

Le CMT (Cold Metal Transfert), avantages et exemples d'utilisations

Introduction

Les avancées technologiques dans le domaine des sources de courant de soudage permettent un meilleur contrôle de l'arc. En GMAW, le développement de lignes synergiques facilite l'utilisation du soudage pulsé et de différents modes de transfert contrôlés. Le CMT (Cold Metal Transfert) de Fronius permet de souder des assemblages qui sont impossibles à réaliser en GMAW conventionnel. Le CMT est un mode de transfert de type court-circuit contrôlé.

Présentation du CMT

Lors du soudage en court-circuit traditionnel, il y a une grande variation de courant et de tension (Figure 1). Lorsque le fil est en contact avec le bain de fusion (A), la tension (U) tend vers zéro et le courant (I) augmente rapidement (B) jusqu'à l'explosion (C). Par la suite, la tension augmente instantanément et le courant diminue jusqu'au prochain état de court-circuit (A). La durée d'un cycle est d'environ dix millisecondes (fréquence d'environ 100 Hz).

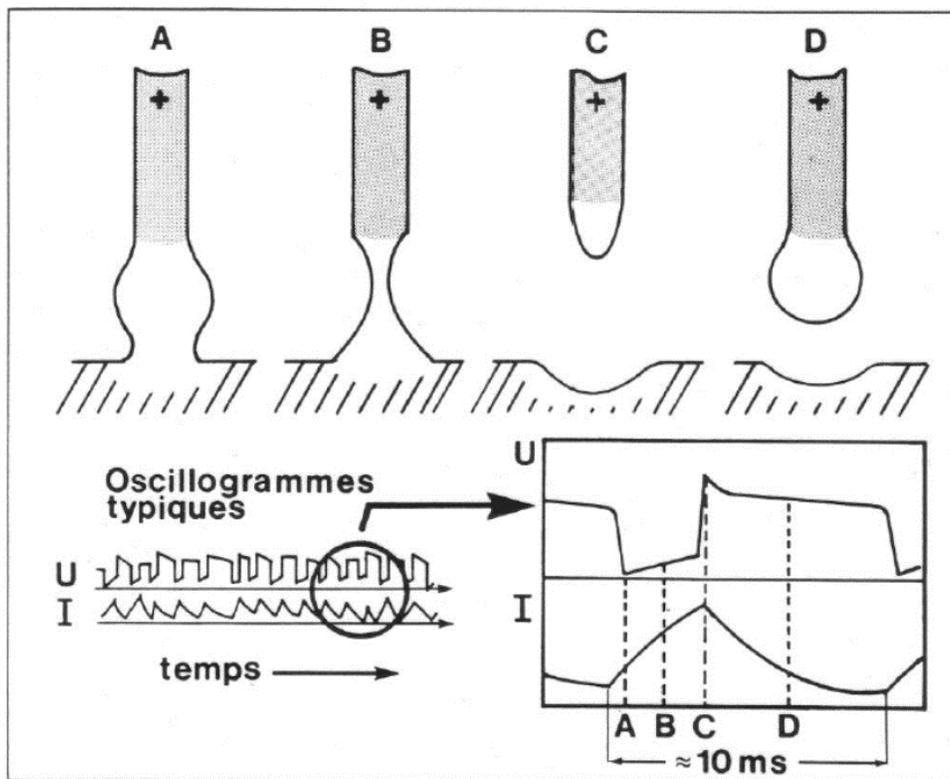


Figure 1 : Court-circuit traditionnel

En mode CMT, le court-circuit est contrôlé par les paramètres de la ligne synergique en plus d'un mouvement de recul du fil qui permet le détachement de celui-ci lors de l'état de court-circuit (Figure 2). Comparativement au court-circuit traditionnel, le CMT présente un apport de chaleur réduit et permet le soudage sans projections.

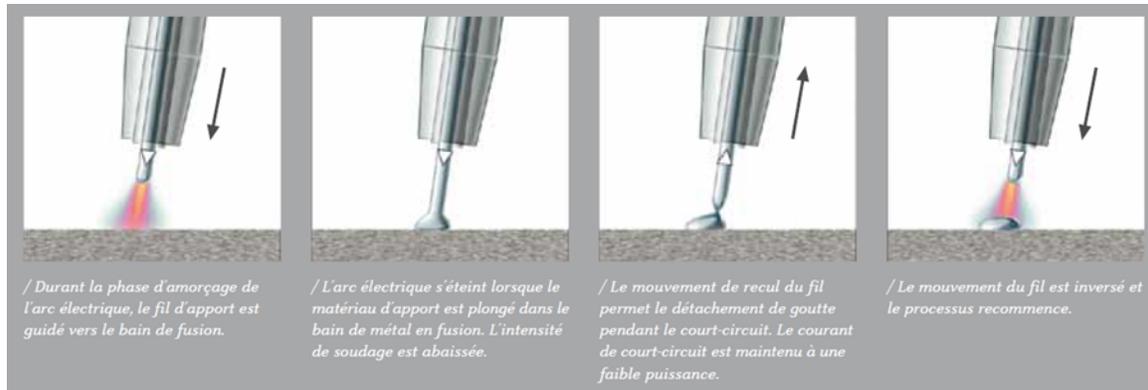


Figure 2 : Cycle de soudage CMT¹

Le CMT produit un arc de soudage très stable et peut être utilisé avec différents alliages (ferreux et non-ferreux). Puisque le CMT est une variante du procédé GMAW, une bobine de fil est nécessaire pour alimenter la torche de soudage. Il est possible de fusionner pratiquement tous les fils GMAW et MCAW en CMT, il faut seulement une ligne synergique qui gère la relation entre les différents paramètres. Le Tableau 1 présente un exemple d'une ligne synergique CMT. Celles-ci sont généralement développées par Fronius, mais avec le RCU5000i (Remote Control Unit), il est possible de modifier et même créer une ligne synergique spécifique pour une application. L'utilisateur doit choisir la bonne ligne synergique (métal d'apport, diamètre, gaz), ajuster la vitesse de dévidage du fil et la correction d'hauteur d'arc.

Tableau 1 : Paramètres de la ligne synergique CMT1102 (fil ERAZ61A, diamètre 3/64)

Paramètre ERAZ61A, diamètre 1.2 mm, DB0490 CMT1102 : gaz Argon + 30% Hélium									
	Point	1	2	3	4	5	6	7	8
	WFS (ipm)	90	90	155	205	275	350	415	510
Amorçage	Unité								
I_ignition	ampères	200	200	200	200	200	200	200	200
t_ignition	ms	50	50	50	50	50	50	50	50
CMT Param1									
I_sc_wait	ampères	14,7	15	20	20	35	50	50	50
Vd_sc_wait	ipm	1,54	1,57	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
I_sc2	ampères	28,7	30	50	50	60	80	100	119,5
CMT Param2									
d_boostup	A/ms	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
I_boost	ampères	95,1	100	175	250	350	400	440	440
t_I_boost	ms	0,97	1	1,5	1,5	2	2,25	2,3	2,98
d_boostdown	A/ms	732,9	750	1000	1000	1000	1000	1000	1000
tau_boostdown	ms	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Fin du soudage									
I_drop_melt	ampères	3	3	3	3	3	3	3	3
t_burnback	ms	0	0	0	0	0	0	0	0
Valeurs indicatives									
Courant	ampères	24,9	27	60	68	90	120	140	164,4
Matériau	pouce	0,02	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,12	0,15
Tension	volts	6,99	7	7,3	8	9	9,5	10,5	10,98

¹ Source de l'image : Fronius

Les variantes du CMT

La source de courant Fronius CMT Advanced propose différentes variantes du procédé CMT permettant d'élargir la gamme des applications de soudage avec le CMT Pulse, le CMT Advanced et le CMT Advanced Pulse.

Le CMT Pulse combine un cycle d'impulsion avec un cycle CMT (Figure 3), apportant ainsi plus d'énergie. L'apport ciblé et réglable d'impulsions entraîne une plus grande plage de puissance et une grande flexibilité.

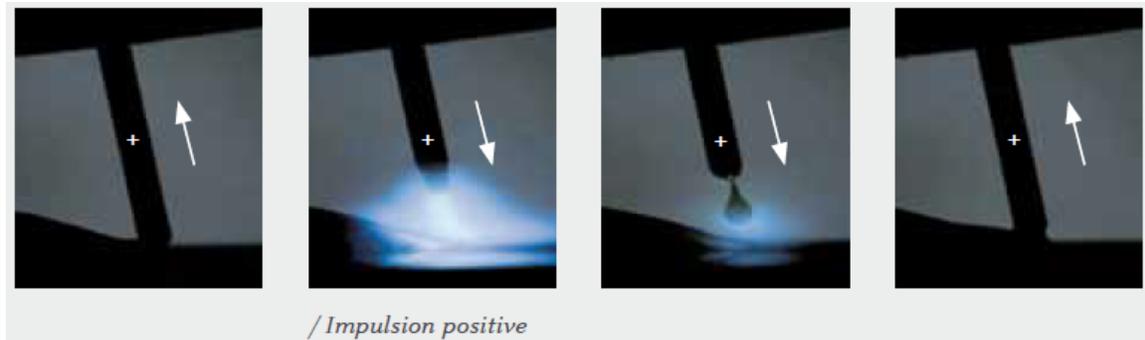


Figure 3 : CMT Pulse²

Le CMT Advanced est plus « froid » que le CMT. Avec cette variante, il y a un changement de polarité en plus du mouvement de recul du fil (Figure 4). Le changement de polarité s'effectue durant la phase de court-circuit et il est possible d'ajuster le nombre de cycles positifs et négatifs. Le principal avantage de cette variante est une capacité optimale à combler des jeux lors du soudage de joint à recouvrement. Le taux de dépôt peut être jusqu'à 60 % plus élevé (selon les données de Fronius).

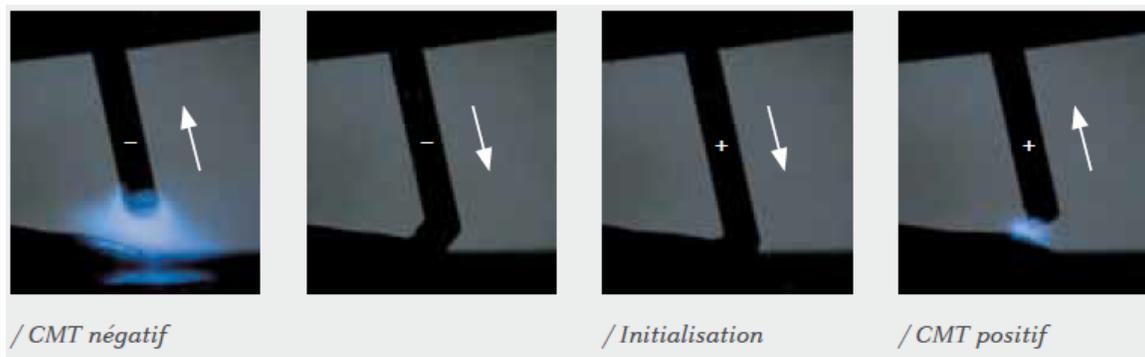


Figure 4 : CMT Advanced³

² Source de l'image : Fronius

³ Source de l'image : Fronius

Le CMT Advanced Pulse combine les cycles CMT à polarité négative et les cycles d'impulsion à polarité positive (Figure 5).

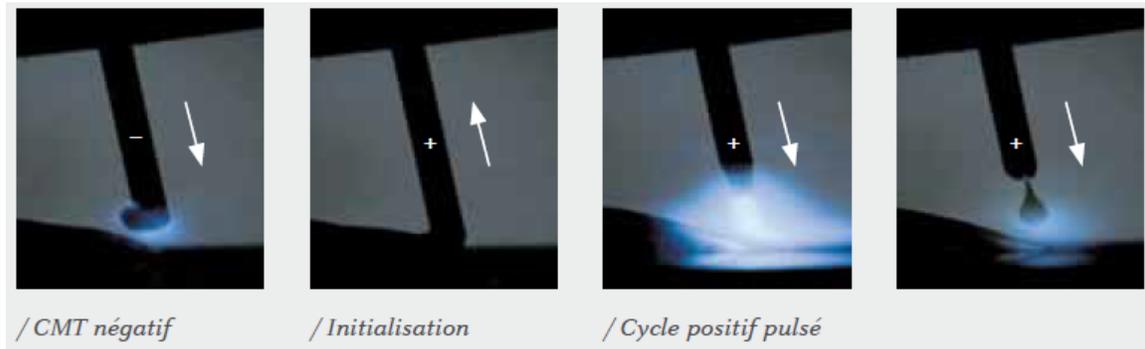


Figure 5 : CMT Advanced Pulse⁴

Avantages du CMT

Le CMT et ses variantes utilisent des valeurs de courant et de tension relativement faibles comparativement aux autres modes de transfert GMAW. La Figure 6 montre que les valeurs de courant et tension sont plus faibles en CMT Advanced comparativement au CMT.

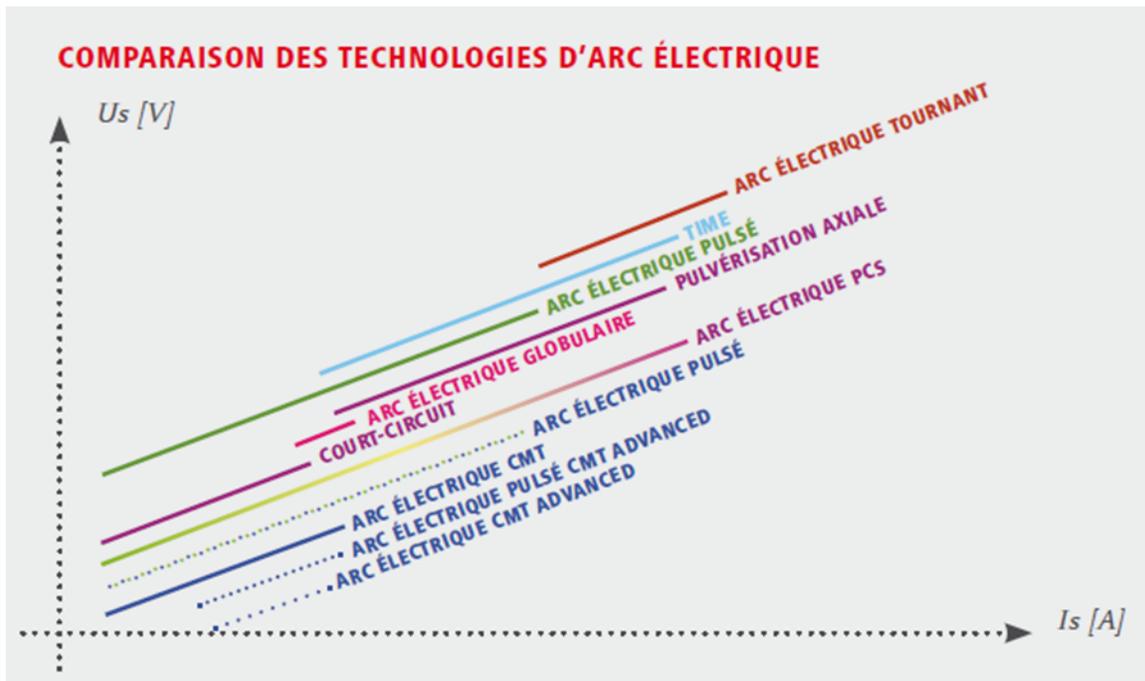


Figure 6 : Tension et courant de soudage en fonction des technologies d'arc électrique⁵

⁴ Source de l'image : Fronius

⁵ Source de l'image : Fronius

En plus d'un apport énergétique réduit lors du soudage, le CMT produit très peu de projections. La Figure 7 présente une étude de cas avec un fil d'acier et la quantité de projections en CMT est très faible comparativement aux modes de transfert en court-circuit et pulsé.

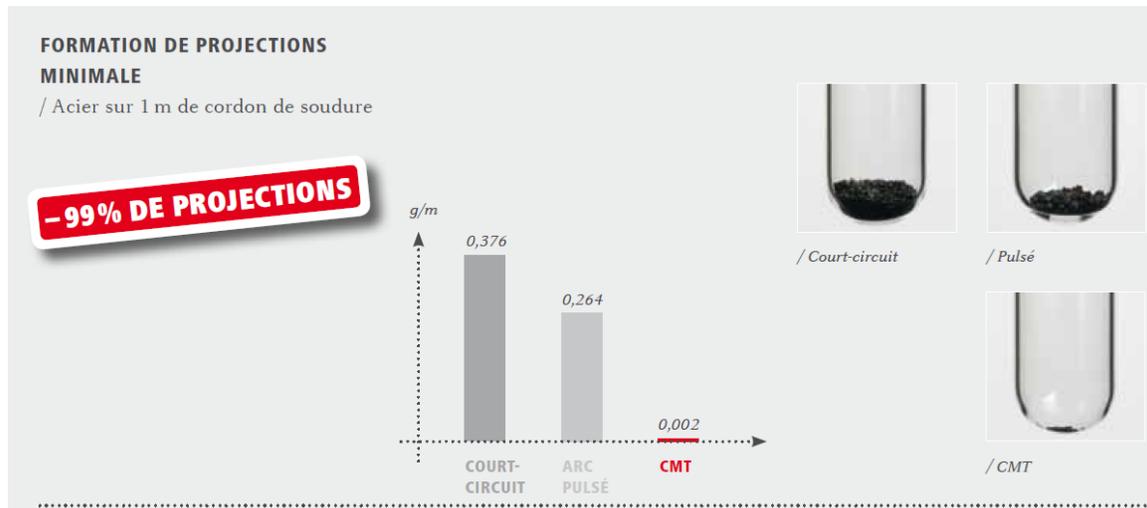


Figure 7 : Formation de projections minimale en CMT⁶

Exemple 1 : Soudage aluminium avec acier galvanisé

Le CMT permet le soudage de l'aluminium avec de l'acier galvanisé. En GMAW conventionnel, il est impossible de souder l'aluminium avec l'acier galvanisé, car le zinc en surface de la plaque d'acier se vaporise. En CMT, l'apport de chaleur au bain de fusion est suffisant pour amener le zinc à l'état liquide à la surface de la plaque d'acier galvanisé. Lors du soudage, il y a fusion avec la plaque d'aluminium et un brasage avec le zinc en surface de la plaque d'acier galvanisé. Les données pour le soudage de l'assemblage de la Figure 8 sont les suivantes :

- Plaques : aluminium 6061-T6 de 1/16 po avec acier galvanisé de 1/16 po
- Métal d'apport : ER4043 diamètre 3/64
- Gaz de protection : Argon 20 CFH
- Ligne synergique CMT 876
- Vitesse de fil : 195 po/min (courant moyen de 92 ampères)
- Correction de la hauteur de l'arc : 5% (tension moyenne de 11,5 volts)
- Vitesse de soudage 12 mm/s (28,3 po/min)

⁶ Source de l'image : Fronius

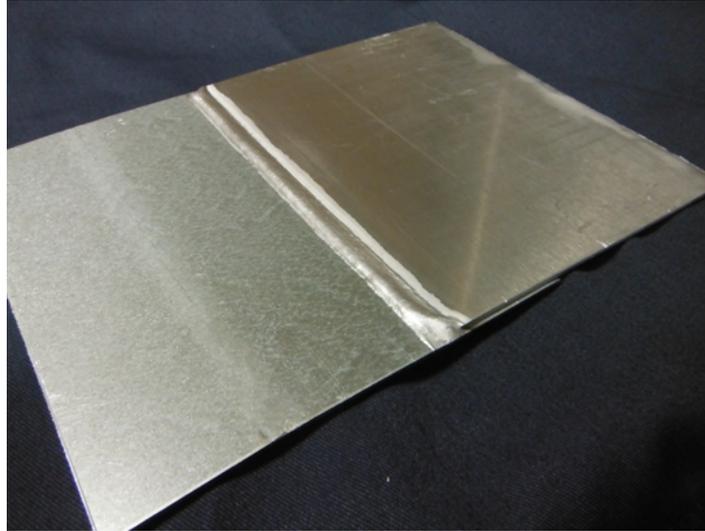


Figure 8 : Soudage CMT aluminium sur acier galvanisé

Une analyse métallographique permet de constater la liaison entre la soudure en aluminium et la surface de la plaque d'acier galvanisé (Figure 9). Pour connaître les éléments présents dans cette zone, une analyse au microscope électronique à balayage (MEB) a été réalisée.

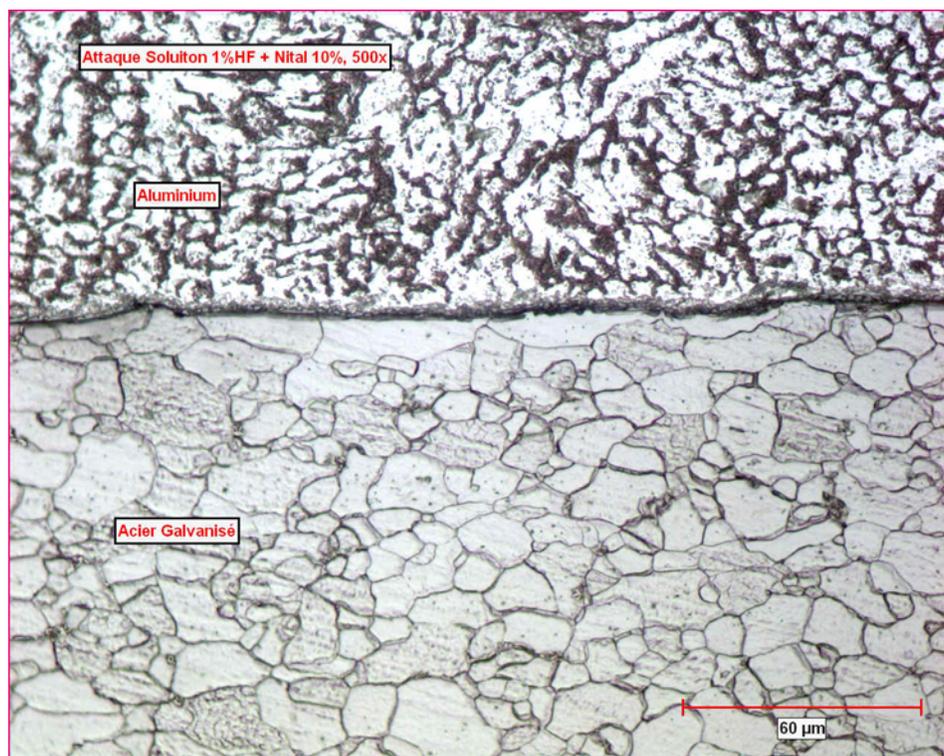


Figure 9 : Aluminium sur acier galvanisé (réactifs d'attaque :1% HF et Nital 10%)

La Figure 10 présente la zone analysée, il s'agit d'une analyse linéaire par point partant de la soudure en aluminium (fil ER4043, alliage aluminium-silicium) vers la plaque en acier galvanisé.



Figure 10 : Zone analysée au MEB (aluminium vers acier galvanisé)

Les résultats de cette analyse (Figure 11) montrent que la zone de liaison entre l'aluminium (ligne verte) et le fer (ligne jaune) est principalement constituée de zinc (ligne blanche), de silicium (ligne bleue) et d'oxygène (ligne rouge).

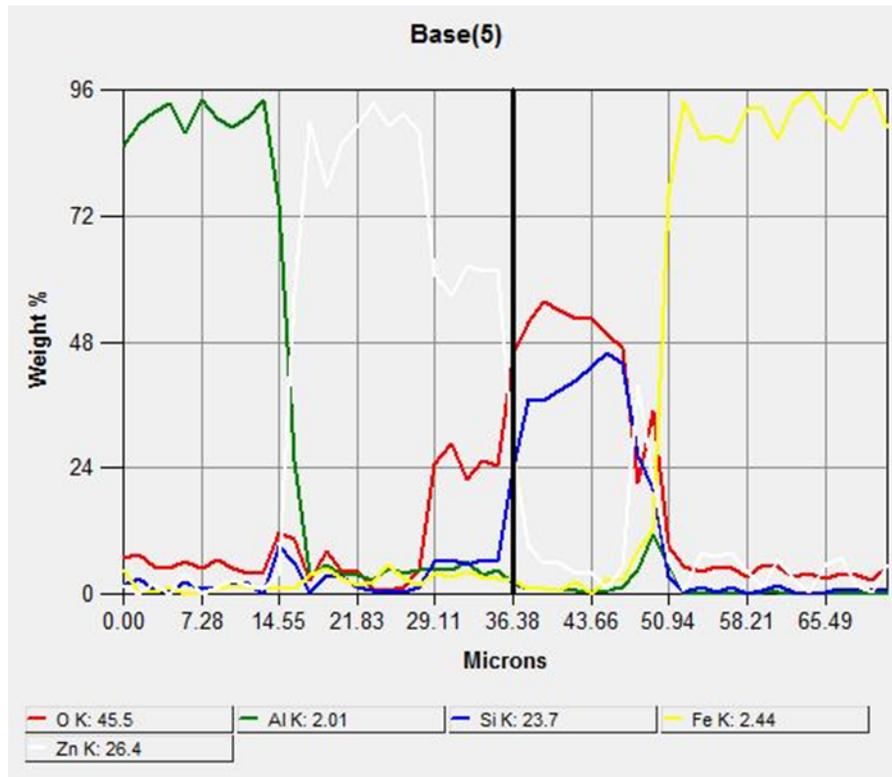


Figure 11 : Résultat de l'analyse linéaire au MEB

Des essais de tractions démontrent que la zone la plus faible de ce type d'assemblage est la plaque d'aluminium. Lors de l'essai de traction, la soudure demeure sur la plaque d'acier galvanisé et la rupture peut se produire dans la zone affectée thermiquement (ZAT), dans la soudure adjacente à la plaque d'aluminium ou directement dans la plaque en aluminium en fonction du métal d'apport et de base utilisés. Par exemple, lors du soudage d'une plaque en aluminium 6061-T6 sur une plaque d'acier galvanisé avec le métal d'apport ER4043 (Figure 12), la zone de rupture se retrouve dans la soudure sur le bord de la plaque d'aluminium avec une résistance moyenne de 150 MPa.



Figure 12 : Essai de traction, rupture dans la soudure adjacente à la plaque d'aluminium.

Des essais réalisés par Fronius démontrent que le soudage CMT de l'aluminium avec l'acier galvanisé est résistant au test de collision (Figure 13).

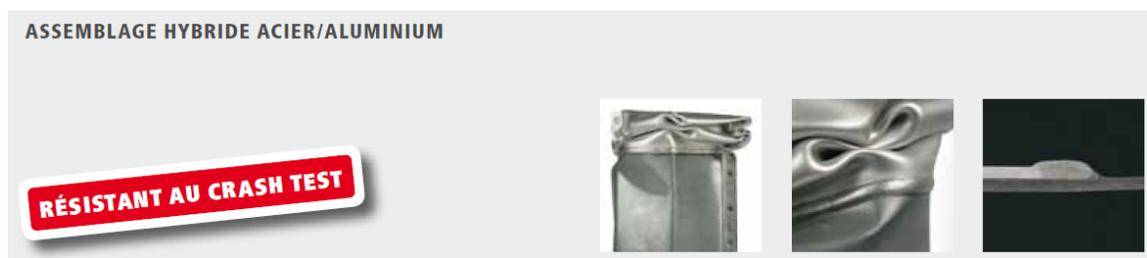


Figure 13 : Soudure CMT aluminium sur acier galvanisé, test de collision⁷

⁷ Source de l'image : Fronius

Exemple 2 : Soudage CMT avec titane

Comparativement au GTAW, le taux de dépôt en CMT est relativement élevé. Pour le rechargement et la réparation de pièce, ce procédé permet de déposer beaucoup de matériel avec un apport de chaleur réduit. Il y a donc moins de déformation pour la même quantité de métal déposé en CMT comparativement au GTAW. En une seule passe en utilisant un mouvement oscillatoire, il est possible de faire un dépôt de 20 mm de largeur en CMT (Figure 14 et Figure 15). Pour obtenir un dépôt équivalent en GTAW, 19 passes furent nécessaires (Figure 16). Les données de soudage CMT sont les suivantes :

- Plaque de titane (Ti6Al4V) de 10 mm d'épaisseur
- Métal d'apport : ERTi-5 diamètre 0.045 po
- Gaz : 50% Argon + 50% Hélium, 40 CFH
- Ligne synergique CMT 1001 modifiée
- Vitesse de fil : 360 po/min (courant moyen de 152 ampères)
- Correction de la hauteur de l'arc : 0% (tension moyenne de 14,7 volts)
- Vitesse de soudage 1,5 mm/s (3,54 po/min)

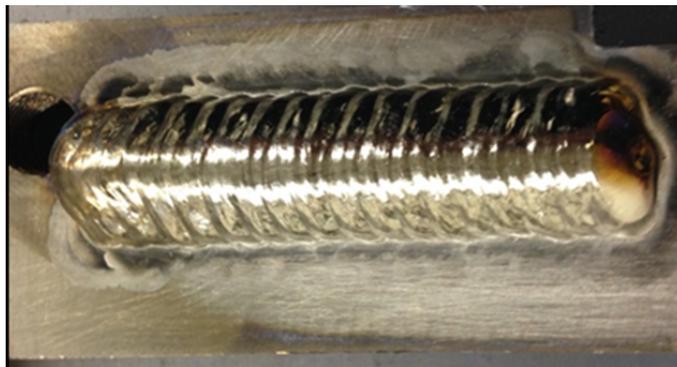


Figure 14 : Soudure titane en CMT avec mouvement oscillatoire

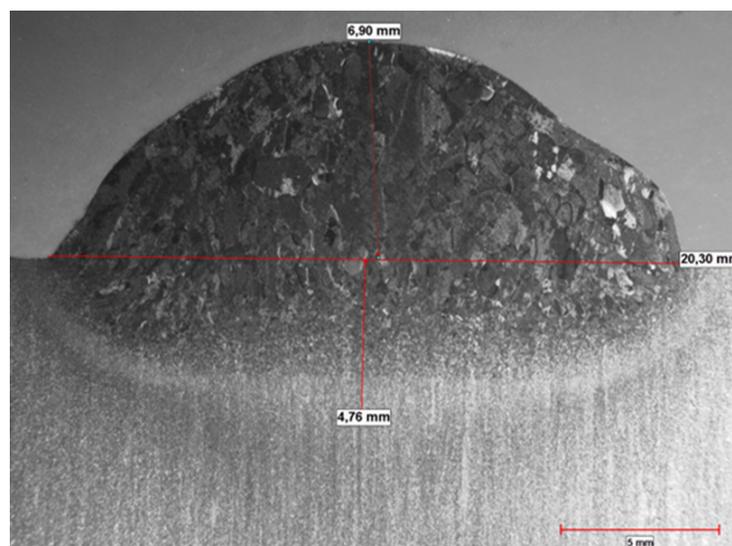


Figure 15 : Métallographie soudure titane en CMT avec mouvement oscillatoire



Figure 16 : Soudure titane GTAW, 19 passes pour un dépôt équivalent à celui en CMT

Exemple 3 : Fabrication additive avec le CMT

Avec le procédé CMT, il est possible de souder en continu pour faire de la fabrication additive. Pour fabriquer le cylindre de la Figure 17, le temps de soudage est de 1600 secondes avec un courant moyen de 41 ampères et une tension moyenne de 11,3 volts. Le logiciel Fronius Xplorer permet l'acquisition de données (temps de soudage, paramètres moyens, quantité de métal d'apport déposé et autres).

Courant moyen de 41 ampères et tension moyenne de 11,3 volts

Heure de démarrage	Cordon	Temps de soudage	I mean	I maxi	U mean	vD mean	vS mean	Gaz	Fil	Liste de jobs
10.11.2016 16:10:25.2	2	1599.9	41	176	11,3	95	—	0.0000	0.3922	270 271 272

Figure 17 : Fabrication additive en aluminium et logiciel Fronius Xplorer

Avec la robotique, il est possible de générer des trajectoires permettant de faire des formes plus complexes. Cependant, le CMT ne permet pas d'atteindre une aussi bonne précision géométrique que celles obtenues par d'autres procédés de fabrication additive. Toutefois, la vitesse d'ajout de matière en CMT est plus importante, ce qui permet de fabriquer des pièces plus rapidement ou plus volumineuses.



Figure 18 : Exemples de fabrication additive en aluminium

Conclusion

Le CMT est le mode de transfert par excellence pour des applications de rechargement avec un faible taux de dilution. Il est possible de fusionner pratiquement tous les fils GMAW et MCAW en CMT, il faut seulement une ligne synergique qui gère la relation entre les différents paramètres. Ce mode peut même être utilisé pour faire de la fabrication additive.