



60 rue de la Tuilerie - 38920 Crolles - France
Tél. 0033 438 920 980 - Fax. 0033 476 401 384 - Email : info@steelor.com

ACIER RAEX 400

PRESENTATION

L'acier Raex 400 est un acier à très haute dureté résistant aux usures par abrasion et impacts. Issu de laminaires récents et modernes permettant une trempe à l'eau rapide et maîtrisée, l'acier Raex 400 est d'une grande pureté et présente une parfaite stabilité dimensionnelle.

Il se substitue avantageusement aux aciers de construction classique permettant de réduire les coûts de maintenance de façon significative. Ses qualités de résistance à l'abrasion sont environ 4 fois supérieures à celle d'un acier S 235 JR.

Malgré sa haute résistance mécanique et sa dureté élevée, l'acier Raex 400 présente de bonnes aptitudes à la découpe, la mise en forme, le perçage et le soudage. Il peut être livré dans des épaisseurs de 2,5 à 60mm. Les faibles épaisseurs sont particulièrement appréciées des constructeurs de bennes.

DOMAINES D'UTILISATION

Broyeurs, cribles, alimentateurs, poches de pesage, skips, goulottes, trémies, lames d'usure, transporteurs, godets, couteaux, pignons dentés, tombereaux, chargeuses, camions-bennes, camions, engins de terrassement, excavatrices, tuyaux de manutention, transporteurs à vis, presses, etc...

COMPOSITION CHIMIQUE

C %	Si %	Mn	P	S	Al	Cr	Ni	Mo	B
0.23	0.70	1.70	0.030	0.015	0,060	1,50	0,70	0.50	0.004

CARACTERISTIQUES MECANIQUES

- Résistance à la traction : 1250 N/mm²
- Limite d'élasticité : 1000 N/mm²
- Allongement % : 10
- Dureté : 380 - 420 HB

SOUDAGE

- **manuel** : électrodes basiques : STEELARC MTD - STEELARC 70
(1) électrodes Ni-Cr : STEELARC 1810 - STEELARC 310
- **semi-automatique** : ISAFIL ACIER - ISAFIL 80G - ISAFIL F 71 SG
(1) ISAFIL 1632 G - ISAFIL FLS 703
- (1) recommandés pour l'assemblage de l'acier RAEX 400 avec des aciers différents.

TRAITEMENT THERMIQUE

L'acier RAEX 400 ne doit pas être chauffé au delà de 200°C si l'on désire conserver sa dureté.

PLIAGE, ROULAGE, PERÇAGE et SOUDAGE

Merci de vous reporter à notre brochure d'information concernant la mise en œuvre des aciers RAEX

DIMENSIONS TOLES QUARTO

Formats : 1000 x 2000 - 2000 x 3000 - 2000 x 6000.

Epaisseurs : 5 - 6 - 8 - 10 - 12 - 15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 50 - 60 mm.

DIMENSIONS TOLES DEROULEES PLANEES

Formats : Largeurs 1000 à 1560mm Longueurs 2000 à 12000mm selon les épaisseurs.

Epaisseurs : 2,5 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 mm.



60 rue de la Tuilerie - 38920 Crolles - France
Tél. 0033 438 920 980 - Fax. 0033 476 401 384 - Email : info@steelor.com

Mise en oeuvre des Aciers RAEX

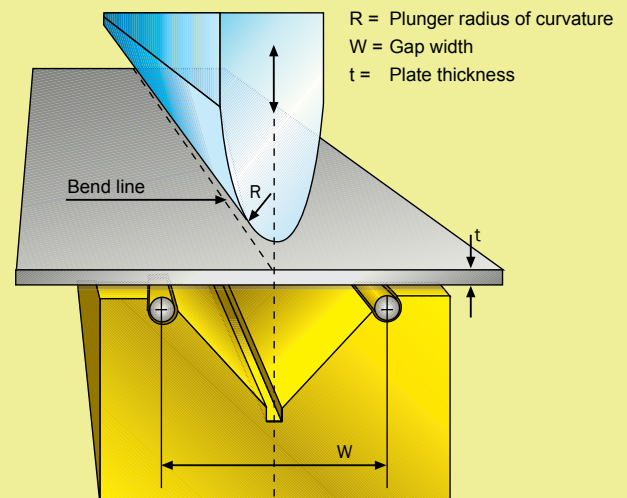
- Mise en œuvre des aciers Raex**
 Malgré leur haute résistance mécanique et leur dureté élevée, les aciers Raex présentent une bonne soudabilité et une bonne aptitude à la mise en forme.
- Désignation des nuances d'acier**
 Raex 400, Raex 450, Raex 500
 Dureté Brinell moyenne: 400 HBW, 450 HBW, 500 HBW
 Composition chimique et caractéristiques mécaniques, voir tableaux 1 et 2.
- Programme dimensionnel**
 Feuilles (train à bande) et tôles quarto, voir tableau 3.
- Etat de livraison**
 Les aciers sont livrés à l'état trempé.
- Tolérances**
 Tôles quarto : Epaisseur EN 10029 Classe A.
 Largeur et longueur EN 10029. Planéité EN 10029, Classe N tolérances normales de planéité, acier de type H.
 Feuilles : Epaisseur, largeur et longueur EN 10051.
 Planéité EN 10029 Classe N, acier de type H.
- Qualité de surface**
 EN 10 10163-2 Classe A3.
 Le rechargement par soudage après élimination des défauts de surface est interdit.
- Recette des aciers**
 La dureté HBW des aciers est déterminée selon la norme EN ISO 6505-1.
- Skin-pass et planéité (Dead Flat process)**
 Le laminage skin-pass des bobines, dit "Dead Flat process" (DF), provoque un écrouissage du métal qui efface le palier de limite d'élasticité des aciers et fixe les caractéristiques mécaniques. Ce laminage de finition élimine les contraintes résiduelles et permet la production de feuilles présentant une excellente planéité. Il facilite le contrôle des déformations après soudage et convient très bien pour la production en série de pièces pliées. Ce laminage skin-pass évite le planage des pièces découpées dans les aciers DF. Il améliore également la qualité de surface des feuilles Raex et réduit les irrégularités géométriques des surfaces (rugosité). Nos produits permettent de simplifier les cycles de production. Ce process DF est systématiquement spécifié sur le certificat usine.

- Documents de contrôle**

Sur demande du client, nous fournissons pour nos aciers Raex soit un relevé de contrôle ty-pe 2.2 ou un certificat de réception 3.1 conformes à la norme EN 10204. Sur les documents de contrôle figurent la composition chimique de l'acier ainsi que sa dureté.

- Flanging and free bending**

Figure 1



- The surface hardness of the upper edges of the die groove must be greater than the hardness of the plate that is to be bent. In the structure shown in the figure, the upper edge of the die groove is equipped with 20 mm iron rods with the hardness of approximately 53 HRC.
- The grooves in which the iron rods are located must be kept clean.
- Widening the die groove decreases the need for bending force but increases springback.
- Springback:
 Raex 400 9° - 13°
 Raex 500 10° - 15°



60 rue de la Tuilerie - 38920 Crolles - France
Tél. 0033 438 920 980 - Fax. 0033 476 401 384 - Email : info@steelor.com

Mise en oeuvre des Aciers RAEX

• Mise en forme

Les aciers Raex peuvent être mis en forme à froid par pliage et emboutissage. L'effort de pliage et le rayon de pliage sont plus grands que pour un acier de construction à caractéristiques moins élevées. L'élasticité résiduelle emmagasinée pendant la déformation est également plus élevée (springback effect). La qualité de surface des rives à déformer et celles des outils, la séquence de déformation doivent être adaptées à la nuance d'acier.

Recommandations générales pour le pliage libre:

- Opter pour le plus grand rayon compatible avec le design de la pièce ou de l'ensemble à réaliser, voir tableau 4.
- Éliminer par meulage les défauts superficiels de la face soumise à des contraintes de traction, ces défauts constituent des amorces de rupture.
- Éliminer sur les rives obtenues par découpe mécanique ou thermique les défauts de surface, tout au moins sur la longueur soumise à des contraintes de traction lors de la déformation.
- Obtenir si possible le rayon final en une passe, tenir compte de l'élasticité résiduelle pendant et en fin de déformation.
- La surface de la matrice et la surface du poinçon doivent être lisses.
- La lubrification diminue le frottement et par conséquent l'effort de pliage.
- Un préchauffage à 100-200 °C diminue l'effort à appliquer et réduit le risque de fissuration.
- Une matrice telle que celle de la figure 1 permet un pliage de bonne qualité.

• Attention

L'emboutissage et le pliage des aciers Raex exigent beaucoup de précautions. Le respect des recommandations du fournisseur et le savoir faire de l'atelier qui procède à la mise en forme sont indispensables à la sécurité du personnel.

• Soudage

Tous les procédés habituels peuvent être utilisés pour le soudage des aciers résistant à l'abrasion, sous réserve de la qualification des soudeurs et des règles suivantes:

- température de préchauffage adéquate
- métal d'apport approprié
- énergie de soudage adéquate.

Le post chauffage est à pratiquer avec prudence afin d'éviter une diminution de la résistance à l'abrasion, principale propriété des aciers Raex.

Température de préchauffage

Le choix d'une température de préchauffage plus élevée se traduit par une vitesse de refroidissement plus lente dans le cordon soudé, on évite ainsi la formation d'une microstructure trop dure et fragile favorable à la fissuration de la zone thermiquement affectée (ZAT) du métal de base. Il est conseillé de préchauffer les tôles à assembler à 100 °C lorsque l'épaisseur combinée excède 40 mm pour Raex 400, 30 mm pour Raex 450 et 20 mm pour Raex 500.

Lors de la réalisation d'assemblages soudés complexes ou lorsque le soudage est réalisé dans des conditions atmosphériques défavorables, il est recommandé de préchauffer l'acier à 150 - 200 °C, voir tableau 5. Il ne faut pas préchauffer l'acier à une température supérieure à 200 °C si l'on désire conserver à l'acier ses propriétés à l'état de livraison.

Métaux d'apport

Il est possible de souder les aciers Raex avec des métaux d'apport non alliés ou faiblement alliés et des métaux d'apport alliés. Les métaux d'apport non alliés ou faiblement alliés confèrent au métal déposé une résistance inférieure à celle du métal de base. Les métaux d'apport E 7018, ASW A5.17, ASW A5.18, ASW A5.20 (undermatching filler materials) conduisent à ce type de liaison. Ces métaux d'apport conviennent bien lorsque le cordon de soudage n'est pas soumis à des contraintes élevées en service ou exposé à une usure abrasive importante. Des propriétés mécaniques inférieures à celles du métal de base facilitent l'accommodation des contraintes de soudage en raison d'une plus grande ductilité de la liaison, comparée à la ductilité des cordons soudés obtenus avec des métaux d'apport à caractéristiques mécaniques voisines des aciers Raex.

Il convient d'employer des métaux d'apport alliés lorsque le cordon de soudage est exposé à une usure importante ou lorsque le métal déposé doit avoir les mêmes caractéristiques que celles du métal de base. Les métaux d'apport E 11018, ASW A5.17, ASW A5.18, ASW A5.29 (alloyed filler materials) permettent l'obtention de caractéristiques mécaniques dans le métal déposé proches de celles du métal de base. L'emploi d'un métal d'apport allié impose un préchauffage du métal de base à une température supérieure à celle que l'on préconise lors du soudage avec un métal d'apport non allié. Une à trois passes finales avec un métal d'apport allié sont généralement suffisantes lorsque l'on assemble des tôles d'épaisseur moyenne.



60 rue de la Tuilerie - 38920 Crolles - France
Tél. 0033 438 920 980 - Fax. 0033 476 401 384 - Email : info@steelor.com

Mise en oeuvre des Aciers RAEX

Il est très important d'utiliser des métaux d'apport à faible teneur en hydrogène pour le soudage des aciers Raex (HD max. 5 ml / 100 gr dans le métal déposé). Les métaux d'apports préconisés figurent sur la fiche Raex Pliage et Soudage.

Energie de soudage

L'énergie de soudage (E) ne doit pas être trop élevée afin de limiter le grossissement du grain austénitique et l'adoucissement excessif par auto revenu de la martensite qui se forme au refroidissement dans la ZAT. Une grosseur de grain trop importante conduit à une résilience moins élevée dans la ZAT, un apport de chaleur trop important réduit la dureté et la résistance du joint soudé. L'énergie de soudage doit cependant être suffisante pour éviter à l'inverse la formation d'une structure trop dure après refroidissement de la ZAT. On peut assimiler le rôle de l'énergie de soudage à celui du préchauffage avant soudage pratiqué en vue de réduire la vitesse de refroidissement dans la ZAT après dépôt du métal d'apport

L'obtention d'une structure métallographique optimale dans la ZAT impose une énergie de soudage pour laquelle la courbe dureté - critère de refroidissement modélisé par le paramètre $t_{800/500}$ conduit à une durée de refroidissement comprise entre 10 et 20 secondes dans l'intervalle de température 800 – 500 °C.

La vitesse de refroidissement dans cet intervalle de température est critique, elle détermine la structure métallographique et la dureté de la ZAT à température ambiante. (l'assemblage par procédé MAG de tôles en épaisseur 10 mm nécessite une énergie de soudage comprise entre 1,2 et 1,7 kJ / mm).

Conseils pratiques

- L'optimisation des paramètres de soudage conduit à une liaison de qualité.
- Le préchauffage s'impose lors du soudage par points.
- Une solide liaison par points est recommandée à mi-distance de la longueur des tôles à assembler.
- Il est vivement recommandé de prendre en compte les recommandations du fournisseur de métaux d'apport, en particulier celles relatives au stockage, à la manutention et au séchage des métaux d'apports avant emploi.
- Il est recommandé de réaliser le cordon de soudure à partir du milieu de la longueur des tôles à assembler et de progresser vers les rives.
- La température de l'acier au droit des rives à assembler doit être constante pendant l'opération de soudage à effectuer sans interruption.
- Pour le soudage des tôles épaisses la pénétration de l'arc est améliorée par l'assemblage de rives avec chanfrein X symétriques ou asymétrique.

- La vitesse de refroidissement des tôles de forte épaisseur et grande surface peut être ralentie par la pose d'une couverture minérale.
- La pose avant soudage de "supports à l'envers" est recommandé.
- L'ouverture de la racine doit se faire avec précaution
- Le gougeage (électrodes en carbone) pour la réparation des soudures doit être évité.
- Il est recommandé de meuler la saignée si la technique du gougeage est utilisée.
- Il est recommandé de meuler soigneusement les cordons de soudures.

● Traitement thermique

Les aciers Raex ne doivent pas subir un traitement thermique avant, pendant ou après leur mise en œuvre, à l'exception d'un recuit de détente à une température qui n'excède pas 150 – 200 °C, ceci afin de conserver à l'acier sa résistance à l'abrasion initiale.

● Découpage thermique

Lors de la découpe, l'acier subit de part et d'autre de la ligne de coupe sur une profondeur de l'ordre de 1 à 2 mm une trempe suivie d'un auto revenu. La zone thermiquement affectée par la coupe est comparable à la ZAT au droit du métal déposé lors du soudage.

Recommandations générales pour l'oxycoupage des aciers Raex:

- Dégourdir l'acier avant découpe si la température des tôles est inférieure à la température ambiante.
- Les tôles de forte épaisseur doivent être préchauffées avant découpe selon les recommandations du tableau 7.
- La réalisation d'un chanfrein d'angle supérieur à 45° sur des tôles épaisses nécessite de ralentir la vitesse de refroidissement après coupe, par exemple à l'aide d'une couverture minérale.
- Les rives oxycoupées des tôles destinées à la réalisation d'ensembles mécano soudés doivent être débarrassées par meulage de la zone thermiquement affectée et des défauts de coupe.
- La vitesse de coupe dépend du processus et de l'équipement utilisé.
- L'aptitude à la découpe par oxycoupage des aciers Raex est généralement meilleure que celle des aciers de construction.



60 rue de la Tuilerie - 38920 Crolles - France
Tél. 0033 438 920 980 - Fax. 0033 476 401 384 - Email : info@steelor.com

Mise en oeuvre des Aciers RAEX

Dans la pratique il est préférable de préchauffer les tôles d'épaisseur supérieure à 10 mm avant découpe, mais il est important que la température de préchauffe n'excède pas 200 °C afin de ne pas réduire la résistance à l'abrasion de l'acier.

La vitesse de refroidissement des rives oxycoupées ne doit jamais être accélérée, mieux, il convient parfois de réduire cette vitesse par l'usage d'une couverture minérale.

• Chauffes de retrait

Il convient de se souvenir que le dressage à la flamme des tôles et des pièces en acier Raex peut affecter localement les propriétés initiales de l'acier. La température maximale appliquée localement pendant bref moment ne doit pas excéder 450 °C. Une température supérieure à 450 °C provoque une relaxation locale des contraintes accompagnée d'une diminution de la dureté. Il convient de prendre de grandes précautions lorsque les chaudes de retrait sont effectuées sur des zones qui seront soumises à des contraintes cycliques.

• Dressage à la presse

Le dressage à la presse hydraulique ou mécanique convient pour éliminer les faibles ondulations. La force nécessaire doit être suffisamment élevée et prendre en compte l'élasticité résiduelle de l'acier. Le dressage des tôles de faible épaisseur est obtenu en combinant le dressage au marteau et à la presse. Il n'est pas recommandé dans la plupart des cas de combiner le dressage à la flamme et le dressage à la presse.

• Découpe mécanique

La dureté des tôles Raex est voisine de la dureté des lames utilisées pour le cisailage, il s'ensuit que la durée de vie des lames est plus courte, car elles subissent des dégradations par arrachement de métal, écaillage, fissuration, etc. Leur tranchant s'émousse rapidement.

La découpe mécanique des aciers Raex est cependant possible si l'on prend en compte leurs caractéristiques mécaniques. L'acier Raex 400 se prête à la découpe mécanique à l'aide d'une cisaille montée sur bâti rigide. La dureté de la lame doit être supérieure à 53 HRC. La découpe mécanique de l'acier Raex 500 n'est pas recommandée et ne s'applique en principe qu'à des tôles d'épaisseur inférieure à 10 mm. Figure 2 et tableau 8. Recommandations générales pour la découpe mécanique des aciers Raex:

- Utilisation d'une cisaille sur bâti rigide et un retour libre de la lame.
- La dureté de la lame doit être supérieure à 53 HRC pour la découpe des aciers Raex 400 et Raex 450, elle doit être supérieure à 57 HRC pour la découpe de l'acier Raex 500.
- La durée de vie de la lame peut être prolongée si l'on arrondit son tranchant par meulage avec une pierre huilée.
- Le métal cisailé qui se détache doit être soutenu afin qu'ils ne provoquent pas des arrachements sur la rive en cours de cisailage. Les arrachements déforment la rive et augmentent le risque d'endommager la lame.
- La friction sur la surface de la lame peut être réduite par l'usage d'un lubrifiant sec.
- La dégradation de la lame peut être décelée à l'oreille.
- Des tableaux préconisent les paramètres de découpe qui permettent d'optimiser le processus.

• Usinage

L'utilisation de machines outils avec bâti rigide et le choix d'outils carbure permettent l'usinage des aciers Raex. Le perçage avec des forets en acier rapide est possible si les angles de pointe et de coupe du foret, le lubrifiant, la vitesse de rotation et l'avance sont appropriés à l'acier.



60 rue de la Tuilerie - 38920 Crolles - France
Tél. 0033 438 920 980 - Fax. 0033 476 401 384 - Email : info@steelor.com

Aciers RAEX

Caractéristiques Mécaniques - Programmes Dimensionnel

• Composition chimique

Tableau 1

	Epaisseur mm		Teneur maximale en % (analyse sur coulée)									
	Feuilles	Tôles quarto	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ni	Mo	B
Raex 400	2,5 – 12	5 – 30	0,23	0,70	1,70	0,030	0,015	0,060	1,50	0,40	0,50	0,004
	–	(30) – 60	0,24	0,70	1,70	0,030	0,015	0,060	1,00	0,70	0,50	0,004
Raex 450	3 – 12	6 – 60	0,26	0,70	1,70	0,030	0,015	0,060	1,00	0,70	0,50	0,004
Raex 500	3 – 12	5 – 60	0,30	0,70	1,70	0,030	0,015	0,060	1,00	0,80	0,50	0,004

Aluminium (Al) et / ou titane (Ti) pour fixer l'azote (N),

• Caractéristiques mécaniques

Tableau 2

	Epaisseur mm		Limited'élasticité	Charge de rupture	Allongement	Dureté	Résilience	
	Feuilles	Tôles quarto	R _{p0.2} N/mm ²	R _m N/mm ²	A ₅ %	HBW	t °C	KV J
Raex 400	2.5 – 12	5 – 15	1000	1250	10	360 – 420	-40	30
	–	(15) – 30	1000	1250	10	360 – 450	-40	20
	–	(30) – 60	1100	1400	8	360 – 480	-40	20
Raex 450	3 – 12	6 – 60	1200	1450	8	425 – 475	-40	20
Raex 500	3 – 12	5 – 60	1250	1600	8	450 – 530	-30	20

Valeurs indicatives.

• Programme dimensionnel

Tableau 3

Feuilles

	Epaisseur mm	Largeur mm ¹⁾	Longueur max. mm
Raex 400	2.5 – 6	1000 – 1560	12 000
Raex 400	(6) – 12	1000 – 1540	6 000
Raex 450	3 – 6	1000 – 1560	12 000
Raex 450	(6) – 12	1000 – 1540	6 000
Raex 500	3 – (4)	1000 – 1350	6 000
Raex 500	4 – 12	1000 – 1540	6 000

¹⁾ La largeur exacte dépend de l'épaisseur.

Tôles quarto

	Epaisseur mm ¹⁾	Largeur mm ²⁾	Longueur max. mm
Raex 400/450/500	5 – 60	1750 – 2500	6 000

¹⁾ Pour les plaques d'épaisseur supérieure à 60 mm et de longueur supérieure à 6m, merci de nous consulter au préalable. Pour le Raex 450 l'épaisseur minimum est de 6 mm.

²⁾ La largeur exacte dépend de l'épaisseur.



60 rue de la Tuilerie - 38920 Crolles - France
Tél. 0033 438 920 980 - Fax. 0033 476 401 384 - Email : info@steelor.com

Aciers RAEX - PLIAGE ET SOUDAGE

• Pliage libre

Tableau 1

	Epaisseur mm	Pliage libre < 90°				Pliage à 90° cannelure - V W/t
		Rayon R du poinçon / épaisseur: R/t		Ouverture W de la matrice épaisseur: W/t		
		Transversale	Longitudinale	Transversale	Longitudinale	
Raex 400	2,5 – 6	3	3	9	9	≈ 15
Raex 400	(6) – 20	3	4	9	11	≈ 15
Raex 450	3 – 20	4	5	11	13	≈ 15
Raex 500	5 – 20	≈ 10	≈ 12	23	27	–

Recommandations pour le pliage.

Nous vous invitons à consulter notre département technique pour le pliage des tôles d'épaisseur supérieure à 20 mm.

• Température de préchauffage °C

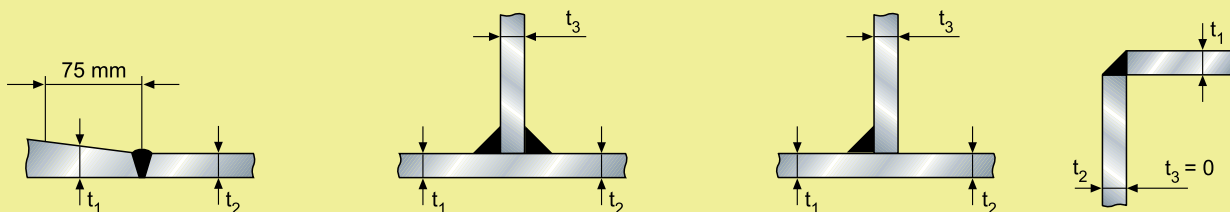
Tableau 2

	Procédé de soudage Teneur en hydrogène dans le métal déposé (HD)	Energie de soudage min. E kJ/mm	Epaisseur combinée t, mm											
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Raex 400	Fil plein MAG HD ≤ 5 ml / 100g	1,5	20		50		75	125	150					
		2	20		125				150					
		2,5	20		100				125					
	Fil plein MAG HD = 5 - 10 ml / 100 g	1,5	20		100	125		175			200			
		2	20		100	125	150		175					
		2,5	20		75		125	150		175				
	Soudage à l'arc sous HD = 5 - 10 ml / 100 g	1,5	20		50	100	125	150	175					
		2	20		75		125	150		175				
		2,5	20		100		125	150						
Raex 500	Fil plein MAG HD ≤ 5 ml / 100g	1,5	20	75	125	150		175						
		2	20		75	125		150		175				
		2,5	20		75		125	150		175				
	Fil plein MAG HD = 5 - 10 ml / 100 g	1,5	20	150	175	200 ¹⁾								
		2	20	100	150	175	200 ¹⁾							
		2,5	20	50	100	150	200 ¹⁾							
	Soudage à l'arc sous HD = 5 - 10 ml / 100 g	1,5	20	100	150	175	200 ¹⁾							
		2	20	50	100	150	200 ¹⁾							
		2,5	20	50		100	200 ¹⁾							

¹⁾ Un préchauffage à une température supérieure à 200°C affecte les caractéristiques mécaniques du métal de base. Consulter notre service technique s'il est nécessaire de déroger à cette règle.

$$E = \frac{60 \cdot U \cdot I}{100 \cdot v}$$

E = Énergie de soudage (kJ/mm) I = Intensité du courant de soudage (A)
U = Tension (V) v = Vitesse d'avancement (mm/min)



t_1 : épaisseur moyenne à 75 mm
de l'axe du cordon de soudage
Epaisseur combinée $t = t_1 + t_2$

Exécution symétrique et simultanée
des deux cordons
Epaisseur combinée $t = 1/2 \cdot (t_1 + t_2 + t_3)$

Epaisseur combinée $t = t_1 + t_2 + t_3$