi 6601, SNi 6025, SNi 6693, SNi 6002, SNi 6625, SNi 6276, SNi 6455, SNi 6022, SNi 6059, SNi 6686, SNi 6057, SNi 6200, SNi 6650, SNi 6660, SNi 6205, SNi 6231, SNi 6617
44	ISO 14172	ENi 1001, ENi 1004, ENi 1066, ENi 1008, ENi 1009, ENi 1067, ENi 1069
	ISO 18274	SNi 1001, SNi 1003, SNi 1004, SNi 1066, SNi 1008, SNi 1009, SNi 1067, SNi 1069
45	ISO 14172	ENi 6985, ENi 6030
	ISO 18274	SNi 6975, SNi 6985, SNi 6030, SNi 8065
46	ISO 18274	SNi 6160

Tableau A.2 — Pour le niveau 1: Groupement des métaux fondus ferreux par analyse chimique (non applicable aux matériaux non ferreux)

N° A	Type de métal fondu	Composition chimique, pourcentage en poids ^a					
		C	Cr	Mo	Ni	Mn	Si
1	Acier doux (acier non allié)	0,20	0,20	0,30	0,50	1,60	1,00
2	Carbone-molybdène	0,15	0,50	0,40 à 0,65	0,50	1,60	1,00
3	Chrome (0,4 % à 2 %)-molybdène	0,15	0,40 à 2,00	0,40 à 0,65	0,50	1,60	1,00
4	Chrome (2 % à 4 %)-molybdène	0,15	2,00 à 4,00	0,40 à 1,50	0,50	1,60	2,00
5	Chrome (4 % à 10,5 %)-molybdène	0,15	4,00 à 10,50	0,40 à 1,50	0,80	1,20	2,00
6	Chrome martensitique	0,15	11,00 à 15,00	0,70	0,80	2,00	1,00
7	Chrome ferritique	0,15	11,00 à 30,00	1,00	0,80	1,00	3,00
8	Chrome-nickel	0,15	14,50 à 30,00	4,00	7,50 à 15,00	2,50	1,00
9	Chrome-nickel	0,30	19,00 à 30,00	6,00	15,00 à 37,00	2,50	1,00
10	Nickel jusqu'à 4 %	0,15	0,50	0,55	0,80 à 4,00	1,70	1,00
11	Manganèse-molybdène	0,17	0,50	0,25 à 0,75	0,85	1,25 à 2,25	1,00
12	Nickel-chrome-molybdène	0,15	1,50	0,25 à 0,80	1,25 à 2,80	0,75 à 2,25	1,00

^a Les valeurs seules sont des valeurs maximales.

NOTE Seuls les éléments mentionnés sont utilisés pour déterminer les numéros A.

Annexe B **(informative)**

Modèle de procès-verbal de qualification du mode opératoire de soudage (PV-QMOS)

Certificat de qualification du mode opératoire de soudage

N° du PV-QMOS du fabricant:

Examineur ou organisme d'examen

Fabricant:

N° de référence:

Adresse:

Code/norme d'épreuve:

Niveau:

Date de soudage:

Projet de norme marocaine

Assemblage de qualification

Domaine de validité

Forme de produit:

Procédé(s) de soudage:

	Procédés de soudage utilisés		
	N° 1	N° 2	N° 3
Procédé			
Épaisseur du métal déposé (mm):			

Type d'assemblage et de soudure:

Groupe(s) et sous-groupe(s) du matériau de base:

Épaisseur du matériau de base (mm):

Épaisseur de gorge (mm):

Monocouche/multipasse:

Diamètre extérieur du tube (mm):

Désignation du matériau d'apport:

Marque du matériau d'apport:

Dimensions du matériau d'apport:

Désignation du flux/gaz de protection:

Désignation du gaz de protection envers:

Type de courant de soudage et polarité:

Mode de transfert:

Apport de chaleur:

Positions de soudage:

Température de préchauffage:

Température entre passes:

Post-chauffage:

Traitement thermique après soudage (TTAS):

Autres informations (voir également [8.5](#)):

Nous confirmons que les déclarations faites dans le présent procès-verbal sont correctes, et que les assemblages de qualification ont été préparés, soudés et soumis à essai conformément à l'ISO 15614-1 et qu'ils satisfont à ses exigences.

.....
Lieu	Date d'émission	Examineur ou organisme d'examen
		Nom, date et signature

ISO 15614-1:2017(F)

Rapport d'exécution de la soudure de qualification

Lieu: Examineur ou organisme d'examen:
 N° du DMOS-P du fabricant: Méthode de préparation et de nettoyage:
 N° du PV-QMOS du fabricant: Spécification du matériau de base:
 Fabricant: Épaisseur du matériau (mm):
 Nom du soudeur/de l'opérateur: Diamètre extérieur du tube (mm):
 Type d'assemblage et soudure: Position de soudage:
 Détails de préparation de la soudure (schéma)*:

Schéma de préparation	Disposition des passes

Détails relatifs au soudage

Passé	Procédé de soudage	Dimensions du matériau d'apport	Intensité A	Tension V	Type de courant / polarité	Vitesse de dévidage du fil	Vitesse d'avance*	Apport de chaleur*	Transfert de métal

Désignation et marque du matériau d'apport: Autres informations*, par exemple:
 Étuvage ou séchage spécifique: Balayage (largeur maximale de la passe):
 Gaz de protection/flux - endroit: Oscillation: amplitude, fréquence, temps d'arrêt:
 - envers: Détails du soudage pulsé:
 Débit du gaz de protection - endroit: Distance tube-contact/pièce:
 - envers: Détails du soudage au plasma:
 Type d'électrode de tungstène/dimension: Inclinaison de la torche:
 Détails du gougeage/support envers:
 Température de préchauffage:
 Température entre passes:
 Post-chauffage:
 Traitement thermique après soudage:
 (Temps, température, méthode:
 vitesses* de montée en température et de refroidissement):

.....
 Fabricant Examineur ou organisme d'examen
 Nom, date et signature Nom, date et signature

* Si exigé.

Résultats des contrôles, examens et essais

N° du PV-QMOS du fabricant: Examineur ou organisme d'examen
 Contrôle visuel: N° de référence:
 Contrôle par ressuage/magnétoscopie* Contrôle par radiographie*:
 Essais de traction Contrôle par ultrasons*:
 Température:

Type/N°	R_e MPa	R_m MPa	A % sur	Z %	Localisation de la cassure	Remarques
Exigence						

Essais de pliage Diamètre du mandrin:

Type/N°	Angle de pliage	Allongement*	Résultats
			Examen macroscopique (ajouter photographie/ image)

Essai de flexion par choc* Type Dimensions Exigence

Position/direction de l'entaille	Temp. °C	Valeurs			Moyenne	Remarques
		1	2	3		

Essai de dureté* (type/charge) Position des mesures (schéma*)

Métal de base:

ZAT:

Métal fondu:

Autres essais:

Remarques:

Essais exécutés conformément aux exigences de:

Rapport de laboratoire - N° de référence:

Les résultats sont conformes/non conformes

(Rayer selon le cas)

Essais exécutés en présence de:

* Si exigé.

.....
 Examineur ou organisme d'examen

Bibliographie

- [1] ISO 9606-1, *Épreuve de qualification des soudeurs — Soudage par fusion — Partie 1: Aciers*
- [2] ISO 9606-4, *Épreuve de qualification des soudeurs — Soudage par fusion — Partie 4: Nickel et ses alliages*
- [3] ISO 9692-1, *Soudage et techniques connexes — Types de préparation de joints — Partie 1: Soudage manuel à l'arc avec électrode enrobée, soudage à l'arc avec électrode fusible sous protection gazeuse, soudage aux gaz, soudage TIG et soudage par faisceau des aciers*
- [4] ISO 9692-2, *Soudage et techniques connexes — Types de préparation de joints — Partie 2: Soudage à l'arc sous flux en poudre des aciers*
- [5] ISO 14732, *Personnel en soudage — Épreuve de qualification des opérateurs soudeurs et des régleurs en soudage pour le soudage mécanisé et le soudage automatique des matériaux métalliques*
- [6] ISO 15607, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Règles générales*
- [7] ISO 17635, *Contrôle non destructif des assemblages soudés — Règles générales pour les matériaux métalliques*
- [8] ASME BPVC, Section IX, *Welding, brazing, and fusing qualification*
- [9] ISO/TR 17671-2, *Soudage — Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques — Partie 2: Soudage à l'arc des aciers ferritiques*

Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage —

Partie 1:

Soudage à l'arc et aux gaz des aciers et soudage à l'arc du nickel et des alliages de nickel

AMENDEMENT 1

8.5.2.3

Remplacer tout le paragraphe par le texte suivant:

8.5.2.3 Mode de transfert

Pour les fils pleins et les fils fourrés de métal, la qualification à l'aide du transfert par courts-circuits ne qualifie que ce type de transfert. La qualification à l'aide du transfert par pulvérisation, pulsé ou globulaire qualifie ces types de transfert.