

Par :

**Mathieu Rouleau, SKL Aluminium Technologie**

**Maurice Duval, CQRDA**

**Edith Villeneuve, CQRDA**

## Introduction

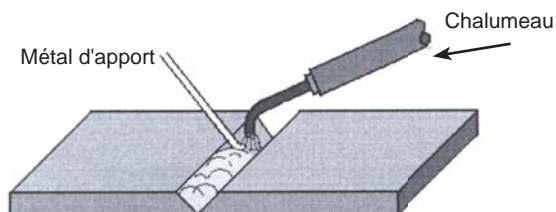
Le brasage est le plus ancien des moyens utilisant la fusion pour l'assemblage des pièces métalliques. Des vases et des bijoux brasés, datant de 3000 ans avant notre ère, ont été retrouvés en Orient. Aujourd'hui encore, le brasage est fréquemment utilisé en orfèvrerie. Le brasage n'est pas uniquement utilisé dans les procédés artisanaux ou de réparation simple, il est devenu un important procédé industriel dans la fabrication de nombreux produits.

## Brasage

Par définition, le brasage est une méthode de soudage dont le métal d'apport a une température de fusion inférieure à celle du métal de base. En portant le métal d'apport à sa température de fusion, celui-ci fond et mouille le métal de base avec lequel il est en contact. Ensuite, en refroidissant l'assemblage, le métal d'apport se solidifie et les différentes pièces en contact forment un lien métallique. On peut noter que, dans le brasage, le métal des pièces à assembler ne fond pas et ne participe pas à la construction du joint.

Il existe deux sortes de brasages : le soudo-brasage et le brasage par capillarité. Dans le soudo-brasage, le brasage se fait sur une fente large en forme de « V » ou de « X ». Le joint est chauffé et rempli progressivement par le métal d'apport pour réaliser l'assemblage (voir figure 1).

Figure 1 – Schéma du soudo-brasage (fait au chalumeau à l'aide d'une baguette de métal d'apport)



Le brasage par capillarité (d'usage bien connu en plomberie) est utilisé dans les procédés industriels à grand volume. Dans cette méthode, pour l'aluminium, le métal d'apport est placé sous forme de fil, feuillard et poudre au contact du joint (voir figure 2), ou encore laminé sur le métal de base (voir figure 3). Dans ces tôles laminées, d'épaisseur comprise entre une fraction de millimètre et quelques millimètres, le métal d'apport compte pour 5 à 10 % de l'épaisseur totale. Les tôles de brasage peuvent être mises en forme par les procédés habituels.

Figure 2 - Exemples d'assemblage avec fil d'apport

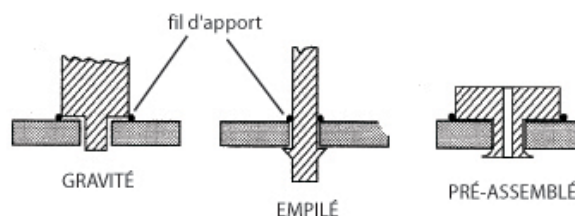
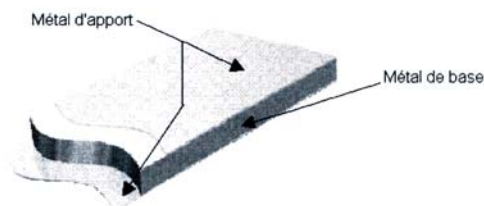
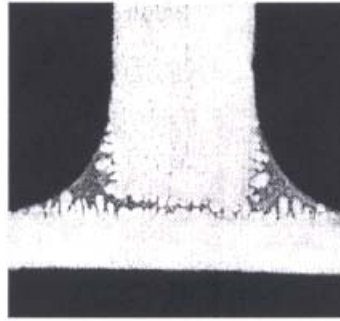


Figure 3 - Schéma d'une feuille de métal laminé destiné au brasage



Pour que le brasage par capillarité fonctionne, l'espace entre les pièces à souder doit être compris entre 0.05 et 0.2 mm, ou du moins adéquat, pour que le métal d'apport devenu liquide puisse mouiller les surfaces en contact et être « aspiré » dans les fentes par les forces capillaires. Ensuite, l'assemblage est refroidi. Cela donne une soudure qui pénètre dans les interstices des pièces en contact (voir figure 4).

Figure 4 - Micrographie sur coupe, d'un brasage par capillarité de deux pièces laminées et placées orthogonalement



Dans la pratique, le brasage (que ce soit du soudo-brasage ou par capillarité) peut être fait au chalumeau, à l'arc électrique, au laser, par induction, et à l'aide d'un four CAB « controlled atmosphere brazing », d'un four sous vide ou d'un bain de flux « dip brazing » dédiés à ce procédé. Ces trois derniers cas sont avantageux pour souder en série et de façon répétitive.

### Flux

L'oxyde métallique, qui se forme sur les surfaces à braser, possède un point de fusion beaucoup plus élevé que le métal lui-même, il empêche le mouillage, ce qui compromettrait le brasage. L'application d'un « flux » qui, en fondant sous l'effet de la chaleur, dissout la couche d'oxyde, empêche l'oxydation du métal et favorise le mouillage, est une condition nécessaire pour la réussite du procédé. Ce flux peut être sous forme de poudre appliquée au fusil électrostatique, ou encore sous forme liquide appliquée par trempage ou par pulvérisation. Le flux qui demeure un agent de corrosion doit être enlevé après brasage.

Avec certains alliages, le brasage peut être effectué sans flux, dans un four sous vide, ce qui élimine le problème d'enlèvement du flux. Les pièces à assembler doivent préalablement être nettoyées et dégraissées pour permettre au flux d'atteindre l'oxyde à dissoudre ou pour assurer le mouillage au four sous vide.

Les flux, en général brevetés, sont désignés par leurs appellations commerciales.

### Alliages utilisés

Dans le cas des tôles revêtues, les alliages de base communément utilisés sont essentiellement ceux sans durcissement structural des séries 1000, 3000, et 5000. Le tableau 1 résume les alliages de base les plus utilisés pour le brasage. Le choix d'un ou l'autre de ces alliages est guidé par l'application. Ainsi, la série 1000 est la plus « pure » et a une bonne conductivité électrique. On préfère la série 3000 lorsque le métal doit être facilement extrudé, tandis que la série 5000 est appréciée pour sa résistance à la corrosion.

Tableau 1 - Différents alliages de base utilisés pour le brasage

Alliage	Température de fusion (°C)	Aptitude au brasage
1100	640 à 655	Très bonne
3003	643 à 654	Très bonne
3004	630 à 655	Bonne
3005	630 à 655	Très bonne
3105	630 à 655	Très bonne
5050	627 à 652	Bonne
5050	627 à 652	Bonne
5052	605 à 649	Moyenne
5154	593 à 643	Mauvaise
6060	616 à 652	Très bonne
6061	616 à 652	Bonne
6063	616 à 652	Très bonne
356.0	557 à 613	Mauvaise
443.0	574 à 632	Moyenne
712.0	613 à 649	Très bonne

Pour ce qui est des alliages d'apport, ils sont communément à base de silicium. Le tableau 2 résume les alliages d'apport les plus utilisés pour le brasage.

Tableau 2 - Différents alliages d'apport utilisés pour le brasage, classification AWS

Alliage	Composition	Température de fusion (°C)	Brasage de (°C)
BAISi-2	Al-Si 6.8-8.2 %	577 à 613	599 à 621
BAISi-3	Al-Si 9.3-10.7 %	521 à 585	571 à 604
BAISi-4	Al-Si 11.0-13.0 %	577 à 582	582 à 604
BAISi-7	Al-Si 10% Mg 1.5 %	559 à 596	588 à 604
BAISi-11	Al-Si 10% Mg 1.5 % et Bi	559 à 596	588 à 604

Le procédé de brasage guide en partie le choix de l'alliage d'apport. Par exemple, le BAISi-2 et le BAISi-3 vont être utilisés pour les précédés où le contrôle de température est précis, tandis que l'alliage eutectique BAISi-4 est utilisé pour le brasage au chalumeau. Ce dernier devient fluide de façon presque instantanée lorsqu'il est porté à sa température de fusion; ce qui lui confère un avantage pour des applications manuelles où il est difficile de contrôler l'apport de chaleur. On utilisera en plus, comme indicateur de température, un flux qui fond légèrement en dessous de la température de fusion du métal d'apport. Les alliages BAISi-7 et BAISi-11 ont l'avantage de ne pas requérir de flux pour le brasage sous vide.

### Contrôle de la qualité

L'inspection visuelle est la méthode usuelle pour évaluer la qualité du joint. Le tableau suivant donne les causes et les aspects caractéristiques des défauts potentiels. Les assemblages devant être étanches vont aussi subir un essai d'étanchéité.

Tableau 3 – Causes et aspects caractéristiques des défauts (TALAT, F4601.05.01)

Aspect du défaut	Cause possible
Surface du congé irrégulière et fracturée	Température non conforme, les pièces ont peut-être bougé les unes par rapport aux autres
Surface du congé affaissée	Température de brasage trop basse et temps de maintien en temp. trop court
Surface du congé rugueuse	Ségrégation du métal fondu, temp. insuffisante et temps de maintien trop long
Minuscules dépressions circulaires à la surface du congé	Formation de gaz par piégeage d'hydrogène dans le métal d'apport, modification des matériaux situés sous le métal d'apport pendant le brasage et formation de gaz
Manque de fusion sur certaines parties du joint	Surfaces affleurantes non alignées, l'écoulement du métal a été bloqué par des bavures sur les bords du joint
Manque de fusion sur de longues parties du joint	Absence ou manque de flux, saissures superficielles (huile, impuretés, pellicule d'oxyde trop épaisse)
La forme arrondie du métal d'apport est défectueuse	Chauffage insuffisant, mauvais nettoyage, flux inefficace
Congés sous-dimensionnés	Métal d'apport insuffisant, température ou temps de maintien en température insuffisant, vibration, manque de flux, nettoyage défectueux. Tôles en aluminium prêtes à braser : températures insuffisantes ou brasage trop long provoquent une diminution des congés
Joint ouvert ou fissuré	Trempe trop rapide, support ou montage de maintien des pièces trop rigides, chauffage ou refroidissement non uniformes, dilatation ou contraction irrégulières par suite d'une trop grande différence de poids entre les pièces
Hauteur des congés inférieure à la normale	Vibrations, chauffage non uniforme, présence d'impuretés ou manque de flux sur l'élément vertical



Causes et aspects caractéristiques

F4601.05.01

### Avantages

Ce procédé est indispensable pour assembler des structures complexes et minces ou des pièces très petites.

Le brasage présente certains autres avantages :

- Joints très résistants; traitement thermique possible pour certains alliages (trempe possible à la sortie du four de brasage).
- Assemblages résistants aux chocs et aux vibrations.
- Les assemblages en alliages d'aluminium brasés ont une excellente résistance à la corrosion.

- Peu ou pas de distorsions; du fait d'une zone fondue très mince comparée au soudage et que la température n'est pas localisée (brasage au four ou au bain).
- Possibilité de joindre l'aluminium avec d'autres métaux; ferreux ou non ferreux (ex. : acier, cuivre, titane, nickel, magnésium).
- Procédé facilement automatisable qui donne des assemblages fiables et économiques.
- Permet de réaliser un grand nombre de joints en même temps.
- Peut remplacer le soudage dans de nombreux cas.
- Joints uniformes et lisses; le polissage est normalement non requis.
- Les coûts de finition sont faibles.

## L'industrie

SKL Aluminium Technologie est la première entreprise canadienne œuvrant dans le secteur du transfert thermique industriel. Elle développe, fabrique et commercialise des produits de remplacement et d'origine en aluminium brasé pour le marché nord-américain (réf. 4).

Les équipements de brasage industriels, brasage sous atmosphère contrôlé, brasage par immersion sont disponibles auprès de différents manufacturiers. On en retrouve quelques-uns dans la section « Références » aux numéros 6, 8 et 10.

## Références

1. Principles of soldering and brazing, G. Humpston & D. M. Jacobson, ASM.
2. Aluminum and aluminum alloys , ASM Specialty Handbook, 1996.
3. <http://www.eaa.net/eaa/education/TALAT/lectures/4601.pdf>
4. <http://webskl.com>
5. <http://www.answers.com/topic/brazing>
6. <http://www.safed.com/index.htm>
7. <http://chalumo29.free.fr/171.htm>
8. <http://www.secowarwick.com>
9. <http://www.handyharmancanada.com/TheBrazingBook/Section%201/What%20brazing%20is%20all%20about/Part%201.htm#What%20is%20brazing>
10. <http://www.colemanmw.com/services/adb.htm>

### Le Feuillard technique est publié par :

Centre québécois de recherche et de développement de l'aluminium  
 637, boulevard Talbot, bureau 102  
 Chicoutimi (Québec) G7H 6A4  
 Téléphone : (418) 545-5520/Télécopieur : (418) 693-9279  
[info@cqrda.ca](mailto:info@cqrda.ca)  
[www.cqrda.ca](http://www.cqrda.ca)

Infographie  
 Francine Corneau

Révision linguistique  
 René Laberge

