
**Essais non destructifs des
assemblages soudés — Contrôle
par ultrasons — Utilisation de la
technique de diffraction des temps de
vol (TOFD)**

Non-destructive testing of welds — Ultrasonic testing — Use of time-of-flight diffraction technique (TOFD)

(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

ISO 10863:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/7c419ce8-255b-4b12-8285-bd534b57a165/iso-10863-2020>



iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 10863:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/7c419ce8-255b-4b12-8285-bd534b57a165/iso-10863-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/7c419ce8-255b-4b12-8285-bd534b57a165/iso-10863-2020>



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
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Remarques générales sur les possibilités de la technique	3
5 Niveaux de contrôle	3
6 Informations exigées avant contrôle	4
6.1 Points à définir par la spécification.....	4
6.2 Informations spécifiques exigées par l'opérateur avant contrôle.....	4
6.3 Procédure ou instruction de contrôle écrite.....	5
7 Exigences relatives au personnel chargé du contrôle et à l'appareillage d'essai	5
7.1 Qualification du personnel.....	5
7.2 Appareillage de contrôle.....	5
7.2.1 Instrument de contrôle par ultrasons.....	5
7.2.2 Traducteurs ultrasonores.....	6
7.2.3 Mécanismes de balayage.....	6
8 Préparation avant contrôle	6
8.1 Volume à contrôler.....	6
8.2 Disposition des traducteurs.....	6
8.3 Réglage du pas de balayage.....	7
8.4 Considérations d'ordre géométrique.....	7
8.5 Préparation des surfaces balayées.....	8
8.6 Température.....	8
8.7 Couplant.....	8
8.8 Points de référence.....	8
9 Contrôle du matériau de base	8
10 Réglages de l'échelle de la base de temps et de la sensibilité	9
10.1 Réglages.....	9
10.1.1 Généralités.....	9
10.1.2 Fenêtre de sélection.....	9
10.1.3 Conversion temps-profondeur.....	9
10.1.4 Réglages de sensibilité.....	9
10.2 Vérification des réglages.....	10
10.3 Blocs de référence.....	10
10.3.1 Généralités.....	10
10.3.2 Matériau.....	10
10.3.3 Dimensions et forme.....	10
10.3.4 Réflecteurs de référence.....	11
11 Contrôle des soudures	11
12 Interprétation et analyse des images TOFD	11
12.1 Généralités.....	11
12.2 Évaluation de la qualité de l'image TOFD.....	12
12.3 Identification des indications TOFD pertinentes.....	12
12.4 Classification des indications TOFD pertinentes.....	12
12.4.1 Généralités.....	12
12.4.2 Indications TOFD relatives aux discontinuités débouchantes.....	13
12.4.3 Indications TOFD relatives aux discontinuités non débouchantes.....	13
12.4.4 Indications TOFD non classifiées.....	14
12.5 Détermination de l'emplacement.....	14
12.6 Définition et détermination de la longueur et de la hauteur.....	14

12.6.1	Généralités	14
12.6.2	Détermination de la longueur	15
12.6.3	Détermination de la hauteur	17
12.7	Évaluation par rapport aux critères d'acceptation	18
13	Rapport de contrôle	18
Annexe A	(normative) Blocs de référence	20
Annexe B	(informative) Exemples de balayages types	25
Bibliographie	38

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 10863:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/7c419ce8-255b-4b12-8285-bd534b57a165/iso-10863-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/7c419ce8-255b-4b12-8285-bd534b57a165/iso-10863-2020>

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 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).

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.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 44, *Soudage et techniques connexes*, sous-comité SC 5, *Essais et contrôle des soudures*. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/8-2556-4b12-8285-bd534b57a165/iso-10863-2020>

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 10863:2011), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- la mise à jour de l'ensemble du document en fonction de l'état de l'art; prise en compte des normes de la série ISO 22232;
- la mise à jour de l'[Article 3](#);
- l'adjonction de la [Figure 1](#) à la [Figure 6](#);
- la mise à jour de la [Figure B.1](#) à la [Figure 6](#);

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.

Les interprétations officielles des documents de l'ISO/TC 44, lorsqu'elles existent sont disponibles depuis la page: <https://committee.iso.org/sites/tc44/home/interpretation.html>.

Essais non destructifs des assemblages soudés — Contrôle par ultrasons — Utilisation de la technique de diffraction des temps de vol (TOFD)

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie l'application de la technique de diffraction des temps de vol (méthode TOFD, *time-of-flight diffraction*) pour le contrôle par ultrasons semi-automatique ou entièrement automatique des assemblages soudés par fusion de matériaux métalliques d'épaisseur minimale de 6 mm.

Cette technique s'applique aux joints soudés à pleine pénétration de géométrie simple sur plaques, aux tubes et aux récipients, dans lesquels le métal de base et le métal fondu sont tous les deux constitués d'acier au carbone faiblement allié. Dans le cas où son utilisation est spécifiée et qu'elle s'avère appropriée, la méthode TOFD peut également être utilisée sur d'autres types de matériaux qui présentent une atténuation ultrasonore faible (spécialement celle due à la dispersion).

Lorsque les paramètres ultrasonores dépendant du matériau sont spécifiés dans le présent document, ils sont basés sur les aciers qui présentent une vitesse de propagation sonore de $(5\,920 \pm 50)$ m/s pour les ondes longitudinales et de $(3\,255 \pm 30)$ m/s pour les ondes transversales. Il est nécessaire de prendre cela en compte lors du contrôle de matériaux ayant des vitesses de propagation différentes.

Le présent document fait référence à l'ISO 16828 et fournit des lignes directrices sur les possibilités et les limitations spécifiques de la méthode TOFD pour la détection, la localisation, le dimensionnement et la caractérisation des discontinuités dans les joints soudés par fusion. La méthode TOFD peut être utilisée de manière autonome ou en combinaison avec d'autres méthodes ou techniques d'essais non destructifs (END), pour le contrôle de fabrication et pour le contrôle en cours de service.

Le présent document spécifie quatre niveaux d'examen (A, B, C, D) conformément à l'ISO 17635, correspondant à des niveaux croissants de fiabilité de contrôle. Des lignes directrices relatives au choix des niveaux d'examen sont données.

Le présent document permet l'évaluation des indications TOFD à des fins d'acceptation. Cette évaluation est basée sur l'appréciation des signaux ultrasonores transmis, réfléchis ou diffractés dans une image produite par la méthode TOFD.

Le présent document ne comporte pas de niveaux d'acceptation pour les discontinuités.

2 Références normatives

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 5577, *Essais non destructifs — Contrôle par ultrasons — Vocabulaire*

ISO 9712, *Essais non destructifs — Qualification et certification du personnel END*

ISO 16828, *Essais non destructifs — Contrôle par ultrasons — Technique de diffraction du temps de vol utilisée comme méthode de détection et de dimensionnement des discontinuités*

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

ISO 22232-1¹⁾, *Essais non destructifs — Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle par ultrasons — Partie 1: Appareils*

ISO 22232-2²⁾, *Essais non destructifs — Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle par ultrasons — Partie 1: Traducteurs*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO 5577 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 <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

3.1
image de diffraction des temps de vol
image TOFD
image bidimensionnelle, construite à l'aide de deux représentations de type A adjacentes, le *dispositif de diffraction des temps de vol* (3.3) étant déplacé

Note 1 à l'article: L'amplitude du signal des représentations de type A est traditionnellement représentée par différentes valeurs de l'échelle des gris.

3.2
indication de diffraction des temps de vol
indication TOFD
figure type ou perturbation dans l'*image de diffraction des temps de vol* (3.1), qui peut requérir une évaluation ultérieure

3.3
dispositif de diffraction des temps de vol
dispositif TOFD
ensemble de traducteurs défini par les caractéristiques des traducteurs (par exemple la fréquence, les dimensions de l'élément du traducteur, l'angle de faisceau, le type d'onde) et la *distance entre axes des traducteurs* (3.6)

Note 1 à l'article: Le terme abrégé TOFD est dérivé de l'anglais *time-of-flight diffraction*.

3.4
point d'intersection de faisceau
point d'intersection des deux axes principaux des faisceaux

3.5
onde latérale
onde longitudinale parcourant le chemin le plus court du traducteur émetteur au traducteur récepteur

3.6
distance entre axes des traducteurs
PCS
distance entre les points d'émergence des deux traducteurs

Note 1 à l'article: La PCS de deux traducteurs situés sur une surface courbe est la ligne droite, séparation géométrique entre les points d'émergence des deux traducteurs et non la distance mesurée le long de la surface.

1) En préparation. (Préparation au moment de la publication: ISO/FDIS 22232-1.)

2) En préparation. (Préparation au moment de la publication: ISO/DIS 22232-2.)

Note 2 à l'article: Le terme abrégé PCS est dérivé de l'anglais *probe centre separation*.

3.7

balayage déporté

balayage parallèle à l'axe de la soudure, au cours duquel le *point d'intersection de faisceau* (3.4) ne se situe pas sur la ligne médiane de la soudure

4 Remarques générales sur les possibilités de la technique

Les principes généraux de la technique TOFD sont décrits dans l'ISO 16828. En ce qui concerne le contrôle des joints soudés par fusion, certaines possibilités et limites de la technique doivent être prises en compte.

La technique TOFD est une technique ultrasonore de production d'image qui présente des possibilités relatives à la détection, la localisation et au dimensionnement. Dans une certaine mesure, la caractérisation des discontinuités situées dans le matériau fondu ainsi que dans le matériau de base adjacent est également possible.

Par comparaison avec les techniques basées sur la réflexion des ondes, la technique TOFD, qui est basée à la fois sur la diffraction et sur la réflexion, est moins sensible à l'orientation de la discontinuité. Les discontinuités orientées perpendiculairement à la surface et à des angles d'inclinaison intermédiaires peuvent être détectées, tout comme les discontinuités situées dans les zones de liaison des soudures.

Dans certaines circonstances (par exemple: épaisseur, préparation de la soudure, objet du contrôle), plus d'un seul dispositif TOFD est exigé.

Une image TOFD type est repérée dans un système de coordonnées linéaires avec le temps (axe vertical) et le mouvement des traducteurs (axe horizontal) comme variables. Du fait de la configuration en V des parcours ultrasonores, la position d'une possible discontinuité n'est, de ce fait, pas linéaire. Le contrôle TOFD doit être réalisé de façon correcte et cohérente, de sorte que des images valides soient produites afin de pouvoir être évaluées correctement. Par exemple, les erreurs provenant des pertes de couplage et de l'acquisition de données doivent être évitées, voir [12.2](#).

L'interprétation des images TOFD exige qualification et expérience de la part des opérateurs. Quelques images types TOFD de discontinuités dans les joints soudés par fusion sont illustrées à l'[Annexe B](#).

La capacité de détection des discontinuités proches ou liées à la surface balayée ou à la surface opposée est réduite. Cela doit être pris en compte particulièrement dans le cas des aciers sensibles à la fissuration ou dans le cas des contrôles en service. Dans les cas exigeant une couverture totale de ces zones, des dispositions complémentaires doivent être prises. Par exemple la méthode TOFD peut être accompagnée par d'autres méthodes ou techniques END.

Les signaux diffractés provenant des discontinuités des soudures peuvent présenter des réponses d'amplitude faible. Les effets de dispersion provoqués par les grains des matériaux à gros grains peuvent affecter la détection et l'évaluation de telles réponses; cela doit être pris en compte à chaque contrôle de matériaux.

5 Niveaux de contrôle

Le présent document spécifie quatre niveaux de contrôle (A, B, C et D, voir [Tableau 1](#)). Du niveau de contrôle A au niveau de contrôle C, une fiabilité croissante est obtenue.

Tableau 1 — Niveaux de contrôle

Niveau d'essai	Dispositif TOFD	Bloc de référence pour la vérification du dispositif TOFD (voir 8.2)	Bloc de référence pour les réglages de sensibilité (voir 10.1.4)	Balayage déporté	Procédures de contrôle écrites
A	Selon le Tableau 2	Non	Non	Non	Le présent document
B	Selon le Tableau 2	Non	Oui	Non	Le présent document
C	Selon le Tableau 2	Oui	Oui	a	Oui
D	Comme défini par la spécification	Oui	Oui	a	Oui

^a La nécessité, le nombre et la position des balayages déportés doivent être déterminés.

Dans le cas où les niveaux d'acceptation spécifiés exigent la détection d'une certaine taille de discontinuité sur les deux faces ou sur une seule face de la soudure (voir [Article 4](#)), l'utilisation de techniques ou de méthodes se situant en dehors du domaine d'application du présent document peut être nécessaire.

Dans le cas de contrôles de fabrication (voir également l'ISO 17635), tous les niveaux d'examen sont applicables. Le niveau A n'est applicable que pour des épaisseurs de paroi allant jusqu'à 50 mm. Dans le cas des contrôles en service, seul le niveau D doit être appliqué.

6 Informations exigées avant contrôle

6.1 Points à définir par la spécification

Des informations relatives aux points suivants sont exigées:

- a) but et étendue du contrôle suivant la méthode TOFD (voir l'[Article 5](#) et l'[Article 8](#));
- b) niveaux d'examen (voir l'[Article 5](#)), par exemple:
 - 1) si des procédures de contrôle écrites sont exigées ou non,
 - 2) si des blocs de référence sont exigés ou non;
- c) spécification des blocs de référence, si exigé (voir [10.3](#));
- d) étape de fabrication ou étape opérationnelle à laquelle le contrôle doit être effectué;
- e) exigences relatives aux conditions de température, aux conditions d'accessibilité et aux conditions de surface (voir l'[Article 8](#));
- f) exigences relatives au rapport de contrôle (voir l'[Article 13](#));
- g) critères d'acceptation;
- h) qualification du personnel (voir [7.1](#)).

6.2 Informations spécifiques exigées par l'opérateur avant contrôle

Avant de procéder à toute opération de contrôle sur un joint soudé, l'opérateur doit avoir accès à toutes les informations spécifiées en [6.1](#) ainsi qu'aux informations additionnelles suivantes:

- a) procédures ou instructions de contrôle écrites (voir [6.3](#)), si exigé;

- b) type(s) de matériau de base et forme du produit (c'est-à-dire moulé, forgé, laminé);
- c) préparation et dimensions du joint;
- d) mode opératoire de soudage ou informations pertinentes relatives au procédé de soudage;
- e) situation du contrôle dans le temps par rapport à tout traitement thermique après soudage;
- f) résultats des essais et contrôles effectués sur le métal de base avant et/ou après soudage;
- g) type et morphologie de la discontinuité à détecter.

6.3 Procédure ou instruction de contrôle écrite

Dans le cas des niveaux d'examen A et B, le présent document répond au besoin de disposer d'une procédure de contrôle écrite.

Dans le cas des niveaux d'examen C et D, ou lorsque les techniques décrites dans le présent document ne sont pas applicables au joint soudé à contrôler, des procédures de contrôle écrites spécifiques doivent être utilisées.

Lorsque les données sont recueillies par du personnel qualifié au Niveau 1 conformément à l'ISO 9712, une instruction de contrôle écrite doit être préparée. L'instruction de contrôle écrite doit contenir au minimum les informations énumérées à [l'Article 13](#).

7 Exigences relatives au personnel chargé du contrôle et à l'appareillage d'essai

7.1 Qualification du personnel

En plus des connaissances générales relatives aux contrôles par ultrasons, tout le personnel doit être compétent en matière de contrôle par la méthode TOFD. Des documents prouvant leurs compétences (niveau de formation et d'expérience) sont exigés.

L'établissement d'instructions de contrôle écrites, l'analyse finale hors-ligne des données et l'acceptation du rapport de contrôle doivent être effectués par un personnel qualifié disposant au minimum de compétences de Niveau 2 conformément à l'ISO 9712, ou d'un niveau équivalent en matière de contrôle par ultrasons dans le secteur industriel concerné. Conformément à une instruction écrite et sous la surveillance de personnel disposant de compétences de Niveau 2 ou de Niveau 3, la mise en œuvre de l'appareillage, l'acquisition des données, le stockage des données et la préparation du rapport de contrôle peuvent être effectués par du personnel qualifié au minimum au Niveau 1 conformément à l'ISO 9712, ou à un niveau équivalent en matière de contrôle par ultrasons dans le secteur industriel concerné.

En ce qui concerne l'acquisition de données, le personnel de Niveau 1 peut être assisté par un technicien.

Dans les cas où les qualifications minimales ne sont pas considérées comme adéquates, une formation spécifique à la tâche à accomplir doit être effectuée.

7.2 Appareillage de contrôle

7.2.1 Instrument de contrôle par ultrasons

L'instrument de contrôle par ultrasons utilisé pour la méthode TOFD doit, le cas échéant, être conforme aux exigences de l'ISO 22232-1.

Le logiciel d'affichage des images TOFD doit permettre la visualisation de tout problème: pertes de couplage, lignes de balayage manquantes, défaut de synchronisation, présence de parasitages électroniques.

De plus, les exigences de l'ISO 16828 doivent s'appliquer en prenant en compte les points suivants:

- a) l'instrument doit être capable de sélectionner une partie appropriée de la base de temps au cours de laquelle les représentations de type A sont numérisées;
- b) il est recommandé d'utiliser une vitesse d'échantillonnage pour la représentation de type A au moins égale à 6 fois la fréquence nominale du traducteur.

7.2.2 Traducteurs ultrasonores

Les traducteurs ultrasonores utilisés pour le contrôle des soudures par la méthode TOFD doivent être conformes à l'ISO 22232-2 et l'ISO 16828.

L'adaptation des traducteurs à des surfaces balayées courbes doit être réalisée conformément à l'ISO 17640.

Une recommandation concernant le choix des traducteurs est donnée au [Tableau 2](#).

7.2.3 Mécanismes de balayage

Les exigences de l'ISO 16828 doivent être appliquées. Afin d'obtenir la pertinence des images (données recueillies), des mécanismes de guidage peuvent être utilisés.

8 Préparation avant contrôle

8.1 Volume à contrôler

Le contrôle doit être réalisé conformément à l'ISO 16828. Le but du contrôle doit être défini par la spécification. Sur cette base, le volume à contrôler doit être déterminé.

Le volume à contrôler se situe entre les traducteurs. Dans le cas des niveaux d'examen A et B, les traducteurs doivent être placés symétriquement par rapport à l'axe de la soudure. Dans le cas des niveaux d'examen C et D, des balayages déportés supplémentaires peuvent être exigés.

Dans le cas de l'inspection de fabrication, le volume à contrôler est défini comme étant la zone qui inclut la soudure et soit le matériau de base sur au moins 10 mm de chaque côté de la soudure, soit la zone affectée thermiquement, la plus grande des deux quantités étant retenue. Dans tous les cas, la totalité du volume à contrôler doit être couverte.

Normalement, ces contrôles sont effectués conformément à des normes reconnues appliquant des niveaux d'acceptation relatifs à l'assurance de qualité. Dans le cas où des méthodes d'aptitude à l'emploi sont appliquées, les critères d'acceptation doivent être spécifiés.

Dans le cas des inspections en service, le volume à contrôler peut être adapté pour inclure des zones d'intérêt spécifiques, par exemple le tiers interne de la paroi soudée. Les critères d'acceptation et les dimensions minimales des discontinuités à détecter dans la zone d'intérêt doivent être spécifiés.

8.2 Disposition des traducteurs

Les traducteurs doivent être disposés de façon à permettre une couverture convenable et des conditions optimales pour la création et la détection de signaux de diffraction dans la zone d'intérêt. Dans le cas des soudures bout à bout de géométrie simple et présentant des surépaisseurs étroites sur la surface opposée, le contrôle doit être réalisé avec un ou plusieurs dispositifs (balayage) dépendant de l'épaisseur de paroi (voir [Tableau 2](#)). Dans le cas de géométries différentes, par exemple des soudures sur chanfrein en X, des différences d'épaisseurs du métal de base sur l'une des faces de la soudure, ou en présence de délardage, le [Tableau 2](#) peut être utilisé comme guide. Dans un tel cas, l'efficacité et la couverture du dispositif doivent être vérifiées en utilisant des blocs de référence. Il convient d'effectuer le choix des traducteurs permettant une couverture complète de la totalité de l'épaisseur de la soudure suivant les indications du [Tableau 2](#). Il convient de prendre soin de choisir des combinaisons de paramètres