



PROCÉDÉ ARC SUBMERGÉ

*Dossier :
fils, flux, variantes...*



SOUDAGE AS



Sommaire

1	Introduction	4
2	Le soudage AS (arc submergé)	
	2.1 Principe	4
	2.2 Mise en œuvre du procédé	4
3	Performances	
	3.1 Amélioration de la productivité par la vitesse de soudage. Soudage multifil	5
	3.1.1 Le soudage à deux fils fins	5
	3.1.1.1 Disposition en tandem	5
	3.1.1.2 Disposition en transverse et semi-transverse	6
	3.2 Amélioration de la productivité par la vitesse et le taux de dépôt. Soudage multifil	7
	3.2.1 Arcs indépendants	7
	3.2.2 Arcs jumelés	7
	3.3 Amélioration de la productivité par le taux de dépôt	8
	3.4 Amélioration de la productivité par la simplification des préparations de soudage	8
	3.5 Amélioration de la productivité par la qualité des soudures	9
	3.5.1 Compacité du métal fondu	9
	3.5.2 Morphologie des zones fondues et affectées thermiquement.	9
	3.5.3 Aspect de surface, mouillage	10
4	Exemple d'application	10
5	Constitution d'une installation	11
6	Produits d'apport	11
7	Conclusion	11

1 Introduction

Le soudage à l'arc électrique sous flux appelé communément AS (arc submergé) est utilisé industriellement depuis plusieurs décennies dans de nombreux secteurs de l'industrie. Ce procédé offre une très grande productivité conciliant une grande souplesse d'utilisation assortie d'une qualité métallurgique de haut niveau pourvu qu'il soit mis en œuvre en optimisant le choix des consommables (couples fil/flux) et surtout le choix des paramètres de soudage.

Historique

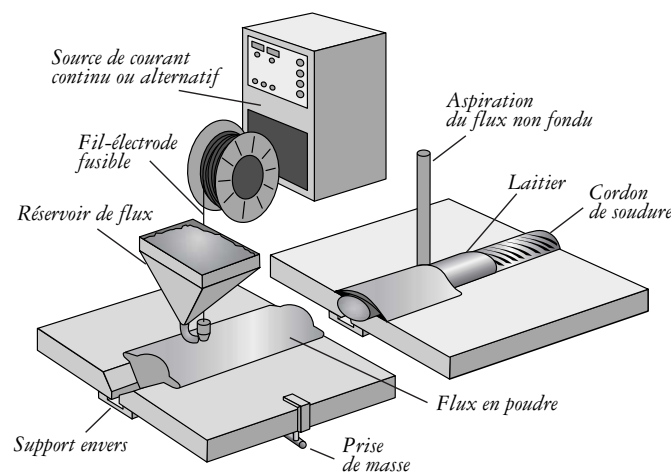
En 1935, la Société "Union Carbide" dépose un premier brevet aux Etats Unis. Le procédé est introduit en France par la SAF juste avant la dernière guerre mondiale, il ne s'applique alors qu'au soudage à plat. En 1950, moyennant certains artifices, le soudage en corniche devient possible.

Ce procédé a été, de nombreuses années, commercialisé sous le nom d'Unionmelt.

2 Le soudage AS (arc submergé)

L'énergie nécessaire à la fusion est fournie par un arc qui jaillit, sous une couverture de flux en poudre, entre un fil métallique continu fusible et les pièces à souder. Le soudage des pièces est réalisé par la fusion simultanée du métal de base (pièces à assembler) et d'un ou plusieurs fils-électrodes.

Malgré quelques tentatives en soudage manuel, ce procédé est principalement mis en œuvre à l'aide de machines automatiques (chariot, poutre, potence).



2-1 Principe

L'arc est alimenté en courant continu, le fil-électrode étant généralement raccordé au pôle $+$, ou en courant alternatif \square pour augmenter les intensités admissibles. Le fil massif, (le fil fourré ou le feuillard) est dévidé soit à vitesse contrôlée, soit asservie à la tension d'arc selon les caractéristiques particulières du générateur. Le laitier résultant de la fusion du flux recouvre le bain liquide et le cordon de soudure déjà solidifié. L'excès de flux est généralement récupéré et peut être ré-utilisé, après tamisage, moyennant quelques précautions.

2.2 Mise en œuvre du procédé

Le soudage AS (arc submergé) nécessite de respecter notamment :

→ la préparation des pièces en fonction des épaisseurs, du type de joint, des variantes du procédé utilisé.

- en soudures de raboutage un support envers est généralement nécessaire (réalisation d'une passe de soutien par un autre procédé : arc manuel à l'électrode enrobée, TIG, MIG/MAG ; emploi d'une latte support métallique ou en céramique).
- le choix du couple fil/flux en fonction de la nature du matériau à souder, du type de joint (monopasse, bipasse, multipasse) des caractéristiques mécaniques requises pour le joint soudé.
- le réglage des paramètres de soudage (nature du courant, intensité de courant, tension, vitesse de soudage etc..) qui influent sur la forme et la pénétration des joints soudés, sur le taux de dépôt.

3 Performances

Le soudage AS (arc submergé) est le procédé de soudage conciliant la productivité, la qualité du résultat et le confort opératoire.

- Il offre :
- une excellente compacité des joints,
 - de bonnes caractéristiques mécaniques,
 - une aptitude à réaliser des pénétrations importantes donc à diminuer l'importance des chanfreins voire à les supprimer,
 - des grandes vitesses d'exécution obtenues par l'emploi d'intensités élevées sur un ou plusieurs fils-électrodes,
 - un facteur de marche élevé,
 - l'absence de projections,
 - un minimum de déformations,
 - un très bel aspect des cordons,
 - l'élimination facile du laitier,
 - l'absence de nuisances : ni fumée, ni arc visible.

Selon les cas d'application et les objectifs particuliers recherchés, les performances énumérées précédemment peuvent encore être augmentées en choisissant les variantes du procédé :

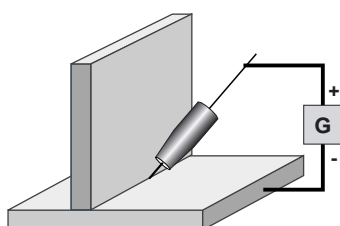
3.1 Amélioration de la productivité par la vitesse de soudage. Soudage multifil

3.1.1 - Le soudage à deux fils fins

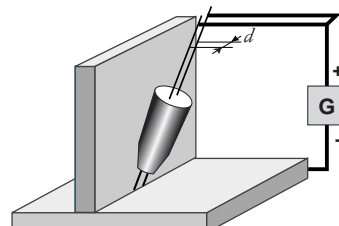
Les fils-électrodes ont un diamètre inférieur ou égal à 2,4 mm, ils sont alimentés par le même générateur, donc de polarité identique et sont entraînés par les mêmes galets qui possèdent deux gorges d'entraînement. Normalement le courant de soudage se répartit uniformément sur les deux fils-électrodes.

3.1.1.1 - disposition en tandem

Dans cette configuration, les deux fils-électrodes sont disposés l'un derrière l'autre dans le sens du joint soudé.



SOUDEGE MONOFIL



SOUDEGE en BIFIL (disposition TANDEM)

Avantages :

- Cette solution appliquée sur des tôles d'épaisseur inférieures à 5 mm permet d'accroître notamment les vitesses de soudage et le poids de métal déposé.

Une autre propriété intéressante de cette disposition des fils en tandem est le profil du cordon ainsi obtenu qui accuse une forte pénétration en forme de doigt de gant très appropriée aux joints d'angle.

(ex : poutres reconstituées).

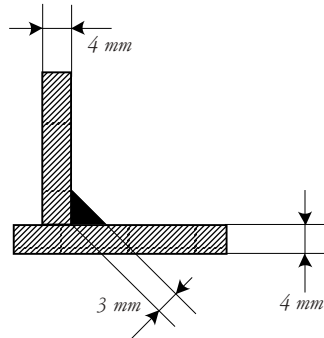


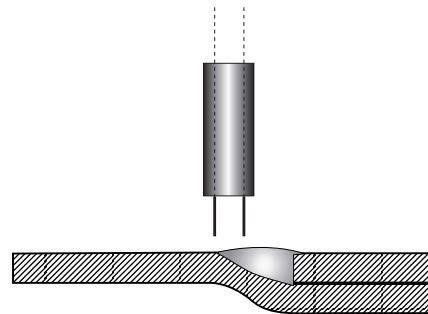
Tableau comparatif

	monofil	bifil
Diamètre de fil (mm)	3,2	1,6
Distance entre les fils (mm)	-	7
Intensité (A)	450	900
Tension (V)	28	37
Vitesse (m/min)	1,0	2,10

3.1.1.2 - disposition en transverse et semi-transverse

Les deux fils-électrodes sont situés dans un plan soit perpendiculaire au sens de soudage, soit dans une position angulaire intermédiaire entre cette dernière et la position tandem.

Cette disposition permet, outre la grande vitesse de soudage, le contrôle du rapport profondeur / largeur du bain de fusion. Elle est plus tolérante vis-à-vis des préparations.



(ex : joints obtenus par soyage sur les bouteilles de gaz liquéfié-butane.)

Influence des paramètres

L'écartement et la position des fils-électrodes n'ont pas une influence sensible sur les vitesses de fusion. La distance entre les fils-électrodes a une grande influence sur l'aspect et la forme du cordon. En général, pour une même intensité et une même vitesse de soudage, la pénétration diminue lorsque la distance entre les électrodes augmente. Cette disposition permet de s'accommoder d'écarts de préparation.

Position des fils-électrodes	AVANTAGES (par rapport au soudage avec une électrode)		Intensité (ampères)
	Vitesse	Dépôt	
TANDEM Les fils sont dans l'alignement du joint	x 2,5	→ bain de fusion allongé → pénétration accentuée → élimination facile des porosités	x 2,5
TRANSVERSE Les fils sont perpendiculaires à l'axe du joint	x 2	→ bain de fusion large → largeur de 1 à 1,5 → pénétration diminuée	x 2
SEMI-TRANSVERSE positions intermédiaires	x 2	résultats intermédiaires selon l'angle des fils et les paramètres affichés	x 2
→ La vitesse de soudage maximale est directement liée à la nature du flux.			

3.2 Amélioration de la productivité par la vitesse et le taux de dépôt. Soudage multifil

3.2.1 - Arcs indépendants

Cette variante emploie deux, trois ou quatre fils-électrodes de gros diamètres (3,2 ; 4 ou 5 mm) distancés de telle manière que le bain de fusion formé par chacun des fils constitue un bain de fusion unique avec le précédent. La source de chaleur se trouve artificiellement allongée par la juxtaposition de plusieurs arcs successifs. Pour éviter les phénomènes de soufflage magnétique, il est recommandé d'alimenter simultanément certains fils-électrodes en courant continu et les autres en courant alternatif, chaque fil étant alimenté par un générateur indépendant.

Avantages :

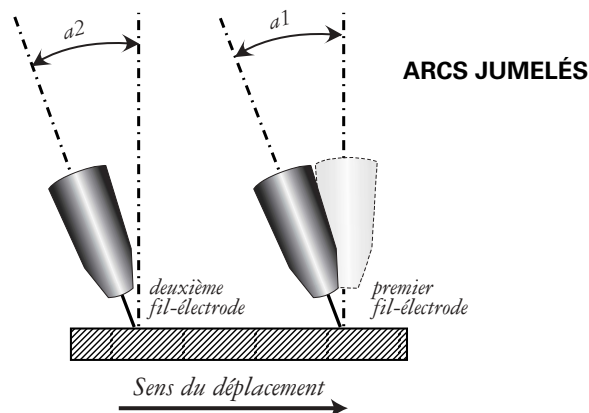
- pratiquement, on multiplie la vitesse de soudage et le taux de dépôt par le nombre de fils-électrodes ; le soufflage magnétique est minimisé voire supprimé et la qualité du joint soudé s'en trouve optimisée. Cette technique est fréquemment utilisée pour le soudage longitudinal des gros tubes.

Autres avantages, cette disposition permet, en chaudronnerie, pour des épaisseurs importantes et avec des préparations relativement médiocres :

- de remplacer la passe à l'arc manuel intérieure par une passe automatique multi-électrode,
- de prévoir pour la passe extérieure, une pénétration moins importante que lorsque celle-ci est réalisée sur passe de soutien à l'arc manuel,
- de supprimer dans certains cas le chanfreinage des bords à souder,
- de mieux équilibrer le réseau d'alimentation électrique par un raccordement judicieux des différents générateurs de soudage.

3.2.2 - Arcs jumelés

C'est un cas particulier du soudage multipasse, chacun des fils-électrodes, isolé électriquement de l'autre est connecté à une source de courant distincte et indépendante (disposition en tandem) ; leur distance est faible et les deux arcs ainsi créés forment un bain de fusion unique. Pour obtenir cette configuration, l'un des fils-électrodes est amené perpendiculairement à la pièce ou est incliné sur l'horizontal à 60/70° dans le sens de l'avance, l'autre est également incliné sur l'horizontal à environ 60/70° dans le même sens.



Avantages :

- bien que le taux de dépôt en soudage avec arcs jumelés soit le double de celui obtenu en monofil, ce n'est généralement pas cet aspect qui est mis à profit, mais plutôt le gain de vitesse important qu'il permet de réaliser, dans le cas d'assemblages bipasses notamment.

Les intensités de soudage pour chacune des deux sources sont du même ordre de grandeur que celles nécessaires au soudage avec un seul fil.

Les vitesses de soudage, pour des pénétrations identiques, sont de 100 à 150% supérieures à celles obtenues avec un seul fil.

Le rapport "pénétration / surépaisseur" est plus élevé qu'en soudage avec un seul fil. Les dimensions externes du joint soudé moins importantes admettent une simplification des préparations des pièces avant soudage.

Cette disposition permet d'éliminer plus facilement les soufflures créées lors du soudage de tôles contenant des ségrégations ; mais dans ce cas il n'est plus possible de souder aux vitesses pratiquées habituellement avec cette disposition.

NOTA : La technique des "arcs jumelés" nécessite un choix judicieux des paramètres de soudage. Les facteurs intervenant dans l'opération de soudage sont nombreux : diamètre, écartement, angle d'inclinaison des électrodes, etc. et réagissent les uns sur les autres.

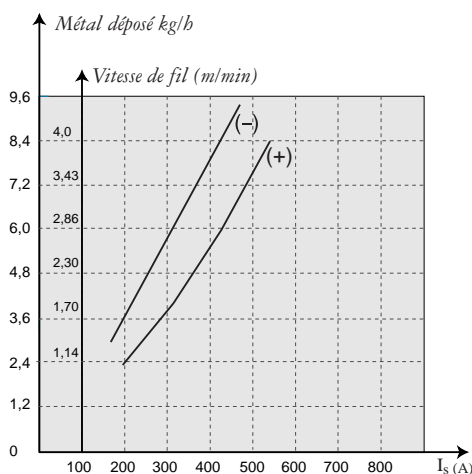
3.3 - Amélioration de la productivité par le taux de dépôt

Soudage en monofil avec inversion de la polarité et / ou diminution du diamètre du fil-électrode

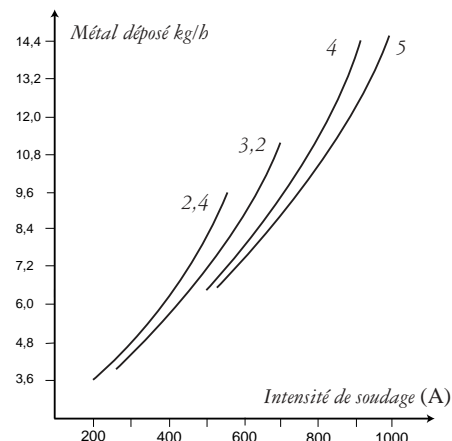
■ La polarité du fil-électrode agit sur la quantité de métal déposé mais également sur la profondeur de pénétration.

■ Le diamètre du fil-électrode agit principalement sur la quantité de métal déposé mais également sur la morphologie du cordon.

Courbe de fusion selon polarité du fil-électrode
avec fil diamètre 2,4 mm



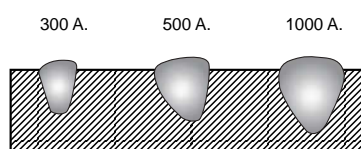
Courbe de fusion suivant le diamètre du fil-électrode utilisé



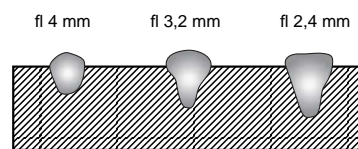
3.4 - Amélioration de la productivité sur le gain obtenu par la simplification des préparations de soudage

Le procédé AS (arc submergé) permet de supprimer les chanfreins sur des pièces jusqu'à 12 / 15 mm d'épaisseur en utilisant la méthode dite "recto-verso" dans la limite du respect des caractéristiques mécaniques, notamment énergie de rupture, et en utilisant un fil de diamètre approprié.

Influence de l'intensité



Influence du diamètre du fil-électrode



(à énergie de soudage constante)

Comparaison entre les différentes techniques de soudage à l'arc submergé

	monofil	arcs jumelés	bifil
→ Taux de dépôt maximal	1,0	2,0	1,5
→ Taux de dépôt pour une même énergie	1,0	1,2	1,1
→ Vitesse de soudage maxi pour une même énergie	1,0	1,5	1,9
→ Pénétration pour une même énergie	1,0	0,8	0,8

3.5 - Amélioration de la productivité par la qualité des soudures

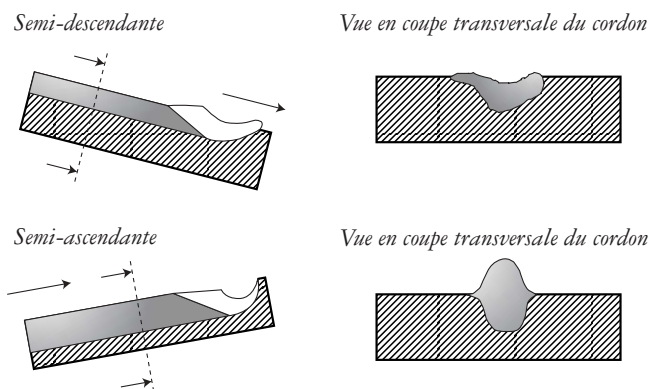
Le soudage AS (arc submergé) est un procédé de soudage qui conduit à une qualité du joint soudé particulièrement excellente.

3.5.1- Compacité du métal fondu

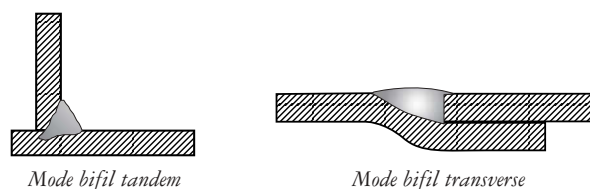
La compacité obtenue en soudage AS (arc submergé) est très bonne. Cela s'explique par l'action du flux dont le principal rôle est la désoxydation du métal en fusion, toutefois le choix du type de flux est primordial pour optimiser la qualité du joint soudé. Le choix sera opéré selon la nature du matériau, le type de préparation du joint (bout à bout, en angle), les épaisseurs, la vitesse de soudage, etc...

3.5.2 - Morphologie des zones fondues et affectées thermiquement

La forme des joints peut varier considérablement en fonction de la variante pratiquée. La particularité originale du procédé est de conduire à de fortes dilutions car le pouvoir pénétrant de l'arc est important. La forme du cordon pourra être adaptée en fonction des paramètres de soudage et du mode d'alimentation des fils pour une variante donnée. Le positionnement de la pièce ou plus spécialement la position de l'impact des fils-électrodes sur un joint circulaire dans un plan vertical aura une incidence considérable sur la forme du cordon.



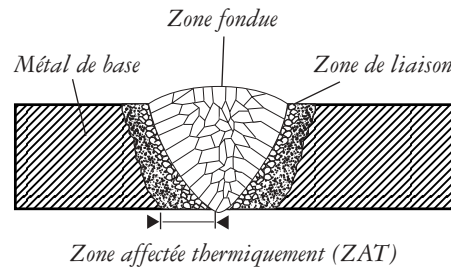
La forme de la zone fondue et par suite celle de la zone affectée thermiquement pourront être très différentes selon la variante mise en œuvre, particulièrement dans le mode bifil fin tandem ou transverse.



3.5.3 - Aspect de surface, mouillage

Le procédé de soudage AS (arc submergé) est réputé pour produire des joints soudés dont l'aspect est exemplaire. Le rôle du flux est primordial car il protège le bain liquide de toute action de l'oxygène et de l'azote atmosphérique, il scorifie les oxydes de fer existant sur le bord des pièces, et transformé en laitier liquide, il maintient et moule le métal déposé.

Le mouillage, faculté du cordon à se raccorder progressivement aux bords du joint soudé, est directement lié à l'état de surface des pièces et à l'action du flux qui sera sélectionné notamment en fonction de la vitesse de soudage et de la forme du joint.

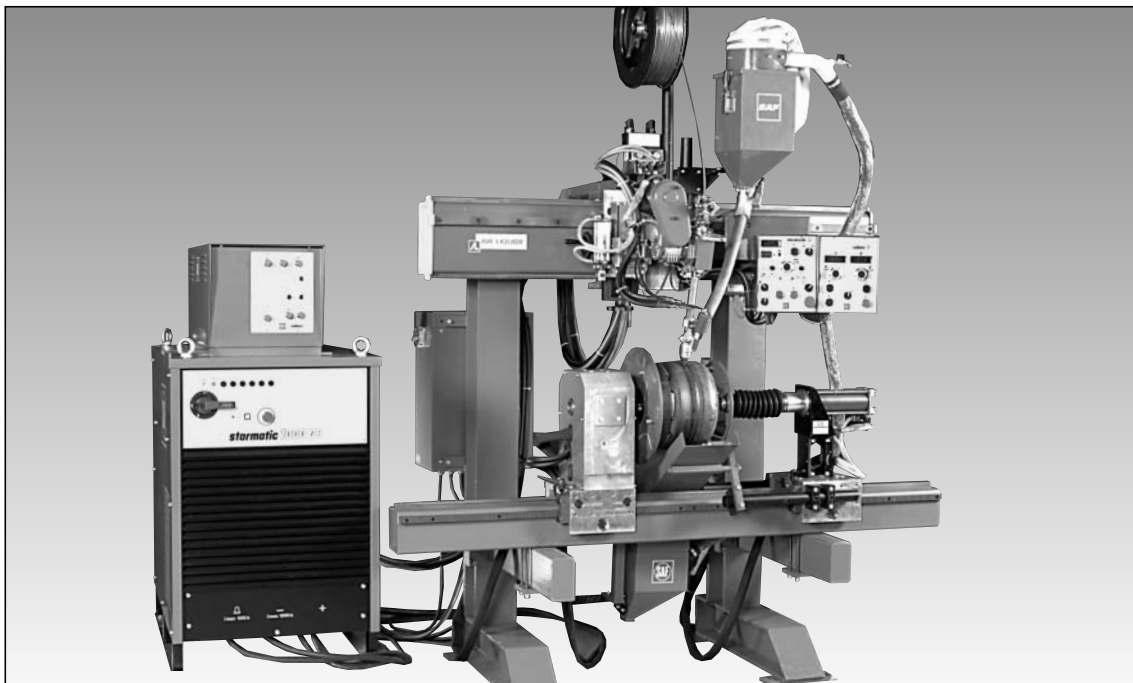


4 Exemple d'application

Procédé bifil : soudage de petit réservoir à pression (bouteille butane).

- Couple : - fil AS 26 (diamètre 1,2 mm)
- flux AS 231 M
- Diamètre du réservoir : 300 mm
- Épaisseur : 2,2 mm
- Intensité de soudage : 560 A
- Tension de soudage : 28 V
- Vitesse de soudage : 120 cm / min.

INSTALLATION DE SOUDAGE DE BOUTEILLE BUTANE

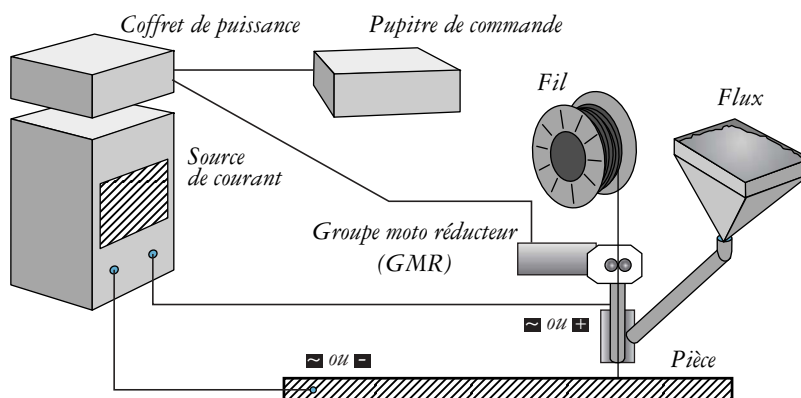


5 Constitution d'une installation

D'une manière générale une installation de soudage AS (arc submergé) est constituée de :

- un ou plusieurs générateurs de courant de soudage de caractéristiques appropriées (gamme **STARMATIC**) pouvant fournir jusqu'à 1300 ampères en courant continu et 1000 ampères en courant alternatif,
- une installation de soudage, proprement dite (**SUBARC 3 ou 5**), généralement modulaire, mobile ou fixe, avec son boîtier de commande et de régulation qui comprend :
 - une tête (ou plusieurs têtes) qui guident le fil (ou les fils) et l'alimente (ou les alimentent) en courant, avec pour chacune une buse d'arrivée de flux,
- un ou plusieurs dévidoirs de fils,
- une ou plusieurs trémies avec électrovanne pour l'approvisionnement du flux en poudre. Eventuellement, un dispositif de récupération du flux excédentaire pour recyclage,
- un dispositif assurant le déplacement relatif de la pièce et de la ou des têtes de soudage (vireur, positionneur, poutre, banc de placage, chariot).

En fonction de la variante retenue, des accessoires spécifiques compléteront la liste.



6 Produits d'apport

Pour plus amples renseignements relatifs au choix des produits d'apport, consulter la notice N° 1515 9000.

7 Conclusion

Grâce au choix judicieux

- du diamètre des fils-électrodes,
- de leur nombre,
- de leur disposition et de leur alimentation électrique,

il est possible :

- d'augmenter les vitesses de fusion,
- d'augmenter les taux de dépôt,
- d'obtenir des cordons de bel aspect dans des conditions de confort de travail optimales.

Tous ces axes de développement sont toujours d'actualité, ils permettent de maintenir une certaine compétition du procédé AS (arc submergé) avec les procédés existants.

SAF - 13, rue d'Épluches - Saint-Ouen l'Aumône
95315 Cergy-Pontoise Cedex - France
Tél. : 01 34 21 33 33 - Fax : 01 34 21 31 30
e-mail : info.saf@airliquide.com
Internet : www.saf-airliquide.com



© SAF 1515 9220
02 04 S 0.3 Ed. 2