
**Soudage pour applications
aérospatiales — Soudage par
résistance par points et à la molette**

*Welding for aerospace applications — Resistance spot and seam
welding*

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

ISO 16338:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/27a91514-3d06-436e-962e-9b2350ce88cc/iso-16338-2017>



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

ISO 16338:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/27a91514-3d06-436e-962e-9b2350ce88cc/iso-16338-2017>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017

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	1
4 Symboles et abréviations	4
5 Exigences techniques particulières	5
6 Classification du joint	5
7 Exigences de production	5
8 Qualification des personnels soudeurs	5
9 Responsable de la qualification du procédé de soudage et des essais de qualification des machines de soudage	5
10 Groupes de matériaux	5
11 Préparation des pièces à souder	6
11.1 Généralités	6
11.2 Exigences en matière de préparation de surface	6
11.3 Revêtements de surface	6
11.4 Assemblage	6
12 Exigences relatives aux équipements	6
12.1 Machines de soudage	6
12.2 Électrodes	6
12.3 Machines d'essais de cisaillement	7
12.3.1 Généralités	7
12.3.2 Machines d'essais statique de cisaillement	7
12.3.3 Machines portables d'essais de cisaillement	7
12.4 Gabarits et fixations	7
13 Machines de soudage	7
13.1 Exigences de qualification	7
13.1.1 Généralités	7
13.1.2 Méthode de qualification de la machine de soudage	7
13.2 Configuration des éprouvettes et exigences de contrôles	9
14 Procédure de soudage (DMOS)	10
14.1 Exigences de qualification	10
14.1.1 Généralités	10
14.1.2 Détermination des paramètres de soudage	10
14.1.3 Méthodes de qualification du procédé de soudage	11
14.1.4 Limites des combinaisons d'épaisseurs	11
14.1.5 Descriptif du mode opératoire de soudage (DMOS)	11
14.1.6 Requalification du procédé de soudage	12
14.2 Configuration des éprouvettes et exigences de contrôles	12
15 Exigences de qualité pour la production	14
15.1 Généralités	14
15.2 Essais témoins de production	14
15.2.1 Généralités	14
15.2.2 Éprouvettes témoins	14
15.2.3 Résistance électrique de surface	14
15.2.4 Réglage des paramètres	15
15.2.5 Configuration d'essais témoins de production et contrôles	15

15.2.6	Exigences d'essais alternatifs effectués à la place des essais témoins de production.....	17
15.3	Pièces de production.....	18
15.3.1	Exigences de contrôle.....	18
15.3.2	Détérioration de la qualité du soudage.....	18
15.3.3	Soudures de pointage.....	18
16	Éprouvettes	18
16.1	Éprouvettes standards.....	18
16.2	Éprouvettes pour utilisations spécifiques.....	21
17	Contrôles, essais et critères d'acceptation	22
17.1	Généralités.....	22
17.2	Contrôle visuel.....	22
17.2.1	Imperfections visibles sur éprouvettes ou sur pièces de production.....	22
17.2.2	Espacement de tôles entre les éléments soudés.....	22
17.2.3	Indentation d'électrode.....	23
17.3	Contrôle radiographique.....	23
17.4	Contrôle métallographique.....	25
17.4.1	Généralités.....	25
17.4.2	Indentation d'électrode.....	26
17.4.3	Imperfections internes.....	26
17.4.4	Pénétration du noyau de soudure.....	27
17.4.5	Diamètre du noyau de soudure ou largeur du cordon de soudure.....	28
17.5	Essais mécaniques.....	29
17.5.1	Points de soudure — Tôle.....	29
17.5.2	Points de soudure — Feuille.....	33
17.5.3	Cordons de soudure — Feuille.....	33
17.5.4	Éprouvettes à éléments multiples.....	33
18	Rapport de qualification du mode opératoire de soudage (RQMOS)	34
Annexe A (informative)	Formulaire de rapport d'essai de qualification de la machine	35
Annexe B (informative)	Formulaire de DMOS	38
Annexe C (informative)	Formulaires pour rapport de qualification de procédé de soudage (RQMOS) — Exemples	39
Annexe D (informative)	Commentaire relatif à la qualification de la machine	41
Bibliographie		45

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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures employées afin de développer ce document et celles destinées à ses ultérieures maintenances sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. En particulier les différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO doivent y être notés. Ce document a été élaboré conformément aux règles données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2. (www.iso.org/directives).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments de ce document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété. Les détails de tout droit de propriété intellectuelle identifié pendant le développement de ce document seront indiqués dans l'introduction et/ou dans la liste ISO de déclaration de brevets reçue (www.iso.org/patents).

Toute marque commerciale utilisée dans ce document est donnée à titre informatif pour la commodité des utilisateurs et ne constitue pas une obligation.

Pour une explication de la signification des termes et expressions ISO liés à l'évaluation de la conformité, ainsi que des informations concernant l'appartenance de l'ISO aux principes de la World Trade Organization (WTO) dans la Technical Barriers to Trade (TBT) voir l'URL suivant: www.iso.org/iso/foreword.html.

Ce document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 44, *Soudage et techniques connexes*, sous-comité SC 14, *Soudage et brasage dans l'aérospatial*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 16338:2013), dont elle fait l'objet d'une révision mineure.

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

- a) des notes sur différentes déterminations de zone de l'anneau libre pour des contrôles radiographiques et métallographiques ont été ajoutée en dessous des légendes des [Figures 8](#) et [9](#);
- b) des transpositions de nombres dans la colonne *t* du [Tableau 14](#) ont été corrigées: lignes modifiées pour 0,60 mm et 0,65 mm;
- c) [17.5.1.2](#) L'étendue S n'est plus exprimée en %;
- d) afin de corriger un paragraphe sans titre, un titre [14.1.3.1](#) "Généralités" a été introduit;
- e) autres revisions éditoriales.

Les demandes d'interprétations officielles de tout aspect de ce document doivent être retournées au Secrétariat de l'ISO/TC 44/SC 14 par le biais de votre organisme national de normalisation. Une liste complète de ces organismes peut être trouvée à www.iso.org.

Soudage pour applications aérospatiales — Soudage par résistance par points et à la molette

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences de soudages par résistance par points et à la molette pour applications aérospatiales.

Le présent document ne s'applique pas si le soudage par résistance est simplement une opération intermédiaire et n'affecte pas la qualité du produit final, par exemple en cas de pointage de pièces de base avant leur assemblage avec d'autres procédés.

Le soudage par résistance de la combinaison de groupes de matériaux dissemblables n'est pas couvert par le présent document.

Les problèmes de sécurité et de santé ne sont pas couverts par le présent document.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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 6520-2, *Soudage et techniques connexes — Classification des défauts géométriques dans les soudures des matériaux métalliques — Partie 2: Soudage avec pression*

ISO 14731, *Coordination en soudage — Tâches et responsabilités*

ISO 17677-1:2009, *Soudage par résistance — Vocabulaire — Partie 1: Soudage par points, par bossages et à la molette*

ISO/TR 25901-1:2016, *Soudage et techniques connexes — Vocabulaire — Partie 1: Termes généraux*

ISO/TR 25901-3, *Soudage et techniques connexes — Vocabulaire — Partie 3: Procédés de soudage*

ISO/TR 25901-4, *Soudage et techniques connexes — Vocabulaire — Partie 4: Soudage à l'arc*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de ce document, les termes et définitions figurant dans les normes ISO 6520-2, ISO 14731, ISO 17677-1, ISO/TR 25901-1, ISO/TR 25901-3, ISO/TR 25901-4 et suivantes 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:

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

— ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

essai de déboutonnage au burin

essai destructif ou non-destructif avec un burin lors duquel les soudures sont soumises à un effort essentiellement de traction, qui produit des contraintes, principalement perpendiculaires à la surface de l'interface du joint

[SOURCE: ISO 10447:2015, 3.1, modifiée — “ou non-destructif” a été ajouté et la note 1 à l'article a été supprimée.]

3.2

soudages par points rapprochés

soudage par points avec un pas de moins de deux diamètres

3.3

noyau

début de fusion

fusion et solidification du matériau aux frontières des grains dans la zone affectée thermiquement et/ou dans le noyau de soudure

Note 1 à l'article: Sous grossissement modéré, ces éléments ressemblent à des fissures, mais examinés à grossissement élevé, ils s'avèrent complètement remplis de métal. Effet se produisant principalement dans les alliages de nickel.

3.4

responsable de la conception

responsable des études techniques

organisme qui a la responsabilité de l'intégrité structurale ou du maintien de la navigabilité du matériel et de la conformité à tous les documents applicables

3.5

feuille

pièce assemblée de 0,20 mm d'épaisseur maximale

3.6

coupe métallographique

<soudage par résistance pour applications aérospatiales> coupe transversale au niveau du diamètre d'un point de soudure ou coupe au travers d'un joint de soudure ou coupe longitudinale le long du centre d'un cordon de soudure

3.7

noyau

zone, dans une soudure par points, par bossages ou à la molette, où le métal a été fondu

[SOURCE: ISO 17677-1:2009, 4.10, modifiée — “Voir Figure 2.” a été supprimé.]

3.8

diamètre du noyau

diamètre du noyau mesuré au niveau de la surface de contact

3.9

pénétration du noyau

étendue de la zone de fusion du noyau dans l'épaisseur d'une pièce assemblée

3.10

essai de pelage

essai destructif dans lequel un assemblage à recouvrement soudé par points est soumis à un effort de pelage provoquant des contraintes essentiellement dans le sens de l'épaisseur de l'assemblage

3.11**descriptif d'un mode opératoire de soudage préliminaire
DMOS-P**

document comportant les variables exigées d'un mode opératoire de soudage qui est à qualifier

[SOURCE: ISO/TR 25901-1:2016, 2.5.6]

3.12**épreuve témoin de production**

soudage d'une éprouvette réalisée pendant le réglage de la production et analysé par essai destructif pour fournir les données sur les qualités des soudages réalisés en production

3.13**soudage par résistance à la molette**

<soudage par résistance pour applications aérospatiales> procédé de soudage par résistance des surfaces en contact grâce à la chaleur produite par le passage du courant et la résistance électrique des pièces pressées l'une contre l'autre par les électrodes

Note 1 à l'article: La soudure qui en résulte est une série de points de soudure par résistance qui se chevauchent, réalisée progressivement en continu le long d'une jointure par molettes électrodes, ou par avancement de la pièce sous électrodes fixes.

3.14**soudage par résistance par points**

soudage par résistance produisant une soudure au niveau des surfaces de contact entre des pièces se recouvrant du fait de la chaleur provoquée par la résistance au flux de courant de soudage dans les pièces à souder de la part des électrodes qui servent à concentrer le courant de soudage et la pression dans la région de la soudure

[SOURCE: ISO 17677-1:2009, 1.12]

3.15**soudage à la molette**

variante du soudage par résistance qui produit des soudures par points intermittentes au moyen d'une ou de plusieurs électrodes circulaires rotatives

Note 1 à l'article: La rotation des électrodes peut être interrompue ou non pendant la réalisation d'une soudure.

[SOURCE: ISO 17677-1:2009, 3.5]

3.16**largeur du cordon**

largeur du métal fondu dans le plan des surfaces de contact perpendiculairement à l'axe longitudinal de la soudure à la molette linéaire

[SOURCE: ISO 17677-1:2009, 4.14]

3.17**tôle**

<soudage par résistance pour applications aérospatiales> pièce assemblée d'une épaisseur supérieure à 0,20 mm

3.18**entraxe des points**

entraxe des points de soudure adjacents

[SOURCE: ISO 14373:2015, 3.4]

3.19

conditions de soudage

<soudage par résistance pour applications aérospatiales> dispositions pour la fabrication d'une soudure donnée, y compris le matériel, la configuration, la préparation du matériel, le refroidissement, le matériau des électrodes, la géométrie d'électrodes, le numéro de la machine à souder et tous les paramètres de soudure influençant directement la qualité de la soudure

3.20

paramètres de soudage

<soudage par résistance pour applications aérospatiales> configuration ou réglage de la machine

EXEMPLE Des exemples sont la pression d'électrode, le courant de soudage, la vitesse de soudage, le temps de soudage.

3.21

descriptif d'un mode opératoire de soudage

DMOS

document ayant été qualifié et fournissant les variables exigées d'un mode opératoire de soudage afin d'en assurer la répétabilité au cours du soudage de production

[SOURCE: ISO/TR 25901-1:2016, 2.5.4]

4 Symboles et abréviations

D_s diamètre minimal requis du noyau ou de la largeur du cordon (voir [Tableau 11](#))

e_l empreinte d'électrode inférieure

e_u empreinte d'électrode supérieure

F force

l longueur de l'éprouvette

s_M diamètre réel du noyau ou de la largeur du cordon, déterminé par contrôle métallographique

t épaisseur de la tôle la plus mince

t_o épaisseur de la partie extérieure

w largeur de l'éprouvette/recouvrement

Ac quantité moyenne du lot soumis à essai

END essai non-destructifs

DMOS-P descriptif de mode opératoire de soudage préliminaire

AQ assurance qualité

CSP contrôle statistique du procédé

QMOS qualification du mode opératoire de soudage

DMOS descriptif de mode opératoire de soudage

5 Exigences techniques particulières

La définition technique prévaut en cas de conflit entre les exigences du présent document et celles spécifiées dans la définition d'ingénierie.

La classification du joint (voir [Article 6](#)) doit figurer sur la spécification ou le plan de la pièce.

6 Classification du joint

La classification du joint est basée sur les critères suivants.

- Classe I: un joint de soudure dont la défaillance opérationnelle provoque la perte de l'aéronef/astronef ou d'un de ses principaux composants, ou représente un risque direct pour les personnes.
- Classe II: un joint de soudure dont la défaillance entraîne des dysfonctionnements sans pour autant compromettre la poursuite du vol en toute sécurité jusqu'à la fin de la mission ou du vol.
- Classe III: un joint de soudure dont la défaillance n'affecte pas la sécurité, ni la fonctionnalité de transport de l'aéronef/astronef.

7 Exigences de production

Avant la production, il faut répondre aux exigences suivantes:

- a) qualification du personnel;
- b) qualification de la machine de soudage;
- c) qualification du procédé de soudage.

8 Qualification des personnels soudeurs

Les personnels soudeurs doivent être formés et doivent maîtriser le procédé à mettre en œuvre. La norme ISO 14732 peut s'appliquer, si elle est demandée par l'autorité responsable de la conception ou de l'ingénierie.

9 Responsable de la qualification du procédé de soudage et des essais de qualification des machines de soudage

Le coordinateur de soudage (voir ISO 14731) doit être désigné par écrit, comme responsable de la qualification du procédé de soudage et des essais de qualification de la machine à souder. Le coordinateur de soudage doit posséder les connaissances et expériences pertinentes en matière de procédés de soudage et doit être accepté par l'autorité responsable de la conception ou de l'ingénierie ou par l'organisme de contrôle approuvé.

Il est recommandé que le coordinateur de soudage soit qualifié comme Ingénieur International de Soudage (IWE), conformément à IIW IAB-252-11.

Le coordinateur de soudage peut confier à une autre personne la gestion de la qualification du procédé de soudage ou l'essai de qualification de la machine à souder.

10 Groupes de matériaux

Groupe de matériaux A: acier non allié, aciers faiblement alliés, aciers ferritiques fortement alliés.

Groupe de matériaux B: aciers austénitiques fortement alliés et aciers martensitiques, nickel et alliages de nickel, alliages de cobalt.

Groupe de matériaux C: titane et alliages de titane, niobium, zirconium et autres métaux réactifs.

Groupe de matériaux D: aluminium et alliages d'aluminium, magnésium et alliages de magnésium.

Groupe de matériaux E: les matériaux qui ne correspondent pas aux groupes de matériaux A à D (par exemple, le molybdène, le tungstène et les alliages de cuivre).

11 Préparation des pièces à souder

11.1 Généralités

Les surfaces externes et de contact des pièces à souder doivent être exemptes de contaminants, tels que les oxydes lourds, calamine, encre, graisse, saletés ou autres substances ou conditions préjudiciables au procédé de soudage. Les surfaces doivent être régulières. La régularité est un facteur déterminant pour une bonne reproductibilité des soudures.

11.2 Exigences en matière de préparation de surface

Une procédure spécifique de préparation de surface (par exemple, le décapage) doit être déterminée selon les matériaux. En fonction des exigences de l'autorité responsable de la conception ou de l'ingénierie, le procédé de préparation de surface doit précisément être défini par chaque fabricant.

La procédure de préparation de surface utilisée pour préparer les matériaux à la qualification du soudage doit être précisée dans le DMOS-P. Pour les matériaux du groupe D, les exigences relatives à la résistance électrique de surface doivent être spécifiées par l'autorité responsable de la conception ou de l'ingénierie.

Les périodes entre la préparation de surface et le soudage doivent être définies dans le DMOS-P ou dans une autre documentation de fabrication.

11.3 Revêtements de surface

Les revêtements de surface, spécifiés par l'autorité responsable de la conception ou de l'ingénierie, doivent figurer dans le DMOS-P.

11.4 Assemblage

Les parties complémentaires, assemblées pour le soudage, doivent être conçues de sorte que les surfaces à fixer par soudage soient en contact avant que la première, et chaque soudure suivante, ne soit réalisée, ou puissent être mis en contact par pression manuelle.

12 Exigences relatives aux équipements

12.1 Machines de soudage

La machine à souder doit être qualifiée conformément à [l'Article 13](#), calibrée et entretenue conformément aux recommandations du fabricant et/ou à d'autres exigences définies par le responsable conception/d'études techniques.

Une procédure de maintenance préventive doit être établie et des rapports de maintenance doivent être conservés.

12.2 Électrodes

Toutes les électrodes utilisées doivent être durablement marquées par, au minimum, la désignation du matériau de l'électrode.

12.3 Machines d'essais de cisaillement

12.3.1 Généralités

Les machines d'essais de cisaillement doivent être précises à $\pm 2\%$ de la valeur indiquée. La vitesse d'essai de cisaillement ne doit pas être supérieure à 13 mm/min.

12.3.2 Machines d'essais statique de cisaillement

La précision de machines d'essais statique de cisaillement doit au minimum être étalonnée une fois par an.

12.3.3 Machines portables d'essais de cisaillement

La précision de machines portables d'essais de cisaillement doit au minimum être étalonnée une fois tous les deux mois.

12.4 Gabarits et fixations

Les gabarits et fixations doivent être conçus de façon à minimiser le courant de soudage les traversant, au lieu de passer par les pièces à souder. Les outils nécessaires à la localisation de soudures ou à l'assemblage des pièces à souder, passant dans le champ magnétique pendant l'opération de soudure doivent de préférence être en matériaux antimagnétiques.

13 Machines de soudage

13.1 Exigences de qualification

13.1.1 Généralités

Les qualifications de machines effectuées suivant d'autres normes avant la parution de ce document restent valables, sauf indication contraire du responsable conception/d'études techniques.

La qualification de toute machine de soudage par résistance par points ou à la molette doit être effectuée préalablement à la production afin de déterminer sa capacité et son uniformité de fonctionnement. L'objet de la qualification consiste à identifier et à vérifier la gamme de soudures que cette machine de soudage est capable d'effectuer. Les conditions de soudage doivent être documentées dans un DMOS et font partie du rapport de l'essai de qualification de la machine. Des exemples typiques de formulaires de rapport sont montrés aux [Annexes A](#) et [B](#). Ces formulaires peuvent être modifiés ou complétés en fonction des besoins. Après validation, ces rapports doivent pouvoir être disponibles.

Les machines doivent être qualifiées pour répondre aux exigences en matière de soudure pour la classe la plus critique (voir [Article 6](#)) dans chaque groupe de matériaux (voir [Article 10](#)) pour laquelle la machine est prévue dans la production. Une machine de soudage qualifiée pour les exigences d'une classe de matériaux est automatiquement qualifiée pour les classes moins critiques du même groupe de matériaux. Une machine à souder qualifiée pour soudage par points est également qualifiée pour soudage par points par recouvrement. Les machines utilisées pour le soudage de feuilles en classe III peuvent être qualifiées en rédigeant un DMOS. Les machines qualifiées pour une classe de soudage à la molette sont également qualifiées pour le soudage par points au rouleau de la même classe de matériaux.

13.1.2 Méthode de qualification de la machine de soudage

13.1.2.1 Généralités

Il est interdit d'effectuer des réglages ou des travaux de maintenance pendant le soudage d'éprouvettes.

13.1.2.2 Matériaux d'essais

Les matériaux d'essai pour la qualification et les groupes de matériaux A, B, C et D peuvent être tous les matériaux du groupe couramment utilisé dans la production.

La qualification pour les matériaux du groupe A n'accorde la qualification que pour le soudage de matériaux appartenant au groupe A.

La qualification pour les matériaux du groupe B n'accorde la qualification que pour le soudage de matériaux appartenant au groupe B.

La qualification pour les matériaux du groupe C n'accorde la qualification que pour le soudage de matériaux appartenant au groupe C.

La qualification pour les matériaux du groupe D n'accorde la qualification que pour le soudage de matériaux appartenant au groupe D.

La qualification pour un matériau spécifique du groupe E n'accorde la qualification que pour le soudage de ce même matériau.

13.1.2.3 Exigences d'essais

Les essais de soudage listés en [13.2](#) doivent être effectués pour répondre aux critères d'acceptation en vigueur. Pour chaque groupe de matériaux, deux jeux d'essais sont nécessaires: l'essai pour la qualification forte épaisseur (métaux les plus épais) de la machine et l'essai de qualification faible épaisseur (métaux les plus fins) de la machine. Généralement, les essais forte épaisseur et faible épaisseur pour la qualification de la machine contiennent chacun deux éprouvettes d'épaisseur identique. Il est par ailleurs possible d'utiliser deux ou plus de deux éléments d'épaisseurs différentes. Les exigences suivantes sont à utiliser pour déterminer les essais de la qualification de la machine nécessaires pour couvrir les travaux de production:

- a) L'épaisseur totale de tous les éléments d'une production de soudage combinée ne doit pas être supérieure à l'épaisseur totale des éléments utilisés pour la qualification forte épaisseur de la machine et ne doit pas non plus être inférieure à l'épaisseur totale des éléments utilisés pour la qualification faible épaisseur de la machine.
- b) La pièce la plus mince (pièce en contact avec l'électrode) de n'importe quelle production de soudage combinée ne doit pas être plus épaisse que la pièce la plus mince utilisée pour la qualification machine forte épaisseur.
- c) La pièce la plus mince (pièce en contact avec l'électrode) de n'importe quelle production de soudage combinée ne doit pas être plus mince que la pièce la plus mince utilisée pour la qualification machine faible épaisseur.
- d) Si la machine est utilisée pour une seule combinaison de pièces à souder, il suffit qu'elle soit qualifiée pour cette combinaison spécifique et en fonction des quantités et procédés indiquées en [13.2](#).

NOTE 1 Des exemples pour l'application des règles énoncées dans ce paragraphe figurent à l'[Annexe D](#).

NOTE 2 Si plus d'une machine de soudage du même type doit être qualifiée, le nombre d'essais peut être réduit à la discrétion du responsable conception/d'études techniques.

13.1.2.4 Requalification d'une machine de soudage

La requalification sera nécessaire si la machine de soudage a été reconstruite ou si d'importants changements opérationnels sont intervenus (par exemple, remplacement de composants principaux, déménagement d'usine ou de l'emplacement de la machine au sein de l'usine, modification de l'alimentation électrique). Le nombre d'éprouvettes d'essai pour soudage de tôles peut être réduit (voir [Tableau 2](#)).