

---

---

**Soudage et techniques connexes -  
Descriptif du procédé pour le soudage  
hybride laser-arc des matériaux  
métalliques**

*Welding and allied processes — Process specification for laser-arc  
hybrid welding for metallic materials*

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 23493:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/539b6d3a-e65b-4081-be81-b81f80226023/iso-23493-2020)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/539b6d3a-e65b-4081-be81-  
b81f80226023/iso-23493-2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/539b6d3a-e65b-4081-be81-b81f80226023/iso-23493-2020)



**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 23493:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/539b6d3a-e65b-4081-be81-b81f80226023/iso-23493-2020>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2020

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Sécurité</b> .....	<b>2</b>
<b>5</b> <b>Qualification des opérateurs soudeurs</b> .....	<b>2</b>
<b>6</b> <b>Matériel de soudage hybride laser-arc</b> .....	<b>2</b>
<b>7</b> <b>Gaz de protection</b> .....	<b>3</b>
<b>8</b> <b>Conception et préparation des joints</b> .....	<b>3</b>
<b>9</b> <b>Choix du fil</b> .....	<b>6</b>
<b>10</b> <b>Préparation avant le soudage</b> .....	<b>6</b>
10.1    Manipulation de la pièce.....	6
10.1.1    Contrôle de l'état de la pièce.....	6
10.1.2    Nettoyage avant soudage.....	7
10.2    Assemblage et montage.....	7
10.3    Vérification de l'état du matériel.....	7
<b>11</b> <b>Conception de la torche</b> .....	<b>7</b>
<b>12</b> <b>Descriptif et qualification du mode opératoire de soudage</b> .....	<b>9</b>
<b>13</b> <b>Paramètres de soudage</b> .....	<b>9</b>
<b>14</b> <b>Contrôle de la qualité et acceptation des soudures</b> .....	<b>11</b>
<b>15</b> <b>Détermination des propriétés et acceptation des soudures</b> .....	<b>11</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>12</b>

## 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](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est attirée 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](http://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 [www.iso.org/avant-propos](http://www.iso.org/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 44, *Soudage et technique connexes*, Sous-Comité SC 10, *Gestion de la qualité dans le domaine du soudage*

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/members.html](http://www.iso.org/members.html).

Les interprétations officielles, lorsqu'elles existent sont disponibles depuis la page: <https://committee.iso.org/sites/tc44/home/interpretation.html>.

# Soudage et techniques connexes - Descriptif du procédé pour le soudage hybride laser-arc des matériaux métalliques

## 1 Domaine d'application

Le présent document décrit le matériel et la qualification de l'opérateur nécessaires pour le soudage hybride laser-arc, et donne des recommandations pour les préparations de joints et les produits consommables pour les assemblages bout à bout, les assemblages d'angle et les assemblages à bords relevés, adaptés à l'application de ce procédé.

Il fournit également un aperçu des mesures à prendre lors du montage du matériel, de l'application du descriptif du mode opératoire, du montage de la pièce immédiatement avant le soudage, et après le soudage lors de l'inspection et des essais des soudures.

Le présent document s'applique au soudage hybride laser-arc des aciers, de l'aluminium et de ses alliages.

Le présent document ne s'applique pas aux procédés hybrides, où le soudage par faisceau laser est associé à un autre procédé de soudage qui n'utilise pas d'arc électrique comme source de chaleur.

## 2 Références normatives (standards.iteh.ai)

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils 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 14175, *Produits consommables pour le soudage — Gaz et mélanges gazeux pour le soudage par fusion et les techniques connexes*

ISO 14732:2013, *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*

ISO 15607, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Règles générales*

ISO 15614-14, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage — Partie 14: Soudage hybride laser-arc des aciers, du nickel et des alliages de nickel*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent du document, les termes et les définitions de l'ISO 15607 et l'ISO 15614 14 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 <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

## 4 Sécurité

Il convient que les conditions environnementales, le fonctionnement et les mesures de protection pour le soudage hybride laser-arc soient conformes aux exigences des normes associées (par exemple: ISO 11553-1, ISO 13849-1, IEC 62061, IEC 60825-1 et IEC 60825-4).

## 5 Qualification des opérateurs soudeurs

Il convient que l'opérateur soudeur reçoive l'instruction et la formation nécessaires et soit compétent à son poste. Un opérateur de procédé de soudage hybride laser-arc automatisé peut être qualifié suivant l'une des méthodes prévues par l'ISO 14732:2013, Article 4, relatifs au soudage automatique, à savoir:

- a) qualification sur la base d'une épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage conformément à l'ISO 15614-14;
- b) qualification sur la base d'un assemblage soudé de préproduction conformément à l'ISO 15613, à l'ISO 15609-6 et à l'ISO 15614-14;
- c) qualification sur la base d'un assemblage soudé de production ou sur des échantillons de production.

De plus, toute méthode de qualification doit être complétée par une épreuve portant sur la connaissance du fonctionnement du système de soudage, en se référant à l'ISO 14732:2013, Annexe A.

En outre, toute méthode de qualification peut être complétée par une épreuve discrétionnaire portant sur la connaissance de la technologie du soudage, en se référant à l'ISO 14732:2013, Annexe B.

## 6 Matériel de soudage hybride laser-arc

Le matériel de soudage hybride laser-arc comprend principalement une source laser, un système de chemin optique, une source de courant pour le soudage à l'arc et une tête de soudage hybride laser-arc, un manipulateur haute précision, un dispositif de fixation haute précision, un dispositif de suivi de joint, un dévidoir de fil, etc.

Le matériel nécessaire pour effectuer une soudure hybride laser-arc peut comprendre:

- a) une enceinte de sécurité pour faisceau laser;
- b) une source laser;
- c) un refroidisseur de source laser (généralement nécessaire);
- d) une source de courant pour le soudage à l'arc;
- e) un chemin optique (par exemple: fibre optique);
- f) un dévidoir/moyen de distribution du fil de soudage (si le procédé de soudage à l'arc utilise un fil fusible);
- g) des optiques de focalisation de faisceau avec protection coulissante (un plan optique revêtu et antireflet approprié) et dispositif de type «jet croisé» pour protéger ces optiques;
- h) une torche de soudage à l'arc;
- i) un système de refroidissement de la torche (généralement nécessaire);
- j) un ou des conducteurs de retour de courant;
- k) un matériel de réglage des positions respectives des optiques de focalisation du faisceau laser et de la torche de soudage à l'arc (par exemple: accessoires de support de torche);

- l) un système d'alimentation en gaz de protection au niveau de la soudure (généralement par le système de distribution du fil de la torche de soudage à l'arc) et, en cas de soudage à pleine pénétration, au niveau de la racine de la soudure;
- m) une forme de dispositif de manipulation automatique du faisceau au poste de travail, par exemple: un robot de soudage;
- n) des outils de contrôle du matériel/système (facultatif: dispositifs de suivi de joint et/ou d'inspection des soudures et/ou de surveillance du processus de soudage et/ou dispositifs de contrôle).

La bonne pratique consiste à ce que tout le matériel fasse l'objet d'une maintenance programmée régulière et de vérifications de l'étalonnage, indépendamment de toute surveillance effectuée avant, pendant ou après le soudage à des fins de contrôle/d'assurance qualité.

L'ensemble du matériel doit être conforme aux lignes directrices du fabricant.

## 7 Gaz de protection

Tous les gaz de protection utilisés pour le soudage hybride laser-arc doivent être conformes à l'ISO 14175.

La nature des gaz et les débits recommandés sont indiqués au [Tableau 1](#).

**Tableau 1 — Recommandation pour le composant gazeux et les débits**

Métal de base	Gaz de protection	Débit du gaz L/min
Acier au carbone	M20, M21, M22, M26	12 à 30
Acier inoxydable	M12, M13, M22, R1	
Alliage d'aluminium	I1, I2, I3	

NOTE En cas d'utilisation d'une source de laser au CO<sub>2</sub>, l'argon est remplacé en partie par de l'hélium à la condition suivante: si  $P < 4$  kW alors 30 % He; si  $4 \text{ kW} \leq P \leq 6$  kW alors 50 % He; si  $P > 6$  kW alors 70 % He.

## 8 Conception et préparation des joints

En général, la pénétration monopasse qui peut être obtenue par le procédé de soudage hybride laser-arc est sensiblement supérieure à celle obtenue par soudage à l'arc électrique, en fonction de facteurs tels que les paramètres laser utilisés, la vitesse de soudage, la position de soudage, etc. En outre, la tolérance de comblement des jeux de ce procédé est inférieure à celle de la soudure à l'arc. A ce titre, il convient que le type et la taille du chanfrein pour ce procédé soient conçus en tenant compte à la fois de la capacité de pénétration et de la tolérance de comblement des jeux du laser, par exemple: des préparations bout à bout présentant des méplats importants peuvent être soudés, mais les bords droits du méplat doivent être réalisés avec précision et être bien positionnés.

L'application de types de chanfreins spéciaux a démontré son utilité.

Les types de chanfreins sont basés sur l'ISO 9692-1 pour les aciers, et sur l'ISO 9692-3 pour l'aluminium et les alliages d'aluminium. Il est possible, et parfois avantageux pour les structures en acier, d'utiliser des matériaux d'apport de résistance moindre en raison des vitesses de refroidissement élevées et de la largeur réduite des cordons de soudage hybride laser-arc.

Les préparations de joints recommandées pour les assemblages bout à bout pour le soudage hybride laser-arc sont indiquées au [Tableau 2](#) (pour le soudage d'un seul côté) et au [Tableau 3](#) (pour le soudage des deux côtés). Les préparations de joints recommandées pour les assemblages d'angle et les assemblages à bords relevés pour le soudage hybride laser-arc sont indiquées au [Tableau 4](#).

Les chanfreins des assemblages bout à bout peuvent être préparés par un procédé mécanique (usinage) ou un procédé de découpe à haute précision (par exemple: coupage laser ou découpage au jet d'eau), à condition de pouvoir garantir une exactitude dimensionnelle appropriée à la tolérance limite de comblement des jeux du procédé de soudage hybride. À titre indicatif, une tolérance maximale de jeu pour les assemblages bout à bout est de l'ordre de 5 % à 10 % de l'épaisseur du matériau (ou, dans les matériaux plus épais, du méplat), en fonction de facteurs tels que le matériau à souder, la position de soudage et la qualité de soudure requise.

Tableau 2 — Préparations de joints bout à bout pour soudage d'un seul côté

N°	Épaisseur du matériau $t$ mm	Symbole selon l'ISO 2553	Section transversale	Dimensions			Illustration de la soudure
				Angle $\alpha$ ou $\beta$	Ecartement à la racine $b$ mm	Épaisseur du méplat $c$ mm	
1	$1 < t \leq 5$			—	$0 \leq b \leq 0,3$	—	
2	$5 < t \leq 10$			—	$0 \leq b \leq 0,3$	—	
3	$10 < t \leq 16$			—	$0 \leq b \leq 0,3$	—	
4	$16 < t \leq 20$			—	$2 \leq b \leq 3$	—	
5	$5 < t \leq 15$	V		$3^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	$0 \leq b \leq 0,3$	$2 \leq c \leq 8$	
6	$t > 16$			$30^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$2 \leq c \leq 8$	
7	$16 < t \leq 25$			$30^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$10 \leq c \leq 16$	
8	$t > 25$			$45^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$14 \leq c \leq 16$	
9	$t > 15$	Y		$81^\circ \leq \beta \leq 12^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$2 \leq c \leq 8$	
10	$t > 25$			$2 \text{ mm} \leq R \leq 4 \text{ mm}$	$0 \leq b \leq 0,1$	$14 \leq c \leq 16$	
11	$5 < t \leq 12$	✓		$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$2 \leq c \leq 8$	
12	$t > 12$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$2 \leq c \leq 8$	
13	$16 < t \leq 25$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$14 \leq c \leq 16$	
14	$t > 25$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$14 \leq c \leq 16$	
15	$5 < t \leq 12$	Y		$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$2 \leq c \leq 8$	
16	$t > 12$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$2 \leq c \leq 8$	
17	$16 < t \leq 25$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$14 \leq c \leq 16$	
18	$t > 25$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 0,1$	$14 \leq c \leq 16$	

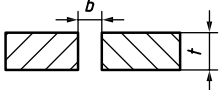
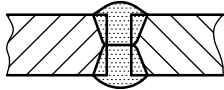
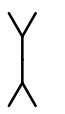
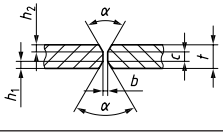
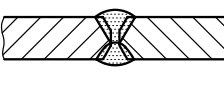
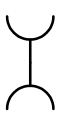
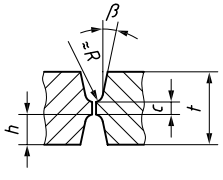
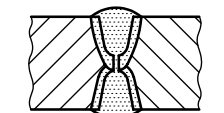

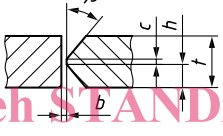
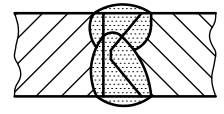
NOTE 1 Toutes les préparations sont appropriées pour le soudage monopasse et multipasses

NOTE 2 Les préparations des n° 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 17 et 18 sont soumis à un faisceau laser à haute puissance.

NOTE 3 La préparation du n° 4 est rempli avec du fil coupé prépositionné (bouts de fil d'une longueur de plusieurs mm) et un support envers est requis.


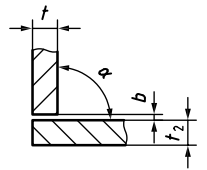
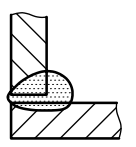

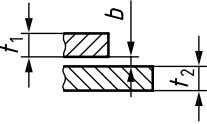
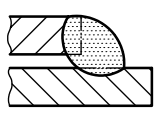


**Tableau 3 — Préparations de joints pour soudures bout à bout, soudées des deux côtés**

N°	Épaisseur du matériau <i>t</i> mm	Symbole selon l'ISO 2553	Section transversale	Dimensions		Illustration de la soudure		
				Angle $\alpha$ ou $\beta$	Ecartement à la racine <i>b</i> mm			
1	$t \leq 25$			—	$0 < b \leq 0,5$	—		
2	$8 < t \leq 25$			$30^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$4 \leq c \leq 8$		
3	$t > 25$			$45^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$4 \leq c \leq 8$		
4					$0 \leq b \leq 0,5$	$15 \leq c \leq 20$		
5	$8 < t \leq 25$			$8^\circ \leq \beta \leq 12^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$4 \leq c \leq 8$		
6	$t > 25$			$15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$	$2 \text{ mm} \leq R \leq 6 \text{ mm}$	$0 \leq b \leq 1$		$4 \leq c \leq 8$
7					$2 \text{ mm} \leq R \leq 6 \text{ mm}$	$0 \leq b \leq 0,5$		$15 \leq c \leq 20$
8	$8 < t \leq 25$			$30^\circ \leq \beta \leq 45^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$4 \leq c \leq 8$		
9	$t > 25$			$15 \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$4 \leq c \leq 8$		
10					$0 \leq b \leq 0,5$	$15 \leq c \leq 20$		
11					$8 < t \leq 25$	$30^\circ \leq \beta \leq 45^\circ$		$0 \leq b \leq 1$
12	$t > 25$	$15 \leq \beta \leq 30^\circ$	$0 \leq b \leq 1$	$4 \leq c \leq 8$				
13			$0 \leq b \leq 0,5$	$15 \leq c \leq 20$				

NOTE Les préparations n° 4, 7, 10 et 13 sont soumises à un faisceau laser à haute puissance.

**Tableau 4 — Préparations de joints pour les assemblages en angle et les assemblages à bords relevés**

N°	Épaisseur du matériau <i>t</i> mm	Symbole selon l'ISO 2553	Section transversale	Dimensions		Illustration de la soudure
				Angle $\alpha$ ou $\beta$	Ecartement à la racine <i>b</i> mm	
1	$t_1 > 2$ $t_2 > 2$			$70^\circ \leq \alpha \leq 100^\circ$	$b \leq 1$	
2	$t_1 > 10$ $t_2 > 10$					
3	$t_1 > 2$ $t_2 > 2$			—	$b \leq 1$	

NOTE Les préparations n° 2 et 8 sont soumises à un faisceau laser à haute puissance.