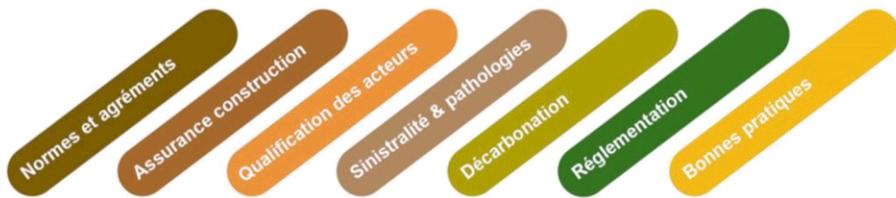




rcnc.gouv.nc



V1 - mai 2025



LA SOUDURE EN CONSTRUCTION

Guide pratique pour la qualification



Table de matières

Préambule – Usage métallique	3
Glossaire.....	5
Bibliographie - références normatives	8
I. Introduction et objectif.....	10
II. Contrôles et essais (NF EN ISO 9606)	13
II.1. Qualification (Durée de validité)	13
II.1.1. Qualification initiale	13
II.1.2. Confirmation de la validité (6 mois)	13
II.1.3. Prolongation de la qualification d'un soudeur	14
II.2. Contrôles	16
II.3. Assemblages de qualification	16
II.4. Conditions de soudage	17
II.5. Méthodes de contrôles et d'essais	18
II.6. Contre-essais	18
III. Les rôles et responsabilités de chacun des intervenants.....	19
III.1. Processus de Contrôle et Vérification	19
III.2. Planification et Coordination	20
IV. Les procédés de soudage	21
V. Variables essentielles	25
V.1. Généralités	25
V.2. Type de produit	26
V.3. Dimensions.....	26
V.4. Type de soudure	28
V.5. Groupement des matériaux d'apport.....	28
V.6. Type de matériau d'apport	29
V.7. Positions de soudage	30
V.8. Détail concernant le soudage.....	31
VI. Annexes	33
Annexe A	33
Annexe B	35

Préambule – Usage métallique

Depuis 2022, des désordres ont été identifiés sur les ouvrages métalliques en lien avec la qualité des soudures et, par conséquent, avec le niveau de qualification des soudeurs. Le RCNC et les acteurs de la construction ont choisi de mettre en place des actions de prévention et de sensibilisation.

Constatations :

- *Les soudeurs en charpente et serrurerie métallique ne disposent pas toujours des qualifications requises. Cela peut entraîner, sur certains chantiers, des désordres (non conformités) ou des sinistres (accidents), engageant la responsabilité civile professionnelle de l'entreprise, du patenté ou du prestataire.*
- *Les malfaçons engagent également la responsabilité civile décennale du constructeur de charpente ou de serrurerie métallique, avec des conséquences financières importantes pour l'entreprise au-delà de la sécurité à garantir pour les usagers.*
- *Les maîtres d'œuvre et maîtres d'ouvrage ne s'assurent pas convenablement des qualifications détenues par les entreprises et leurs sous-traitants éventuels.*



L'exécution des soudures en charpente et en serrurerie métallique ne peut être réalisée sans les qualifications requises, dans le respect des documents normatifs reconnus et stipulés.

L'emploi des éléments métalliques dans un ouvrage de construction repose en grande partie sur des procédés de soudage permettant d'assurer la solidité et la pérennité des

assemblages. Ces savoir-faire présentent des enjeux spécifiques en matière d'études, d'exécution et de réalisation.

- *Charpente métallique : utilisés pour les structures de construction, ils nécessitent la réalisation de soudures robustes capables de supporter et de répondre aux sollicitations correspondantes aux ouvrages construits.*

✦ *Exemple : Assemblage de poutres en acier pour un entrepôt logistique, avec soudage MIG/MAG et contrôle par radiographie.*

- *Serrurerie métallique : concernent des ouvrages plus fins comme les garde-corps et escaliers, où la qualité de réalisation des soudures caractérise à la fois leurs résistance, esthétique et durabilité.*

✦ *Exemple : Fabrication d'un escalier métallique avec soudage TIG pour des finitions soignées et sans surépaisseur.*

Dans ce document, il sera fait référence à l'ensemble des points d'assemblage par soudure, mais les points spécifiques majoritairement utilisés en Nouvelle-Calédonie dans le secteur du BTP seront mis en avant.

Le brasage sera exclu de ce guide, bien que ce soit un procédé d'assemblage qui peut se retrouver en construction.

Glossaire

Charpente en acier

structures en acier ou éléments fabriqués en acier utilisés dans la construction

Constructeur

personne ou organisation responsable de l'exécution des travaux

DMOS

descriptif de mode opératoire de soudage

DMOS-P

descriptif de mode opératoire de soudage préliminaire (Exemple en annexe)

Examineur

Personne désignée pour vérifier la conformité à la norme applicable

Fabricant

personne ou entreprise responsable de la fabrication soudée

Fabrication

ensemble des activités requises pour produire et livrer un Élément

MAG

procédé de soudage par injection de gaz, effectué sur un arc électrique

MIG

procédé de soudage par injection de gaz neutre, effectué sur un arc électrique

Organisme d'examen

organisme qui a été désigné pour vérifier la conformité à la norme applicable

QMOS

qualification de mode opératoire de soudage

QS

qualification de soudeur

SAEE

procédé de soudage à l'arc à l'électrode, enrobée, technique de soudage couramment utilisée dans l'industrie

Soudage

procédé d'assemblage au cours duquel deux ou plusieurs pièces sont réunies en produisant une continuité du ou des matériaux au moyen de chaleur, de pression ou des deux, et en utilisant ou non un produit d'apport

Soudage automatique

soudage au cours duquel toutes les opérations sont réalisées sans l'intervention d'un opérateur soudeur.

Soudage manuel

soudage au cours duquel le porte-électrode, le pistolet, la torche ou le chalumeau sont guidés manuellement

Soudage mécanisé

soudage totalement mécanisé soudage au cours duquel les paramètres de soudage sont maintenus par des moyens mécaniques ou électroniques

Soudage par fusion

soudage avec fusion locale sans application d'effort extérieur, au cours duquel la (les) face(s) à souder doit (doivent) être fondue(s) avec ou sans utilisation d'un produit d'apport

Soudage semi-automatique - partiellement mécanisé

soudage manuel au cours duquel l'alimentation en fil est mécanisée

Soudeur

personne qui tient et guide manuellement un porte-électrode, une torche de soudage ou un chalumeau



rcnc.gouv.nc

Soudure

résultat du soudage

Structure

assemblage de pièces conçu pour supporter des charges et assurer un degré suffisant de rigidité

TIG

procédé de soudage par fusion dont la source de chaleur est un arc électrique qui est établi entre une électrode de tungstène non fusible et les pièces à souder

Travaux de charpente

parties de la construction qui sont des charpentes en acier

Vérification

confirmation par des preuves tangibles que les exigences spécifiées ont été satisfaites

Bibliographie - références normatives

NF EN 1011, *Soudage – Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques*

NF EN 1090-2, *Exécution des structures en acier et des structures en aluminium – Partie 2 : exigences pour les structures en aciers*

NF EN ISO 3834, *Exigences de qualité en soudage par fusion des matériaux métalliques*

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

NF EN 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*

NF EN ISO 9606-1, *Épreuve de qualification des soudeurs – Soudage par fusion – Partie 1 : aciers*

NF EN ISO 9712, *Essais non destructifs – Qualification et certification du personnel*

NF EN ISO 14555, *Soudage – Soudage à l'arc des goujons sur les matériaux métalliques*

NF EN ISO 14731, *Coordination en soudage – Tâches et responsabilités*

NF EN 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*

NF EN ISO 15609-1 et -2, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques – Descriptif d'un mode opératoire de soudage*



rcnc.gouv.nc

LA SOUDURE EN CONSTRUCTION GUIDE PRATIQUE POUR LA QUALIFICATION

NF EN ISO 15610, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques – Qualification basée sur des produits consommables soumis à essais*

NF EN ISO 15611, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques – Qualification sur la base de l'expérience en soudage*

NF EN ISO 15612, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques – Qualification par référence à un mode opératoire de soudage standard*

NF EN ISO 15614-1, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques - Épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage*

NF EN ISO 15620, *Soudage – Soudage par friction des matériaux métalliques*

FD ISO/TR 25901-1, *Soudage et techniques connexes – Vocabulaire – Partie 1 : Termes généraux*

I. Introduction et objectif

Quelle que soit la classe d'exécution de la structure, les soudeurs et les opérateurs en soudage doivent être qualifiés pour les opérations qui leur sont confiées.

Dans le cadre de travaux de construction métallique couverts par le corpus normatif d'exécution des structures en acier, notamment ceux du DTU 32.1 « Charpentes et ossatures en acier », le soudage représente un procédé d'assemblage essentiel.

Le but est de créer un assemblage permanent garantissant une continuité de matière et une absence de jeu, la soudure est privilégiée par rapport à l'assemblage par boulonnage.

Le procédé s'appuie sur le respect des exigences sur les étapes de soudage, explicité dans la norme NF EN 1090-2, *Exécution des structures en acier*.

Il est basé sur les compétences des soudeurs en rapport aux ouvrages à réaliser.

L'aptitude du soudeur à suivre des instructions verbales ou écrites (DMOS) et la vérification de l'habileté d'une personne sont des facteurs importants pour garantir la qualité d'une fabrication soudée (NF EN ISO 5817).

L'objectif de ce guide est de fournir des explications simples et pragmatiques sur la manière de répondre aux exigences normatives en insistant sur :



- *L'amélioration de la compréhension des normes et du vocabulaire associé ;*
- *La définition des procédés de soudage ;*
- *La lecture et la compréhension de modes opératoires ;*
- *Les qualifications nécessaires à détenir et à maintenir pour une parfaite exécution des travaux ;*
- *Les formations permettant d'être qualifié.*

La norme NF EN 1090-2 impose des exigences relatives à la qualification des méthodes de soudage et du personnel de soudage, à la coordination en soudage et aux critères d'acceptation.

Elle stipule les exigences pour l'exécution des structures en acier, en précisant les conditions d'intervention en atelier et sur chantier.

- *Travaux en atelier : Ces travaux offrent un cadre contrôlé garantissant une qualité optimale des soudures grâce à des équipements adaptés et à des conditions stables (température, hygrométrie, absence de contaminants).*

✦ *Exemple : Fabrication et assemblage de poutres ou pièces métalliques avec soudage, suivi d'un contrôle avant expédition sur site.*

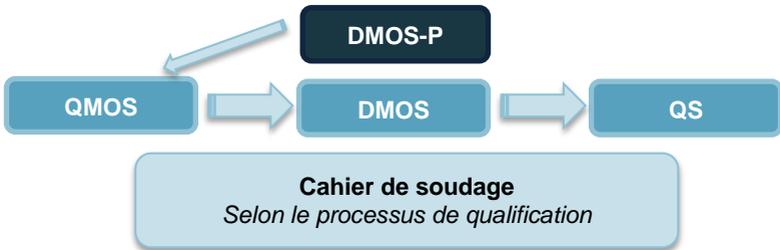
- *Travaux sur chantier ou site de montage : Ils concernent l'assemblage et l'adaptation des éléments préfabriqués. Les contraintes environnementales (vent, humidité, accès limité) nécessitent des précautions particulières pour assurer la qualité des soudures.*

✦ *Exemple : Montage et soudage de connexions de charpente métallique en hauteur, avec protection contre les intempéries et contrôle.*

La NF EN 1090-2 impose des procédures strictes pour chaque contexte, garantissant la conformité des ouvrages aux exigences de sécurité et de durabilité.

La rédaction du présent guide est spécifiquement orientée à destination des travaux de bâtiment.

Figure 1 : Schéma général de qualification des soudeurs mettant en exergue la notion de DMOS et de QMOS :



Le DMOS-P permet de réaliser une QMOS. En fonction des travaux à réaliser, un ou plusieurs DMOS sont établis selon les épaisseurs, procédés et autres variables. Enfin, les soudeurs possèdent des QS correspondant aux domaines de validité associés.

- Le soudage est ainsi réalisé avec des modes opératoires de soudage qualifiés en utilisant le DMOS applicable selon le procédé de soudage utilisé (cf. IV ci-après).
- La QMOS dépend de la classe d'exécution et des matériaux.

II. Contrôles et essais (NF EN ISO 9606)

II.1. Qualification (Durée de validité)

POINT DE VIGILANCE : le préalable à l'activité de soudage demeure la formation initiale et la(es) qualification(s) issue(s) de cursus de formations certifiées constatés par la détention de diplômes caractérisant la profession et la pratique professionnelle.

II.1.1. Qualification initiale

La qualification du soudeur débute à la date du soudage du ou des assemblages de qualification, sous réserve que les contrôles ou essais exigés aient été effectués et aient donné des résultats acceptables.

Le certificat doit être confirmé tous les six mois, à défaut de quoi il devient invalide.

La validité du certificat peut être prolongée comme spécifié en art II.1.3. Les méthodes choisies pour la prolongation de la qualification doivent être spécifiées sur le certificat au moment de son émission.

II.1.2. Confirmation de la validité (6 mois)

La qualification d'un soudeur pour un procédé donné doit être confirmée tous les six mois par la personne responsable de l'activité de soudage ou l'examineur/organisme d'examen. (Validation par signature au verso du certificat de qualification du soudeur). Il s'agit de confirmer que le soudeur a travaillé dans son domaine de qualification et de prolonger la validité de la qualification pour une période supplémentaire de six mois.

Le présent paragraphe est applicable à toutes les options de prolongation spécifiées ci-après.

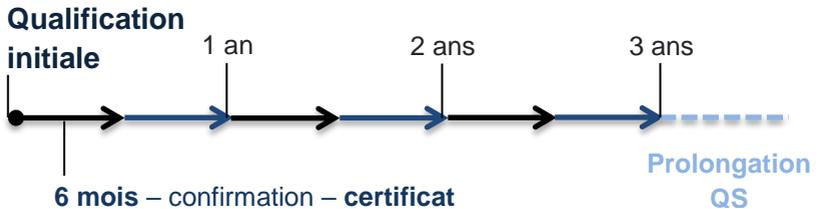
II.1.3. Prolongation de la qualification d'un soudeur

La prolongation doit être décidée par un examinateur/organisme d'examen. Les compétences du soudeur doivent être vérifiées périodiquement par l'une des méthodes suivantes.

Le soudeur doit subir une nouvelle épreuve de qualification tous les trois ans.

Le tableau de la norme NF EN ISO 1090-2, référence pour les constructions métalliques, stipule les exigences relatives aux soudures, notamment la qualification des soudeurs et les types de soudures acceptables.

Figure 2 : Étapes clés de la qualification d'un soudeur



POINT DE VIGILANCE : Si des personnels ayant suivi des formations et des cursus de qualification pris en charge par l'employeur, changent d'entreprise, alors cette dernière se doit de reformer du nouveau personnel si elle souhaite poursuivre l'application de l'EN 1090 dans ses activités.

CAS DE L'ENTREPRISE INDIVIDUELLE : Les fonctions et les responsabilités de personne responsable de l'activité de soudage et celles de soudeur sont assurées par la même personne.

Tableau 1 - Récapitulatif des procédés 11, 12, 13 et 14 en position de soudage PC (sauf indication contraire)

Exigences de la norme EN 1090-2		EXC 1	EXC 2	EXC 3	EXC 4
Qualification des modes opératoires de soudage	Généralités	Instructions de Travail appropriées (s'il est spécifié d'en fournir)	EN ISO 3834-3	EN ISO 3834-2	
	Qualification des modes opératoires de soudage	Sans exigence	<ul style="list-style-type: none"> Épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage Qualification sur la base d'un assemblage soudé de préproduction. 		
			<ul style="list-style-type: none"> Qualification par référence à un mode opératoire de soudage standard Qualification sur la base de l'expérience de soudage Produits consommables pour le soudage soumis à essais 	<ul style="list-style-type: none"> Qualification par référence à un mode opératoire de soudage standard (Si autorisé par le cahier des charges d'exécution) 	
	Soudeurs et opérateurs soudeurs	Modalités de prolongation spécifiées	Voir EN ISO 3834-3	Voir EN ISO 3834-2	
	Coordination en soudage	Supervision suffisante	Connaissances techniques selon les Tableaux 14 ou 15		
Critères d'acceptation	Exigences de routine [PS pour EXC4]	EN ISO 5817			
		Niveau de qualité D généralement	Niveau de qualité C généralement	Niveau de qualité B	EXC3 au minimum plus des critères spécifiques pour des soudures identifiées
	Exigences relatives à la fatigue	Non applicable	EN ISO 5817:2014 Annexe C (si son utilisation est spécifiée)		
	Réparation des soudures	Sans exigence	Selon QMOS		

Spécification : Si aucune classe d'exécution n'est indiquée dans un contrat (maître d'ouvrage ou maître d'œuvre), la classe EXC2 est retenue comme exigée par défaut ;

En fonction de plusieurs critères tels que le degré de conséquences en cas de rupture de la construction, l'utilisation et la sollicitation de la construction et les matériaux utilisés, il est possible d'attribuer à tout ou partie de l'ouvrage une classe d'exécution.

II.2. Contrôles

Le soudage des assemblages de qualification doit être exécuté en présence de l'examineur ou de l'organisme d'examen. L'ensemble des essais doit être vérifié par l'examineur ou l'organisme d'examen.

L'examineur ou l'organisme d'examen peut arrêter l'épreuve s'il s'avère que les conditions de soudage ne sont pas correctes ou que le soudeur n'a pas l'habileté requise pour satisfaire aux exigences, par exemple s'il constate des réparations trop importantes et/ou des réparations à caractère systématique.

II.3. Assemblages de qualification

Figure 3 : Dimensions de l'assemblage de qualification pour une soudure bout à bout de plaques

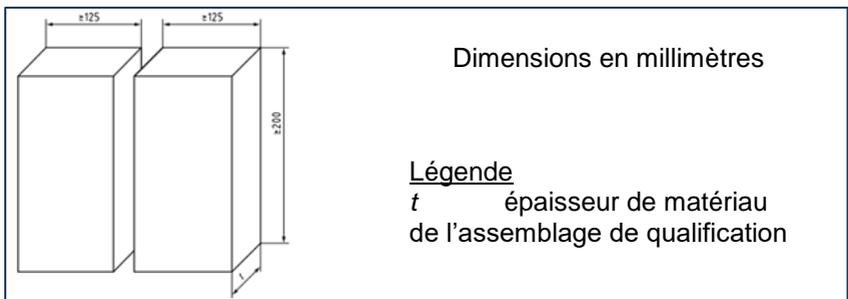
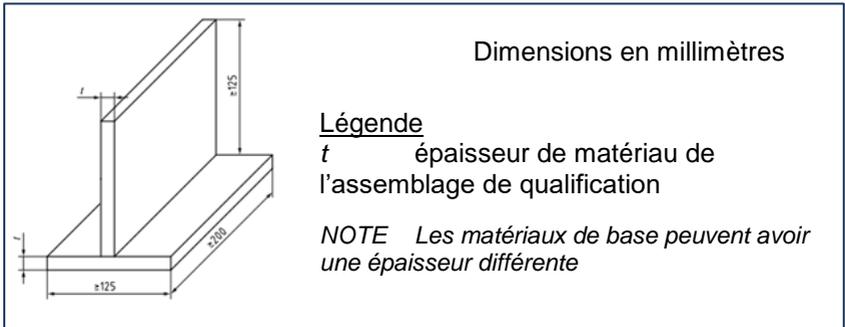


Figure 4 : Dimensions de l'assemblage de qualification pour une soudure d'angle sur plaques



II.4. Conditions de soudage

L'épreuve de qualification des soudeurs doit suivre le DMOS-P ou le DMOS préparé conformément aux parties applicables des normes NF EN ISO 15609.

Les conditions de soudage suivantes doivent s'appliquer :

- *Les assemblages de qualification doivent comporter en passe de fond et en passe terminale au moins un arrêt et une reprise.*
- *Le soudeur doit être autorisé à éliminer les imperfections mineures par meulage, sauf en passe terminale pour laquelle seuls les arrêts et les reprises peuvent être meulés. L'autorisation de l'examineur ou de l'organisme d'examen doit être obtenue.*

II.5. Méthodes de contrôles et d'essais

rcnc.gouv.nc

Après soudage, l'assemblage de qualification, doit être soumis à des contrôles et essais selon le tableau ci-dessous.

Si la soudure est acceptée lors du contrôle visuel, les contrôles ou essais restants doivent être effectués.

Tableau 2 - Méthodes de contrôles et d'essais

Méthode de contrôles et d'essais	Soudure bout à bout (plaques ou tubes)	Soudure d'angle et piquage
Contrôle visuel selon l'ISO 17637	obligatoire	obligatoire
Contrôle par radiographie selon l'ISO 17636	Obligatoire ^{(1), (2), (3)}	non obligatoire
Essai de pliage selon l'ISO 5173	obligatoire ^{(1), (2)}	non obligatoire
Essai de texture selon l'ISO 9017	obligatoire ^{(1), (2)}	obligatoire ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Soit un contrôle par radiographie, soit un essai de pliage ou un essai de texture doit être réalisé.
⁽²⁾ Si le contrôle par radiographie est effectué, l'essai de pliage ou l'essai de texture supplémentaire est obligatoire pour les procédés de soudage 131, 135 et 138.
⁽³⁾ Le contrôle par radiographie peut être remplacé par un contrôle par ultrasons effectué conformément à l'ISO 17640[19] pour une épaisseur ≥ 8 mm sur les aciers ferritiques seulement. Dans ce cas, les essais supplémentaires mentionnés dans la note de bas de tableau b ne sont pas requis.
⁽⁴⁾ L'essai de texture peut être remplacé par un examen macroscopique effectué conformément à l'ISO 17639[18], d'au moins deux coupes, dont au moins une doit être prélevée dans la zone d'arrêt et de reprise.

II.6. Contre-essais

Pour tout essai ne répondant pas aux exigences de la présente partie de la NF EN ISO 9606-1, le soudeur peut se voir accorder l'opportunité de recommencer une fois l'épreuve de qualification sans formation supplémentaire.

III. Les rôles et responsabilités de chacun des intervenants

L'entreprise de soudage est responsable de la qualité des soudures ainsi que de la qualification de ses soudeurs. Elle doit fournir l'ensemble des certificats et documents nécessaires (certificats de qualification, rapports de contrôle, etc.).

Il est rappelé que l'entreprise de soudage est tenue de souscrire une assurance Responsabilité Civile Décennale (RCD) lorsqu'elle intervient dans le cadre d'ouvrages métalliques pour des travaux de construction (Bâtiment et Travaux Publics).

Les sous-traitants doivent fournir également des preuves de leur conformité qualification. Il est rappelé qu'ils sont tenus de souscrire une assurance RCD au même titre que l'entreprise qui lui soustraite les travaux.

Le maître d'ouvrage doit s'assurer que les critères de qualité sont respectés. Il peut demander des contrôles et essais supplémentaires, y compris auprès de son bureau de contrôle missionné pour le chantier.

Il doit exiger de l'entreprise l'ensemble des documents justifiant ses qualifications ainsi que l'attestation RCD.

***Nota :** Le maître d'ouvrage doit s'assurer que cette mission a bien été confiée au bureau de contrôle.*

III.1. Processus de Contrôle et Vérification

Contrôle Non Destructif (CND) : Il est nécessaire de réaliser des CND pour vérifier la qualité des soudures. Des tests destructifs peuvent également être exigés pour certains projets complexes.

Suivi des Qualités : Les soudures doivent être suivies et documentées tout au long de leur réalisation. Les inspections

doivent être menées à chaque étape clé du processus. Les principaux CND sont :

- *Contrôle visuel,*
- *Ressuage ou magnétoscopie,*
- *Contrôle Ultrasons ou Radiographique,*
- ...

III.2. Planification et Coordination

Responsabilité du Chef de Projet : Il est responsable de la gestion globale de la qualité du soudage et de la coordination entre les différents acteurs. Il doit s'assurer que toutes les étapes du projet respectent les normes en vigueur.

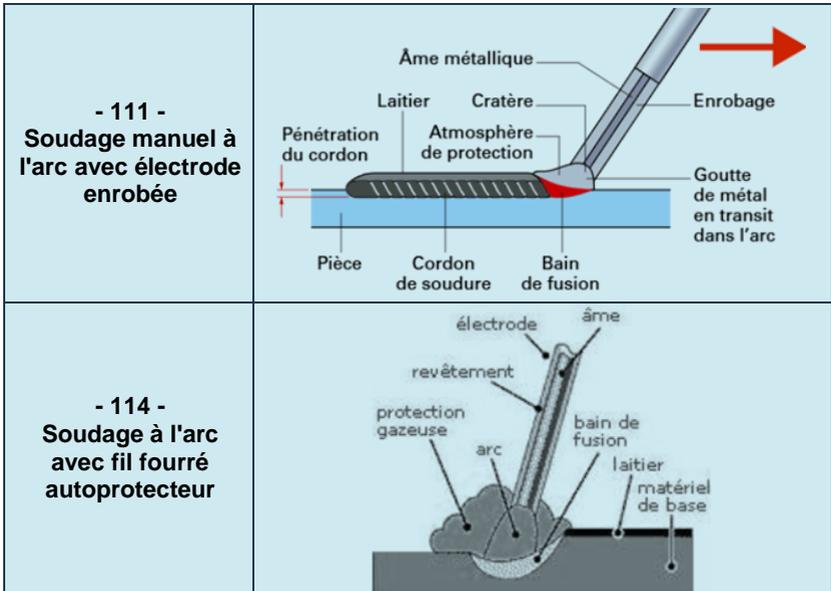
Gestion des Documents : Tous les documents relatifs à la qualité des soudures (certificat de soudage, rapports de contrôle, etc.) doivent être archivés et facilement accessibles pour toute inspection future. Cela inclut la vérification des documents fournis par les sous-traitants.

Entreprise titulaire du contrat de travaux de soudage "Responsable des travaux"		
Avec sous-traitance		Sans sous-traitance
Document à fournir par le sous-traitant	Document à fournir par le responsable des travaux	Document à fournir
Certificat de qualification (QS) validité ou en cours de prolongation	QMOS (EXC2, 3, 4)	Certificat de qualification (QS) validité ou en cours de prolongation
	DMOS	QMOS (EXC2, 3,4)
	Rapport CND	DMOS
	Certificat de matière (métal de base et d'apport)	Rapport CND
		Certificat de matière (métal de base et d'apport)

IV. Les procédés de soudage

Dans le domaine de la construction métallique, même s'il existe une large variété de procédés de soudage décrits ci-dessous, leur utilisation en Nouvelle-Calédonie est limitée à un petit nombre. On y utilise principalement les procédés de soudage à l'arc, dont les principaux sont indiqués en gras, accompagnés d'image.

11 : Soudage à l'arc avec électrode fusible sans protection gazeuse



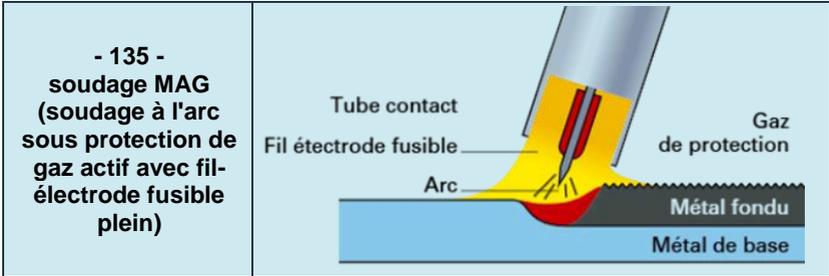
12 Soudage à l'arc sous flux (en poudre) - Soudage à l'arc submergé

- 121 - soudage à l'arc sous flux (en poudre) avec fil plein (partiellement mécanisé)

- 125 - soudage à l'arc sous flux (en poudre) avec fil fourré (partiellement mécanisé)

13 Soudage à l'arc sous protection gazeuse avec électrode fusible - Soudage sous protection de gaz inerte (Soudage MIG)/Soudage sous protection de gaz (Soudage MAG)

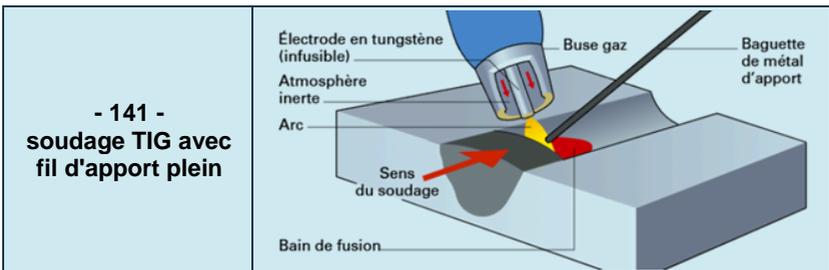
- 131- soudage MIG (soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec fil-électrode fusible plein)



- 136 - soudage MAG avec fil fourré de flux (soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec fil-électrode fourré de flux)

- 138 - soudage MAG avec fil fourré de poudre métallique (soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec fil fourré de poudre métallique)

14 Soudage à l'arc sous protection gazeuse avec électrode de tungstène - Soudage à l'arc sous protection gazeuse avec électrode réfractaire en tungstène



- 142 - soudage TIG autogène



rcnc.gouv.nc

LA SOUDURE EN CONSTRUCTION GUIDE PRATIQUE POUR LA QUALIFICATION

- 143 - soudage TIG avec fil ou baguette fourré(e) [soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec électrode de tungstène et fil ou baguette fourré(e)]
- 145 - soudage TIG utilisant un gaz réducteur et un apport sous forme de baguette ou de fil plein - Soudage TIG avec gaz réducteur et produit d'apport fourré
- 147 - Soudage TAG - Soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec électrode de tungstène - Soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec électrode réfractaire en tungstène

En complément des quatre points précédent (11, 12, 13 et 14), le tableau suivant synthétise les avantages et inconvénients des procédés classés selon que ces derniers sont classés en manuel ou semi-automatique.

★ *Des formations continue sont dispensées dans des centre sous le code NSF : RNCP38568 (CAP - Réalisations industrielles en chaudronnerie ou soudage, option A : chaudronnerie, option B : soudage).*

Tableau 3 – Comparatif procédés de soudage Manuel / Semi-automatique

Manuel	Semi-automatique
<p>Soudage à l'arc électrique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Avec électrode enrobée (111) ; - Procédé TIG (141). 	<p>Soudage semi-automatique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Avec fils pleins ou fils fourrés : soudage MAG (135 ou 136/138) ; - Procédé fil fourré sans gaz (114).
<p>Avantage :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Joints de haute qualité grâce à l'utilisation d'enrobage de type basique ; - Plus polyvalents, s'exécutent dans tous les milieux ; - Équipement moins complexe et moins onéreux ; - Équipement moins encombrant, utilisable sur chantier. 	<p>Avantage :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Taux de dépôt élevé ; - Meilleures propriétés mécaniques et chimiques de la soudure ; - Fatigue moindre du soudeur ; - Soudage de joints longs possible ; - Soudage dans toutes les positions ; - Économie de temps.
<p>Inconvénient :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plus faible productivité. 	<p>Inconvénient :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Investissement plus coûteux ; - Risque plus élevé de défauts de type collage ; - Limité aux environnements protégés, en atelier.

Dans notre cas en Nouvelle-Calédonie, le procédé TIG ne peut pas être utilisé pour faire du soudage structurel. Uniquement employé que pour réaliser des travaux de finitions telles que la fabrication des gouttières et chéneaux.

Les principaux facteurs à prendre en considération sont décrits dans le DMOS. On retiendra en particulier la préparation de la soudure et les paramètres de soudage.

En construction métallique, le soudage de pièces relativement épaisses nécessite l'utilisation d'un métal d'apport. Le métal d'apport doit avoir des caractéristiques minimales supérieures ou égales à celles du métal de base.

V. Variables essentielles

V.1. Généralités

La qualification des soudeurs est basée sur des variables essentielles. Pour chaque variable essentielle, un domaine de validité est défini :

- *les procédés de soudage (art. IV) ;*
- *le type de produit (plaque ou tube) ;*
- *le type de soudure (soudure bout à bout ou soudure d'angle) ;*
- *le groupe de matériau d'apport ;*
- *le type de matériaux d'apport ;*
- *les dimensions (épaisseur et diamètres extérieurs de tube) ;*
- *la position de soudage ;*
- *les détails concernant le soudage (support envers matériel, protection envers gazeuse, protection envers à l'aide de flux, insert consommable, soudage d'un seul côté, soudage des deux côtés, soudage monocouche, soudage multicouche, soudage à gauche, soudage à droite, angles).*

Règles de validité des qualifications de soudeur

- **Chaque épreuve de qualification concerne un seul procédé de soudage.**
- **Tout changement de procédé nécessite donc une nouvelle épreuve de qualification.**
- **Si un soudeur intervient hors du domaine de validité de sa qualification, il doit repasser une épreuve.**

Exception admise dans le cadre du présent document : Le passage du procédé 135 (fil électrode plein) au procédé 138 (fil

fourré métal) - ou inversement - ne nécessite pas de nouvelle qualification.

Rappel : La qualification avec matériau d'apport permet également de souder sans matériau d'apport, mais l'inverse n'est pas valable.

À noter : Le soudage multiprocédé est exclu du champ d'application du présent document.

V.2. Type de produit

L'épreuve de qualification doit être effectuée sur plaque, sur tube ou une autre forme de produit appropriée et définie par la norme.

Les critères suivants sont applicables :

- *La qualification de soudeur sur tube (de diamètre extérieur $D > 25$ mm) qualifie le soudeur pour des soudures sur tôles.*
- *La qualification de soudeur sur tôle qualifie le soudeur pour les soudures sur tube de diamètre extérieur $D \geq 500$ mm et diamètre extérieur $D \geq 75$ mm sous certaines conditions.*

V.3. Dimensions

L'épaisseur du matériau soudé lors de l'épreuve de qualification conduit à un domaine de validité pour les épaisseurs autorisées.

Les tableaux ci-après donnent le domaine de validité d'ordre général. Les cas particuliers sont détaillés dans la norme NF EN ISO 9606-1.

Pour le soudage monoprocédé et pour le même type de matériau d'apport, « s » (mm) est égal à l'épaisseur « t » (mm) du matériau de base.

Tableau 4 - Domaine de validité pour la soudure bout à bout

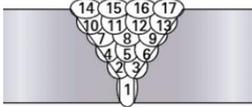
Épaisseur déposée de l'assemblage de qualification s	Domaine de validité
$s < 3$	s à 3 ou s à $2s$ en retenant la plus grande de ces deux valeurs
$3 \leq s < 12$	3 à $2s$
$s \geq 12$ (3 couches minimum) 	≥ 3

Tableau 5 - Domaine de validité pour la soudure d'angle

Épaisseur de matériau de l'assemblage de qualification t	Domaine de validité
$t < 3$	t à $2t$, ou 3, en retenant la plus grande de ces deux valeurs
$t \geq 3$	≥ 3

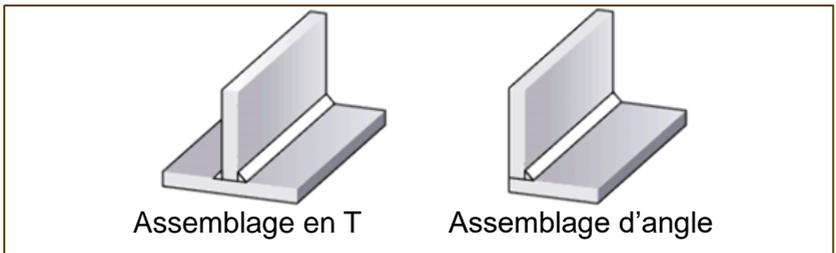


Tableau 6 - Domaine de validité pour les diamètres extérieurs

Diamètre extérieur du tube de l'assemblage de qualification ^a D	Domaine de validité
$D \leq 25$	D à $2D$
$D > 25$	$\geq 0,5 D$ (25 mm min.)

^a Pour des profils creux non circulaires, D est la dimension du plus petit côté.

V.4. Type de soudure

rcnc.gouv.nc

L'épreuve de qualification doit être effectuée sur soudure bout à bout et/ou soudure d'angle selon les schémas et assemblages définis par la norme.

Les soudures bout à bout couvrent les soudures bout à bout dans n'importe quel type d'assemblage, sauf les piquages.

Les soudures bout à bout peuvent qualifier les soudures d'angle, si un assemblage de qualification supplémentaire est réalisé sur soudure d'angle (épaisseur minimale de 10 mm).

V.5. Groupement des matériaux d'apport

En phase qualification, les assemblages doivent être réalisés avec un matériau d'apport. Dans le cadre du présent document, seuls les matériaux des groupes FM1 et FM2 sont retenus pour une application en Nouvelle-Calédonie.

Tableau 7 - Groupement des matériaux d'apport

Groupe	Matériaux pour le soudage des
FM1	Aciers non alliés et aciers à grains fins
FM2	Aciers à haute résistance
FM3	Aciers résistant au fluage $Cr < 3,75 \%$
FM4	Aciers résistant au fluage $3,75 \leq Cr \leq 12 \%$
FM5	Aciers inoxydables et résistant aux températures élevées
FM6	Nickel et alliages de nickel

Le soudage avec un matériau d'apport d'un groupe confère au soudeur la qualification pour le soudage avec tous les autres matériaux d'apport du même groupe.

Il est à noter que la qualification pour un matériau d'apport du groupe FM1 confère la qualification pour le groupe FM2 et réciproquement.

V.6. Type de matériau d'apport

rcnc.gouv.nc

Dans le cadre du présent document, les matériaux d'apport (baguettes) utilisés sur le territoire, pour le groupement FM1, sont les suivants :

- *ER70S-6 pour le procédé TIG (141) (cf. images ci-dessous).*



ESAB OK TIGROD 12.64



SAF-FRO ALTIG SG 2

- *E7018 (basique) pour le procédé électrode enrobée (111) (cf. images ci-dessous).*



ESAB OK 48.00



SAF-FRO SAFER NF 510

- *E6013 (rutile) pour le procédé électrode enrobée (114) (cf. images ci-dessous).*



ESAB OK 46.00



SAF-FRO G 48 N

V.7. Positions de soudage

rcnc.gouv.nc

Les positions de soudage concernent les soudures bout-à-bout et soudures d'angle, pour des tôles ou des tuyaux. La nomenclature retenue est donnée dans les tableaux ci-après.

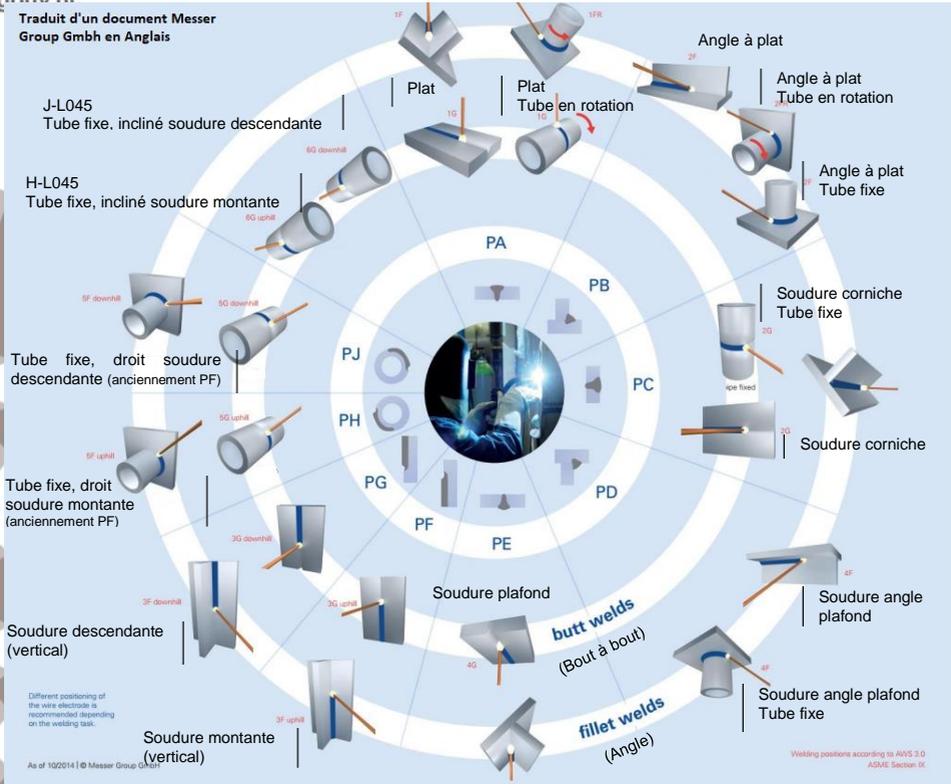
Tableau 8 - Domaine de validité selon la position de soudage pour les soudures bout-à-bout

Position pour les essais	Domaine de validité			
	PA à plat	PC en corniche (horizontale)	PE au plafond	PF verticale montante
PA	X			
PC	X	X		
PE (plaque)	X	X	X	
PF (plaque)	X			X
PH (tube)	X		X	X

Tableau 9 - Domaine de validité selon la position de soudage pour les soudures d'angle

Position pour les essais	Domaine de validité					
	PA à plat	PB en angle à plat	PC en corniche (horizontale)	au plafond		PF verticale montante
				PD	PE	
PB	X	X				
PD	X	X	X	X	X	
PF (plaque)	X	X				X

Figure 5 : schématisant la position et l'orientation d'un joint de soudage (à titre informative)



V.8. Détail concernant le soudage

Les domaines de validité pour le soudage sont précisés dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 10 - Domaine de validité pour les supports envers et les inserts consommables

Condition d'exécution	Domaine de validité pour les supports envers et les inserts consommables		
	Pas de support envers (ss, nb)	Support envers matériel (ss, mb)	Soudage des deux côtés (bs)
Pas de support envers (ss, nb)	X	X	X
Support envers matériel (ss, mb)		X	X
Soudage des deux côtés (bs)		X	X

Tableau 11 - Domaine de validité concernant le nombre de couches pour les soudures d'angle

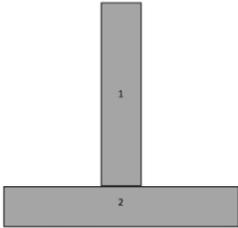
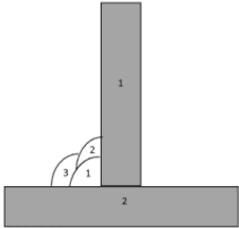
Assemblage de qualification	Domaine de validité	
	monocouche (sl)	multicouche (ml)
Monocouche (sl)	X	
Multicouche (ml)	X	X

VI. Annexes

Annexe A

(Informative)

Descriptif du mode opératoire de soudage

DMGS		RÉFÉRENCE :	
Métal de base 1	Métal de base 2	N° du procédé :	
Nuance :	Nuance :	Épaisseur de métal déposé	
Norme :	Norme :	Support :	Oui/Non
Épaisseur :	Épaisseur :	Repère de la soudure :	
Type d'assemblage :	Schéma de l'assemblage		
Préparation de l'assemblage		Aspect des couches de soudure	
			
N° des passes	1	2	3
Position de soudage			
Métal d'apport	Groupe		
	Désignation normalisée / désignation commerciale		
	Type		
	Marque		
Protection gazeuse ou flux	Diamètre (mm) et polarité		
	Désignation normalisée / désignation commerciale		
	Type de matériel		
Réglage du poste de soudure	Nombre de fils		
	Type de courant+polarité		
	Intensité I (ampères)		
	Tension U (Volts)		
	Vitesse de fil (cm/min) ± 10%		
	Vitesse d'avance V(cm/min) ± 10%		
	Apport de chaleur Q (kJ/mm)		
	Température de préchauffage (°C) mini		
	Température entre passes (°C) mini/maxi		
	Nettoyage entre passes		
	Gougeage		
	Post chauffage : durée et température		

[Nom de l'organisme habilité]

PV de Qualification de Mode Opérateur de Soudage

N°XXXXX

Fabricant :

Lieu du soudage :

Date de soudage :

DMOS-P :

Norme de référence :

Réalisé par :

Réalisé en présence de :

[Nom de l'organisme habilité] certifie que les assemblages de qualification ont été préparés, soudés et contrôlés de façon satisfaisante, conformément aux exigences des documents référencés ci-dessus.

PV établi le XX/XX/XXXX

[Nom de l'organisme habilité]

Représenté par :

XXXX

Signature :

[Nom du fabricant]

Représenté par :

YYYY

Signature :



rcnc.gouv.nc

LA SOUDURE EN CONSTRUCTION GUIDE PRATIQUE POUR LA QUALIFICATION

Annexe B

(Informative)

Examineur ou organisme d'examen – N° de référence :

**CERTIFICAT DE QUALIFICATION DE SOUDEUR
SUIVANT : NF EN ISO 9606-1 : 2017**

Photographie

Désignation :

N° de référence DMOS :

Repère de l'assemblage :

Soudeur : Nom : Prénom : Date : Lieu de naissance :	Identification : Méthode d'identification : Repère soudeur : Lieu de soudage :
--	---

Employeur :

Code/norme d'essai :

Connaissances professionnelles : Acceptées / Non vérifiées (*rayez la mention inutile*)

Assemblage de qualification	Domaine de validité
<ul style="list-style-type: none"> • Procédé(s) de soudage • Mode de transfert • Type de courant et polarité • Type de produit (plaque ou tube) • Type de soudure (assemblage) • Détails concernant le soudage • Groupe(s)/sous-groupe(s) matériau(x) de base • Type(s) de matériau(x) d'apport et désignation • Groupe(s) matériau(x) d'apport • Gaz de protection • Produits consommables auxiliaires • Épaisseur de matériau (mm) • Matériau d'apport (désignation) <ul style="list-style-type: none"> ○ Épaisseur métal déposée A (mm) ○ Épaisseur métal déposée B (mm) • Diamètre extérieur du tube (mm) • Position de soudage • Multicouche/monocouche



rcnc.gouv.nc

LA SOUDURE EN CONSTRUCTION

GUIDE PRATIQUE POUR LA QUALIFICATION

Assemblage supplémentaire de qualification sur soudure d'angle (réalisé conjointement avec la qualification de la soudure bout à bout : acceptable / non acceptable)

Type de contrôle ou d'essai	Effectué et accepté	Non vérifié	Nom de l'examineur ou de l'organisme d'examen :
Contrôle visuel Contrôle : radiographie <ul style="list-style-type: none"> • <i>ultrasonore</i> • <i>magnétoscopique</i> • <i>ressuage</i> Essai de texture Essai de pliage Essai de traction avec entaille Examen macroscopique			Lieu, date et signature de l'examineur ou de l'organisme d'examen : Date d'émission: 20.../01/20

Prolongatio n 9.3	Valable jusqu'au 20.../01/20	Prolongatio n 9.3	Valable jusqu'au 20.../01/20	Prolongatio n 9.3	Valable jusqu'au 20.../01/20

Prolongation de la qualification par l'examineur ou l'organisme d'examen pour les 2 années suivantes [voir 9.3]

Date	Signature	Fonction ou titre

Confirmation de la validité par l'employeur / coordinateur en soudage / examinateur ou l'organisme d'examen pour les six mois suivants [voir 9.2]

Date	Signature	Fonction ou titre