

Metal Joining, Février 2011

# JMB OVERVIEW

Metal  
Joining

Jewellery  
& Watches

Chemicals  
& Noble Metals

Refining



## INHALT

<b>Éditorial</b>	<b>page 3</b>
<b>Trouvez le bon interlocuteur ...</b>	<b>page 4</b>
Force de vente	page 4
Service commercial	page 5
<b>L'histoire du brasage</b>	<b>page 6</b>
<b>Mais qu'est-ce que le brasage ?</b>	<b>page 8</b>
Classement des procédés de brasage	page 8
Le mouillage	page 8
La capillarité	page 9
<b>Domaines d'application du brasage</b>	<b>page 10</b>
Électronique et électrotechnique	page 10
Techniques du froid et de la climatisation	page 10
Techniques solaires	page 10
Outils en diamant	page 11
<b>L'avenir du brasage: tendances dans l'évolution des techniques</b>	<b>page 11</b>
Introduction	page 11
Brasage de métaux difficiles à braser	page 11
Brasage de matériaux composites	page 12
Alliages de brasage	page 12
Simulations assistées par ordinateur	page 12
Contrôles non destructifs	page 13
Conclusion	page 13

## ÉDITORIAL

### Chers clients, chers partenaires et chers amis,

Après avoir fêté ses 40 ans d'existence, le 7 octobre 2010, la société Johnson Matthey & Brandenberger AG poursuit sur la voie d'une évolution constante, en ce tout début de 41<sup>e</sup> exercice. Outre le suivi étroit de nos clients sur le marché suisse et la prospection simultanée de nouveaux clients, nous avons également pour objectif de continuer à développer nos exportations sur les marchés allemand et autrichien. Pour ce faire, nous avons engagé dès 2007 un commercial allemand, qui a pour principale mission de s'occuper de l'ensemble des marchés de langue allemande extérieurs à la Suisse.

Grâce à sa position de leader dans la métallurgie des métaux précieux le nom de la société Johnson Matthey est souvent associé à des produits haut de gamme. Le haut niveau de qualité de nos produits, comme de nos prestations de services techniques constitue notre image de marque. Nous avons conscience du fait que nos clients sont confrontés à des défis de plus en plus difficiles à relever. C'est pourquoi nous leur proposons une assistance technique complète, qui se traduit très souvent pour eux par une baisse des coûts de fabrication. Aussi avons-nous réussi, jusqu'à présent, à occuper une position privilégiée sur le marché malgré la compétition accrue et à nous maintenir face à l'ensemble de nos concurrents de renom.

Au nom de l'ensemble du personnel de la société Johnson Matthey & Brandenberger AG, je vous remercie de votre confiance dans la marque Johnson Matthey et dans nos collaborateurs, à l'origine de la croissance permanente de la division Metal Joining. Cette confiance nous incite d'autant plus à ne pas décevoir vos attentes et nous mettons tout en œuvre pour les satisfaire.

Une équipe aux visages multiples compose la division Metal Joining de Johnson Matthey et chacun contribue à notre réussite commune. Il est temps de faire les présentations.

Cordialement,

Mario Porta  
Directeur de la division Metal Joining

## TROUVEZ LE BON INTERLOCUTEUR ...

Votre partenaire en produits de brasage, en Suisse, Allemagne et Autriche.

### FORCE DE VENDE

#### Jean-François Boillat



Né en 1949. Chez Johnson Matthey & Brandenberger AG depuis novembre 1987. Responsable Suisse romande

Il est principalement chargé du suivi des clients de la division Jewellery & Watches (Horlogerie & bijouterie), pour les alliages de platine et de palladium, ainsi que de la récupération des métaux précieux. Entrent également dans ses attributions l'assistance technique auprès des sous-traitants de l'industrie horlogère ainsi que le suivi des clients de l'industrie du verre et des fibres de verre. Sa formation en électrochimie lui permet en outre d'être un appui certain pour les acheteurs de sels de métaux précieux. Il apporte enfin à la division Metal Joining une grande expérience dans l'utilisation des pâtes à braser contenant des métaux précieux, principalement employées pour le brasage d'éléments et de composants horlogers, ainsi que dans le secteur des différents types de brasures en alliage d'argent.

Père de deux enfants (et grand-père), il aime le tennis, la natation, la randonnée et la bicyclette

[http://www.johnson-matthey.ch/fr/ansprechpartner/jeanfrancois\\_boillat.shtml](http://www.johnson-matthey.ch/fr/ansprechpartner/jeanfrancois_boillat.shtml)

#### Thomas Habegger



Né en 1968. Chez Johnson Matthey & Brandenberger AG depuis janvier 2010. Responsable Suisse alémanique et Tessin

Thomas Habegger a rejoint notre équipe le premier janvier 2010. Dès juin 2010, il succédait à Karl Hagger, pour s'occuper de nos clients suisses allemands. En collaboration avec Carlo Porta, il est également chargé de la Suisse italienne et de l'assistance technique auprès de nos clients des marchés européens de langue allemande. Thomas Habegger complète idéalement l'équipe grâce à ses compétences étendues en brasage et soudage (il est spécialiste de soudage Int. Welding). Il garantit la réalisation de nos objectifs commerciaux en Suisse et le maintien de notre haut niveau d'assistance technique.

Père de famille, il pratique le curling, le V.T.T., le ski et la moto

[http://www.johnson-matthey.ch/fr/ansprechpartner/thomas\\_habegger.shtml](http://www.johnson-matthey.ch/fr/ansprechpartner/thomas_habegger.shtml)

#### Karl Hagger



Né en 1943. Chez Johnson Matthey & Brandenberger AG depuis octobre 1997. Responsable Suisse alémanique

En 1997, Karl Hagger accède au poste d'ingénieur commercial, dans l'ancien département Brasures à l'argent. Par le biais de son expérience professionnelle antérieure, il apporte d'importantes connaissances dans son domaine, qui lui permettent de contribuer pour une part importante au succès et au développement de notre département, dans le domaine des techniques du brasage. Il fait de la résolution des problèmes son cheval de bataille. Centré sur les besoins de nos clients, il a élaboré des solutions qui prennent systématiquement en compte les possibilités techniques existantes, l'efficacité des processus et un haut niveau de reproductibilité. Il sera toujours un modèle pour nos collaborateurs et laissera d'excellents souvenirs dans la mémoire de nos clients. Karl Hagger a fait valoir ses droits à la retraite fin septembre 2010. Nous serons heureux de continuer à pouvoir faire appel à ses services, dans le cadre de projets particuliers. Son expérience et son savoir nous sont indispensables.

Père de famille et grand-père, il est passionné d'aviation.

[http://www.johnson-matthey.ch/fr/ansprechpartner/karl\\_hagger.shtml](http://www.johnson-matthey.ch/fr/ansprechpartner/karl_hagger.shtml)

#### Hartmut Leinenbach



Né en 1967. Chez Johnson Matthey & Brandenberger AG depuis janvier 2007. Responsable Allemagne et Autriche

Grâce à l'engagement de Hartmut Leinenbach, en 2007, Johnson Matthey a renforcé la stratégie de développement, initiée dès 2002, en Allemagne et en Autriche. Malgré la fermeture de nos bureaux de Vienne, en octobre 2006, nous sommes parvenus non seulement à conserver mais aussi à développer notre clientèle. Les succès à court et moyen terme que nous avons connus ont rapidement confirmé que le recrutement de Hartmut Leinenbach était un très bon choix, et constituait une excellente motivation pour poursuivre ce qui a déjà été mis en place, mais aussi aller de l'avant.

Il doit son expérience dans la prospection commerciale à sa carrière antérieure dans des entreprises aussi bien allemandes que suisses. L'ensemble de nos activités, sur nos marchés extérieurs, s'appuie sur l'intérêt de Hartmut Leinenbach pour nos clients. Sa personnalité, ouverte, et son assurance dans ses échanges avec nos partenaires sont les clés de notre succès.

Père de famille, il affectionne la natation, le fitness, la musique (guitare et trompette), ainsi que la lecture

[http://www.johnson-matthey.ch/fr/ansprechpartner/hartmut\\_leinenbach.shtml](http://www.johnson-matthey.ch/fr/ansprechpartner/hartmut_leinenbach.shtml)

### SERVICE COMMERCIAL

#### Patrick Ferrari



Né en 1984. Chez Johnson Matthey & Brandenberger AG depuis août 2000. Chargé d'affaires

Après avoir terminé sa formation commerciale, au sein de notre entreprise, Patrick Ferrari a pris ses fonctions de chargé d'affaires au sein du département Metal Joining, depuis août 2003. Il est responsable de différents groupes de produits, comme les pâtes de brasage (tous alliages), les produits de brasage doux et les flux de brasage correspondants, les brasures au nickel, les brasures au cuivre et les brasures à l'argent et flux de brasage généraux. Il s'occupe également des produits de nos partenaires Wall Colmonoy et Fusion Inc., qui complètent notre gamme standard de produits de brasage. Spécialement formé pour cette mission, il assure également l'encadrement des apprentis en formation dans le département.

Ses passions sont la musique et le hockey sur glace

[http://www.johnson-matthey.ch/fr/ansprechpartner/patrick\\_ferrari.shtml](http://www.johnson-matthey.ch/fr/ansprechpartner/patrick_ferrari.shtml)

#### Mario Porta



Né en 1966. Chez Johnson Matthey & Brandenberger AG depuis 1985. Directeur du département Metal Joining (CH, DE, AT). Responsable Tessin.

Une fois achevée sa formation commerciale au sein de Johnson Matthey, Mario Porta a débuté en août 1988 ses activités de chargé d'affaires au sein du département Brasures à l'argent & Mallory, comme responsable du secteur Matériaux de soudage par résistance et récupération de déchets contenant des métaux précieux. Huit ans plus tard, il choisit de relever des nouveaux défis, dans la vente, avant de revenir chez Johnson Matthey, à l'automne 1999, pour y occuper le poste de Directeur de la division «Metal Joining». Mario Porta a joué un rôle déterminant dans la création du département Metal Joining, en 2000 (consécutive à la fusion des départements Brasures à l'argent & Mallory). Une année plus tard, la division nouvelle créée devait également reprendre les activités commerciales Allemagne et Autriche de la maison mère anglaise.

Ses hobbies : le football, la moto, les voyages, la lecture

[http://www.johnson-matthey.ch/fr/ansprechpartner/mario\\_porta.shtml](http://www.johnson-matthey.ch/fr/ansprechpartner/mario_porta.shtml)

## Raffael Tonolla



Né en 1984. Chez Johnson Matthey & Brandenberger AG depuis août 2003. Chef de produit

Après avoir terminé sa formation commerciale chez Siemens, Raffael Tonolla a intégré le département Metal Joining de la société Johnson Matthey & Brandenberger AG, en août 2003, en tant que chargé d'affaires.

Il est responsable des alliages de cuivre (destinés au soudage par résistance) et des métaux frittés, des brasures sous vide chargées en métaux très précieux et de la récupération des déchets de brasures à l'argent et d'anodes du secteur galvanisation. Il anime également notre «Ringshop», c'est-à-dire notre division consacrée à des pièces spécifiques, élaborées pour certains clients à partir de nos différents produits de brasage à base de métaux précieux (comme les anneaux en fil ou en ruban métallique, les pièces estampées de tous types, de toutes formes et sur plan). Raffael Tonolla assure la liaison entre nos clients et nos sites de production, ainsi qu'avec nos partenaires, des «activités triangulaires» parfois complexes. De 2004 à 2008, Raffael Tonolla a en outre suivi un cursus d'économiste d'entreprise (HES), dans le cadre de la formation professionnelle continue.

Ses centres d'intérêt: le football, la lecture, les voyages

[http://www.johnson-matthey.ch/fr/ansprechpartner/raffael\\_tonolla.shtml](http://www.johnson-matthey.ch/fr/ansprechpartner/raffael_tonolla.shtml)

## L'HISTOIRE DU BRASAGE

Lorsque Johnson Matthey a élaboré ses premières brasures pour l'industrie bijoutière, il y a plus de 100 ans, le brasage proprement dit avait déjà une très longue histoire. Des fouilles archéologiques ont attesté l'existence du brasage, dans l'ancienne Égypte, aux environs 5000 av. J.-C., c'est-à-dire bien avant même l'époque des pharaons. Les Troyens y avaient également recours.

Le brasage ne connaîtra toutefois son véritable essor qu'à la découverte de l'étain, il y a environ 4000 ans. À partir de là, son succès ne cessera de croître. Il se répand tout d'abord sur les pourtours de la Méditerranée. Les Crétois le font découvrir aux Étrusques, qui le transmettent à leur tour aux Romains, aux Tunisiens, aux Espagnols et ainsi de suite. L'art du brasage se perfectionne, de culture en culture, et de génération en génération.

Après le cuivre, l'or est le second métal utilisé par l'homme pour la fabrication d'objets. Les pépites les plus grosses sont collectées pour constituer des «pierres extensibles», transformées, à froid, en perles ou autres bijoux. Dans l'Antiquité, l'or et sa production étaient l'objet de toutes les attentions. L'Égypte était réputée pour posséder d'énormes quantités d'or. Le seul sarcophage de Toutankhamon, roi pourtant d'une importance mineure dans l'histoire des pharaons, pesait 110,4 kg. Parmi les objets retrouvés à l'intérieur du sarcophage, on compte également le célèbre masque funéraire en or massif, d'un poids de 11 kg ainsi que de superbes bracelets. La fabrication de ces bracelets suivait probablement le processus ci-après: un ruban d'or était cintré pour former un jonc, dont les extrémités étaient ensuite brasées l'une à l'autre. Le masque funéraire de Toutankhamon comporte lui aussi plusieurs zones de brasage. Certains cordons de brasure, à la base du cou, comportent d'ailleurs des défauts très nettement visibles. Cela n'en minimise pas pour autant les performances considéra-

bles des orfèvres de l'époque. Rétrospectivement toutefois, les Romains se révèlent être les plus impressionnants dans la mise en application de ce nouveau procédé d'assemblage. Ils sont déjà capables de construire des conduites d'eau, sur 400 km de distance, à partir de tubes en plomb brasés, dont les cordons de brasure résistent à 18 atmosphères de pression. Ces mêmes Romains étaient également capables de construire des fours et autres baignoires à partir de tôles de bronze. Les forgerons et les orfèvres romains étaient eux aussi passés maîtres dans l'art du brasage.

Naturellement, il nous appartient de replacer le brasage dans le contexte de la métallurgie, qui suppose déjà des connaissances considérables. Le plus important, en l'occurrence, est d'être en mesure d'obtenir des températures supérieures à 1000 °C. Grâce à la poterie, nos ancêtres savaient maîtriser des températures élevées (au minimum 600 °C) depuis les débuts du Néolithique (il y a près de 11000). Il y a environ 8000 ans av. J.-C., l'homme parvenait déjà à faire fondre le cuivre (dont la température de fusion s'élève à 1100 °C). La découverte d'objets dans des zones d'habitat pastoral et paysan des plaines d'Anatolie et d'Arménie occidentale l'atteste. À partir de ces «centres», les techniques se sont diffusées jusqu'en Afghanistan ainsi que vers le sud, dans les vallées fluviales du Croissant fertile voisin.

On s'est longtemps demandé comment les orfèvres des temps anciens, avaient réussi à exercer leurs talents de brasage sur les magnifiques objets qui font la fierté des plus grands musées du monde entier. Après moult spéculations hasardeuses, il faudra attendre 1890 et 1934 respectivement, pour qu'un prêtre de Francfort (Johannes Schulz) et un citoyen anglais (Henry Ambrose Pudsay Littledale), redécouvrent le brasage par réaction (ou brasage par diffusion). Ce procédé repose sur le principe selon lequel certains sels de cuivre sont réduits dans l'atmosphère chargée en CO des fours à charbon de bois. Une fois cette réduction achevée, les composés du cuivre, au contact de l'or ou de l'argent, se transforment, à la faveur d'une réaction chimique, en un alliage apte au brasage, c'est-à-dire en un eutectique d'un point de fusion inférieur à celui de l'or ou de l'argent. On appelle eutectique un alliage ou un milieu, dont les composants sont mélangés de telle manière, qu'à partir d'une certaine température, cet alliage passe directement de l'état solide à l'état liquide, sans phase de fusion.

Les apports de Johnson Matthey dans le développement du brasage et, surtout, des alliages de brasage datent de 1903. Il tente alors de fabriquer un produit de brasage à base d'argent, de cuivre et de zinc, qui permettra, dès 1910, de lancer les ventes de brasures d'or et d'argent auprès des orfèvres. C'est en 1932 que seront lancés deux alliages, le «Silfos™» (dont la dénomination varie selon les marchés) et le «Easy-flo™». La demande augmente rapidement, avec l'arrivée du brasage industriel à l'argent, dans les années 1930, pour continuer à progresser de manière fulgurante, pendant la guerre. Avec l'Easy Flo™ est commercialisé le premier flux de brasage. Le succès permet à Johnson Matthey de développer d'autres alliages, parmi lesquels le «Silver Flo 55™», sans cadmium. On cherche déjà à l'époque, à remplacer le cadmium, non pas en raison de sa toxicité, mais de sa rareté, en temps de guerre. Arrivent ensuite, dans les années 1960, les alliages «B-Bronze™» destinés au brasage au four, ainsi que les alliages «Pallabrazé™» et «Orobrazé™» respectivement à base de palladium et d'or, pour le brasage de tubes à vide et de moteurs d'avions. En 1992, les pâtes à braser viennent compléter la gamme des produits de brasage.

7000 ans après les premières tentatives de nos ancêtres et grâce à l'éventail des alliages existants, le brasage reste la solution la mieux adaptée et la moins chère pour assembler deux pièces de manière à la fois durable et fiable, dans de nombreux secteurs d'activité.

## MAIS QU'EST-CE QUE LE BRASAGE ?

Le brasage est un procédé thermique, lors duquel est réalisé un assemblage permanent entre deux pièces métallique et un métal d'apport. Lors de l'assemblage, seul le métal d'apport passe à l'état liquide, les pièces métalliques à assembler demeurant à l'état solide. À l'interface se produit la diffusion, qui relie les différents matériaux les uns aux autres.

Le brasage suppose que les pièces à assembler présentent des surfaces pures. Si un nettoyage mécanique est nécessaire, il est cependant insuffisant. C'est pourquoi le brasage fait également appel à des flux de brasage décapants, qui éliminent les éventuelles couches d'oxydes présentes à la surface des pièces à assembler ou empêchent leur formation en cours de brasage.

### Classement des procédés de brasage

Classement d'après la température de fusion du métal d'apport.

Ce classement s'appuie sur la température de travail.

Il s'agit de la température superficielle la plus basse à laquelle le métal d'apport devient liquide et se lie à la surface de la pièce à assembler. Pour que deux métaux puissent être brasés, il conviendra de tenir compte des trois facteurs suivants :

- Le mouillage du métal d'apport sur la pièce à assembler
- La capillarité du métal d'apport dans une fente
- La diffusion (création d'une liaison) entre les métaux de base et le métal d'apport

### Le mouillage

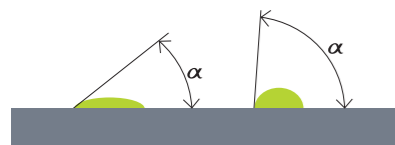
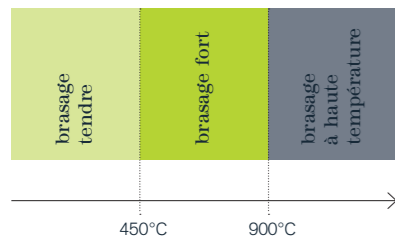
Lorsqu'une goutte de métal d'apport (à l'état liquide) est déposée sur un substrat métallique porté à une température suffisante, il se comporte comme un liquide. Ceci suppose que la surface du substrat métallique soit parfaitement propre (débarassée de toute trace de graisse, poussière, etc.).

Le mouillage se mesure à l'angle de contact entre la goutte de liquide et le substrat solide.

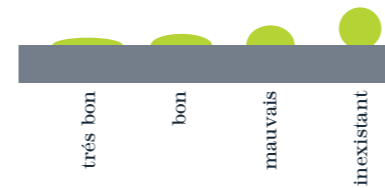
- 0° – 20° La zone de brasage répond aux exigences de qualité demandées
- 20° – 80° La zone de brasage n'est pas parfaite mais peut être considérée comme acceptable
- >80° La zone de brasage est inutilisable

Mouillage d'un métal :

I = très bon, II = bon, III = mauvais, IV = inexistant



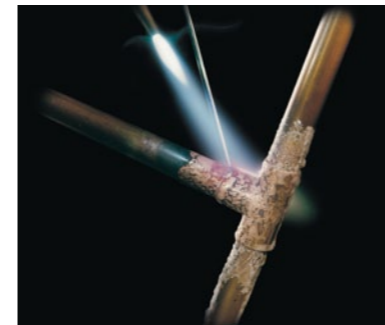
L'angle de contact de la goutte constitue le paramètre déterminant pour le mouillage.



### La capillarité

Dans un tube étroit, dit tube capillaire, on peut observer une capillarité telle que tout liquide se déplaçant à l'intérieur monte en dépit de la gravité. Plus l'espace libre est étroit, plus le liquide monte. Le métal d'apport liquide se comporte de la même manière. Lors du brasage, on choisira donc idéalement un interstice compris entre 0,08 et 0,2 mm pour permettre une capillarité maximale. Un interstice trop étroit empêche le flux de brasage de s'écouler sur le métal d'apport, pour ressortir, d'où un risque d'inclusions de flux de brasage.

La capillarité permet d'envisager des configurations dans lesquelles le métal d'apport liquide s'écoule de bas en haut.



La diffusion :

Des liaisons se créent dans une toute petite partie de la zone de contact de métaux à assembler. Elles reposent sur les phénomènes suivants :

- Diffusion d'atomes du métal d'apport dans le substrat métallique, avec formation d'un milieu solide
- Diffusion d'atomes du substrat métallique dans le métal d'apport, avec formation d'un milieu solide
- Double diffusion d'atomes dans les matériaux à assembler, avec formation d'une liaison intermétallique

La profondeur des zones de diffusion est fonction de la température de brasage :

Brasage à haute température : 100 µm

Brasage dur : 10 µm

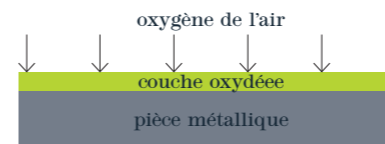
Brasage tendre : 0,5 µm

Principe actif des flux de brasage :

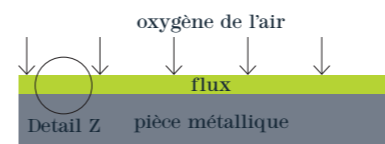
- Les flux de brasage se distinguent par leur température de travail.
- Ils doivent être chimiquement compatibles avec l'alliage du métal d'apport.

Avantages du brasage par rapport au soudage :

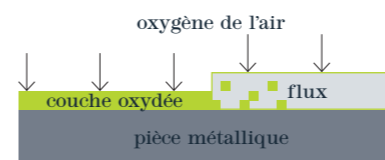
- Possibilité de travailler à des températures moindres – Faible retrait
- Possibilité d'assembler des métaux différents
- Les zones de brasage ne doivent pas être nécessairement accessibles
- Possibilité d'assembler des pièces de très petites dimensions, sans risque d'altération des pièces
- Les températures de travail élevées n'ont aucune incidence sur les substrats
- Il est possible de procéder au brasage simultané de plusieurs zones d'une même pièce



1. Au contact de l'oxygène de l'air, une couche oxydée se forme à la surface de la pièce métallique.



2. Sous l'effet de la chaleur, le flux appliqué dissout la couche d'oxyde (durée 5 à 10 secondes)  
Important : au bout de 4 minutes, le flux n'agit plus.



Détail «Z» grossi

## DOMAINES D'APPLICATION DU BRASAGE

Le brasage est mis en œuvre dans de nombreux secteurs, de la construction de cycles à l'avionique en passant par les techniques du froid. Nous vous invitons à découvrir plus en détails, certains de ces domaines.

### Électronique et électrotechnique

Le brasage est le procédé d'assemblage le plus utilisé, dans les secteurs de l'électronique et de l'électrotechnique, la quasi-totalité des applications faisant appel au brasage tendre, principalement au brasage à la vague et au brasage à l'air chaud. Si un grand nombre d'autres techniques d'assemblage existent (comme le serrage, la compression, etc.), le brasage reste le procédé qui offre la meilleure conductivité électrique. Les surfaces à assembler peuvent mesurer de quelques dixièmes de millimètres (semi-conducteurs) à quelques centimètres.

### Techniques du froid et de la climatisation

Le brasage dur joue un rôle déterminant dans les techniques du froid et de la climatisation. Le bon fonctionnement de tout un système dépend en effet de la qualité de chaque zone de brasage. Une simple fuite entraîne la panne totale. Dans le domaine du froid, les zones de brasage doivent donc répondre à des exigences très particulières. Elles doivent être absolument étanches aux gaz, présenter une résistance mécanique élevée combinée à une bonne ductilité, mais aussi posséder de bonnes propriétés de fluage à froid et une résistance maximale à la corrosion.

Dans ce secteur, le brasage s'effectue souvent sur des tubes de cuivre ou d'acier inoxydable. Un installateur dispose en effet d'une multitude de pièces pour assurer pour relier ou encore modifier le tracé de conduites de gaz ou de liquide. Selon la finalité recherchée, il optera pour le brasage dur ou le brasage tendre. Les baguettes de métal d'apport enrobées de flux de brasage sont très appréciées. Le cuivre accepte le brasage sans flux de brasage. Dans ce cas, on aura recours à un métal d'apport au phosphore.

### Techniques solaires

Tout fabricant d'installations solaires a pour objectif de maximiser la durée de vie de ses installations et des composants utilisés, à un coût raisonnable.

Il convient ici de tenir compte des sollicitations à la fois nombreuses et diverses subies par les installations solaires, au quotidien. Parmi celles-ci, entre autres, les phénomènes chimiques et physiques liés à la météorologie, les sollicitations mécaniques cycliques (pressions pouvant atteindre jusqu'à quelques bars et températures pouvant monter jusqu'à 200 °C) ainsi que les charges mécaniques permanentes. Ces différentes contraintes nécessitent d'utiliser des matériaux spéciaux, mais aussi de concevoir les installations répondant à des niveaux de sécurité suffisants.

La panne est assurée, en cas de méconnaissance des procédés d'assemblage thermiques. La pratique montre en effet que les zones de brasage dur ou tendre peuvent se transformer en zones de fragilité, si le brasage n'est pas réalisé dans les règles de l'art.

Dans le cas des capteurs solaires, le brasage dur s'impose d'une manière générale pour l'ensemble des conduites de liquides ou de gaz. Les assemblages cuivre-

cuivre acceptent les alliages de brasage dur universels à l'argent ou encore au phosphore. Le brasage dur est recommandé aussi bien pour les systèmes sans pression que les systèmes sous pression travaillant à des températures de service supérieures à 50 °C.

Étant donné la multitude et le haut niveau de sollicitations subies par les capteurs solaires, le brasage dur s'impose. Dans les cas extrêmes, en effet, les zones de brasage tendre pourraient ne pas résister, alors que les zones de brasage dur supportent des sollicitations bien plus importantes.

### Outils en diamant

Le diamant est de plus en plus utilisé pour couper différents matériaux. La qualité des diamants synthétiques (monocristallins, polycristallins et CVD) s'est considérablement améliorée ces dernières années. L'arrivée de ces matériaux de coupe nécessite d'utiliser des produits dont les points d'assemblage soient capables de supporter les contraintes élevées, liées aux différents coefficients de dilatation.

En raison de leurs liaisons covalentes, les diamants n'acceptent ni le mouillage ni l'assemblage avec des métaux d'apport classiques. Les hautes températures de brasage entraînent un risque de dégradation des diamants, voire leur décomposition à l'interface avec le métal d'apport. Ici, on aura principalement recours à des métaux d'apport pour brasage dur, comme l'Argo Braze 49H (EN1044:AG502) de Johnson Matthey.

Source: Löten von Diamant – Grenzflächenreaktionen und Benetzung von Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Wolfgang Tillmann  
(Brasage du diamant – Mouillage et réactions interfaciales)



## L'AVENIR DU BRASAGE: TENDANCES DANS L'ÉVOLUTION DES TECHNIQUES

### Introduction

Le brasage est l'un des procédés d'assemblage les plus anciens encore utilisés dans l'industrie. Cela donne l'impression d'un potentiel d'innovation très réduit. Ce qui tient probablement aussi à la prédominance du soudage et à une certaine méconnaissance des nombreux domaines d'application du brasage.

La Conférence internationale sur le brasage dur et à haute température ainsi que sur le soudage par diffusion, d'Aix-la-Chapelle est la principale manifestation européenne consacrée au brasage. La fréquentation (235 participants, représentant 17 nations, en 2010: chiffres les plus élevés jamais atteints depuis l'existence de la conférence) et la diversité des exposés ont montré que le brasage rencontrait un intérêt indéniable et que l'innovation y avait toute sa place.

La synthèse qui suit rend compte des directions dans lesquels le brasage est appelé à évoluer.

### Brasage de métaux difficiles à braser

L'aluminium arrive en tête de tous les sondages, lorsqu'il s'agit de construire des structures aussi légères que possible. Des chercheurs proposent logiquement différents exposés consacrés au brasage des alliages d'aluminium. D'une part sont

développés des métaux d'apport et des techniques dont l'objectif est d'assister par ultrason le brasage sans flux. On exploite d'autre part de plus en plus la principale caractéristique du brasage, à savoir la possibilité d'assembler des métaux différents. Les recherches portent sur les possibilités d'assembler de l'aluminium avec des céramiques ou encore de l'acier et du cuivre. Des procédés hybrides (soudage-brasage) sont également employés.

Le titane, présent lui aussi dans de nombreux secteurs industriels, requiert des processus d'assemblage extrêmement sûrs. La présence d'une couche d'oxyde extrêmement résistante implique de faire appel au procédé sophistiqué du brasage sous vide et à des métaux d'apport actifs. Pour étendre les possibilités d'assemblage, on recherche des métaux d'apport à base d'aluminium et à faible point de fusion. Certains alliages, tels que le Al42Cu1.5Mg et le Al2.5Mg, ont déjà donné de bons résultats.

#### Brasage de matériaux composites

La demande en constructions légères et ultralégères est de plus en plus exigeante. Cela se traduit par l'utilisation de matériaux composites de plus en plus complexes. Les matériaux, de même que les combinaisons de matériaux utilisées, sont très divers. Il s'agit par exemple de matériaux métalliques renforcés de fibres de carbone, de matériaux à matrice d'aluminium, de composites carbone-carbone, etc. Il est souvent très difficile de les assembler. Une fois encore, on exploite la possibilité qu'offre le brasage de mouiller et d'assembler des matériaux différents.

Dans ce contexte précisément se pose la question de savoir comment il est possible de séparer les différents composants des matériaux composites, pour les recycler. Le débrasage offre des débuts de réponse intéressants, qui font actuellement l'objet de recherches.

#### Alliages de brasage

Différents projets de recherche s'intéressent au développement des métaux d'apport actifs pour fabriquer des outils en céramique, en métaux durs ou en diamant CVD (chemical vapor deposition). Ces travaux ont pour objectif d'optimiser le mouillage et la stabilité dimensionnelle, mais également de faire baisser les températures de travail, pour minimiser l'influence des différents coefficients de dilatation.

Les aciers CrNi et CrNiMo ne sont brasés que rarement, bien que, pour ces aciers précisément, le faible apport de chaleur que permet le brasage offre de sérieux avantages par rapport au soudage. Pour assembler ces aciers, de nouveaux métaux d'apport à base de fer ont été développés afin d'obtenir des résistances aussi élevées que possible et d'augmenter la résistance des assemblages à la corrosion. Certains alliages de brasage existent déjà. Ils ne sont toutefois utilisés que dans le cadre d'applications de niches.

#### Simulations assistées par ordinateur

Pour assister l'ingénieur et le technicien dans leur travail, certaines hautes écoles ont élaboré des programmes capables de procéder à différentes simulations. Dans un avenir proche, il devrait par exemple être possible de concevoir par ordinateur des assemblages brasés. Il convient pour cela, comme dans le cas des assem-

blages soudés, de tenir compte de différents paramètres comme la forme du joint, les charges (statiques, dynamiques), les conditions de corrosion, les matériaux à assembler, etc.

Un programme qui permet d'estimer la brasabilité ainsi que la mouillabilité en fonction des matériaux à assembler, des métaux d'apport et des flux de brasage, semble particulièrement intéressant. Derrière ce programme se cachent d'importantes bases de données contenant des informations sur les matériaux, leur fluage et leur conductivité thermique, les flux de brasage, etc. La mise en place de cette base de données est extrêmement chronophage et représente une somme de travail considérable. Les hautes écoles sont par ailleurs tributaires des informations détaillées des industriels.

#### Contrôles non destructifs

Un assemblage, quel qu'il soit, est toujours contrôlé. La radiographie neutronique offre des avantages intéressants, pour contrôler les pièces brasées. En Suisse, l'Institut Paul Scherrer (PSI) donne accès à cette technologie et peut également réaliser ces contrôles. Le principe est identique à celui d'une radiographie classique (aux rayons X). Du fait des différences dans les caractéristiques d'absorption des alliages, il est possible, à l'aide d'un tomographe informatique, de produire la représentation tridimensionnelle d'une brasure. Les défauts de brasage (comme les pores ou les fissures) et les défauts de mouillage sont alors faciles à identifier, tout comme leur emplacement dans la pièce à assembler. Du fait de l'absorption élevée du bore, les métaux d'apport au bore sont particulièrement bien détectés. Le gros inconvénient réside dans le fait que le système de radiographie neutronique est particulièrement encombrant et qu'il nécessite donc de se déplacer à l'Institut Paul Scherrer, à Villigen ([www.psi.ch](http://www.psi.ch)).

#### Conclusion

Le nombre important des exposés portant sur différents thèmes de recherche abordés lors de la 9<sup>e</sup> Conférence internationale sur le brasage dur et à haute température ainsi que sur le soudage par diffusion, d'Aix-la-Chapelle, montre que ces procédés suscitent un important intérêt, dans le monde entier. Le phénomène touche la recherche, aussi bien fondamentale qu'appliquée. De nouvelles solutions devraient donc voir le jour. Ces solutions devraient rendre le brasage plus attractif aux yeux de l'industrie.

Sélection de liens menant à certains produits de notre gamme :

[Contrôle des cordons de brasure](#)

[Le brasage sans cadmium](#)

[Wallchart, métaux d'apport et flux de brasage](#)

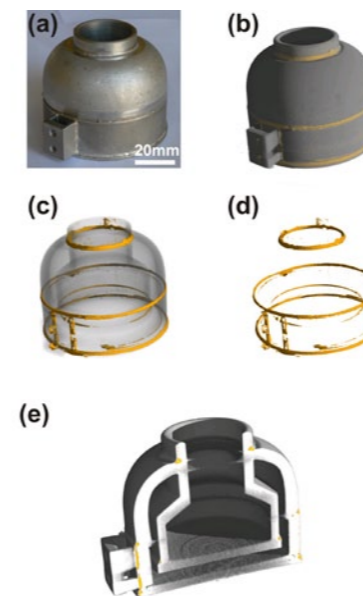
[Alliages de cuivre](#)

[Métaux frittés](#)

[Support pour électrodes](#)

[Brûleurs à gaz et équipements](#)

[Produits chimiques et galvanisation](#)



Copyright:

John Fineron  
Johnson Matthey & Brandenberger AG  
Glattalstrasse 18  
Postfach 485  
CH-8052 Zürich  
Téléphone +41 (0)44 307 19 19  
Téléfax +41 (0)44 307 19 20

[info@matthey.com](mailto:info@matthey.com)  
[www.johnson-matthey.ch](http://www.johnson-matthey.ch)