

1ère partie  
Production  
de la vapeur

2ème partie  
Utilisation  
de la vapeur

3ème partie  
Production  
de glace

**4ème partie**  
**Memento**  
**technologique**

5ème partie  
vers d'autres  
horizons



Accédez à la  
documentation  
complète de

[www.soleil-vapeur.org](http://www.soleil-vapeur.org)

**4ème Partie** Liste des chapitres:

Chap I – Vapeur et pertes thermiques

Chap II – Unités Anglo Saxonnnes

Chap III – Tubes toles etc

Chap IV – Boulons Vis Rivets Forets

Chap V – Plomberie et Filetages

► **Chap VI – Le Brasage**

## Chapitre VI LE BRASAGE

Page

1	§ 1 Niveaux de température et puissance de chauffe
3	§ 2 Les gaz
4	§ 3 Les chalumeaux mono-gaz (ou aéro-gaz)
5	§ 4 Le soudage autogène
6	§ 5 Le soudo-brasage
7	§ 6 Les principes du brasage
8	§ 7 Le brasage fort au cupro-phosphore
9	§ 8 Le brasage fort à l'argent 6%: notre solution de base
10	§ 9 Le brasage fort à l'argent 40%
10	§ 10 Le brasage tendre
11	§ 11 Renforcement de l'étanchéité dans le filet
12	§ 12 L'étamage
13	§ 13 Quelques aspects thermiques
18	§ 14 Quelques exercices.
21	§ 15 Sources documentaires
22	§ 16 L'achat du matériel
23	§ 17 L'approvisionnement en métaux d'apport et décapants
25	§ 18 acier Inox et Aluminium
26	§ 19 Pour aller plus loin
27	§ 20 Récapitulatif du brasage fort

Le terme de soudage regroupe un ensemble de techniques très variées, permettant l'assemblage de deux pièces métalliques grâce à l'action de la chaleur, et en utilisant un métal d'apport. Le terme de *soudage* désigne l'acte de souder; le terme de *soudure* désigne le matériau d'apport utilisé, et désigne également le travail achevé.

Le brasage est également une technique d'assemblage de deux pièces métalliques grâce à l'action de la chaleur, et en utilisant un métal d'apport, mais avec des conditions particulières dans le mode d'assemblage des pièces, que nous examinerons plus loin. Le terme de brasure désigne le matériau d'apport utilisé, et désigne également le travail achevé.

L'étamage consiste à revêtir une pièce de cuivre (ou de fer, ou autre...) avec une fine couche d'étain. Cette opération se réalise à chaud, elle a pour but soit de protéger la pièce ainsi étamée, soit de faciliter son brasage ultérieur.

## § 1 NIVEAUX DE TEMPERATURE ET PUISSANCE DE CHAUFFE

### 1) Les niveaux de température

On peut dresser un tableau d'ensemble des techniques de soudage flamme en fonction des niveaux de température en jeu, classés ici par ordre décroissant

SOUDAGE à la FLAMME: les divers niveaux de température requis							
- Soudage autogène -----	vers 1450°						
- Soudo-brasage à la baguette laiton	885 à 905°						
- Brasage fort	<table border="0"> <tr> <td>- au cupro-phosphore-</td> <td>715 à 805°</td> </tr> <tr> <td>- à l'argent 6% -----</td> <td>645 à 725°</td> </tr> <tr> <td>- à l'argent 40% -----</td> <td>595 à 630°</td> </tr> </table>	- au cupro-phosphore-	715 à 805°	- à l'argent 6% -----	645 à 725°	- à l'argent 40% -----	595 à 630°
- au cupro-phosphore-	715 à 805°						
- à l'argent 6% -----	645 à 725°						
- à l'argent 40% -----	595 à 630°						
- Brasage tendre, à l'étain/plomb ---	180 à 250°						
- Etamage, à l'étain -----	200° env.						

Compte tenu des niveaux de température requis, l'usage d'un chalumeau avec apport d'oxygène est indispensable. C'est le domaine du professionnel, ou de l'amateur averti

Pour ces niveaux de température, une simple bouteille de gaz suffit. Avec un minimum d'entraînement, c'est un domaine accessible au novice soigneux.

### 2 La puissance de chauffe

Pour un niveau de température donné, la puissance de chauffe nécessaire varie en fonction

- de l'épaisseur des pièces à souder
- de la dimension des pièces: une grande pièce dissipe dans l'air ambiant beaucoup plus de chaleur qu'une petite pièce.
- de la conductibilité thermique du métal : la conductibilité du cuivre est huit fois plus élevée que celle de l'acier doux. La chaleur s'écoule (donc: est perdue) beaucoup plus dans le cuivre que dans l'acier.
- des conditions de travail: si on est dehors en plein vent, ou à l'abri en atelier.

### **3 Niveau de température et puissance de chauffe**

Ce sont deux notions différentes mais complémentaires, que le soudeur doit maîtriser totalement.

- si je dispose d'une grande puissance de chauffe (par exemple: un grand brasier de feu de bois), je ne dispose pas pour autant du niveau de température nécessaire pour effectuer un soudage autogène
- si je dispose d'un petit chalumeau de bijoutier, je dispose d'un niveau de température élevé, mais je ne dispose pas pour autant de la puissance de chauffe nécessaire pour souder en plein vent des pièces grandes et épaisses

La succession de niveaux de température, classés par ordre décroissant, sera notre fil d'Ariane durant cette petite visite dans les arcanes du soudage et du brasage.

Les types de travaux réalisables sont complètement différents en fonction des niveaux de température. Plus le niveau de température est élevé, plus la technicité est élevée.

Les niveaux de température élevés, qui nécessitent un apport d'oxygène, ne nous intéressent pas au premier chef. On ne les abordera ici que pour avoir une vue d'ensemble, avant d'examiner un peu plus en détail les techniques abordables avec une simple bouteille de gaz butane.

Mais dans un premier temps, il faut examiner la question des gaz et des chalumeaux.

Sur les sites Web mentionnés au long de l'exposé on trouvera de nombreux schémas et illustrations concernant notre propos.

## **§ 2 LES GAZ**

La chaleur produite par la flamme naît de la combinaison d'un gaz combustible avec de l'oxygène. L'oxygène est disponible dans l'air à proportion de 1/5<sup>ème</sup> environ, le reste étant en grande partie de l'azote. Pour consommer un volume d'oxygène, il faut donc chauffer quatre volumes d'azote qui ne servent à rien et qui diminuent le niveau de température disponible. En utilisant de l'oxygène pur le niveau de température est donc beaucoup plus élevé, et le niveau de technicité également.

On considère usuellement que, en raison des pertes diverses, le niveau de température disponible est égal à la moitié du niveau de température de la flamme en sortie du chalumeau. Ainsi, une flamme monogaz propane de 1500° permet d'effectuer des brasages nécessitant une température de 750° C

### **1) Systèmes Bi-gaz**

De nombreux gaz combustibles peuvent être utilisés avec l'oxygène

- l'acétylène fournit une température de flamme 3200°. Il est utilisé pour l'oxycoupage et le soudage autogène, mais disponible uniquement en bouteilles industrielles
- divers gaz sont disponibles en petits conditionnements et très chers: kyrène, methyl-acétylène...
- le butane et le propane avec apport d'oxygène fournissent une température de flamme de 2850°, largement suffisants pour le soudo brasage et le brasage fort au cupro-phosphore.

### **2) Système monogaz, appelé également « aérogaz»**

Le butane ou le propane sont les deux gaz disponibles pour les chalumeaux monogaz. Ils fournissent une température de flamme de l'ordre de 1450 à 1850° C ,selon les différentes documentations.

### *Butane ou propane ?*

Ce sont tous deux des gaz de pétrole liquéfié, produits dans les raffineries de pétrole, à la différence du gaz "naturel" qui provient directement du gisement. Le butane et le propane ont le même pouvoir calorifique et atteignent le même niveau de température, mais ils se différencient par leurs courbes de tensions de vapeurs complètement différentes, (voir le site du Comité Français du Butane Propane [cfbp.fr](http://cfbp.fr) puis choisir Butane/propane). Ainsi à température ambiante la pression du butane est de 1 ou 2 bars, celle du propane est de 8 à 10 bar environ, et leur pression diminue avec la température. En conséquence, le butane s'emploie sans détendeur, alors que *le propane s'emploie obligatoirement avec un détendeur*, réglable ou non qui ramène sa pression entre 1 et 3 bar. Ce type de détendeur n'est usuellement disponible que chez les revendeurs de matériels professionnels, Les détendeurs à usage ménager qui ramènent la pression à 27 millibars pour être utilisée dans un réchaud ou une cuisinière, ne conviennent évidemment pas. Enfin, le propane est disponible uniquement en bouteilles de 13 kg Le propane n'est donc pas a priori le bon choix dans notre cas, bien qu'il ait un avantage majeur: il est encore en pression à des températures négatives, alors que le propane, à zéro degré, ne vaporise plus et la bouteille de propane devient alors provisoirement inutilisable.

### *Les bouteilles de butane*

Le butane est disponible dans différentes tailles de bouteilles, de 13 kg à 400 grammes. A titre indicatif, la consommation d'un chalumeau mono-gaz dans la gamme qui nous intéresse est de l'ordre de 275 à 300 grammes/heure

- les bouteilles de propane de 13 kg conviennent très bien, le raccord du flexible du chalumeau se raccorde directement sur le pas de vis « à gauche »
- Les bouteilles de 6kg quant à elles sont souvent munies de systèmes de raccordements divers et variés incluant de fait un détendeur ménager, dont la pression de 27 millibar ne convient pas. Il existe bien des robinets adaptables sans détendeur ménager, voir par exemple [Butagaz.fr](http://Butagaz.fr)/Tuyaux et détendeur/clip direct, mais la solution la plus rapide est probablement d'utiliser des bouteilles de butane pour camping.
- Les bouteilles à usage de camping convient très bien pour notre propos. Les bouteilles rechargeables Campinggaz ont une capacité de 2.75 ou 1.8 ou 0.4 kg de gaz.;cette dernière convient aussi bien que les autres, malgré un prix du kg de gaz qui s'envole, et bien sûr une autonomie réduite. Il faut adapter sur la bouteille Campinggaz un robinet-relai usuellement disponible en grandes surfaces au rayon outillage à côté des chalumeaux, qui ne fait pas office de détendeur, et sur lequel on adapte directement le flexible du chalumeau . Les bouteilles Campinggaz se trouvent parfois à foison dans les dépôts vente ou chez Emmäus.

## **§ 3 LES CHALUMEAUX MONOGAZ (ou AEROGAZ)**

Dans le cadre de ce mémento, on s'intéressera essentiellement aux chalumeaux monogaz, qui n'utilisent pas d'oxygène.

Tous les chalumeaux monogaz ont un niveau de température identique, ils se différencient les uns des autres par leur puissance, ou plutôt par leur consommation de gaz en grammes/heure.

Il est indispensable d'avoir un *chalumeau de bonne puissance*. Le plombier ou l'amateur expérimenté choisiront en connaissance de cause, mais il est inutile de tenter une brasure forte avec un chalumeau de 175 grammes/heure monté sur cartouche de gaz jetable, dit « lampe à souder ».

Chalumeau sous-puissant + soudeur novice = échec assuré.

Pour notre usage, il faut au moins un chalumeau de 275 à 350 grammes/ heure, monté sur flexible. Le flexible est équipé d'un raccord normalisé avec pas de vis « à gauche » qui s'installe directement sur la bouteille de butane 13 kg, ou sur le robinet-relai de la bouteille de Campinggaz, ou sur le détendeur de la bouteille de propane.

Certains chalumeaux ont un bruleur dont la flamme enveloppe partiellement le tube à braser, le niveau de température utile s'en trouve nettement amélioré. Par exemple: Cercoflam de Guilbert Express, ou le chalumeau FC 350 de Campinggaz

Les flexibles, de couleur rouge brique et armés d'une toile tressée, sont marqués « GPL -20 bars ». Les flexibles de caoutchouc blanc non armé, prévus pour un usage ménager à 27 millibars, ne conviennent évidemment pas.

La puissance d'un chalumeau (ou plus précisément: sa consommation...) varie en fonction de la pression de gaz dans la bouteille. Ainsi la lance "L 300 Chalugaz" de Camping Gaz a une consommation nominale de 300grammes/heure de butane sous 1 bar (soit, d'après la documentation, une puissance de 4 100 Watt), 330 g/h de propane sous 1,5 bar, et 528 g/h de propane sous 3 bar (7290 Watt). D'autre part, la pression du butane varie selon la température, alors que le détendeur fournit une pression de propane régulière. Il n'est que de le savoir, c'est au brasseur d'adapter la flamme de son chalumeau .

#### **§4 LE SOUDAGE AUTOGENE à la baguette d'acier cuivré, vers 1450°**

Dans le soudage autogène, il y a *fusion des deux pièces à assembler* sous l'effet de la chaleur.

Les deux pièces à assembler sont disposées *bord à bord*, par exemple deux tôles bord à bord, ou deux tubes bout à bout.

En conséquence (entre autres)

- il faut un niveau de température très élevé pour provoquer la fusion des pièces: seul le chalumeau bi-gaz convient, avec acétylène, ou Kyrène (mais pas avec butane ou propane)
- les deux métaux doivent être identiques
- le métal d'apport, sous forme de baguettes d'acier cuivré, est de même nature que les métaux à assembler
- la résistance de l'assemblage est identique à celle des métaux assemblés
- Enfin, c'est une technique qui requiert une bonne habileté manuelle et une bonne expérience.

L'apport de chaleur peut être réalisé par la flamme, ou par un arc électrique.

Cette technique convient par exemple pour la confection du bouilleur, au stade « avant galvanisation ». C'est à proprement parler le domaine du chaudronnier ou du tuyauteur, dont l'ouvrage achevé est soumis à une épreuve de résistance.

Pour plus de renseignements sur ce type de métal d'apport en baguettes d'acier cuivré utilisé pour le soudage autogène,: sous Castolin.net, taper la référence 73350 dans le moteur de recherche, puis « Plus d'info », puis « Fiche produit »

## **§5 LE SOUDO-BRASAGE à la baguette laiton 885 à 905° C**

Dans le soudo-brasage, *il n'y a pas de fusion des pièces à assembler*. L'assemblage est réalisé par l'intermédiaire d'un métal d'apport, dont le point de fusion est inférieur à celui des pièces à assembler. Le soudo-brasage nécessite l'emploi d'un chalumeau bi-gaz, mais pour le gaz combustible, propane ou butane sont suffisants.

### **1) un assemblage bord à bord**

Comme pour le soudage autogène, les deux pièces à assembler sont disposées jointivement, par exemple deux tôles bord à bord ou en angle, ou bien deux tubes bout à bout.

### **2) Le métal d'apport est travaillé à l'état pâteux,**

Le métal d'apport à l'état pâteux est mis en place de proche en proche sous le contrôle du soudeur dont la main guide constamment la baguette.

Le métal d'apport est sous forme de baguette laiton

Le niveau de température nécessite néanmoins l'usage d'un chalumeau bi-gaz

### **3) Le soudo-brasage est un phénomène pelliculaire**

le métal d'apport joue un rôle d'*interface* entre les deux pièces à assembler, alors que dans le soudage autogène il s'agit d'un phénomène *dans la masse*. Il s'ensuit entre autres que

-on peut soudo-braser deux métaux différents, par exemple le cuivre et l'acier.

-l'état de surface est primordial: l'accrochage du métal d'apport sur une surface non nettoyée et non préparée est évidemment impossible.

- il faut utiliser un décapant. Il est préférable d'utiliser le couple décapant-métal d'apport s'un même fournisseur

### **4) Les métaux concernés**

Les métaux d'apport disponibles en soudo-brasage permettent d'assembler

- Les aciers entre eux

- les cuivreux entre eux: cuivre, laiton (cuivre + zinc), bronze (cuivre + étain)

- les aciers avec les cuivreux

Le soudo-brasage ne convient pas pour l'inox ni pour l'aluminium

### **5) Résistance de l'assemblage**

Résistance à la rupture: de l'ordre de 50 DaN/mm<sup>2</sup>

**6) Pour plus de renseignements sur ce type de métal d'apport** en baguettes laiton utilisé pour le soudo-brasage: sous Castolin.net, taper la référence 73340 F dans le moteur de recherche, puis « Plus d'info », puis « Fiche produit »

### **7) En conclusion sur le soudobrasage**

Comme le soudage autogène, le soudo brasage est un excellent mode d'assemblage des métaux. C'est une alternative au soudage à l'arc, qui convient par exemple pour la confection du bouilleur, au stade « avant galvanisation ». Le soudo brasage est également le domaine du chaudronnier ou du tuyauteur, dont l'ouvrage achevé est soumis à une épreuve de résistance.

C'est le seul procédé utilisable pour assembler deux métaux différents, par exemple du cuivre et de l'acier, notamment pour le doigt de gant du thermomètre du bouilleur .

## § 6 LES PRINCIPES DU BRASAGE

On entre ici dans le domaine qui nous intéresse au premier chef.

Dans le brasage comme dans le soudo-brasage, *il n'y a pas non plus de fusion des pièces à assembler*, l'assemblage est réalisé par un métal dont le point de fusion est inférieur à celui des pièces à assembler:

La grande différence entre le soudo-brasage et le brasage est que le métal d'apport est travaillé à *l'état liquide* ( et non plus pâteux), il est mis en place par *capillarité* entre les deux pièces qui sont assemblées *par recouvrement*. Comme pour le soudo-brasage enfin, le métal d'apport joue un rôle d'interface: c'est donc aussi un phénomène *pelliculaire*

### **1) Un assemblage par recouvrement**

Les deux pièces à assembler doivent se recouvrir sur une certaine surface, l'exemple type étant un tube de cuivre engagé dans son emboîture, ou un tube cuivre engagé dans un raccord laiton..

On ne peut donc pas braser deux tôles bord à bord, mais on peut braser deux toles qui se recouvrent , c'est ce que fait que couvreur pour des gouttières en zinc.

-Le métal d'apport étant liquide, le jeu entre les deux pièces doit être contrôlé, entre 0.05 et 0,15 mm, soit de 0,1 à 0,3 mm sur le diamètre pour un brasage d'un tuyau sur un raccord. Les différentes qualités de métaux d'apport sont à utiliser à bon escient en fonction du travail à effectuer.

La résistance d'un assemblage thermique par brasage dépend en grande partie de la configuration géométrique de l'assemblage.

### **2) Le métal d'apport est travaillé à l'état liquide et mis en œuvre par capillarité**

Le métal d'apport, qui joue un rôle d'interface, doit bien sûr être liquide afin de garnir tout l'interstice entre les deux pièces à assembler. Il est mis en œuvre par capillarité.

Sans entrer dans des considérations physiques (qui expliquent et calculent très bien le phénomène) on se contentera ici de définir la capillarité comme un phénomène d'aspiration ou de montée d'un liquide dans des canaux de très petit diamètre, ou entre deux surfaces très faiblement écartées.

Lorsque la température adéquate est atteinte, le métal d'apport liquide se met en place « tout seul » et très rapidement, *brusquement*, dans le joint de l'assemblage: il s'infiltre par capillarité, alors que dans la soudo-brasure et dans la soudure autogène, le métal d'apport, qui est à l'état pâteux, se met en place *progressivement*, au rythme déterminé par le soudeur dont la main guide la baguette pas à pas.

### **3) Un phénomène pelliculaire**

Dans le cas du brasage, comme pour le soudo-brasage, le métal d'apport joue un rôle d'interface entre les deux pièces à assembler, il « s'accroche » à elles . Il s'ensuit que

-on peut braser deux métaux différents, par exemple le cuivre et l'acier, mais seulement à condition que le métal d'apport le permette.

-la préparation des surfaces est primordiale, l'accrochage du métal d'apport sur une surface non nettoyée et non préparée est évidemment impossible.

- dégraissage au white spirit ou autre

- préparation mécanique: lime, bande abrasive, brosse métallique...

- il faut aussi utiliser un décapant, en respectant le couple décapant/métal d'apport préconisé par le fournisseur. Le décapant est parfois appelé "flux", par extension de sa dénomination anglo-saxonne

#### **4) Les différentes sortes de brasage**

On dispose, pour le brasage, de plusieurs métaux ou alliages d'apport, qui se travaillent à différents niveaux de température.

Au dessus de 450°C, on utilise le terme de brasage fort.

En dessous de 250° on utilise le terme de brasage tendre.

(cf le tableau en tête du memento)

Les niveaux de résistance varient avec les niveaux de température.

Les paragraphes suivants vont détailler quelque peu les différentes sortes de brasage, toujours en suivant notre fil d'Ariane des niveaux de température décroissants.

#### **§ 7 LE BRASAGE FORT à la baguette cupro-phosphore 715 à 805°**

C'est un brasage qui nécessite en principe un chalumeau bi-gaz, et à ce titre il ne nous intéresse qu'accessoirement, bien que ce soit le brasage le plus usuel du plombier, du moins quand il a à sa disposition un chalumeau bi-gaz.

Les notices des fabricants de chalumeaux monogaz proposent leur matériel pour du brasage fort au cupro-phosphore, alors que les notices des fabricants de métaux d'apport préconisent les chalumeaux bi-gaz: en fait, on est à la jointure des deux procédés. Un habile brasseur dans de bonnes conditions (assemblage de tubes et raccords Ø 10 ou 12 mm, chalumeau de bonne puissance, buse à flamme enveloppante, absence de vent...) réussira probablement un brasage fort au cupro-phosphore avec un chalumeau monogaz, mais le novice ne doit pas s'y risquer.

Le brasage fort au cupro-phosphore concerne exclusivement le cuivre et les cuivreux, a savoir: raccordements de tubes cuivre entre eux, ou de tubes cuivre sur des raccords laiton, à l'exclusion des métaux ferreux, de l'inox ou de l'aluminium.

Le métal d'apport est sous forme de baguettes cuivre-phosphore. Dans le cas d'un brasage cuivre sur cuivre, les baguettes cuivre-phosphore sont auto décapantes, l'usage d'un décapant n'est pas nécessaire, mais il est recommandé; dans le cas d'un assemblage sur cuivreux, il faut utiliser le décapant (flux) adapté.

La résistance est de l'ordre de 45 DaN/mm<sup>2</sup>

**Pour plus de renseignements sur ce type de métal d'apport** : sous Castolin.net, taper la référence 4270 RB dans le moteur de recherche, puis « Plus d'info », puis « Fiche produit »

#### **Mise en oeuvre :**

- préparer les surfaces: dégraissage (white spirit...), nettoyage mécanique (brosse, lime, toile abrasive...)
- enduire de décapant
- mettre en position et immobiliser les pièces
- le jeu préconisé dans l'assemblage est de l'ordre de 0,1 à 0,15 mm, soit 0,2 mm sur le Ø.
- Chauffer les pièces au rouge cerise; chauffer les pièces, et non le métal d'apport.
- Approcher la baguette *dans* la flamme, elle doit fondre *instantanément* si la température est convenable.
- Poursuivre quelque peu la chauffe, notamment sur la partie femelle de l'emboîtement, pour faciliter la mise en place du métal d'apport par capillarité. Les pièces restent sous la flamme tout au long de l'opération.
- Déposer du métal d'apport jusqu'à l'obtention d'un cordon continu le long de l'assemblage



## § 8 BRASAGE FORT à la baguette cupro-phosphore plus ARGENT 6% 645 à 725° C: notre solution de base

On entre enfin dans un domaine plus accessible au non professionnel:

- les niveaux de température requis permettent l'utilisation de chalumeaux monogaz
- le niveau de technicité est accessible au novice soigneux, après quelques séances d'entraînement..

En utilisant comme métal d'apport un alliage plus ou moins riche en argent, le niveau de température est moins élevé, le métal est plus fluide, la mise en œuvre est plus aisée, le travail est de meilleure qualité (à habileté égale du soudeur)

L'inconvénient -le seul- est le prix du métal d'apport. Toutefois, dans le cadre de la fabrication d'un capteur à l'unité, et compte tenu de la simplicité du chalumeau aero-gaz, on peut en faire la solution de base qui permet un minimum d'autonomie.

La résistance est de l'ordre de 45 DaN/mm<sup>2</sup>

Les métaux concernés sont les mêmes que pour le brasage cupro-phosphore: cuivre et cuivreux, à l'exclusion des ferreux, de l'inox et de l'alu.

**Pour plus de renseignements sur ce type de métal d'apport** : sous Castolin.net, taper la référence 808G, ou bien 808 PF dans le moteur de recherche, puis « Plus d'info », puis « Fiche produit ». Ne pas s'inquiéter des prix, qui concernent des conditionnements pour professionnels.

**Concernant le décapant**: la baguette cupro phosphore 6% argent est auto décapante dans le cas d'un brasage cuivre sur cuivre; dans le cas d'un assemblage avec des cuivreux (par ex: raccords laiton), le décapant est nécessaire; enfin, dans le cas d'un assemblage de tubes cuivre destinés à véhiculer un gaz combustible, le décapant est nécessaire pour être conforme à la réglementation de l'Association Technique du Gaz ATG

**La mise en oeuvre** est similaire à celle du brasage fort au cupro-phosphore, au niveau de température près:

- préparer les surfaces: dégraissage (white spirit...), nettoyage mécanique (brosse, lime, toile abrasive...)
- enduire de décapant, même dans le cas d'un assemblage cuivre sur cuivre: outre son rôle de décapant, le décapant facilite la mise en œuvre du métal d'apport
- mettre en position et immobiliser les pièces
- le jeu préconisé dans l'assemblage est de l'ordre de 1/10<sup>e</sup> de mm, soit 0,2 mm sur le Ø
- chauffer les pièces jusqu'à ce qu'elles rougeoient, c'est à dire à une température quelque peu inférieure au rouge cerise. Chauffer les pièces, et non le métal d'apport.
- Approcher la baguette dans la flamme, elle doit fondre instantanément si la température est convenable.
- Poursuivre quelque peu la chauffe notamment sur la partie femelle de l'emboîtement, pour faciliter la mise en place du métal d'apport par capillarité. Les pièces restent sous la flamme tout au long de l'opération.
- Déposer du métal d'apport jusqu'à l'obtention d'un cordon continu le long de l'assemblage

## § 9 BRASAGE FORT à la baguette cupro-phosphore plus ARGENT 40% 595 à 630°C

Le métal d'apport à 40% d'argent est encore plus fluide, et admet un niveau de température moins élevé. C'est une solution de luxe (agrée Gaz de France) mais qu'il faut avoir en réserve; elle peut tirer d'embarras dans les cas délicats pour le cuivre et les cuivreux, mais surtout elle permet d'assembler l'inox et le cuivre sur inox, ainsi que l'acier et le cuivre sur l'acier, à condition de respecter les principes généraux du brasage, à savoir l'assemblage par recouvrement.

Compte tenu de la grande fluidité du métal d'apport, le jeu préconisé pour l'assemblage est quelque peu réduit, entre 0,05 et 0,08mm, soit 1 à 1,6 mm sur le Ø, et la géométrie des pièces doit être correcte, sinon le métal d'apport ne peut combler l'espace.

Résistance: de l'ordre de 40 DaN/mm<sup>2</sup>

C'est le brasage à mettre en œuvre pour réaliser un piquage (prise vapeur, arrivée de vapeur...) sous réserve d'une bonne géométrie de l'assemblage, par exemple en réalisant préalablement un collet battu sur le tube cuivre à braser (voir plus bas: « Quelques exercices »).

Le brasage fort à l'argent 6% est la solution de base, et le brasage fort à l'argent 40% est la solution des cas difficiles

**Pour plus de renseignements sur ce type de métal d'apport** : sous Castolin.net, taper la référence 1802 XFC dans le moteur de recherche, puis « Plus d'info », puis « Fiche produit »

**Décapant:** il s'agit usuellement, pour le brasage à l'argent 40%, d'un décapant spécifique.

**Mise en œuvre** identique à celle de la brasure argent 6%, qui elle même fait référence aux principes généraux de la brasure.

Le brasage fort à l'argent 40 % ne convient pas pour l'aluminium.

## § 10 LE BRASAGE TENDRE entre 183 et 250° C selon l'alliage d'apport.

Dans le cadre de la construction d'un capteur solaire thermique produisant de la vapeur, le brasage tendre est à utiliser beaucoup de circonspection, dans la mesure où la température du capteur (notamment en cas d'à-sec de la chaudière) peut être supérieure à la température de fusion de la brasure.

Le brasage tendre est le brasage le plus facile, à portée de main du bricoleur armé de sa lampe à souder ou de son chalumeau sur flexible de butane. C'est par lui qu'il faut commencer à faire son apprentissage..

Le brasage tendre utilise l'étain comme métal d'apport de base, plus ou moins allié à d'autres métaux: plomb, cuivre, argent. Il permet d'assembler pratiquement tous les métaux usuels: fer, cuivre, cuivreux, étain, zinc etc, sauf l'aluminium. La résistance de la brasure tendre est de l'ordre de 5 DaN/mm<sup>2</sup>, soit huit à dix fois moins que la brasure forte.

## **1) Le choix de l'alliage d'apport**

Les brasures les plus couramment disponibles contiennent du plomb. Ce dernier n'étant pas alimentaire, on les évitera.

Le meilleur choix serait une brasure en bobine Etain 96.5% Argent 3.5%, en raison de sa fluidité et sa facilité de mise en œuvre. Pour une documentation sur ce type de métal d'apport: sur Castolin.net, taper 157 dans le moteur de recherche (ne pas s'inquiéter des prix, qui concernent des gros conditionnements pour professionnels)

A défaut, une brasure en bobine Etain 97% Cuivre 3% conviendra également.

Il existe des bobines de métal d'apport avec décapant, c'est un bon choix, mais cela n'exclut pas d'utiliser un flux-décapant.

## **2) La mise en oeuvre**

- Préparer les surfaces: dégraissage, nettoyage mécanique...
- mettre en position et immobiliser les pièces
- le jeu préconisé pour l'assemblage: 1 ou 2/10ème, voire un peu moins dans le cas de brasure argent
- Chauffer les pièces (et non le métal d'apport), *sans toutefois les porter au rouge*, puis éloigner la flamme,
- approcher le fil de métal d'apport à la jonction des pièces, tout autour du joint. Le métal doit fondre instantanément, sinon, éloigner le fil, et reprendre la chauffe.
- Il faut présenter le fil tangentiellement à la pièce, et non en bout, pour assurer un meilleur contact thermique et faciliter la fusion.

## **§ 11 RENFORCEMENT DE L'ETANCHEITE DANS LE FILET**

Dans le cas de l'utilisation de raccords filetés, il est possible de renforcer l'étanchéité en utilisant de la pâte à étamer, si possible de qualité alimentaire. Usuellement, la pâte à étamer contient également du décapant, du type chlorure de zinc.

Nettoyer et enduire les filets de pâte à étamer, serrer les raccords, puis chauffer jusqu'à fondre le métal d'apport. On peut renforcer le joint par l'extérieur avec de la brasure en fil,

On peut aussi étamer séparément les filets mâle et femelle (voir § ci dessous), puis assembler, serrer, et chauffer le tout jusqu'à fusion des deux étamages.

Ce renforcement ne convient pas pour des joints filetés exposés au rayonnement solaire concentré, ni pour des joints situés trop près de la chaudière: en cas d'à sec, le niveau de température dépasse 200° C et la brasure tendre se met à fondre.

On peut aussi renforcer l'étanchéité d'un filetage uniquement par l'extérieur, avec de la brasure forte à 40% d'argent. Afin de faciliter la pénétration de la brasure, il est alors préférable de laisser un peu de jeu lors du serrage des raccords, et de maintenir les raccords dans l'étau de façon à ce que l'excédent de brasure s'étale et forme un anneau horizontal bien régulier entre les deux raccords.

## **§ 12 L'ÉTAMAGE**

Il consiste à recouvrir un métal à l'aide d'une fine couche d'étain. C'est donc un phénomène pelliculaire avec toutes ses conséquences: la qualité de l'étamage dépend beaucoup de la préparation de la surface. L'étamage est un proche parent du brasage tendre, il n'y a pas de frontière bien définie entre les deux:

### **1) Pourquoi l'étamage ?**

Avant l'usage généralisé de l'aluminium et de l'inox, les récipients de cuisine étaient essentiellement en cuivre. Or la réaction du cuivre avec le chlorure de sodium (le sel de cuisine) produit du « vert de gris » hautement toxique. Il faut donc étamer les ustensiles de cuivre à usage culinaire et les rétamers régulièrement.

Les bassines à confiture, qui ne reçoivent que des aliments sucrés, en sont exclues.

Tous les métaux, sauf l'aluminium, peuvent être étamés.

Noter que les ustensiles de cuisine modernes en cuivre sont « bilaminés inox » à l'intérieur et ne nécessitent donc aucun étamage.

En ce qui nous concerne, si un serpentín échangeur en cuivre est utilisé dans un récipient contenant une préparation salée (soupe, viande,...) il doit donc être étamé  
Il est bien sûr plus aisé d'étamer le serpentín avant façonnage.

### **2) La préparation de l'état de surface**

- Dégraissage: avec white spirit ou acétone
- Désoxydage éventuel: avec de l'acide oxalique (les paquets de filtres pour cafetière électrique contiennent presque tous un sachet de « détartrant »: c'est de l'acide oxalique)
- Si besoin: utiliser lime, abrasif, laine d'acier ...
- Décapage à l'acide chlorhydrique, dit « esprit de sel », dénommé Muriatic acid aux USA, disponible au rayon des produits d'entretien (ne pas confondre avec l'acide sulfurique...). L'acide chlorhydrique est aussi utilisé par les couvreurs pour décaper le zinc avant de braser une gouttière
- Le décapage est encore meilleur avec une solution de chlorure de zinc, confectionnée en dissolvant jusqu'à saturation du zinc dans de l'acide chlorhydrique. On trouvera quelques chutes de zinc chez un couvreur, ou dans la benne à ferraille de la plus proche déchetterie.

### **3) Mise en œuvre de l'étain dans le cas de pâte à étamer**

- Enduire la surface avec de la pâte à étamer à l'aide d'un pinceau. Pour le serpentín cuivre, un petit pinceau ou une ancienne brosse à dents conviennent.; le pinceau se rince simplement à l'eau après usage.
- Chauffer au chalumeau monogaz, si possible avec une flamme plate dans le cas d'une grande surface jusqu'à ce que la pâte se mette à bouillir et que l'étain commence à briller,
- apporter un supplément d'étain sans plomb en bobine, que l'on fait fondre sur le serpentín chaud
- cesser la chauffe et étaler rapidement avec un chiffon de coton ou une éponge humide par petits coups. On procède par longueurs d'une quinzaine de centimètres le long du serpentín.
- Eviter les surchauffes ponctuelles, si possible chauffer le métal du côté opposé à l'étamage, ce qui est possible dans le cas d'une casserole, mais impossible dans le cas d'un tube.
- Rincer abondamment.

Attention: en cas de surchauffe il se forme de l'oxyde d'étain qui empêcherait l'adhérence. Il faut alors décaper mécaniquement (abrasif...) et... recommencer.

#### **4) Misen en oeuvre d'étain en baguette ou en fil**

La pâte à étamer sans plomb étant difficile à approvisionner (voir plus loin), on peut préférer étamer avec de l'étain en baguette ou en fil

- préparer la surface à étamer, notamment avec la solution de chlorure de zinc
- on peut essayer de remplacer le chlorure de zinc par du « gel décapant » ou de la « graisse décapante »
- chauffer la pièce
- frotter avec la baguette d'étain, ou fondre le fil d'étain au contact du métal chauffé, en le présentant tangentiellement à la surface
- éviter la surchauffe et l'oxydation de l'étain.

-étaler avec un chiffon de coton ou une éponge humide par petits coups.

Mais cette mise en oeuvre avec du chlorure de zinc ou du gel décapant est plus difficile à réaliser, "l'accrochage" de l'étain sur le support s'effectue moins facilement que lorsque l'on utilise de la pâte à étamer contenant déjà un peu d'étain, et que l'on complète avec de l'étain en fil ou en baguette

#### **5) Finition**

Lors des premiers essais, le résultat est rarement esthétique. Supprimer, avec une pince ou en les ponçant, les excroissances d'étain, afin de faciliter ultérieurement le nettoyage de l'ustensile

#### **6) Etamage et brasage tendre:**

L'étamage préalable de pièces à assembler facilite beaucoup leur brasage tendre ultérieur.

Enfin, la pâte à étamer, qui est un mélange de métal d'apport et de décapant, permet de braser facilement deux pièces: préparer les pièces, enduire de pâte à étamer, assembler puis chauffer, et la soudure est achevée; on peut la renforcer par un apport de métal en fin d'opération, comme pour le renforcement d'étanchéité dans le filet.

### **§ 13 QUELQUES ASPECTS THERMIQUES, et quelques conseils**

#### **1) La flamme et ses réglages**

Sur les chalumeaux mono-gaz, un bague permet usuellement de régler l'arrivée d'air, c'est à dire l'arrivée d'oxygène. Selon la notice du chalumeau Chalugaz 300 Grammes/heure, le réglage de l'arrivée d'air permet de faire varier la température de flamme entre 1850 et 1400° C.

On distingue facilement les deux parties de la flamme d'un chalumeau: d'une part le dard, bleu, long de 3 à 6 cm, et d'autre part le panache, moins chaud, qui l'entoure. On considère que la partie la plus chaude de la flamme est à l'extrémité du dard.

Comme pour tout phénomène de vaporisation, la vaporisation du gaz liquide dans la bouteille nécessite une certaine quantité d'énergie thermique: on constate, après un temps d'utilisation assez long, que la température de la bouteille de gaz a notablement baissé. Or la pression du butane, qui est de 1 bar à 20° C, descend à 0.3 bar à 10° ; elle est nulle à 0°. (cf le givre

sur les bouteilles de propane -et non de butane- des rotisseurs de poulets ambulants sur les marchés). Si d'aventure la flamme diminue d'une façon inexplicable, vérifier à la main la température de la bouteille de butane. Si besoin, il suffit de la mettre au soleil, ou d'attendre un peu, ou de la tremper dans un seau d'eau chaude.

## **2) Une première constatation simple**

Soit une chute de fil de fer, Ø 4 ou 5 mm environ, longueur 40 cm environ, dont on bloque une extrémité dans un étau. On chauffe la pièce en portant la flamme à trois ou quatre cm de l'extrémité libre. Après quelque temps, en fonction de la puissance du chalumeau, la température s'élève, l'extrémité libre rougit, ainsi que la partie de la tige exposée directement au dard de la flamme. Mais on constate que, du côté de l'étau, le métal est beaucoup moins rouge que du côté de l'extrémité libre: du côté de l'extrémité libre du fil de fer, la chaleur est piégée à l'intérieur du métal et a du mal à s'échapper car l'air est un isolant, donc la température s'élève, alors que de l'autre côté du point de chauffe, vers l'étau, la chaleur est évacuée par le métal, le niveau de température est moins élevé. Déplacer lentement le point de chauffe vers l'étau, et observer l'évolution de la dissymétrie du rougeoiement.

En renouvelant l'opération avec un tube de cuivre Ø 8 mm, on constate le même phénomène, et que en plus la chaleur va « plus loin » vers l'étau le long du tube de cuivre: la conductibilité du cuivre est supérieure à celle de l'acier.

Ces observations sont beaucoup plus faciles dans la pénombre plutôt qu'en pleine lumière.

## **3) Les transferts thermiques**

Les phénomènes de transfert thermique ne sont pas tous faciles à appréhender intuitivement, pourtant leur connaissance est fort utile si l'on veut braser intelligemment.

Les phénomènes de transfert thermiques par conduction (« à travers » notre fil de fer), par convection (un grand courant d'air refroidirait plus rapidement le fil de fer) et par rayonnement (en approchant un doigt près du fil de fer rouge, on sent la chaleur avant même de l'avoir touché) sont décrits par exemple dans un article de Wikipedia.

On s'intéresse ici surtout aux phénomènes de conduction, à savoir comment la chaleur se dissipe/se transmet à l'intérieur du métal soumis à la flamme, avant de se retrouver tôt ou tard dans l'air.

Pour ce qui nous concerne, la chaleur se dissipe à l'intérieur de métal en fonction d'une part de son coefficient de conduction thermique, et d'autre part en fonction de la forme géométrique de la pièce.

## **4) Quelques caractéristiques physiques de quelques métaux et alliages**

## Température de fusion et conductibilité thermique de quelques métaux et alliages

	Température de fusion °C	Conductivité Thermique $\lambda$ W/m*K
Acier doux	1 400	46 ?
Aluminium	660	230
Argent	960	418
Bronze	900	42
Cuivre	1 083	380
Fer	1 535	71
Inox	1 400 à 1 500	15 à 20 ?
Laiton	900	112
Plomb	327	35
Zinc	420	112
Air		0.023

Bronze: alliage de Cuivre #87% Etain #8% Plomb #2.5%

Laiton: alliage de Cuivre #60% et de Zinc #40%

Peu importe précisément la signification du  $\lambda$ , il nous suffit ici de constater les disparités entre métaux:

- le cuivre conduit la chaleur cinq à huit fois mieux que d'autres métaux, et trois fois mieux que le laiton

- l'air est un très bons isolant, 1 millimètre d'air isole autant qu'une paroi de cuivre de 16 mètres d'épaisseur (hormis d'éventuelles circulations d'air provoquant des transferts thermiques par convection, ce qui est toujours le cas)

La température de fusion d'un alliage peut être inférieure à celle de ses composants. Ainsi un alliage 60% plomb et 40% étain fond à 183-235°C

### **5) La dissipation de la chaleur et la forme des pièces et de l'assemblage**

Outre la conductivité thermique, la forme des pièces influe sur la dissipation de la chaleur

- *une tôle* dissipe la chaleur beaucoup plus qu'un tube: pour souder un tube sur une tôle on a avantage à préchauffer la tôle par le dessous.

- lors de l'assemblage de deux pièces de taille différente, il faut porter l'effort de chauffe sur la plus grosse pièce

Un soudeur averti doit en permanence anticiper le chemin par lequel la chaleur va se dissiper, notamment par l'observation attentive du rougeoiement, d'où l'intérêt de travailler dans la pénombre..

- *mise en chauffe des deux pièces d'une emboîture:*

Soit une emboîture, par exemple un tube mâle et un manchon femelle. Il est très facile de chauffer l'extérieur du manchon femelle, mais ce n'est pas en surchauffant la partie femelle que l'on parviendra à chauffer la partie mâle cachée: l'air étant 13 000 fois moins conducteur que le cuivre, le moindre interstice (celui là même qui est prévu pour la brasure) rend l'opération difficile. Il faut donc porter la flamme sur la partie mâle non cachée, à proximité du joint. Par conduction à travers le métal, la chaleur se transmettra à la partie cachée, comme dans le fil de l'exemple ci dessus dont l'extrémité rougeoie au delà de la flamme.

C'est encore plus vrai dans le cas d'un tube emboîté dans un raccord laiton

Il faut en permanence s'efforcer d'avoir une chauffe homogène, au besoin en utilisant un second

chalumeau, par exemple: une lampe à souder avec un petit flexible sur cartouche jetable.

### **6) La brasure et la flamme**

Dans le cas du brasage tendre, ce n'est jamais la flamme qui fond la brasure. il faut éloigner la flamme avant de présenter la brasure, qui doit fondre au contact du métal chaud, pas au contact de la flamme, sinon on ne fait que déposer une goutte de métal d'apport mais sans aucun accrochage pelliculaire, et sans garnir par capillarité l'interstice entre les deux pièces à braser. Si la brasure ne fond pas, il faut éloigner le métal d'apport, puis reprendre la chauffe.

Dans le cas de la brasure forte, il faut d'abord chauffer les pièces à bonne température jusqu'au rouge en tenant compte des subtilités male-femelle évoquées ci dessus, ensuite approcher la brasure à la jointure des deux pièces et poursuivre la chauffe notamment, cette fois, sur la partie femelle de l'emboîtement, pour faciliter la mise en place du métal d'apport par capillarité. Les pièces doivent rester sous la flamme pendant que l'on répand la brasure tout au long de la soudure.

### **7) Les niveaux de température**

Les termes de « rouge cerise » et de rougeoiement » ne sont pas très scientifiques. Avec un peu d'habitude, l'observation attentive du décapant fournit des points de repère, ainsi que l'observation du métal d'apport qui doit fondre brusquement.

Pour la brasure forte, on peut préférer travailler dans la pénombre à l'abri du soleil, afin de mieux apprécier le niveau de température.

#### **Température et couleur du métal**

Les observations ont une part de subjectivité, elles varient selon l'éclairage du local où elles sont effectuées, selon l'état de surface du métal, etc...

Ci dessous, les couleurs en fonction de la température, selon trois sources différentes:

	530° Rouge pale	480° Rouge très sombre
	600° Rouge sang	
650° Rouge très sombre	675° Cerise foncé	500-650° Rouge sombre
750° Rouge sombre	750° Cerise	650-800° Rouge de plus en plus brillant
800° Rouge cerise naissant	800° Cerise brillant	
850° Rouge cerise sombre	850° Saumon	
900° Rouge cerise	900° Orange foncé	
950° Rouge cerise clair	950° Orange	800-1000° Rouge saumon

et selon une quatrième source:

- 550° C Rouge naissant
- 620° C Rouge brun
- 680° C Rouge sombre
- 760° C Cerise (constante)
- 850° C Rouge
- 1 000° C Orange foncé
- 1 300° C Blanc soudant

### **8) Limiter la transmission de chaleur:**

c'est parfois nécessaire pour ne pas fondre une brasure voisine . Les diverses solutions consistent à entourer le tube avec un chiffon mouillé, ou de la pate à modeler, ou un morceau de pomme de terre. Il faut aussi bien sûr organiser son travail en fonction de la proximité d'autres brasures.

Ne pas poser des pièces à braser directement sur la tôle de protection de l'établi, mais il faut



les surélever quelque peu pour limiter les pertes thermiques par conduction, par exemple avec des chutes de fil de fer, etc....

Pour souder un raccord laiton sur un tube cuivre, une bonne solution consiste à fixer horizontalement dans l'étau un fil de fer diam 3 à 5 mm, sur lequel on enfle le tube et son raccord. Il est inutile d'essayer de braser un tube contenant la moindre quantité d'eau: la vapeur d'eau s'obstinant à ne pas dépasser les 100° C, le chauffage du tube est impossible.

### **9) Si l'on dispose d'un chalumeau oxygène-gaz**

- il est préférable... de ne pas l'utiliser pour faire des brasures à l'argent, surtout si c'est un chalumeau de petite puissance: en raison du peu de puissance, le néophyte impatient ne pourra s'empêcher d'augmenter l'oxygène pour élever la température, et le raccord ne tarde pas à fondre ponctuellement, ou du moins à se déformer sous son propre poids. En utilisant un chalumeau aéro-gaz, même avec flamme enveloppante, ce risque n'existe pas: c'est donc une sécurité, c'est le meilleur choix.

- Si l'on dispose d'un chalumeau oxy-gaz de puissance légèrement trop faible pour de la soudo-brasure, par exemple pour la confection du bouilleur, une bonne solution consiste à préchauffer largement les pièces à souder à l'aide d'un chalumeau aéro-gaz. . Pour le soudage-flamme, et notamment la soudo-brasure, le préchauffage est *toujours* un avantage. Le soudeur et son aide pré-chauffeur doivent aors tous deux être équipés de protection individuelles (lunettes, gants...) et anticiper les éventuelles fausses manoeuvres;

### **10) au sujet du phénomène de capillarité**

Par définition, on ne peut pas observer visuellement le phénomène de capillarité lors du brasage d'un raccord en laiton sur un tube en cuivre. Mais on peut s'en faire une bonne idée de la façon suivante:

- dénuder sur quelques centimètres un câble électrique souple, c'est à dire composé d'une multitude de fils de cuivre très fins
- enduire de décapant
- chauffer modérément au chalumeau
- hors flamme, approcher un fil d'étain

par capillarité, l'étain se répand entre les fils de cuivre, à condition toutefois que les fils soient préalablement correctement rassemblés.

### **11) Au sujet du décapant.**

Le décapant, souvent dénommé "flux" joue plusieurs rôles; outre le fait de décaper , il empêche l'oxydation pendant le soudage ou le brasage, et il favorise le mouillage du métal d'apport, c'est à dire son bon étalement et donc son bon accrochage sur les pièces à braser. Si le métal d'apport reste en boule sans se répandre, c'est à cause d'une température insuffisante et/ ou d'un mauvais mouillage

Outre la bonne préparation des pièces, le néophyte doit veiller à une bonne utilisation du décapant. Aucune notice ne fait état d'une quelconque contre-indication en cas d'excès de décapant.

## **12) Au sujet de la sécurité**

Outre les gants en cuir souple et les lunettes (non teintées), pour le soudeur et pour son aide, il faut veiller

- aux vêtements, qui doivent être en coton et non en matière synthétique
- aux chaussures, qui doivent être montantes et bien couvertes par le pantalon
- aux cheveux: les cheveux flottants doivent être ramassés

Un petit dispositif en fil de fer pour recevoir le chalumeau sur l'établi est bien utile.

En fin de séance de travail, fermer d'abord la bouteille de gaz avant d'éteindre le chalumeau.

## **§ 14 QUELQUES EXERCICES**

Après avoir bien intégré les notions de niveau de température, de puissance de chauffe, de capillarité, de phénomène pelliculaire, après avoir regardé les illustrations sur divers sites il n'y a plus aucune raison de ne pas passer à l'acte et de faire quelques entraînements.

On suivra toujours notre fil d'Ariane, mais cette fois en remontant les différents niveaux de température: on commence en utilisant de la brasure tendre, pour finir avec de la brasure forte

### **1) brasage tendre d'une emboîture**

Se procurer deux tubes de cuivre, de Ø 10 et Ø 12 ml, à emboîter et braser

- réduire quelque peu le diamètre de la partie mâle, à la lime bâtarde
- préparer l'état de surface de la partie femelle.
- Longueur de l'emboîture: voir les longueurs d'emboîture des raccords en laiton

Pour éviter d'écraser le tube dans l'étau lors de la coupe ou du nettoyage, fabriquer un mors en bois: dans une chute de chevron, percer un trou au diamètre du tube, et refendre le chevron dans sa longueur selon le diamètre du percement. Introduire le tube dans le percement, et serrer le tout dans l'étau. Si besoin, coller de la toile abrasive dans le percement pour maintenir parfaitement le tube.

Pour maintenir les tubes pendant le brasage, éviter de les poser sur une surface, réfractaire ou autre: il est préférable de saisir horizontalement dans l'étau un fil de fer dim 4 mm environ, de quelques dizaines de cm longueur, et d'enfiler les tubes ou les raccords à braser. Pour peu que le fil soit légèrement bosselé, il y aura peu de points de contact entre le fil et les tubes, donc peu de pertes thermiques par conduction.

- enduire de flux (= décapant) la partie mâle et la partie femelle
- assembler les deux tubes et les mettre en position sur le fil de fer
- chauffer sans porter au rouge, observer le comportement du flux. Eloigner la flamme, et approcher le fil d'étain tangentiellement. S'il ne fond pas instantanément, reprendre quelque peu la chauffe
- laisser refroidir
- scier l'assemblage au milieu du raccord, afin d'examiner la brasure.
- couper les extrémités des deux tubes, puis recommencer jusqu'à satisfaction.

## **2) Etamage**

On pourra faire ses premières armes sur une tôle de boîte de conserve préalablement découpée et aplatie. (« le fer blanc » des boîtes de conserve étant de la tôle étamée). On peut préférer étamer des tôles de 1.5 à 2.5 mm d'épaisseur, dont l'inertie thermique facilite la fusion de la brasure, au contraire des tôles beaucoup plus minces

## **3) brasage tendre de deux tôles**

Assembler deux tôles, éventuellement après étamage. Pour faciliter le maintien des pièces, dans un premier temps, utiliser des rivets aveugles ou des vis à tole.

Respecter l'impératif de recouvrement des deux pièces, cf les croquis sur Weldteam.com

Braser fer sur fer, puis fer sur cuivre. Si on ne dispose pas de tôle de cuivre, refendre et dérouler une chute de tube.

On peut poursuivre en brasant du fil de cuivre sur une tôle de fer blanc, ou vice versa.

## **4) Renforcement d'étanchéité dans le filet**

Nous sommes toujours dans le domaine de la brasure tendre

À effectuer sur des raccords en acier, avec de la pâte à étamer et/ou de la brasure étain en fil. Pour récupérer le raccord fileté, chauffer largement, dévisser, puis brosser à la brosse métallique.

## **5) brasage fort d'une emboîture à l'argent 6%**

Nous pénétrons dans le domaine de la brasure forte, sans changer de chalumeau, mais en changeant de niveau de température, et de métaux d'apport.

Reprendre les deux tubes de cuivre Ø 10 et 10 mm comme ci dessus, mais à braser cette fois avec de la brasure argent 6%. Scier ensuite l'assemblage, pour contrôle. Effectuer différentes brasures avec différents chalumeaux: avec un bruleur à flamme droite, puis avec un bruleur à flamme enveloppante, puis essayer le cas échéant avec un petit chalumeau sur cartouche jetable.. Le tube doit être bien rouge avant d'approcher la brasure.

## **6) confection d'un piquage en tube cuivre sur une tôle brasé à l'argent 40%**

à usage d'entrée ou de sortie de vapeur sur un récipient.

Le niveau de température diminue légèrement, mais le niveau de technicité s'élève.

*Confection d'un collet battu* sur une chute de tube cuivre Ø 8 mm. Un collet battu est une collerette, voir sur les raccords fer-cuivre la collerette qui retient l'écrou prisonnier.

Recuire tout d'abord le cuivre, pour le rendre plus malléable: chauffer le cuivre jusqu'au rouge cerise, puis le tremper rapidement dans l'eau (ou l'enrouler dans un linge très mouillé)

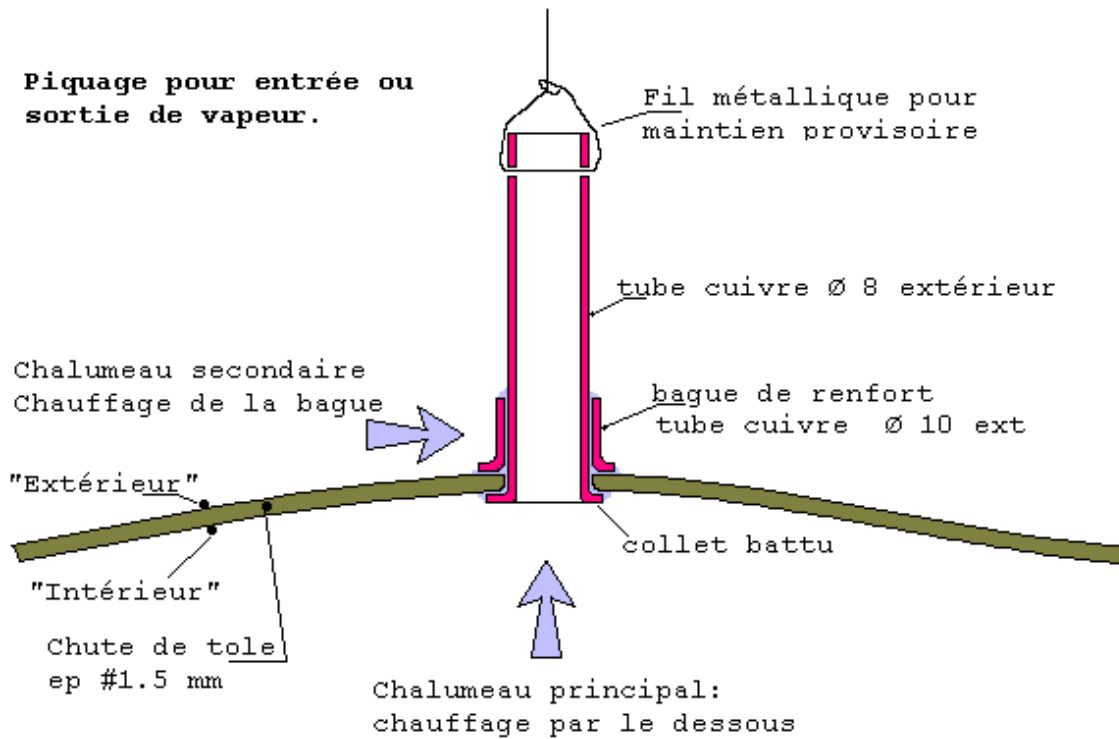
Confectionner le collet battu à l'aide par exemple d'un ensemble matrice/étrier. (Pour plus d'informations, taper « Collet battu » sur un moteur de recherche). On peut aussi utiliser les mors en bois pour serrer le tube, puis confectionner à la meuleuse une toupie avec laquelle on commence à former le collet, et achever le collet à petits coups de marteau bien ajustés. Il n'est pas indispensable que le collet soit aussi régulier que celui qui reçoit un écrou prisonnier.

*Bague de renfort*: selon le même principe, confectionner une bague de renfort à partir d'un tube Ø 10 mm dont on aura préalablement quelque peu agrandi à la lime le diamètre intérieur.

*Le montage*: une solution consiste à suspendre provisoirement le tube Ø 8 mm à l'aide d'un fil métallique (sans oublier préalablement le décapant...)

*La chauffe:* chauffer l'ensemble par le dessous. Pour obtenir une chauffe homogène, on peut chauffer la bague supérieure avec un second chalumeau. La présence d'un aide est alors bienvenue; . A l'approche de la baguette, la fusion brusque de la brasure est la seule preuve d'un niveau de chauffe suffisant.

Répéter l'opération autant que besoin jusqu'à satisfaction, dans de la tôle ordinaire ep 1. à 2 mm avec de la brasure tendre puis avec de la brasure argent 6%. Ensuite, sur une chute de tôle inox ep 1.5 à 2 mm, on s'essaiera à la brasure forte à l'argent 40%



## § 15 SOURCES DOCUMENTAIRES

Le soudage flamme fait partie des savoirs-faire de tradition orale qui s'étiolent rapidement sous la poussée des événements, comme la couture ou le tricot.. Le soudage électrique, les raccords rapides pour tube cuivre, les techniques de sertissage, et les tubes plastiques, ont peu à peu raison du brasage. C'est un bon exemple de l'érosion des savoirs tacites. Désormais, que l'on soit professionnel ou particulier, une installation sanitaire complète peut désormais se réaliser sans toucher un chalumeau.

**Ouvrages** En France, il n'y a que très peu d'ouvrages sur le sujet On peut consulter "les soudures à la flamme", de J.M.Jorion chez saep.fr , publié en 2009, ISBN 978-2-7372-4341-7

Aux Etats Unis, le "Welder's Handbook" de Richard Finch, chez HPBooks, disponible dans les librairies sur Internet, ISBN 978-1-55788-513-5, fait intelligemment le tour de la question.

**Fiches conseils** Les fiches-conseils des magasins de bricolage sont souvent naïves ou indigentes, avec parfois des erreurs grossières. On les consultera néanmoins, ne serait-ce que pour les dessins, à usage d'illustration de ce memento: fiches Castorama, Mr Bricolage, Leroy-merlin... disponibles généralement sur Internet

Chez les fournisseurs professionnels la situation n'est pas non plus résolument satisfaisante **Castolin.net** publie d'excellentes fiches concernant les métaux d'apports, mais d'une part les références « grand public » (pour les produits disponibles chez Brico-dépôt) ne sont pas toujours les mêmes que les références « professionnels », il faut donc faire une gymnastique en se référant par exemple aux normes NF, et d'autre part, pour un produit donné, il faut rechercher la rubrique « plus d'info » puis « voir la fiche » pour enfin accéder aux informations voulues.

**Air liquide**, un des poids-lourds du secteur du soudage flamme, a revu récemment sa gamme grand public qui est désormais diffusée sous la marque Weldteam et distribuée entre autres par Castorama (mais pas par Brico-dépôt, qui appartient au même groupe, et les prix s'en ressentent !).

On consultera le site Weldteam.com, qui présente une vue d'ensemble du soudage et du brasage, malgré bien des anomalies:

- les dénominations varient d'une page à l'autre: l'eau à souder est baptisée « décapant liquide » un peu plus loin, le décapant en pâte ATG devient subrepticement Fondant Silver G (qu'en est-il de dénominations sur les emballages des produits ?)

- les métaux d'apport sont désignés par leur destination, et de plus « tous métaux » devient "tous travaux" à la page suivante, etc....

- On peut essayer de s'y retrouver d'après les références produit, mais elles ont été modifiées aux environs de 2007.

- il aurait été souhaitable de disposer d'une fiche par produit.. On peut se reporter aux fiches-produits correspondantes de Castolin par l'intermédiaire des normes NF, mais ces normes ne figurent que sur les blisters Air Liquide et pas dans la documentation sur le Web.

L'Air Liquide vend des postes bi-gaz, mais pas de chalumeau mono-gaz bien sur, oxygène oblige.

**Campinggaz.fr** qui vend des chalumeaux et des consommables n'aborde même pas le domaine du brasage sur son site.

**Guilbert Express.com** présente une gamme « particuliers » et une gamme « professionnels » complètes et cohérentes. Les notices disponibles sont parfois un peu courtes, ou ne sont que des photos des blisters des baguettes.

**Soudeur.com** s'adresse à des professionnels, on y trouve des dossiers et articles techniques

Bref, dans tout ce qui apparaît comme un fatras (alors que la plus grande rigueur est nécessaire), un vieux brasseur se retrouve bien sûr sans coup férir (il n'a d'ailleurs plus besoin de notice ni de memento), mais il y a largement de quoi dérouter le novice. La seule solution, hormis le stage de soudage-flamme, est de travailler la question pendant tout le temps nécessaire avant d'aller s'approvisionner, afin de ne pas rester trop longtemps les bras ballants devant le présentoir de consommables de son magasin de bricolage préféré.

## § 16 L'ACHAT DU MATERIEL

### 1) Le chalumeau aero-gaz

Puissance minimum: 275 grammes/heure; 300grammes /heure conviennent très bien

Rappel: chalumeau sous-puissant + soudeur novice = échec assuré

Noter que la consommation horaire dépend de la pression dans la bouteille, et que dans le cas du butane la pression est de 1 bar à 20° et 0.3 bar à 10°.

A titre indicatif, l'extrémité tubulaire de la buse convenant pour notre usage a usuellement un diamètre de 22 mm. Par exemples:

- Campinggaz, « Chalugaz Profil », 300 grammes/heure. avec le brûleur à flamme enveloppante FC 350 .
- Guilbert-express.com, manche ref 600 et lance 4633 ou 4635,(gamme professionnelle, et non grand public) avec brûleur Cercoflam
- Chalumeaux chez Otelo.com
- Chalumeaux Virax.fr

En plus du brûleur à flamme droite, il faut se procurer un brûleur à flamme enveloppante, , qui apporte au novice un confort d'utilisation et une sécurité de bon achèvement du travail.

Les lampes à souder sur cartouches jetables ne conviennent pas; éliminer systématiquement les chalumeaux qui n'affichent pas leur consommation.

Chez Camping-gaz, on peut aussi se procurer une lance ref L500, de 500 grammes/heure, interchangeable avec la lance du "ChalugazProfil" ci dessus, et qui procure une puissance plus que suffisante mais bien utile pour préchauffer les pièces dans le cas d'un soudo-brasage.

Aux Etats Unis, le kit Propane proposé par Goss, référence fabricant KLP-2 qui comprend détendeur avec manomètre, flexible, chalumeau orientable avec embout N° 3 et embout N° 5 est un bon choix (MSCdirect.com ref 62318704). le kit KLP-4, avec un embout N° 4, moins puissant que l'embout N° 5, devrait également convenir. Les chalumeaux sur cartouches de gaz type Benzomatic

ou Mapp sont trop faibles, ou à n'utiliser que par un soudeur maîtrisant déjà correctement les niveaux de températures requis compte tenu du travail à effectuer.

Pour notre usage, à savoir essentiellement le brasage de petits raccords, un chalumeau monogaz bien dimensionné, voir légèrement surdimensionné, est le meilleur choix, et il est bien préférable à un chalumeau oxy-gaz sous-dimensionné.

## **2) Les bouteilles de butane**

Le meilleur choix est la bouteille de Campinggaz. En atelier, la bouteille de butane de 6 kg est un bon choix, pour peu que l'on trouve un robinet non détendeur à y adapter. A défaut, on se contentera d'une bouteille de 13 kg

Aux Etats-Unis il n'existe pas de bouteilles de butane du type Camping-gaz, ni 6 kg, ni 13 kg. Hormis les petites cartouches type Benzomatic ou Mapp, on ne peut utiliser que les bouteilles de 13 kg de propane, avec bien sûr un détendeur.

## **3) Le matériel annexe**

- le robinet-relais Campinggaz ref 202 983 distribué par Brico Dépôt sous la ref212331
- deux paires de gants souples, en cuir exclusivement (rayon bricolage)
- deux paires de lunettes non teintées, absolument indispensables en raison des petites projections
- brosse « à bougie », limes, toiles ou bandes abrasives de différents grains
- une petite plaque de tôle, pour ne pas brûler l'établi, et/ou quelques briques réfractaires (magasin de bricolage, rayons des cheminées)
- un petit bric à brac « fond d'atelier »: chutes de fil de fer de tous diamètres (les vieux étendoirs à linge, les clayettes de frigo, les grilles de gazinières sont autant de fils de fer ou d'inox), fils de cuivre récupérés sur des câbles électriques rigides de tous diamètres, tubes de cuivre de tous diamètres, un bout de tôle inox et un bout de tôle acier récupérés à l'occasion, pour faire ses essais.

## **§ 17 L'APPROVISIONNEMENT EN METAUX d'APPORT ET DECAPANTS.**

On se place toujours ici dans le cadre d'une construction de capteur à l'unité, en réduisant la gamme des consommables à 4 produits, tous utilisables avec un chalumeau mono- gaz:

- la brasure cuivre-phosphore avec argent 6%
- la brasure cuivre-phosphore avec argent 40%
- la brasure étain
- la pâte à étamer.

Après plusieurs pérégrinations dans les grandes surfaces, il apparaît que seule l'enseigne Brico dépôt a une gamme complète et cohérente de produits Castolin, conforme à son catalogue -papier. Partout ailleurs, il manquait soit une brasure, soit le décapant correspondant, etc; il était donc impossible de faire un approvisionnement cohérent en un seul déplacement.... Il n'est que de le savoir.

### **1) Brasure forte cuivre-phosphore avec argent 6% 645-725 ° C**

C'est pour notre usage la version de base en matière de métal d'apport, pour tous les assemblage cuivre-cuivre, ou cuivre-raccords laiton.

**Castolin** ref 808 G dénomination « Brasure cupro phosphore - Argent 6% », à utiliser avec le décapant 808 PF. Disponible chez Brico-dépôt sous la ref 210532 ou 210533,

- **Weldteam.com**: référence W 000 075 189 dénomination parfois « Canalisation gaz » et parfois « Chauffage ATG », à utiliser avec le décapant référence W 000 075 095 dénommé parfois « pate décapante ATG » et parfois « Fondant Silver G » (ça ne s'inventerait pas !)

- **Guilbert-express.com** référence 506 803 ou 506 810 dénomination « Brasure 6% Argent », à utiliser avec le flux décapant « 506 »

- **Rothenberger.de** dénomination « Baguettes de brasure en cuivre phosphore, 6% argent ATG »; décapant ??; disponible chez Leroy-merlin sous la référence 63809305 et connexes selon le conditionnement.

Aux Etats Unis: Métal d'apport Taramet en baguettes plates, argent 5% Cu 89% Phosphore 6% Décapant ?

### **2) Brasure forte cuivre-phosphore avec argent 40%**

C'est pour notre usage la version « de luxe », utile pour les cas spécifiques et rares tels que le brasage cuivre-inox

**Castolin** référence 3217 Gaz , dénomination « brasure argent très haute sécurité Argent 40% », à utiliser avec le décapant FX 3217. Disponible chez Brico-dépôt sous la ref 210530 ou 210531

- **Weldteam.com** référence W 000 075 190, dénomination « Gaz haute sécurité ATG », à utiliser avec le décapant référence W 000 075 095 dénommé parfois « pate décapante ATG » et parfois « Fondant Silver G »

Weldteam commercialise aussi une brasure 40% argent enrobée, présentée comme s'utilisant sans décapant, référence W 000 075 191, dénommée parfois « tous travaux » et parfois « tous métaux »

- **Guilbert-express.com** référence 540 803 et connexes, dénomination « Brasure argent 40% » à utiliser avec le flux décapant 540

**Rothenberger.de** dénomination « baguettes de brasure en cuivre phosphore, 40% argent », décapant ??, disponible chez Leroy-merlin sous la référence 63809263 et connexes selon le conditionnement.

Il reste toujours bien sûr la possibilité d'un approvisionnement chez un revendeur pour professionnel, mais les conditionnements unitaires sont bien trop importants dans le cadre d'un capteur fabriqué à l'unité.

### **3) La brasure tendre à l'étain**

Le métal d'apport se présente en petites bobines; inutile de s'encombrer avec des grosses baguettes ou des targettes destinées à la ferblanterie ou à la zinguerie.

Le problème du choix ne se pose pas de façon aussi aiguë que pour la brasure forte.

On peut se contenter d'une seule référence de brasure, avec le décapant adéquat, ou même avec deux décapants adéquats, l'un en pate (souvent appelé « graisse » ou « gel ») et l'autre liquide, que l'on approvisionnera même si la brasure contient déjà du décapant incorporé..

Éliminer les brasures contenant du plomb, ce dernier n'étant pas alimentaire.

**Le meilleur choix** est alors la brasure à l'étain avec quelques % d'argent, si possible avec décapant



intégré, par exemple Castolin 157

**A défaut**, on utilisera de la brasure à l'étain avec quelques % de cuivre, si possible avec décapant intégré, par exemple Castolin BN 5423

Attention les grosses targettes de brasure destinées aux couvreurs-zingueurs contiennent seulement 33% d'étain et 60% de plomb.

#### **4) La pâte à étamer**

La pâte à étamer est un mélange de décapant et de métal d'apport

Il n'est pas aisé de se procurer de la pâte à étamer sans plomb

Campingaz propose (proposait ?) de la pâte d'étain sans plomb ref Campingaz 38176

A voir: Weldteam propose une pâte à étamer ref W 000 075 099, mais sans préciser si elle est alimentaire

Castolin ne propose pas d'étain pur en petits conditionnements; a voir: pâte à étamer « Castotin », en conditionnement pour professionnels.

A défaut de pâte à étamer sans plomb, approvisionner néanmoins de la pâte à étamer avec plomb, à toutes fins utiles. L'étamage sera alors à réaliser avec du fil d'étain.

Aux Etats Unis, la marque Oatey/Cleveland / Ohio propose ,

- une pâte à étamer sans plomb, avec décapant "Oatey N° 95 Lead free tinning flux" référence fabricant 30372, portant la mention NSF-61 qui atteste de la qualité alimentaire du produit

- du fil de soudure sans plomb en bobines d'une livre ref. Fabricant 29025,

Ces deux produits, disponibles en grande surface, permettent de réaliser facilement un bon étamage.

## **§ 18 AU SUJET DE L'ACIER INOXYDABLE et de L'ALUMINIUM**

### **1) L'acier inoxydable**

Par précaution, on se contente ici de n'aborder l'acier inoxydable que dans le cas d'un piquage en cuivre de petit diamètre à installer sur un récipient inox, avec de la brasure argent 40%, en veillant à la géométrie de l'assemblage en confectionnant un collet battu sur le tube cuivre, comme indiqué au paragraphe « Quelques exercices ».

### **2) L'aluminium**

En matière de soudage flamme, l'aluminium est à évacuer totalement de notre champ de préoccupation.

Il existe bien des baguettes »Aluminium » avec le décapant adéquat, mais le niveau de température de fusion du métal d'apport est très proche de la température de fusion de l'aluminium; le novice aura donc toutes les chances de percer ou fondre sa pièce avant de l'avoir soudée.

Le soudage de l'aluminium s'exécute beaucoup plus facilement à l'arc, notamment avec les petits postes onduleurs qui sont maintenant d'un usage courant.

Pour installer un piquage sur de l'alu, il reste la solution du vissage avec contre-écrou, cf les sorties de soupape des anciens modèles de cocottes minute SEB

## § 19 POUR ALLER PLUS LOIN

Si vraiment on veut aller plus loin dans le soudage-brasage flamme, on peut remonter notre fil d'Ariane vers de plus hautes températures.

### **1- de la brasure argent 6% à la brasure cupro-phosphore**

Une fois maîtrisé le principe de la brasure forte à l'argent 6%, on peut tenter la brasure forte au cupro-phosphore avec un chalumeau aéro-gaz (alors qu'elle se pratique usuellement avec un chalumeau oxy-gaz), en se plaçant dans de bonnes conditions de travail, avec un chalumeau à flamme enveloppante, en commençant peut-être par les bagues à souder (Weldteam ref W 000 075 186, ou Rothenberger chez Leroy-merlin ref 63918246 et connexes).

La réussite de la brasure dépendra entre autres de la qualité du chalumeau utilisé; essayer le chalumeau aéro-gaz à flamme normale, puis le chalumeau à flamme enveloppante.

### **2- de la brasure forte à la soudo-brasure**

Pour aller encore plus loin, le poste bi-gaz s'impose, mais uniquement pour la confection du bouilleur. Dans le cadre d'un capteur Soleil-Vapeur, un poste bi-gaz avec bouteille d'oxygène de 500 litres convient très bien, par ex. le modèle « Petit Prodige » de Sauvageau/Air liquide, ou le poste Oxypack ProII de Campinggaz. Les recharges d'oxygène de Sauvageau/Air Liquide coûtent nettement plus cher que les recharges Camping Gaz.

Un poste plus important, avec une bouteille d'oxygène de 1000 litres, est inutile, et un poste plus petit, avec des bouteilles d'oxygène de 110 ou 60 litres, est insuffisant.

On commencera par mettre de côté la bouteille de gaz combustible (acétylène, kyrène ou autre), utile uniquement pour le soudage autogène, et on la remplacera par une bouteille de gaz butane, ou par une bouteille de propane avec détendeur.. La première difficulté sera alors de trouver quelque mètres de tuyau pour Gaz de pétrole liquéfié GPL (le butane est un GPL) Ø 6.3 mm/20 bar (voir chez Leroy-Merlin ?). La seconde difficulté est de trouver un raccord « pas à gauche » pour brancher le tuyau sur la bouteille de butane (ref 924 chez Guilbert Express), le plus simple étant d'en récupérer un sur une ancienne installation de gaz butane, et d'acheter si besoin des joints de rechange, disponibles chez Brico dépôt

Si l'on a l'occasion d'utiliser un poste bi-gaz, se rappeler que

- dans le cas du brasage fort d'un raccord laiton effectué avec un poste bi-gaz, un niveau de température élevé ne remplace pas un manque de puissance thermique. Le novice impatient aura tendance à « pousser l'oxygène », ce qui a pour effet de faire fondre une partie du raccord laiton, alors que l'autre partie de l'assemblage n'est pas encore en température et que le métal d'apport refuse de se mettre en place: on a là une bonne illustration du problème niveau de température/puissance thermique... Un bon chalumeau monogaz est alors préférable.
- dans le cas d'un soudo-brasage avec un poste bi-gaz, on a *toujours* intérêt à effectuer une *préchauffe large et permanente* des pièces à assembler à l'aide d'un chalumeau mono-gaz: la chauffe finale est bien plus homogène, sans compter le gain d'oxygène. La présence d'un aide (avec gants et lunettes) est alors fort appréciable

La confection des entretoises du capteur en fil Ø 8 mm est un excellent exercice de soudo-brasure pour un débutant.

Aux Etats-Unis: voir harrisproductsgroup.com, catalogue Plumbing Equipment, kit "port a torch". Ou bien: chez Lincoln Electric / Harris, item # 81283 modèle KH 659, ou item # 81 597 modèle KH 663, disponibles dans certaines grandes surfaces. Un ensemble avec bouteille d'oxygène de 20 cubic feet, ce qui correspond à peu près aux bouteilles de 500 litres d'oxygène, est un bon choix.

## § 20 BRASAGE FORT

### TABLEAU RECAPITULATIF

**Métaux concernés:** le cuivre (tubes cuivre...) et les cuivreux (raccords laiton, bronze...). Dans le cas de brasage à l'argent 40%: possibilité de braser cuivre, acier et inox entre eux.

**Mode d'assemblage:**assemblage des pièces avec recouvrement, jamais bout à bout. Exemple type: le tube cuivre emboîté dans un raccord en cuivre ou en laiton.

**Chalumeau:** chalumeau monogaz 300grammes/heure , avec bruleur à flamme enveloppante.

**Alliage d'apport:** on limite volontairement ici la gamme de métaux d'apport à deux types de métal d'apport: baguettes au Cuivre-phosphore avec argent 6%, et baguettes à autre teneur en argent à 40% . (Il existe par ailleurs des baguettes cuivre phosphore sans adjonction d'argent, mais nécessitant un niveau de température plus élevé)

*Baguettes « argent 6% »*, pour cuivre et cuivreux, par ex. Castolin ref 808G, disponible chez Bricodépôt sous la ref. 210532 et 210533. Décapant: Castolin 808 PF.

Température d'utilisation:645-725° C. Résistance de l'ordre de 45 daN/mm<sup>2</sup>.

Jeu d'assemblage préconisé: de l'ordre de 1/10è soit 2/10èmes sur le Ø

*Baguettes « argent40% »*, pour cuivre, cuivreux, acier , inox; par ex. Castolin ref 3217 Gaz, disponible chez Bricodépôt sous la ref 210530 ou 210531, décapant FX 3217.

Température d'utilisation 595-630° C, résistance de l'ordre de 40 daN/mm<sup>2</sup>

Jeu d'assemblage préconisé: de l'ordre de 0.5/10ème à 0,8/10ème, soit 1 à 1,6/10ème sur le Ø

#### **Préparation**

**Préparation de surface** par tous moyens: dégraissage, puis nettoyage à la lime, à la toile abrasive.

Le métal doit être à nu, condition indispensable pour un bon accrochage du métal d'apport

*Enduire de décapant*

*Immobiliser les pièces*

**Mise en chauffe des pièces.** Chauffer les pièces de façon homogène. Le métal est porté au rouge. Dans le cas d'une emboîture: pour chauffer la partie mâle cachée, porter la flamme sur la partie mâle visible, près du joint, la chaleur se transmettra par conduction à travers le métal.

**Approcher la baguette de métal d'apport.** La brasure doit fondre brusquement si la température est convenable. Poursuivre quelque peu la chauffe. Les pièces restent sous la flamme tout au long de l'opération.