

Soudage à la flamme

par **Lucien VIGNARDET**

*Ingénieur de l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers et de l'École Supérieure
du Soudage et de ses Applications
Ancien responsable du Développement des machines de coupage thermique
dans le groupe AL/SAF (L'Air Liquide/La Soudure Autogène Française)*

1. Propriétés des flammes de chalumeaux.....	B 7 710 - 2
1.1 Combustion et chauffage.....	— 2
1.2 Propriétés chimiques des flammes.....	— 2
2. Modes opératoires	— 3
2.1 Soudage pur.....	— 3
2.2 Soudo-brasage.....	— 4
3. Chalumeaux	— 5
3.1 Principes de conception	— 5
3.2 Réalisation technologique	— 5
3.3 Débit et puissance calorifique	— 6
3.4 Alimentations en gaz.....	— 6
Pour en savoir plus.....	Doc. B 7 710

L'emploi d'une flamme pour le soudage proprement dit, à l'aide d'un chalumeau, ne remonte en fait qu'au début du 20^e siècle.

En effet, les températures élevées nécessaires au soudage des métaux (aciers notamment) n'ont pu être atteintes que lorsque l'on a pu disposer industriellement d'oxygène comme comburant et d'acétylène comme combustible.

L'essor de ce procédé d'assemblage, ainsi que des autres techniques associées à l'emploi de flammes, est donc relativement récent.

1. Propriétés des flammes de chalumeaux

Terminologie : Soudage. Soudo-brasage. Brasage

Il existe une terminologie usuelle, bien qu'incorrecte :
 — un plombier « soude » des tuyauteries de cuivre pour installer un lavabo dans une salle de bains ;
 — un fabricant de circuits électroniques « soude » des composants sur un circuit imprimé ;
 — une entreprise de mobilier métallique « soude » des tubes d'acier pour fabriquer des chaises, des tabourets, etc.
 Dans tous ces exemples, le verbe souder signifie : établir une continuité métallique entre deux ou plusieurs pièces originellement séparées. Or :
 — le plombier exécute une *soudo-brasure* tendre (à l'étain) ou forte (à l'argent ou avec un eutectique cuivre-phosphore) ;
 — les composants des circuits imprimés sont fixés par un *brasage tendre* à l'étain ;
 — le mobilier métallique tubulaire est presque toujours *soudo-brasé* (au laiton), ce qui donne, par mouillage, un excellent congé de raccordement.

Dans ces trois cas, s'il y a continuité physique ou métallique, il n'y a pas continuité ou *homogénéité métallurgique*.

En accord avec les normes françaises, le terme **soudage** devrait s'appliquer uniquement pour un assemblage par fusion, où le métal d'apport éventuel est de même nuance que le métal de base. Dans tout le domaine du soudage, on emploie les termes soudure-soudage pour les assemblages métallurgiquement homogènes comportant une fusion du bord des pièces à assembler (figure 1).

On emploie le terme **soudo-brasage** pour une opération dont le processus opératoire est identique (travail de proche en proche), mais dont le métal d'apport est différent du métal de base, dont les bords ne subissent pas de fusion.

On emploie le terme **brasage** pour une opération exécutée grâce à un chauffage global des pièces (au four par exemple) et non de proche en proche. Cela impose bien évidemment que le métal d'apport soit différent du métal de base et fonde à une température moins élevée, la liaison étant obtenue par mouillage du métal de base.

Pour pouvoir réaliser des soudures dans de bonnes conditions un chalumeau doit délivrer, en le dirigeant sur la pièce, un flux gazeux à température la plus élevée possible, et dont les calories auront une concentration maximale sur la surface la plus réduite possible.

En outre, la composition chimique de ce flux gazeux est loin d'être indifférente, car des réactions sont possibles (et souhaitables) entre les gaz de combustion produits et le métal liquide.

1.1 Combustion et chauffage

La chaleur est produite par une réaction de combustion entre un comburant, l'oxygène, et un combustible, gazeux lui aussi.

L'oxygène intervient soit pur, soit en mélange avec l'azote (air), mais, dans ce dernier cas, les températures atteintes sont insuffisantes pour souder l'acier et la plupart des métaux usuels.

Le combustible est toujours un carbure d'hydrogène de formule générale $C_x H_y$; les plus courants sont :

- l'acétylène $C_2 H_2$;
- le propane $C_3 H_8$;
- le butane $C_4 H_{10}$;

- les gaz dits de synthèse qui sont des mélanges de propane, propadiène, éthylène, méthylacétylène, propylène, etc. ;
- le gaz naturel (très peu utilisé).

Propane, butane et gaz de synthèse sont tous des gaz de pétrole liquéfiés (GPL).

Une flamme oxy-gaz se compose d'un *dard* et d'un *panache* (figure 2), l'un et l'autre étant le siège de réactions différentes.

La température la plus élevée se situe à 1 ou 2 mm de la pointe du dard et, selon la nature du gaz combustible choisi, elle varie de 2 700 à 3 200 °C.

Rappelons que l'acier fond vers 1 560 °C et que le laiton de soudo-brasage fond vers 870 à 900 °C.

Le soudage de l'acier requiert des débits de combustible de l'ordre de 100 L/h par millimètre d'épaisseur à souder et le soudo-brasage environ la moitié.

La chaleur produite par la combustion se retrouve pour partie dans le dard et pour partie dans le panache. Seule la partie dissipée dans le dard est vraiment utile. C'est pourquoi la chaleur totale de réaction n'est pas un critère de choix du gaz.

1.2 Propriétés chimiques des flammes

Les réactions de combustion sont du type :

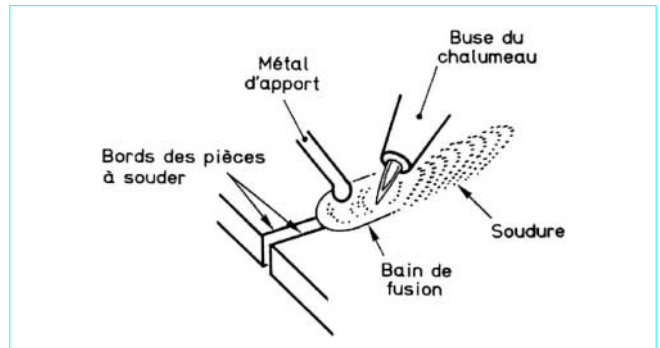
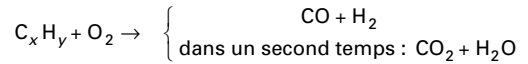


Figure 1 – Exécution d'une soudure

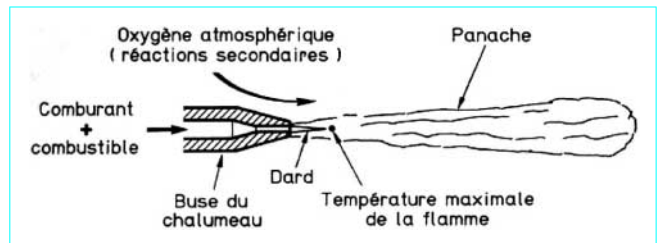


Figure 2 – Flamme de chalumeau

Pour les GPL, ces deux temps sont, au moins partiellement, confondus au niveau du dard, le second temps se terminant dans le panache (figure 2).

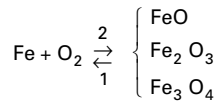
Pour l'acétylène, au contraire, les deux temps sont parfaitement séparés, le premier, générateur de $\text{CO} + \text{H}_2$, se produisant au niveau du dard, le second, générateur de $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ vapeur, se produisant dans le panache (figure 2).

Or CO et H_2 sont des gaz réducteurs, alors que CO_2 et H_2O ne le sont pas, la vapeur d'eau favorisant même l'oxydation.

De nombreux métaux peuvent être soudés sans que la nature des produits de combustion ait une influence notable sur la métallurgie du bain liquide : aluminium, laiton, cuivre, pour ne citer que les plus courants.

Il en va différemment pour les aciers qui constituent, en tonnage traité, de loin la famille la plus importante.

La réaction d'équilibre fer-oxydes de fer se formule comme suit :



Il s'agit d'un équilibre entre phases liquide (fer et oxydes) et gazeuse (l'oxygène), puisque nous nous plaçons dans le cadre d'une opération de soudage et que fer et oxydes sont liquides.

Le sens de réaction 1 est une réduction, alors que le sens 2 est une oxydation.

La présence dans la phase gazeuse d'oxyde de carbone et d'hydrogène naissants va faire basculer l'équilibre dans le sens 1 et provoquer une réduction des oxydes pouvant surnager ou être dissous dans le bain de fer liquide. Ils seront générateurs d'une plus grande facilité opératoire associée à une soudure métallurgiquement plus saine.

L'acétylène est donc le combustible qui s'impose pour toutes les opérations de soudage des aciers.

2. Modes opératoires

2.1 Soudage pur

■ Phénomène de tension superficielle

À partir du moment où le métal est porté à fusion, les phénomènes de capillarité vont devenir primordiaux.

Comme dans les autres procédés, dans la plupart des cas, l'opérateur n'a accès visuel qu'à un seul côté des pièces à assembler. Il faut donc maintenir en équilibre un bain de soudure liquide qui soit :

- suffisamment profond pour que la totalité de l'épaisseur soit atteinte ;
- pas trop large pour ne pas outrepasser les possibilités de la tension superficielle qui agit comme une membrane soutenant le bain liquide entre les points A et B (figure 3).

L'équilibre judicieux entre ces deux impératifs est délicat à maintenir et plusieurs semaines d'entraînement sont nécessaires pour maîtriser correctement le processus opératoire.

La figure 4 explicite ce qui précède avec :

- en (a) l'aspect des pièces brutes avant soudage ;
- en (b) une soudure correctement exécutée ;
- en (c) une soudure pénétrant insuffisamment et défectueuse par résistance insuffisante et effet d'entaille ;

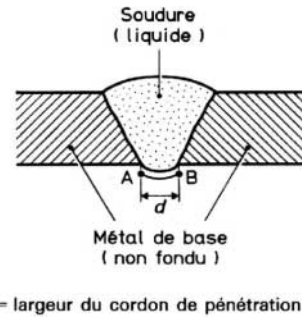


Figure 3 – Coupe transversale d'une soudure

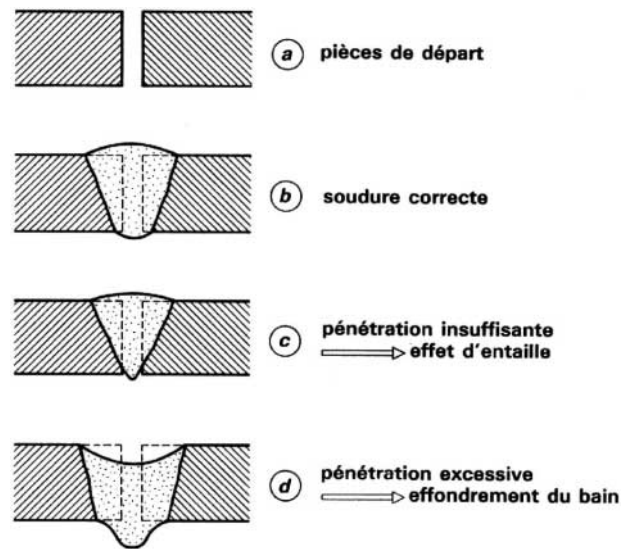


Figure 4 – Défauts des soudures

— en (d) une soudure trop large provoquant des effondrements de bain en cours de soudage : en pratique, la largeur du cordon de pénétration sous la soudure (distance d sur la figure 3) peut difficilement dépasser 3 à 4 mm.

■ Différents types de soudures

Selon la configuration des pièces, on peut rencontrer des soudures : sur bords relevés, bout à bout, en angle intérieur à clin (articles sur le soudage [B 621] [A 780] dans ce traité).

Toutes peuvent être exécutées au chalumeau, mais les deux derniers types (angle et clin) sont, dans l'énorme majorité des cas, exécutées en soudage à l'arc ou en soudo-brasage.

■ Positions opératoires

Un soudeur bien entraîné est capable de travailler en toutes positions, à plat bien sûr, mais aussi en corniche ou au plafond.

Dans ce dernier cas, le bain liquide est maintenu en équilibre et supporté par-dessous grâce à la conjugaison de la tension superficielle et du souffle de la flamme.

La position dite à *plat* n'est pas, contrairement à ce que l'on pourrait penser, la plus commode car, sauf pour les très faibles épaisseurs, le bain liquide a tendance à progresser trop vite, soufflé par la flamme (figure 1). La position demi-montante (45°) est préférable chaque fois que cela est possible.

Enfin, si l'on veut être rigoureusement sûr d'obtenir une pénétration bien régulière à l'envers, il faut opérer en position *montante verticale*, la soudure progressant de bas en haut.

■ **Qualification des soudeurs**

Comme pour les divers procédés de soudage à l'arc, les soudeurs au chalumeau doivent, pour être reconnus comme tels, avoir exécuté périodiquement avec succès des éprouvettes tests devant des organismes d'agrément officiels (en France, l'Institut de Soudure).

Ces problèmes d'agrément sont codifiés par deux normes françaises et européennes :

- NF EN 287-1 6-92 pour les aciers ;
- NF EN 287-2 6-92 pour l'aluminium et ses alliages.

■ **Produits d'apport**

Un simple fil d'acier doux (acier non allié) peut à la rigueur convenir, mais les baguettes d'apport spécialement conditionnées pour le soudage font appel à des aciers extra-doux à bas carbone (0,05 à 0,1 %) et comportant une petite addition de silicium qui renforce l'effet désoxydant de la flamme.

Les diamètres les plus courants s'étagent de 2 à 4 mm et le diamètre convenable croît avec l'épaisseur à souder.

■ **Situation par rapport au soudage à l'arc**

Le soudage au chalumeau est possible aussi bien sur des épaisseurs très faibles (carrosseries automobiles : 0,4 à 0,6 mm) que sur des tôles de 20 à 25 mm.

Toutefois, le développement considérable du soudage à l'arc avec électrodes enrobées d'abord, puis avec les procédés MIG

et MAG, a très fortement réduit les cas d'applications pratiques, au moins pour les travaux neufs.

Par contre, en réparation, le soudage au chalumeau, sensiblement plus souple d'emploi (apport de chaleur et apport de métal sont totalement indépendants), est encore fort utilisé.

Mais l'acquisition d'une bonne technique opératoire demande un temps notable. C'est pourquoi chaque fois que la nature des pièces le permet, le soudage pur est très souvent remplacé par le soudo-brasage dont l'apprentissage est beaucoup plus simple (tableau 1).

2.2 Soudo-brasage

■ **Différences opératoires par rapport au soudage pur**

Cette technique est, sous l'angle du mode opératoire, *beaucoup plus proche du soudage pur* que du brasage, puisque l'exécution de la liaison entre pièces se réalise par un échauffement de proche en proche, le métal d'apport étant déposé goutte à goutte dans le bain liquide.

En fait, les seules différences avec le soudage seront :

- l'hétérogénéité métallurgique, le métal d'apport étant différent du métal de base (mais cela ne concerne pas le processus opératoire) ;
- l'absence de fusion du bord des pièces à assembler.

Ce second point est extrêmement important, car il fait disparaître la principale difficulté opératoire du soudage (figure 4d).

En complément, le soudo-brasage réduit l'échauffement des pièces (800 °C contre 1 600 °C environ) avec des conséquences favorables sur les déformations et les éventuelles modifications de structure.

Tableau 1 – Domaines d'emploi du soudage et du soudo-brasage à la flamme (au chalumeau)

Métaux	Conditions de mise en œuvre
Aciers non alliés ou faiblement alliés	Soudage : courant au-dessous de 1 à 2 mm, possible mais de moins en moins utilisé pour des épaisseurs supérieures, sauf s'il s'agit de soudage de tuyauteries (chauffage et fluides divers) avec épaisseur limite vers 4 à 5 mm. Soudo-brasage : très courant jusqu'à des épaisseurs plus fortes qu'en soudage : 6 à 8 mm.
Aciers fortement alliés, inox, réfractaires, etc.	Soudage : non en ce qui concerne les éléments plats. Rarement en ce qui concerne les tuyauteries et tendant vers zéro année après année au profit du soudage TIG et un peu du MIG. Soudo-brasage : processus opératoire délicat dû aux difficultés pour obtenir un bon mouillage. Nécessite des flux décapants spéciaux à cause des hautes températures atteintes. Pratiquement plus utilisé sauf cas très particuliers.
Fontes	Soudage : non. Soudo-brasage : courant en réparation, sauf pour pièces ayant été surchauffées (grilles de foyers) qui sont impossibles à soudo-braser (mouillage difficile à cause des nodules de carbone).
Aluminium et ses alliages	Soudage : a pratiquement disparu (mais reste parfaitement possible) au profit des procédés TIG et MIG. Processus opératoire délicat par manque de visibilité claire du bain de fusion. Soudo-brasage : quelques applications subsistent, mais elles sont rares.
Laitons	Soudage : possible, mais cas d'application rarissimes. Processus opératoire délicat car tension superficielle faible. Soudo-brasage : très courant et facile sur toutes épaisseurs.
Cuivre	Soudage : non en général, sauf si l'on dispose de cuivre particulièrement bien désoxydulé (donc cher). Soudo-brasage : très courant et facile sur toutes épaisseurs. La conductibilité du cuivre implique des débits importants au-delà de 8 à 10 mm.
Bronzes	Soudage : non. Soudo-brasage : possible, mais cas d'emploi peu fréquents.
Zinc et alliages	Soudage : non. Soudo-brasage : courant (brasure tendre à l'étain), nécessité d'étamer les pièces au préalable.
Remarque : le présent tableau postule que le choix du procédé optimal reste permanent ; sinon, le chalumeau peut intervenir dans presque tous les cas mais avec un processus opératoire très délicat et des résultats métallurgiques parfois médiocres.	

■ Produits d'apport

D'un point de vue strictement métallurgique et en négligeant l'exécution de proche en proche, les phénomènes de mouillage sont les mêmes en soudo-brasage et en brasage :

- l'exécution de joints sur acier fait presque toujours appel à un alliage de laiton ;
- l'exécution de joints sur cuivre ou laiton met généralement en œuvre un alliage cuivre-phosphore ou divers alliages à base d'argent, mais ces derniers mouillent les pièces avec une telle facilité qu'on se retrouve, malgré un chauffage de proche en proche, presque dans le cas d'une brasure exécutée globalement ;
- les flux décapants sont les mêmes que pour le brasage, mais sont apportés dans le bain sous forme d'enrobage de la baguette d'apport.

■ Situation par rapport au soudage au chalumeau

Les avantages fondamentaux du soudo-brasage sur le soudage se situent dans les domaines suivants :

- la très grande facilité opératoire par référence au soudage ;
- l'échauffement moindre des pièces, avec comme corollaire une exécution plus rapide et une consommation de gaz minorée ;
- la réalisation de cordons d'angle concaves lisses et parfaitement raccordés aux pièces à assembler.

En contrepartie, les sujétions principales du soudo-brasage sont :

- la nécessité de mettre en œuvre un décapant, d'enlever les éléments vitrifiés subsistants et de prendre quelques précautions de ventilation pendant l'exécution ;
- l'hétérogénéité métallurgique éventuellement génératrice de corrosions par différence d'électropositivité ;
- le coût plus élevé des métaux d'apport et des flux.

La part de main-d'œuvre dans un **prix de revient** étant souvent prépondérante et le coût de la formation étant important pour qualifier un soudeur pur, les avantages du soudo-brasage sur le soudage permettent très souvent d'en accepter les sujétions. En outre, son automatiser reste fréquemment possible.

En ce qui concerne les problèmes de **résistance**, il est indéniable que l'acier est supérieur au laiton, mais la surface des cordons de soudure est rarement bien raccordée avec celle des pièces, d'où un effet d'entaille possible. Il en va différemment pour une soudo-brasure et ceci compense bien cela.

3. Chalumeaux

3.1 Principes de conception

Un chalumeau de soudage doit être en mesure de stabiliser une flamme à l'extrémité de sa buse, en interdisant les rentrées ou retours de flamme internes. En outre, l'opérateur doit pouvoir faire varier la puissance calorifique délivrée pour s'adapter aux divers travaux à exécuter.

Combustible et comburant étant mis en présence, la combustion a tendance à se propager, y compris à l'intérieur du chalumeau, d'où l'importance du terme précédent : « stabiliser la flamme ».

Il est certes possible de ne mélanger comburant et combustible qu'à l'extérieur du chalumeau, grâce à deux orifices de sortie séparés et convergents. Cela a été réalisé pour de gros chalumeaux chauffeurs (formage de tôles). Ces derniers sont remarquablement sûrs, mais leur rendement thermique reste médiocre. Il faut donc, pour le soudage, **prémélanger** avant l'orifice de sortie (la buse).

Un chalumeau comportera essentiellement (figure 5) :

- deux robinets assurant la fonction fermé/ouvert et la fonction réglage de débit ;
- un manche ;

- un organe de mélange comburant-combustible qui peut être un injecteur ou un simple mélangeur ;
- une lance et une buse de soudage.

Une flamme bien stabilisée suppose :

- une vitesse de sortie du mélange correcte : les valeurs usuelles se situent entre 40 et 90 m/s environ ; en deçà la rentrée de flamme survient presque toujours, et au-delà un phénomène de soufflage-extinction intervient ;
- un écoulement du mélange dans la lance aussi laminaire que possible ; or les robinets, placés en amont, sont générateurs de tourbillons ne pouvant que faciliter d'éventuelles rentrées de flamme.

C'est donc au mélangeur-injecteur que revient la fonction de stabilisation des écoulements internes. La qualité, tant de son dessin, que de son usinage, est fondamentale.

L'obtention dans le mélangeur et dans la lance d'un écoulement laminaire idéal n'est possible que pour un seul débit (puissance de flamme). Si l'on s'écarte de ce débit type, en plus ou en moins, la stabilité se dégrade pour devenir inacceptable à partir d'un certain seuil.

3.2 Réalisation technologique

Cette notion de débit idéal, du point de vue de la stabilité, et l'obligation de disposer d'une puissance de flamme modulable en fonction des travaux à exécuter sont évidemment des impératifs contradictoires.

Bien entendu, il faut changer le calibre de l'orifice de sortie (buse) chaque fois que l'on veut modifier le débit mais, en outre, la contradiction ci-dessus peut être résolue de deux manières par :

- les chalumeaux à **débit fixe** (dits à lances interchangeables) dans lesquels on change systématiquement l'ensemble mélangeur-lance-buse chaque fois que l'on veut modifier le débit. Ce sont les appareils les plus sûrs, ayant une gamme de débits possibles très étendue. Ils sont en général les plus onéreux ;
- les chalumeaux dits à **débit variable** sur lesquels on ne change que la buse de sortie. Leur mélangeur est dessiné et calibré de manière moyenne, mais la gamme de débits possibles s'en trouve réduite de ce fait. Ils sont de fonctionnement un peu moins sûr que les précédents (mais encore fort acceptable). Ils sont en général de prix moins élevé.

Ces critères techniques de choix d'équipement doivent être complétés par des critères de caractère coutumier : la France et les pays de culture francophone ou latine sont généralement des tenants des appareils à débit variable, alors que les pays d'influence anglo-saxonne ou américaine préfèrent la solution à débit fixe.

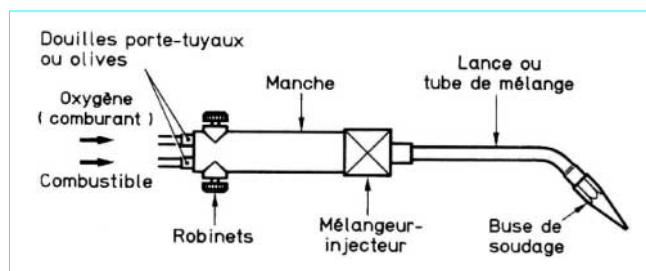


Figure 5 – Parties constitutives d'un chalumeau

3.3 Débit et puissance calorifique

La puissance d'un chalumeau, d'une buse, s'exprime en pratique en débit du combustible ; sa valeur est normalisée et choisie dans une série Renard : 40, 63, 100, 160, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1 000, 1 250, 1 600, 2 500, 4 000 L/h.

Compte tenu de l'état actuel de la technique du soudage au chalumeau, les débits supérieurs à 500 L/h concernent beaucoup plus des opérations de chauffage-formage que des opérations de soudage.

Rappelons que le soudage de l'acier demande des débits (de combustible) de l'ordre de 100 L/h par millimètre d'épaisseur.

La gamme habituelle d'un **chalumeau à débit fixe** s'étage de 40 à 1 250 L/h, voire 2 500 L/h.

Les gammes classiques des **chalumeaux à débit variable** sont généralement les suivantes :

- chalumeau type 0 : 100 à 400 L/h, voire 500 L/h ;
- chalumeau type 1 : 250 à 1 000 L/h ;
- chalumeau type 2 : 1 000 à 4 000 L/h.

Le découpage en trois (appareils) de la plage totale est bien entendu lié aux considérations de stabilité évoquées précédemment (§ 3.1 et 3.2).

On peut toutefois noter qu'une gamme allant de 100 à 400 L/h est largement suffisante pour couvrir toutes les applications de soudage courantes et que l'appareil à débit fixe type 40 à 2 500 L/h est surabondant ou alors est considéré comme couvrant d'autres besoins que le soudage (chauffage-formage notamment).

3.4 Alimentations en gaz

■ Comburant

L'oxygène peut être fourni sous deux formes :

- gazeux, comprimé en bouteilles à 200 bar, capacité 10 m³ (mesurée dans les conditions normales de température et de pression) ;
- liquide, stocké dans un réservoir cryogénique (à -180 °C), un évaporateur rétablissant l'état gazeux à une pression de 8 à 12 bar.

■ Combustibles

● **Acétylène** : ce gaz risque de polymériser avec dégagement de chaleur, lorsqu'il est libre et comprimé à une pression supérieure à 1,5 bar. Il est donc fourni et stocké à l'état dissous dans un solvant (acétone ou diméthylformamide), ce solvant imprégnant lui-même un ciment poreux remplissant complètement des bouteilles en acier. La capacité de stockage de ces bouteilles varie de 4 à 6 m³ selon la taille, le débit maximal étant limité à 1 m³/h par bouteille. Les générateurs d'acétylène utilisant le carbure de calcium comme matière première, courants avant 1940, ont à présent pratiquement disparu des ateliers.

● **Gaz de pétrole GPL** : propane, butane et gaz de synthèse sont stockés à l'état liquide en bouteilles métalliques. Les tensions de vapeur à température ambiante sont de l'ordre de 1,5 bar pour le butane et de 6 à 8 bar pour le propane et les gaz de synthèse. Les bouteilles industrielles contiennent environ 35 kg de liquide. Lors du soutirage, le liquide se vaporise, entraînant un refroidissement de la bouteille, compensé par échanges thermiques avec l'air ambiant.

■ Détendeurs

Quel que soit le gaz en cause, il est nécessaire de procéder à une détente en amont du chalumeau pour :

- abaisser la pression au niveau convenable (0,5 à 3 bar) ;
- éliminer les variations de pression de la source lors de sa vidange.

Ces détendeurs sont classiques et comportent un couple clapet-siège assimilable en fait à une vanne, mais dont l'ouverture est pilotée par la pression aval, elle-même fixée par une vis de consigne.

■ Accessoires

Les tuyauteries d'alimentation sont en caoutchouc ; leur structure et surtout leurs couleurs sont normalisées : bleu pour l'oxygène, orange pour les GPL, rouge pour les autres combustibles (acétylène, en fait).

Par mesure de précaution, on place souvent dans les circuits d'alimentation du chalumeau des appareils de sécurité, tels que clapets anti-retour, pare-flammes, etc. Les inspecteurs des Caisses Régionales d'Assurance Maladie ont de plus en plus tendance à imposer ceux qui ont un agrément officiel (Institut de Soudure).

Lorsque l'importance des travaux le justifie (et c'est souvent le cas), les bouteilles individuelles sont remplacées par un réseau de canalisations, lui-même alimenté par des batteries de bouteilles (ou un évaporateur selon les cas), groupées en général dans une centrale d'alimentation et de prédétente.

Soudage à la flamme

par **Lucien VIGNARDET**

*Ingénieur de l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers et de l'École Supérieure du Soudage et de ses Applications
Ancien responsable du Développement des machines de coupage thermique dans le groupe AL/SAF (L'Air Liquide/La Soudure Autogène Française)*

Bibliographie

Guide du soudage. Tome II : Soudage aux gaz. 135 × 230, 142 p., PSA-Publications du Soudage et de ses Applications (Institut de Soudure).

Consignes d'utilisation des postes de chauffage, soudage, coupage oxyacétylénique et oxy-gaz combustibles. 160 × 250, 8 p., 10 fig., PSA-Publications du Soudage et de ses Applications (Institut de Soudure) (1981).

Normalisation

Association Française de Normalisation AFNOR

Toutes les normes de la classe A 84 *Matériels de soudage aux gaz et techniques connexes* et en particulier :

NF EN 29-539	9-92	Matériaux utilisés pour les matériels de soudage aux gaz, coupage et techniques connexes (ISO 9539) (Indice de classement : A 84-039).
NF A 84-210	2-84	Soudage. Chalumeaux coupeurs manuels. Spécifications et essais (ISO 5172).
NF A 84-330	12-82	Matériels pour soudage aux gaz. Soupapes hydrauliques et appareils combinés anti-retour de gaz. Arrêt des flammes équipant les appareils de production d'acétylène. Spécifications et essais.
NF A 84-340	12-88	Matériels pour soudage aux gaz. Dispositifs de sécurité pour les gaz combustibles et l'oxygène ou l'air comprimé. Spécifications. Prescriptions générales et essais.
NF A 84-400	3-90	Matériels pour soudage aux gaz. Détendeurs pour bouteilles à gaz et mélanges de gaz comprimés ou acétylène dissous utilisés en soudage, coupage et techniques connexes. Nomenclature (ISO 2503).
NF A 84-430	5-84	Détendeurs avec manomètres pour bouteilles à gaz pour gaz comprimés et acétylène dissous utilisés pour le soudage, le coupage et les techniques connexes. Spécifications et essais (ISO 2503).

NF A 84-440	9-91	Matériels de soudage aux gaz et techniques connexes. Centrales de détente pour la distribution des gaz comprimés, dissous et liquéfiés. Équipement. Installation. Essais.
NF A 84-441	12-91	Matériels de soudage aux gaz et techniques connexes. Réseau de distribution des gaz en usine. Règles de sécurité pour la conception, la réalisation et l'exploitation.
NF A 84-500	10-77	Chalumeaux soudeurs et chauffeurs. Terminologie générale (ISO 5172).
NF A 84-530	2-84	Chalumeaux soudeurs et chauffeurs. Spécifications et essais (ISO 5172).
NF A 84-540	3-90	Matériel de soudage aux gaz et techniques connexes. Chalumeaux soudeurs et chauffeurs oxyacétyléniques monoflammes. Buses et embouts de lances. Gamme de débits normaux et dimensions.
NF A 86-310	4-79	Becs à acétylène. Fixation. Débits.
NF EN 287-1	6-92	Épreuves de qualification des soudeurs. Soudage par fusion. Partie 1 : aciers (Indice de classement : A 88-110-1).
NF EN 287-2	6-92	Épreuves de qualification des soudeurs. Soudage par fusion. Partie 2 : aluminium et ses alliages (Indice de classement : A 88-110-2).

Fabricants. Constructeurs. Distributeurs

(liste non exhaustive)

**Air Liquide (L').
Castolin SFT.
Charledave.
Degussa France.
Doga SA.
Harris Calorific France.
Messer-Griesheim France.
Protechno.
SCS Sauvageau Commercy Soudure.
SAF Soudure Autogène Française.**

Organismes

**CTAS Centre Technique des Applications du Soudage (groupe Air Liquide-SAF-Sauvageon-Commercy Soudure).
EAPS École d'Adaptation aux Professions du Soudage.
École Nationale de Soudure de la SNCF.
ESSA École Supérieure du Soudage et de ses Applications.
Institut de Soudure.
SMS Syndicat National des Fabricants de Matériel de Soudage.**
