

ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

OFFICE DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE ET DE LA
PROMOTION DU TRAVAIL

DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION

OFPPT

RESUME THEORIQUE

&

GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES

MODULE N°: 4 *TECHNIQUE DE SOUDO-BRASAGE ET D' OXYCOUPAGE*

SECTEUR : *FROID ET GENIE THERMIQUE*

SPECIALITE : *TECHNICIEN EN FROID ET CLIMATISATION*

NIVEAU *TECHNICIEN*

JUIN 2005

VERSION EXPERIMENTALE

Remerciements

La DRIF remercie les personnes qui ont participé ou permis l'élaboration de ce Module de formation.

Pour la supervision :

GHRAIRI RACHID : Directeur de CDC-Génie Electrique/Froid et Génie Thermique

BOUJNANE MOHAMED : Chef de Pôle Froid et Génie Thermique

Pour l'élaboration :

MR OUKHALI MOHAMED : FORMATEUR A L'ISGTF

Les utilisateurs de ce document sont invités à communiquer à la DRIF toutes les remarques et suggestions afin de les prendre en considération pour l'enrichissement et l'amélioration de ce programme.

**Mr: Said SLAOUI
DRIF**

SOMMAIRE

	Page
Présentation du module	10
Résumé Théorique	11
A. Mise en service du poste oxyacéthylnique	12
B. Exécution d'une soudure autogène	60
C. Exécution d'une soudure hétérogène	67
D. Oxycoupage des métaux ferreux	72
E. Soudure à l'arc électrique	79
Guide de Travaux Pratiques	93
TP 1 Exécution des lignes de fusion sans métal d'apport	94
TP 2 Exécution des lignes de fusion avec métal d'apport	95
TP 3 Exécution d'une soudure à plat sur bords relevés	96
TP 4 Exécution d'un joint de soudage bords à bords à plat	97
TP 5 Exécution un joint de soudage à plat en angle extérieur	98
TP 6 Exécution un joint de soudage à plat en angle intérieur	99
TP 7 Exécution d'un assemblage entre deux tubes de cuivre	100
TP 8 Exécution d'un assemblage entre deux tôles en acier	101
TP 9 Exécution d'un assemblage entre deux tubes de cuivre (brasage fort)	102
TP 10 Exécution d'une coupe d'une tôle à l'aide du poste oxyacéthylnique	103
TP 11 Exécution d'un assemblage à l'arc électrique	104
TP 12 Exécution d'un cordon de soudage en angle intérieur à l'arc électrique	105
TP 13 Exécution d'un cordon de soudage en angle extérieur à l'arc électrique	106
TP 14 Exécution d'un assemblage de deux tôles bout à bout sur bords droit à l'arc électrique	107
Evaluation	108
Bibliographies	111

Module N° 4 : TECHNIQUE DE SOUDO- BRASAGE ET D'OXYCOUPAGE

Durée : 82 heures

Théorie : 28% 23 heures

Travaux pratiques : 67% 54 heures

Evaluation : 5% 5 heures

OBJECTIFS OPERATIONNELS PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT

COMPORTEMENT ATTENDU

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit **effectuer des travaux de base propre à la soudo-brasage et oxycoupage** selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent :

CONDITIONS D'EVALUATION

- * A partir des directives données par le formateur.
- * A l'aide des outils et instruments nécessaires compresseurs et pompes.
- * A l'aide de tous les composants nécessaires.
- * A l'aide d'un dessin d'une pièce à réaliser

CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE

- * Connaissance juste des outils, instruments de mesure.
- * Manipulation soignée des outils et instruments :
 - Description exacte du mode d'emploi et d'entretien des outils et instruments.
 - Propreté des travaux et des lieux.
 - Respect des règles de santé et de sécurité.

<u>RECISIONS</u>	<u>SUR</u>	<u>LE</u>	<u>CRITERES PARTICULIERS</u>
<u>COMPORTEMENT ATTENDU</u>			<u>DE PERFORMANCE</u>

- | | | |
|--|---|---|
| A. Mettre en service un poste de soudage oxyacéthylnique. | - | Description juste des composants du poste |
| | - | Réglages appropriés du poste |
| | - | Pertinence des mesures de sécurité. |
| B. Effectuer des brasures de soudures autogènes par le procédé oxyacéthylnique sur une pièce d'acier doux. | - | Choix approprié de la baguette d'apport |
| | - | Qualité des soudures |
| C. Effectuer des brasures de soudures hétérogène par le procédé oxyacéthylnique sur une pièce d'acier doux et cuivre | - | Choix approprié de la baguette d'apport et décapant |
| | - | Justesse de la technique de soudage |
| | - | Qualité de soudure |
| D. Procéder à l'oxycoupage des métaux ferreux | - | Choix approprié de la tête de coupe |
| | - | Réglage approprié des pressions |
| | - | Qualité des coupes |

**OBJECTIFS OPERATIONNELS DE PREMIER NIVEAU
DE COMPORTEMENT (suite)**

**PRECISIONS SUR LE COMPORTEMENT
ATTENDU**

E. Effectuer des soudures dans la position à plat par le procédé à l'arc électrique sur des pièces d'acier doux (tube acier).

**CRITERES PARTICULIERS DE
PERFORMANCE**

- *Choix approprié de l'électrode en fonction de l'épaisseur du métal*
- *Pertinence des techniques d'amorçage et de soudage*
- *Qualité des soudures.*

**CHAMPS D'APPLICATION DE LA
COMPETENCE**

- *Domaines du froid commercial et la maintenance hôtelière*

OBJECTIFS OPERATIONNELS DE SECOND NIVEAU

Le stagiaire doit maîtriser les savoirs, savoir-faire, savoir percevoir ou savoir – être, jugés préalables aux apprentissages directement requis pour l'atteinte de l'objectif de premier niveau, tels que :

Avant d'apprendre à mettre en service un poste de soudage oxyacéthylnique (A)

1. Reconnaître certains matériaux (ferreux et non ferreux) industriels en référence avec :
 - le code de fabricants
 - leurs dimensions normalisées
2. Définir la terminologie et la finalité des procédés de soudage autogènes et hétérogène et de coupage oxyacéthylnique.
3. Enumérer les principales caractéristiques des gaz employés en soudage oxyacéthylnique.
4. Décrire l'ensemble des éléments constituant un poste de soudage oxyacéthylnique, ainsi que l'outillage et l'équipement de base utilisés
5. Sélectionner les accessoires nécessaires aux opérations de soudage oxyacéthylnique.

Avant d'apprendre à effectuer les différents types de brasures sur une pièce d'acier doux et cuivre (B) , à effectuer des brasures des soudures hétérogènes par le procédé, oxyacéthylnique sur des pièces de métaux ferreux ou non ferreux (C) et procéder à l'oxycoupage de métaux ferreux (D).

6. Définir les choix du métal d'apport.
7. Préparation du poste de travail.

Avant d'apprendre à effectuer les brasures de soudures dans la position à plat par le procédé à l'arc électrique sur des pièces d'acier doux.(E)

8. Définir le soudage à l'arc.
9. Décrire les types de machines à souder à l'arc électrique.
10. Sélectionner les électrodes pour effectuer l'assemblage des pièces.
11. Effectuer les étapes d'amorçage et de réamorçage de l'arc de soudage.

Présentation du module

Ce module de compétence général sera dispensé 1^{er} et 2^{ème} semestre de la 1^{ère} année de la formation. Le module sera dispensé selon le logigramme de formation

Durée totale de déroulement de ce module est de 45 heures répartis comme suit

Partie théorique : 28% 23 heures

Partie Pratique : 67% 54 heures

Evaluation : 5% 5 heures

L'objectif de ce module est d'acquérir des connaissances de bases de la soudure, il vise à les rendre aptes à identifier les matériels de soudage et effectuer certaines positions de soudure.

- Initier les stagiaires à l'utilisation des outils et des instruments de mesure.*
- Démontrer les techniques de manipulation des outils et des instruments.*
- Faire une description exacte du mode d'emploi et d'entretien des outils et des instruments.*
- Faire preuve de beaucoup de vigilance dans le respect des règles de sécurité.*

Evaluation du module

Description de l'épreuve

Epreuve pratique pour effectuer les travaux de base préparer au soudo-brasage et oxycoupage.

On suggère de présenter aux candidats des outils et des instruments de mesure, des matériaux (ferreux et non ferreux) industriels pour faire l'épreuve pratique

- Les candidats doivent connaître l'ensemble des éléments constituant un poste oxyacéthylnique.*
- Les candidats doivent effectuer des brasures de soudure autogènes par le procédé oxyacéthylnique sur une pièce d'acier doux et cuivre.*
- Les candidats doivent effectuer des soudures par le procédé à l'arc électrique sur des pièces d'acier doux (tube acier).*

Conditions du déroulement de l'épreuve

- Travail individuel*
- Condition d'examen :*

Les candidats auront à leurs dispositions des différents outils, instruments, des morceaux de pièces et des tuyaux d'acier et de cuivre, de poste de soudage et d'un dessin d'une pièce à réaliser.

Exercices de l'épreuve

- Aucune documentation n'est autorisée*

Durée de l'évaluation : 5 heures

Résumé théorique

A Mise en service du poste oxyacéthyliénique

1 Reconnaître certains matériaux (ferreux et non ferreux) industriels en référence avec :

- le code de fabricants
 - leurs dimensions normalisées
- ELABORATION DES MATÉRIAUX**

A- ALLIAGES FERREUX

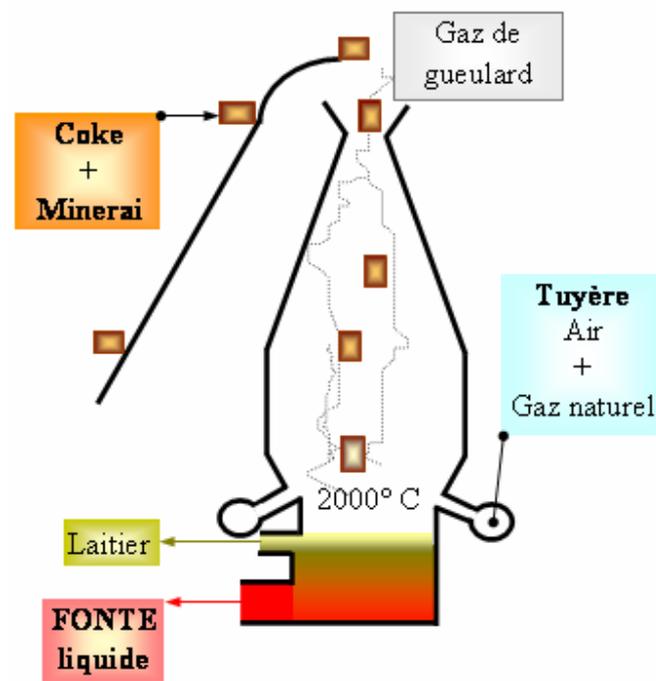
PRINCIPE D'ELABORATION DES ALLIAGES FERREUX

Un alliage ferreux est constitué essentiellement de fer (Fe) et de carbone (C). Les aciers ont une teneur maximale en carbone de 2,1 %. Les fontes ont une teneur en carbone comprise entre 2,1 et 6,67 %. Les aciers et fontes alliés sont constitués de Fe, C et d'autres éléments tels que : silicium, manganèse, nickel, chrome, etc ... qui améliorent leurs qualités.

Attention au vocabulaire

Une pièce ne sera pas réalisée en **fer**, mais dans un de ces alliages : **Fonte ou Acier**. Le fer est un matériau peu performant et coûteux à l'affinage.

Schéma de principe d'un haut fourneau



Minerai de fer : **Hématite**



Coke



Alliages ferreux	% de carbone	Théorique	Pratique
Aciers	Compris entre : 0 et $\approx 2,1$ %		Pratiquement entre 0,05 et 1%
Fontes	Compris entre : $\approx 2,1$ et 6,67 %		Pratiquement entre 3,1 et 4,5%

B FONTES

B.1- ELABORATION

La fonte s'obtient dans les hauts fourneaux à partir de minerai de fer et du coke (carbone). L'élévation de température conduit à la fusion de la charge et à la transformation chimique, ce qui permet d'obtenir de la fonte liquide et des résidus: laitier et gaz.

B.2- DEFINITIONS

B.2.1- Fontes grises à Graphite Lamellaire : FGL

La forme lamellaire du graphite fragilise le matériau. Les copeaux se fragmentent lors d'un usinage sur machine-outil. La micrographie ci-contre vous présente les formes lamellaires du graphite.

B.2.2-Fontes à Graphite Sphéroïdal : FGS

La forme sphéroïdale du graphite rend ces fontes particulièrement résistantes à la traction et au choc (résilience). Les copeaux se déroulent plus linéairement lors d'un usinage sur machine-outil. La micrographie ci-contre vous présente la forme sphéroïdale du graphite.

B.2.3- Fontes blanches

Elles ne contiennent pas de carbone à l'état de graphite. Le carbone est en combinaison chimique avec fer (carbure de fer Fe_3C).

B.2.4- Fontes malléables FM

Elles sont obtenues par traitement thermique des fontes blanches; les propriétés sont semblables à celles de l'acier faiblement carburé.

* **Fontes malléables à cœur blanc : FMB.** Le carbone a pratiquement disparu. Exemple : le raccord de tuyaux de chauffage, etc.

* **Fontes malléables à cœur noir : FMN.** Le carbone s'est regroupé sous la forme de nodule, voir la micrographie ci-contre. Exemple : Bogie de wagon, tambour de frein, disque de frein, carter, etc.



Coulée de fonte à la sortie d'un haut fourneau



B.2.5- Fontes alliées

Certaines fontes peuvent être associées avec d'autres métaux pour améliorer certaines caractéristiques.

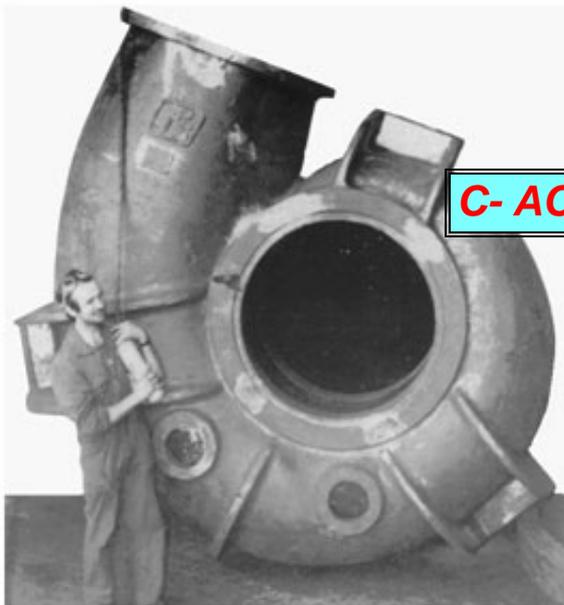
Exemple : le corps de pompe, en bas de la page, FGL250 +2%Cu.

B.3- AVANTAGES DES FONTES

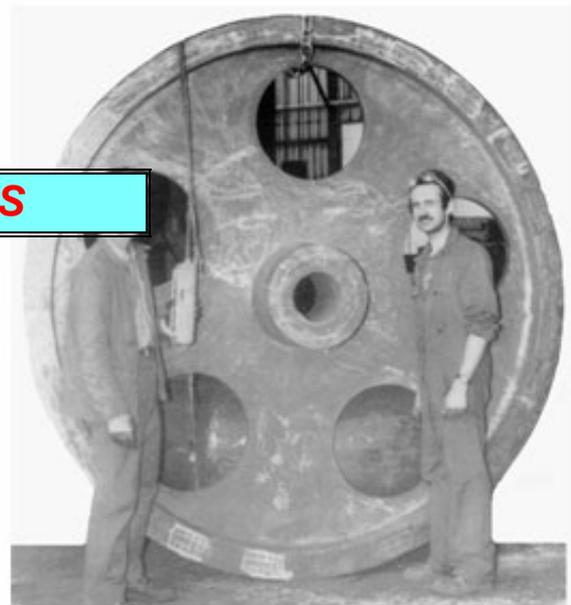
- * Elles permettent la réalisation des pièces moulées complexes car elles possèdent une excellente coulabilité (Aptitudes au moulage).*
- * Elles ont une excellente usinabilité, le graphite jouant le rôle de lubrifiant (mise à part les fontes blanches où le graphite n'est pas présent).*
- * Elles sont très résistantes en compression.*

B.4- INCONVENIENT DES FONTES

- * Les fontes grises lamellaires sont peu résistantes aux chocs, pour les autres fontes le problème de résilience est résolu par la forme non lamellaire du graphite.
- * Les fontes FGS ne sont pas utilisées autant que les fontes FGL parce que son coût de fabrication est bien plus élevé.
- * Les fontes blanches sont très peu utilisées sauf pour la réalisation de pièces spécifiques (Rouleaux de broyeur). Elles sont dures mais très fragiles ceci est dû à la présence de cémentite.
Remarque : elle est utilisée **liquide** pour la **fabrication** de l'acier



Corps de pompe: FGL 250+2% Cu
Photographie des Fonderies de SERVON



Roue: FGS 700-2+3% Ni+0,5% Cr+0,8% Mo
Photographie des Fonderies de

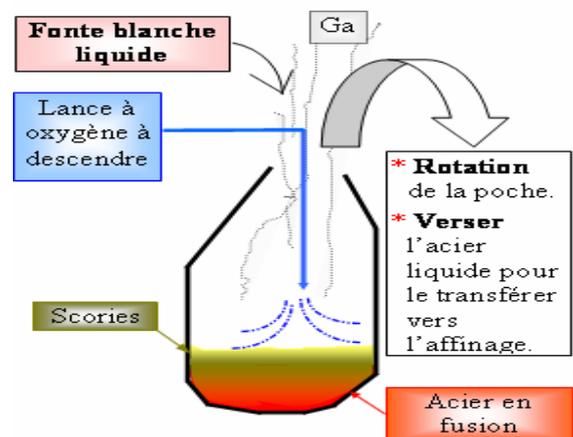
C- ACIERS

C.- DEUX MODES D'OBTENTION POUR L'ELABORATION DES ACIER

C.1- ACIER A L'OXYGENE

Il est obtenu à partir de la fonte liquide dans un convertisseur. Le passage de la fonte à l'acier s'effectue grâce à l'insufflation d'oxygène pur pour éliminer l'excédent de carbone et d'impuretés par brûlage. Ci-contre le schéma de principe de l'élaboration.

Schéma de principe d'une élaboration d'acier à l'oxygène



C.2- ACIER ELECTRIQUE

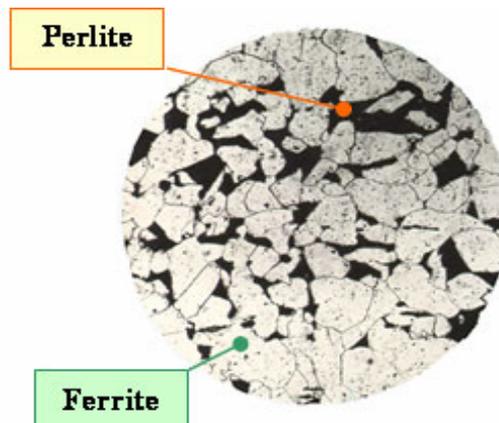
Il est surtout obtenu à partir de ferrailles refondues dans un four électrique. La fusion est obtenue par des arcs électriques. L'opération comporte trois phases : fusion, oxydation, décarburage du bain; puis coulée de l'acier. Voir les schémas de principe page suivante.

C.3- STATION D’AFFINAGE

L'acier provenant du convertisseur ou du four électrique est transféré toujours à l'état liquide dans la station d'affinage afin de doser parfaitement le taux de carbone et éventuellement les éléments d'addition : chrome (Cr), nickel (Ni), molybdène (Mo), etc...

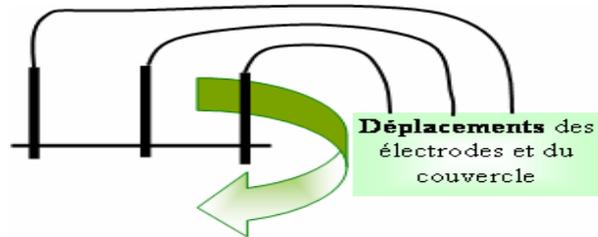
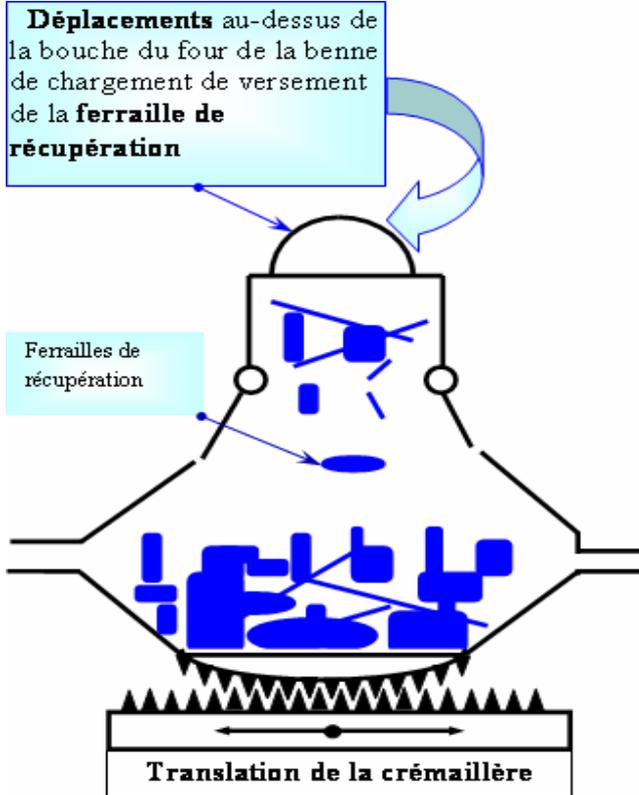
Quand l'acier est affiné, il est coulé en continu pour obtenir des produits semi-finis: brames, billettes, blooms. Ils seront ensuite laminés.

Ci-contre micrographie d'un acier contenant 0,2% de carbone

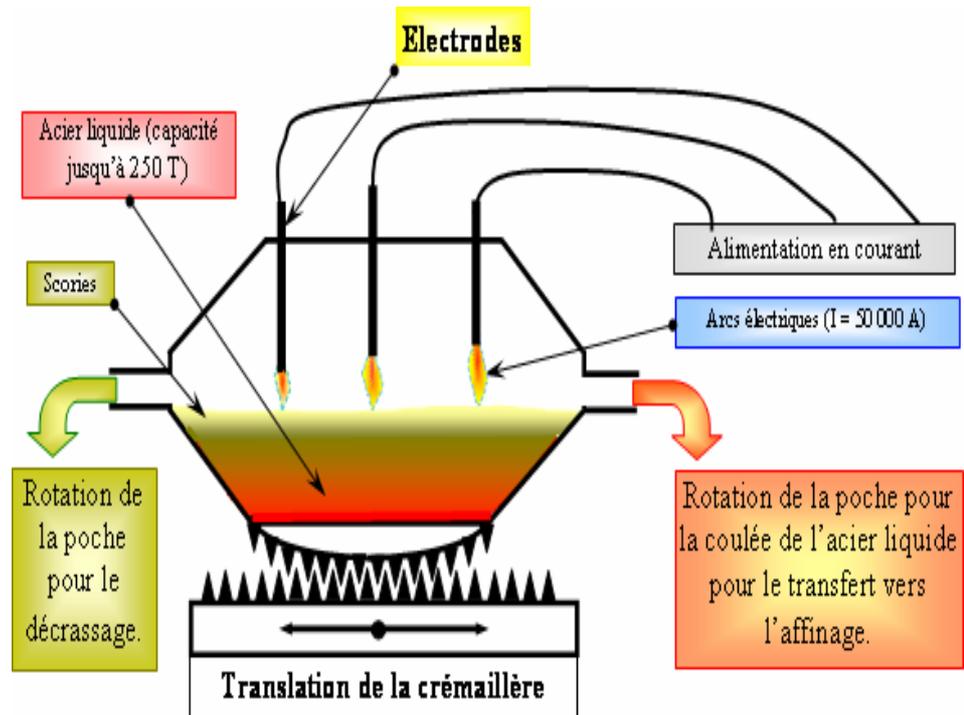


C.4- SCHEMAS DE PRINCIPE D'UNE OBTENTION D'ACIER ELECTRIQUE

C.4.1- Phase de chargement



C.4.2- Phase de chauffe



D- ALLIAGES D'ALUMINIUM

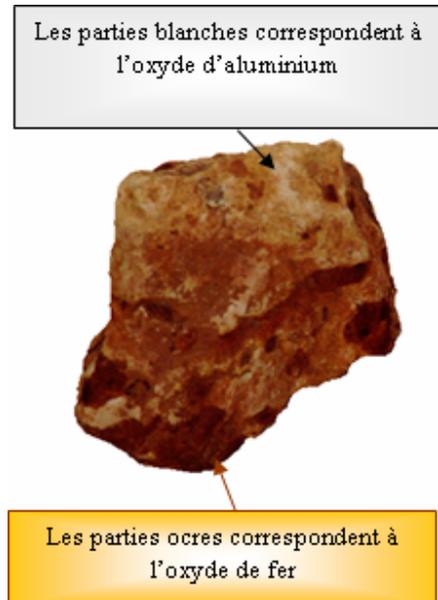
D ALUMINIUM

D.1- L'ALUMINIUM SUR LA TERRE

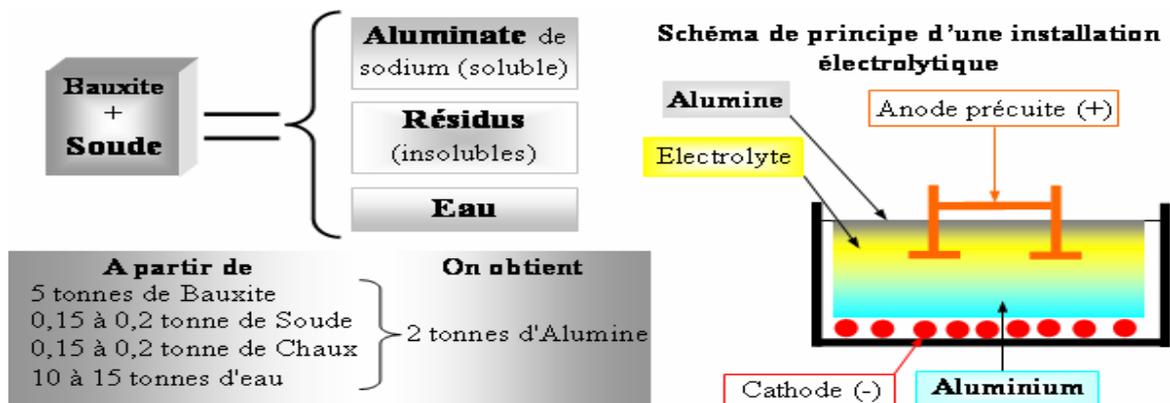
Notre planète est composée de plusieurs éléments : l'oxygène à 47%, le silicium à 28%, l'aluminium à 8%, le fer vient ensuite à 5%.

Nous le rencontrons à l'état d'oxydes : alumine ($Al_2 O_3$) et alun (sulfate d'aluminium). Le minerai le plus utilisé pour la production industrielle est la **bauxite**. Son nom provient du lieu de sa première découverte en 1821 aux Baux-de-Provence.

Sa teneur en alumine excède souvent les 50%. La couleur rougeâtre de la bauxite est due à l'oxyde de fer. L'aluminium apparaît aussi sous la forme de silicates dans la plupart des roches éruptives et certains sédiments (schistes, argiles).



D.2- TRAITEMENTS DE LA BAUXITE POUR L'OBTENTION DE L'ALUMINE PUIS DE L'ALUMINIUM



L'aluminium est obtenu grâce à une installation électrolytique (Voir le schéma ci-dessus). Il est élaboré à partir de l'alumine. Pour obtenir **une tonne d'aluminium**, il faut :

- ~ 1900 kg d'alumine.
- ~ 380 kg de coke (charbon poreux provenant de la distillation de la houille).
- ~ 100 kg de brai (résidus pâteux de la distillation de la houille).
- ~ 15 kg de cryolite (fluorure naturel d'aluminium et de sodium).
- ~ 13000 kWh de consommation d'électricité.

E- ALLIAGES DE CUIVRE

E.1- LE CUIVRE SUR LA TERRE

Le minerai de cuivre est exploité si sa teneur en cuivre pur est comprise entre 1 et 15%. Les principaux producteurs sont : les Etats Unis, l'ex-URSS, la Zambie, le Congo, le Chili, le Canada. Le plus souvent ces mines sont à ciel ouvert.

Le minerai de cuivre se présente sous plusieurs formes dont :

- * Les minerais sulfurés : la bornite, la chalcopirite (le plus courant, il est de couleur or).
- * D'autres minerais : l'azurite (bleue), la malachite (verte) (voir ci-contre).
- * Le cuivre natif contenant des impuretés.



E.2- TRAITEMENT DES MINERAIS DE CUIVRE

Le minerai de cuivre est concassé par des opérations mécaniques. La poudre obtenue est agglomérée sous la forme de briquettes.

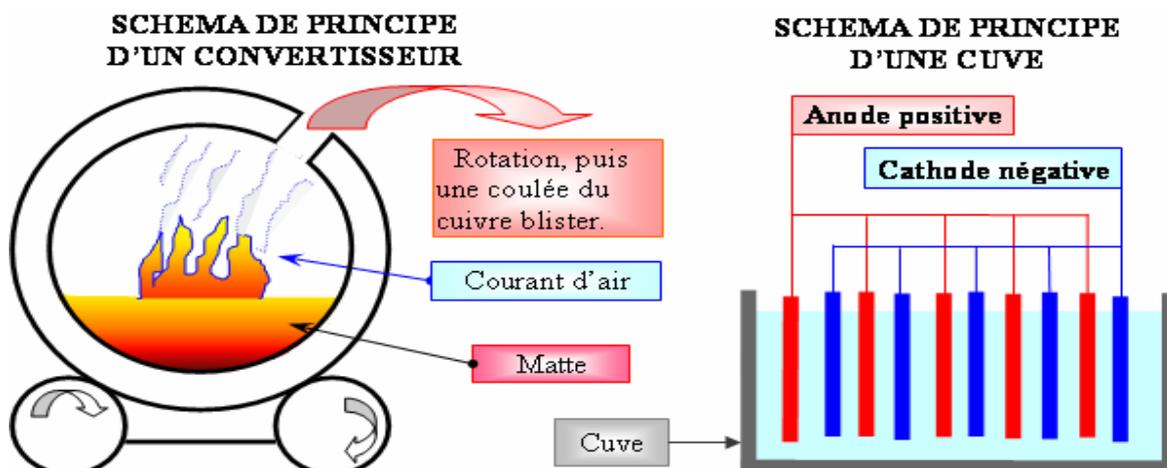
Leur fusion est réalisée dans un four réverbère où il est transformé en matte.

La matte est parcourue par un courant d'air dans un convertisseur, il sera réduit en cuivre blister à 99 % de cuivre et 1 % d'impuretés.

L'affinage du cuivre blister est effectué avec l'aide d'une injection sous pression d'oxygène dans un four à fusion, il sera coulé en plaques.

Ensuite, ces plaques (anodes) sont plongées dans une cuve d'électrolyse où le métal se dépose sur des cathodes.

Les cathodes sont ensuite coulées en barres, lingots, billettes,

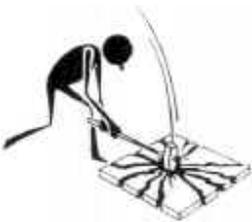


Propriétés des métaux

Propriétés physiques des métaux

Les métaux se distinguent par des caractéristiques particulières qui déterminent leur soudabilité et leurs utilisations. Aujourd'hui, la plupart des métaux utilisés sont des alliages. Un alliage est un mélange d'un métal de base avec un autre métal dans le but d'améliorer ses propriétés physiques. Les métaux ferreux, qui contiennent du fer. Par exemple, l'acier doux, la fonte, les aciers alliés et les aciers inoxydables sont des métaux ferreux. Les métaux non ferreux, qui ne contiennent pas de fer. L'aluminium, le cuivre et le magnésium comptent parmi ces métaux.

Fragilité



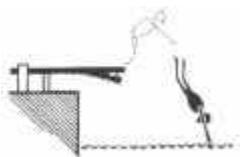
Un métal fragile est un métal qui se rompt au lieu de se déformer. Le verre, la fonte, le béton et les céramiques sont d'excellents exemples de matériaux fragiles. Ils ne supportent pas les efforts de pliage et se brisent lors d'un choc ou impact.

Ductilité



Un matériau est dit ductile lorsqu'il peut être étiré, allongé ou déformé sans se rompre. Des métaux comme l'or, le cuivre et l'acier doux sont ductiles.

Élasticité



L'élasticité d'un métal désigne sa capacité à reprendre sa forme, tel un ressort que vous étirez et relâchez. La limite d'élasticité représente le point à partir duquel la pièce est déformée de manière permanente.

Dureté



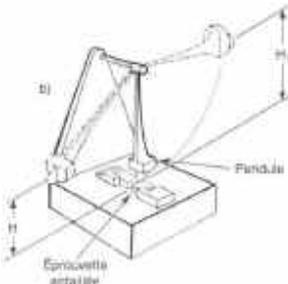
La dureté d'un matériau est définie comme la résistance qu'il oppose à la pénétration d'un corps plus dur que lui. Par exemple, l'acier est plus dur que l'aluminium, car il est plus difficile à rayer. En d'autres termes, la dureté dépend de la facilité avec laquelle un corps peut déformer ou détruire la surface d'un matériau en y pénétrant.

Malléabilité



La malléabilité est la facilité avec laquelle un matériau se laisse façonner, étendre et aplatir en feuille mince sous un effort de compression. Les procédés de compression sont le forgeage (martèlement) et le laminage (rouleau compresseur). L'or, l'argent, le fer blanc et le plomb sont très malléables. La malléabilité croît avec l'augmentation de la température.

Ténacité



Cette propriété est en quelque sorte le contraire de la fragilité. Connue aussi sous le terme de "résilience", la ténacité est la capacité d'un matériau à résister à la rupture sous l'effet d'un choc. Par exemple, l'acier est plus tenace que la fonte, et la fonte plus tenace que le verre. Les machinistes-outilliers œuvrant dans la fabrication de systèmes de poinçon et de matrices en acier connaissent fort bien l'importance de cette propriété. Lorsque les systèmes ont pour fonction de découper des plaques d'acier par poinçonnage, il faut que les poinçons résistent bien aux chocs, sans se briser ni s'écailler, étant donné le rythme de production de plus en plus élevé.

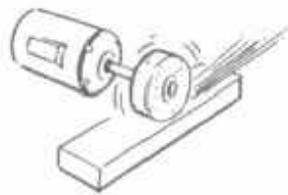
Résistance à la corrosion



La résistance à la corrosion désigne la capacité d'un matériau de ne pas se dégrader sous l'effet de la combinaison chimique de l'oxygène de l'air et du métal. Les alliages d'acier au nickel chrome (aciers inoxydables), d'aluminium silicium magnésium et d'aluminium zinc résistent tous bien à la corrosion.

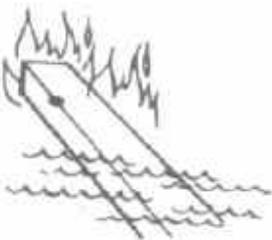
Résistance à l'abrasion

La résistance à l'abrasion désigne la résistance d'un corps dur à l'usure par frottement. Plus un matériau est dur, plus il résiste à l'abrasion. Les aciers à outils (à haute teneur en carbone), les aciers inoxydables et les aciers rapides (aciers alliés très durs) présentent une bonne résistance à l'abrasion. Par exemple, pour meuler un acier



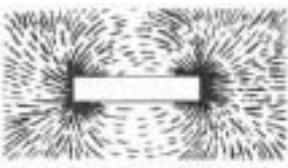
à outils, on choisit une meule différente de celle qu'on utilise pour de l'aluminium, qui, lui a très peu de résistance à l'abrasion.

Dilatation et contraction thermiques



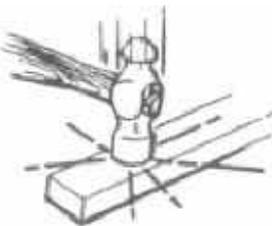
D'une manière générale, les matériaux subissent un allongement sous l'effet de la chaleur ; c'est la dilatation. À l'opposé, ils subissent un raccourcissement sous l'effet de froid ; il s'agit de la contraction. Les matériaux ne réagissent pas tous de la même façon sous une même température, car ils ont des coefficients thermiques différents. Par exemple, l'aluminium peut se dilater environ deux fois plus que l'acier sous une même variation de température.

Le magnétisme



Le magnétisme est la propriété des métaux ferreux d'être attirés par les aimants. Seuls les métaux ferreux sont sensibles aux aimants. Les métaux ne contenant pas de fer, comme le cuivre, l'aluminium et le laiton ne sont donc pas soumis aux effets du magnétisme.

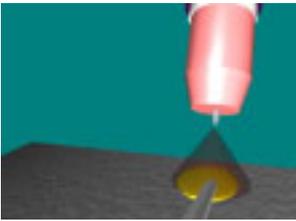
Fatigue



La fatigue est la détérioration d'un matériau soumis à des charges répétées. Ces sollicitations répétées se terminent souvent par une rupture. Même si les forces de sollicitations ne sont pas importantes, elles finissent par provoquer la rupture. Il existe de nombreux exemples de rupture sous l'effet de fatigue. Pensez, par exemple, aux ailes d'avions, aux pièces de transmission, aux vilebrequins, etc. Les charges variables et les conditions de fonctionnement répétitives sollicitent ces éléments constamment.

Point de fusion

Le point de fusion d'un métal est la température à laquelle il passe à l'état liquide sous l'action de la chaleur. Le point de fusion



d'un métal détermine en grande partie sa soudabilité. Les métaux dont le point de fusion est bas exigent moins de chaleur pour être soudés.

Conductivité



La conductivité est la capacité d'un matériau de conduire ou de transférer la chaleur ou l'électricité. La conductivité thermique est particulièrement importante en soudage, puisqu'elle détermine la vitesse à laquelle le métal transfère la chaleur depuis la zone thermiquement affectée (ZTA). La conductivité thermique d'un métal permet de déterminer le préchauffage nécessaire et la quantité de chaleur requise pour le soudage. Parmi les métaux usuels, le cuivre possède la meilleure conductivité thermique. L'aluminium possède environ la moitié de la conductivité du cuivre, et les aciers, seulement environ un dixième.

La conductivité électrique est surtout importante lorsqu'il s'agit de souder des métaux grâce à des procédés électriques. Plus la température augmente, plus la conductivité électrique diminue. La conductivité électrique s'exprime généralement en pourcentage en fonction du cuivre.

***PROPRIETES ET DESIGNATION :**

***LA FONTE**

Propriétés remarquables

- Peu chère (60% du prix du plus mauvais acier),
- Se moule bien,
- Amortit les vibrations,
- Masse volumique : ~7000 kg/m³,
- Température de fusion ~1300°C,
- Bonne résistance à la rupture.
- Faible résilience,

Utilisations de la fonte

- Pièces moulées (plaques d'égoût, bloc moteur, bâtis de machines)
- Tuyaux de grandes dimensions (adduction d'eau, oléoducs, etc.)

Désignation normalisée

Fontes à graphite lamellaire

Désignation numérique

Après le préfixe EN, les fontes sont désignées par le symbole JL suivi d'un code numérique.
Exemple: EN-JL 1010.

Désignation symbolique

Après le préfixe EN, les fontes sont désignées par le symbole GJL suivi de la valeur en méga pascals* de la résistance minimale à la rupture par extension.
Exemple: EN-GJL 100.

Fontes malléables Fontes à graphite sphéroïdal

Désignation numérique

Après le préfixe EN, les fontes sont désignées par le symbole JM ou JS suivi d'un code numérique.
Exemple: EN-JS 1010 (fonte à graphite sphéroïdal)

Désignation symbolique

FONTES MALLÉABLES		
Numérique	Symbolique	Emplois
EN-JM 1010	EN-GJMW-350-4	
EN-JM 1030	EN-GJMW-400-5	Malléabilité améliorée (pièces complexes).
EN-JM 1040	EN-GJMW-450-7	Bonne résilience.
EN-JM 1050	EN-GJMW-550-4	Bonne usinabilité.
EN-JM 1110	EN-GJMB-300-6	Bon amortissement des vibrations.
EN-JM 1130	EN-GJMB-350-10	
EN-JM 1140	EN-GJMB-450-6	
EN-JM 1150	EN-GJMB-500-5	
EN-JM 1160	EN-GJMB-550-4	Très bonnes caractéristiques mécaniques.
EN-JM 1170	EN-GJMB-600-3	
EN-JM 1180	EN-GJMB-650-2	Bonne résistance à l'usure.
EN-JM 1190	EN-GJMB-700-2	

FONTES À GRAPHITE LAMELLAIRE		
Numérique	Symbolique	Emplois
EN-JL 1010	EN-GJL-100	Bonne moulabilité - Bonne usinabilité
EN-JL 1020	EN-GJL-150	Bonne résistance à l'usure par frottement
EN-JL 1030	EN-GJL-200	Bon amortissement des vibrations
EN-JL 1040	EN-GJL-250	

FONTES À GRAPHITE SPHÉROÏDAL		
Numérique	Symbolique	Emplois
EN-JS 1010	EN-GJS-350-22	
EN-JS 1020	EN-GJS-400-18	
EN-JS 1030	EN-GJS-400-15	Bonne résilience.
EN-JS 1040	EN-GJS-450-10	Très bonne usinabilité (vannes, vécins...)
EN-JS 1050	EN-GJS-500-7	
EN-JS 1060	EN-GJS-600-3	
EN-JS 1070	EN-GJS-700-2	Très bonnes caractéristiques mécaniques. Bonne résistance à l'usure. Bonnes qualités frottantes.
EN-JS 1080	EN-GJS-800-2	
EN-JS 1090	EN-GJS-900-2	

Après le préfixe EN, les fontes sont désignées par le symbole (GJMW, GJMB, GJS) suivi de la valeur en méga pascals* de la résistance minimale à la rupture par extension et du pourcentage de l'allongement après rupture.

Exemple : EN-GJS-350-22

*ALLIAGES D'ALUMINIUM

On distingue deux catégories d'alliages d'aluminium qui ont chacun une désignation différente : Les alliages moulés et les alliages corroyés (forgés)

Aluminium et alliages d'aluminium moulés

La Désignation utilise un code numérique. Il peut être suivi éventuellement, si cela est justifié, par une désignation chimique des éléments et de nombre indiquant la pureté de l'aluminium ou la teneur nominale des éléments considérés.

Exemples de désignations usuelles :

EN AB-43000 ou **EN AB-43000 [AlSi10Mg]**

Alliage d'aluminium moulé contenant 10% de silicium et un tantinet de magnésium

Nuances usuelles	R min	Re min	Emplois
EN AW - 1050 [Al 99,5]	80	35	Appareils ménagers. Matériels électriques.
EN AB - 21 000 [Al Cu 4 Mg Ti]	330	200	Se moule bien. S'usine très bien. Ne pas utiliser en air salin.
EN AB - 43 000 [Al Si 10 Mg]	250	180	Se moule très bien. S'usine et se soude bien. Convient en air salin.
EN AB - 44 200 [Al Si 12]	170	80	Se moule et se soude très bien. La forte teneur en silicium rend l'usinage difficile.
EN AB - 51 300 [Al Mg 5]	180	100	Excellentes aptitudes à l'usinage, au soudage, au polissage. Résiste bien à l'air salin.

Alliages aluminium zinc

2 Définir la terminologie et la finalité des procédés de soudage autogènes et hétérogène et de coupage oxyacétylénique :

Brasage tendre (< 450° C)

Brasage fort (> 450° C)

Étamage

Soudo brasage

Soudage par fusion

Soudage par pression :

Soudage par ultrasons ;

Soudage par friction ;

Soudage à la forge ;

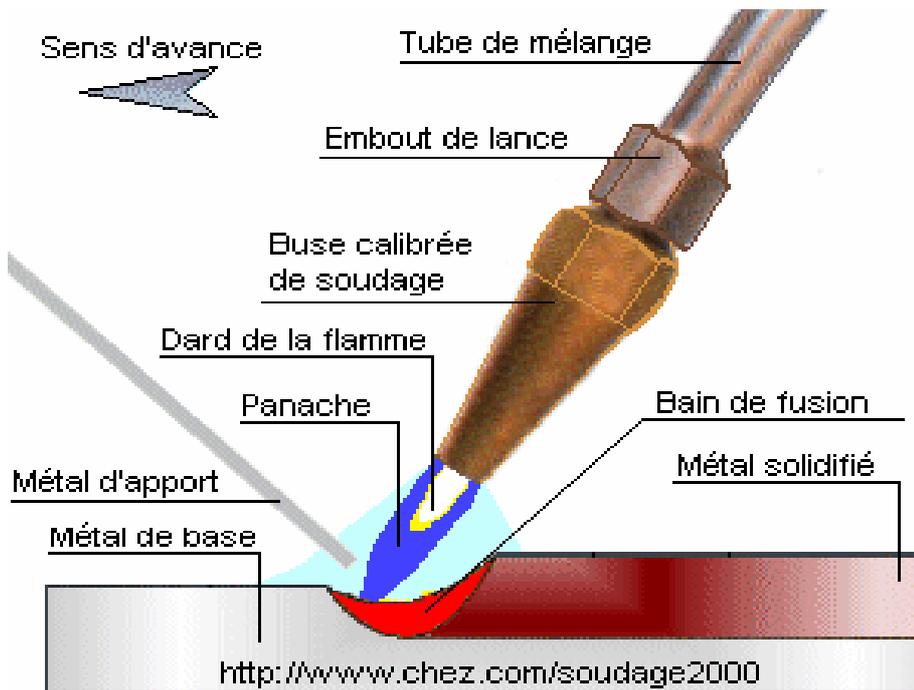
Soudage par explosion ;

Soudage par diffusion ;

Soudage à froid.
Soudage aux gaz :
Soudage oxyacétylénique ;
Soudage oxhydrique.

2.1. Procédés de soudage autogènes et hétérogène et de coupage oxyacétylénique :





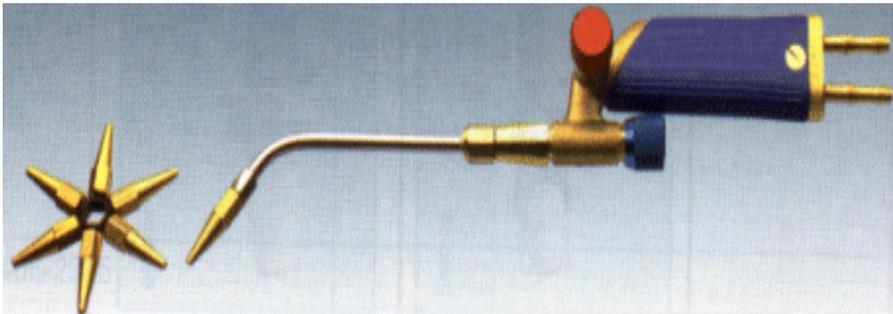
***Définition du procédé**

Le soudage oxyacétylénique est un procédé à la flamme. Le soudage est réalisé à partir de la chaleur d'une flamme née de la combustion d'un gaz combustible d'acétylène C_2H_2 avec un gaz comburant d'oxygène O_2 . La température de la flamme peut atteindre les $3\ 200^\circ$ Celsius lorsque le mélange C_2H_2 et O_2 est correctement équilibré dans le chalumeau. Le métal d'apport (baguette de fil dressé de $\varnothing 0,8$ mm à $\varnothing 4,0$ mm) est amené manuellement dans le bain de fusion. L'énergie calorifique de la flamme fait fondre localement la pièce à assembler et le fil d'apport pour constituer le bain de fusion et après refroidissement le cordon de soudure.

***Différents types de chalumeaux :**

Haute pression (les deux gaz sont à des pressions supérieures à 0,15 bar)

Basse pression (l'acétylène est à une pression comprise entre 0,010 à 0,1 bar et l'oxygène est à une pression comprise entre 1 et 3 bar.)



Chalumeaux sans aspiration :

Ces chalumeaux fonctionnent pour des pressions d'alimentation d'oxygène et d'acétylène comprises entre 250 et 750 g/cm² (soit 0,250 et 0,750 bar). Les pressions des deux gaz étant voisins, voire même assez souvent égales, ces appareils peuvent être utilisés sur des installations équipées de dispositifs d'équilibrage des pressions. L'élément essentiel est constitué par le doseur mélangeur. Ce dispositif recevant l'acétylène et l'oxygène sous des pressions déterminées assure un mélange convenable des deux gaz. Les orifices de passage et les pressions d'alimentation sont prévus pour que le mélange gazeux soit, dans la lance, à une pression permettant d'obtenir une flamme stable à la sortie de la buse. La variation du débit est obtenue par changement de la buse et réglage des pressions d'alimentation. Les robinets placés sur les arrivées de gaz permettent également d'agir sur le mélange pour régler définitivement la flamme.

Chalumeaux avec aspiration :

Dans ce type d'appareil, les pressions d'alimentation sont environ de 1 kg/cm² (soit 1 bar) pour l'oxygène et 0,4 kg/cm² (soit 0,4 bar) pour l'acétylène.

Le mélange des gaz est obtenu grâce à un dispositif comprenant :

- un injecteur,*
- un ensemble convergent divergent.*

L'oxygène, à la pression de 1 kg/cm² (1 bar), sort avec une certaine vitesse par l'orifice de l'injecteur.

La veine gazeuse provoque une dépression en passant par le col du convergent divergent.

L'acétylène entourant l'injecteur est ainsi aspiré par l'oxygène et le mélange des deux gaz est assuré, à partir du divergent, dans la lance du chalumeau.

La variation du débit est obtenue par changement de la buse et réglage du robinet d'arrivée de l'oxygène.

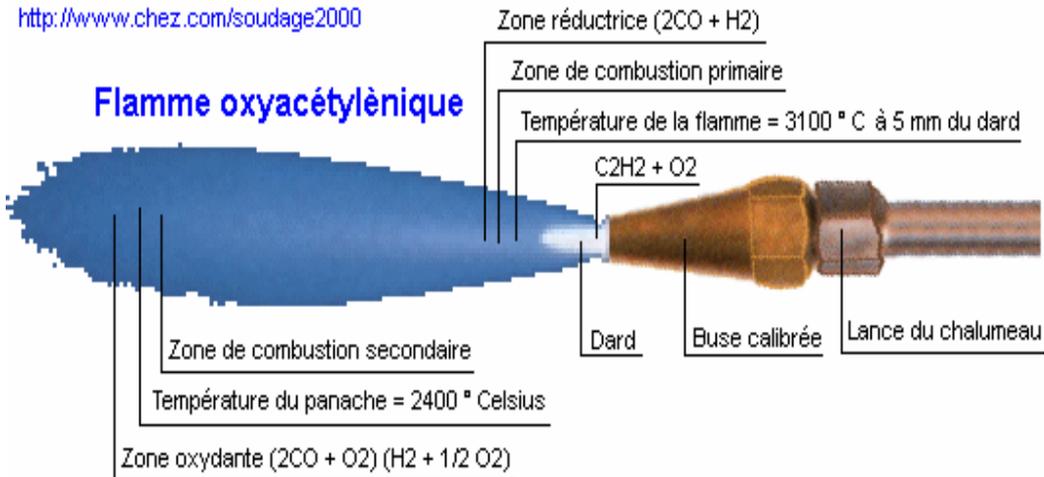
Types de flamme pour le soudage oxyacétylénique

- 1 Flamme neutre ou normale** : c'est la flamme normalement utilisée pour le soudage. Le dard est de couleur blanc brillant et de forme très nette en sortie de buse.
- 2 Flamme oxydante** : c'est une flamme avec un excès d'oxygène. Le panache et le dard sont raccourcis. La flamme émet un sifflement. Le panache est plus lumineux.
- 3 Flamme carburant** : c'est une flamme avec un excès d'acétylène. Le panache et le dard sont

augmentés avec des formes irrégulières.

Description de la flamme oxyacétylénique neutre

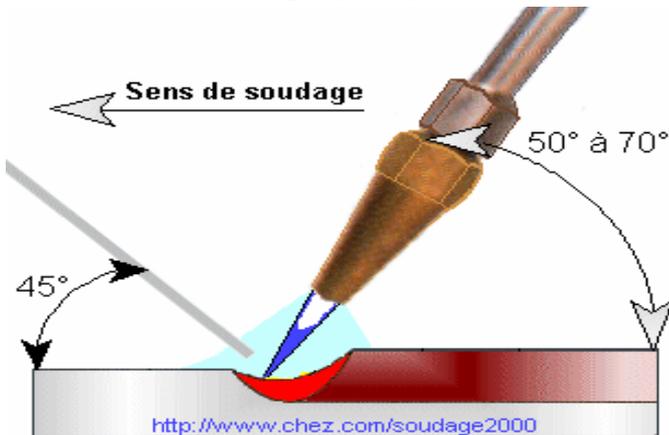
<http://www.chez.com/soudage2000>



***Sens de déplacement du chalumeau de soudage :**
Avantages / Inconvénients de la méthode à gauche

La méthode à gauche permet d'obtenir des cordons de très bel aspect. La pénétration est améliorée.

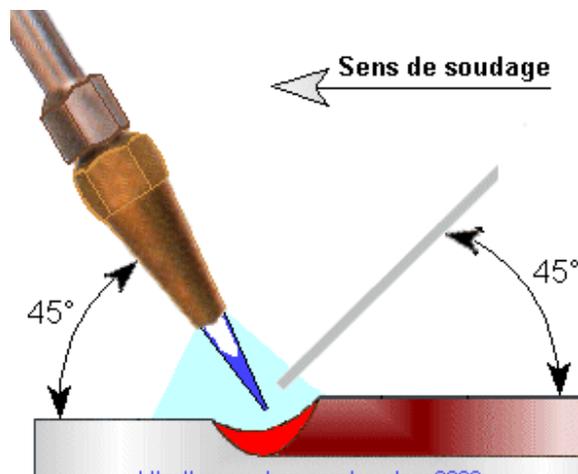
Représentation graphique



Avantages / Inconvénients de la méthode à droite

La méthode à droite permet d'obtenir des vitesses de soudage plus importantes, une bonne maîtrise de la pénétration du cordon, un aspect des cordons satisfaisant.

Représentation graphique



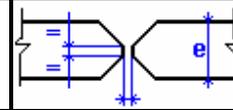
Quelques préparations de joints

QUELQUES PRÉPARATIONS DE JOINTS			
Épaisseur en mm	Débit de la buse	Ø métal d'apport	Préparation
< à 1,0 mm	40 à 60 litres / heure	Sans	
De 2,0 à 4,0 mm	60 à 200 litres / heure	Ø 2,0 mm	
De 4,0 à 12 mm	250 à 400 litres / heure	Ø 2,0 mm	

De 8,0 à 12 mm

250 à 400 litres / heure

Ø 2,0 à 3,0 mm



3 Enumérer les principales caractéristiques des gaz employés en soudage oxyacétylénique

Caractéristiques :

- **Oxygène (O₂) : gaz comburant.**

Pureté : 99,99 %

Pression de remplissage : 196 bar .

Couleur conventionnelle : blanc.

L' OXYGENE

1 - CARACTÉRISTIQUES

- L'oxygène est un gaz inodore et compressible.
- Contenu dans l'air dans une proportion de 21 %, il est obtenu par distillation de l'air liquéfié (-183°C). Il est plus lourd que l'air ambiant.
- Il entretient la combustion. Il est dit comburant.
- Il se combine avec les métaux où il produit un phénomène d'oxydation (à froid et surtout à chaud). Le fer, porté à une température de 1000°C, brûle à son contact : c'est le principe de l'oxycoupage.

2 - PROPRIÉTÉS - CONSIGNES PARTICULIÈRES DE SÉCURITÉ

- L'augmentation dans l'air de la teneur en oxygène (même faible) engendre des risques :
 - . La plupart des corps et surtout les matières organiques (huiles, graisses, tissus, bois, papiers, matières plastiques, caoutchouc...) s'enflamment avec violence sous l'effet de la moindre étincelle ou d'un feu en ignition.
 - . Les corps gras peuvent même s'enflammer spontanément.
- Ainsi, il ne faut jamais utiliser l'oxygène comme "air comprimé" (gonflage des pneus, nettoyage des pièces, débouchage de tuyauterie, peinture au pistolet...) ni les mettre en contact avec des corps gras. En conséquence, ne JAMAIS lubrifier un appareil ou une canalisation en contact avec l'oxygène.
- Ne jamais utiliser l'oxygène pour activer un poêle (combustion vive pouvant mener à l'explosion de l'appareil).
- En cas de suroxygénation de ses vêtements, s'éloigner rapidement de toute source d'étincelle (sortir à l'air libre et aérer ses vêtements).
- L'oxygène, mélangé à un gaz combustible et mis en contact avec une étincelle, s'enflamme et, en cas de forte concentration, explose. C'est ainsi qu'une remontée accidentelle d'oxygène dans le chalumeau peut provoquer une explosion à l'intérieur de la canalisation.
(voir NT 0.11-17)
- En cas de fuite, l'oxygène sera fortement concentrée dans les points bas (sous-sol, caniveaux, etc.)

Résumé Théorique	TFCC
Guide de Travaux Pratiques	Module 4 :« Technique de soudo-brasage et d'oxycoupage »

- **Acétylène (C₂H₂) : gaz carburant.**

Pureté : 99,5%.

Pression de remplissage : 15 bar .

Couleur conventionnelle : havane.

Afin de pouvoir être comprimé, l'acétylène est dissous dans de l'acétone imprégnant une matière spongieuse contenue dans la bouteille.

L'ACÉTYLENE DISSOUS

3- CONDUITE A TENIR EN CAS DE FEU À LA BOUTEILLE D'ACÉTYLÈNE

Une fuite en tête de bouteille peut produire, au contact d'une étincelle, une inflammation. Dans des cas extrêmement rares, le feu peut gagner l'intérieur de la bouteille et se propager, par combustion lente, dans la matière poreuse. Il y a risque d'éclatement de la bouteille par surpression.

1er Cas - "La flamme est peu importante" et "Le feu vient de se déclarer"

- Eteindre la flamme (chiffons mouillés, eau, extincteur) puis fermer le robinet. On peut aussi fermer le robinet en se protégeant la main et le bras (gant et chiffons mouillés), puis éteindre la flammèche subsistante.
- Vérifier immédiatement que la température de la bouteille est et reste froide :
 - . Si la bouteille est froide, il ne reste qu'à réparer la fuite*.
 - . Par contre, si elle est chaude, rouvrir le robinet pour laisser la surpression s'évacuer et considérer alors que la bouteille est dangereuse et se trouve dans le 2ème cas, ci-dessous.

2ème Cas - "La flamme est importante" et la "durée d'inflammation est inconnue"

La bouteille doit être considérée chaude et en surpression donc dangereuse :

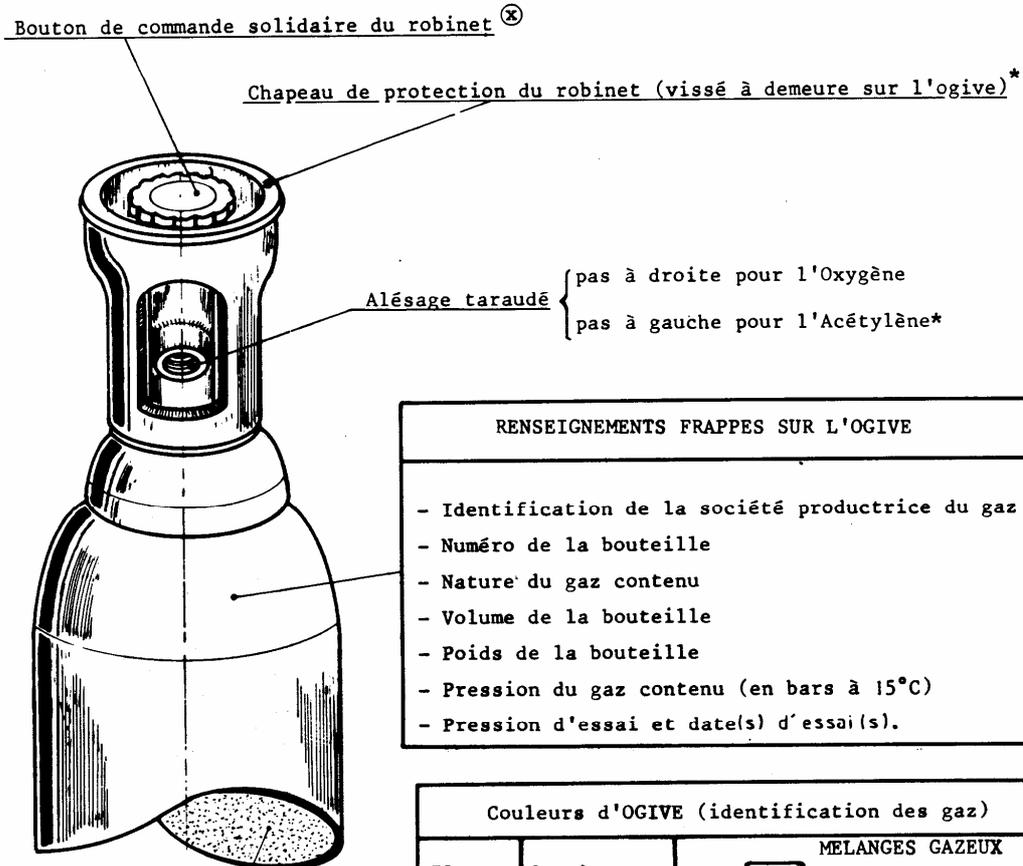
- Arroser immédiatement la bouteille du plus loin possible (lance à eau) en se mettant à l'abri derrière un mur et simultanément :
 - . faire évacuer les lieux et faire donner l'alerte aux pompiers et au fournisseur.
 - . faire neutraliser les installations de gaz voisines.
- L'arrosage sera poursuivi tant que la bouteille ne restera pas froide (interruption de l'arrosage pour vérifier la non évaporation de l'eau).
- Vérifier la température avant toute manipulation.
- Isoler la bouteille et la signaler aux autres utilisateurs par une inscription sur la bouteille. Bien préciser la bouteille accidentée au fournisseur qui l'éliminera du circuit.

* Sauf si la fuite provient du robinet d'ogive. Dans ce cas, évacuer la bouteille et le signaler au fournisseur qui l'échangera. Il est interdit d'intervenir sur le robinet d'ogive (voir NT 3).

3.2. Identification des bouteilles d'acétylène et d'oxygène

- 1 **Acétylène** : Bouteille avec une ogive couleur marron. Emmagasiner de l'acétylène dans une matière poreuse imbibée d'acétone. Contenance de la bouteille : 4 m³ sous une pression de 15 bar. Un litre d'acétone à 15° Celsius et sous une pression de 15 bar dissout 36,6 litres d'acétylène.
- 2 **Oxygène** : Bouteille avec une ogive couleur blanche. Contenance de la bouteille : 9 m³ sous une pression de 200 bars.. Toujours fixer les bouteilles dans le chariot porte-bouteilles.

LES BOUTEILLES-IDENTIFICATION DU GAZ CONTENU



- Fig: 1 -

POUR L'ACETYLENE
La bouteille est remplie d'une matière poreuse, tassée et imbibée d'acétone.

RENSEIGNEMENTS FRAPPES SUR L'OGIVE
- Identification de la société productrice du gaz
- Numéro de la bouteille
- Nature du gaz contenu
- Volume de la bouteille
- Poids de la bouteille
- Pression du gaz contenu (en bars à 15°C)
- Pression d'essai et date(s) d'essai(s).

Couleurs d'OGIVE (identification des gaz)		MELANGES GAZEUX
Blanc	Oxygène	
Marron clair	Acétylène	
Jaune	Argon	
Rouge	Hydrogène	
Noir	Azote	
Gris	Anhydride Carbonique CO2	

- Fig 2 -

⊗ Les anciennes bouteilles disposaient de clés amovibles différentes selon les gaz.

* Les anciennes bouteilles d'acétylène nécessitaient l'enlèvement du chapeau de protection pour fixer le mano détendeur à l'aide d'un étrier.

3.3. Précaution de sécurité hors de l'utilisation des bouteilles

**Ne jamais coucher la bouteille pour éviter l'écoulement de l'acétone. Ne jamais utiliser un débit supérieur à 1000 litres / heure par bouteille. Ne pas exposer la bouteille à la chaleur ou au soleil.*

**Ne jamais huiler ou graisser les filetages du robinet (inflammation ou explosion). Ne jamais démonter le robinet de la bouteille*

L'emploi des gaz, consignes générales de sécurité

Chaque gaz comporte trois types de risque :

- a) ceux liés à sa nature même (inflammation, explosion, asphyxie...)
- b) ceux liés à leur mélange avec un autre gaz
- c) ceux liés à la pression de conditionnement.

Les risques particuliers à chaque gaz seront étudiés séparément (voir NT.6-7-8)

1 - LES BOUTEILLES DE GAZ

1.1 - LA CHALEUR

- Les bouteilles sont prévues pour résister à une pression définie. Elles sont vérifiées périodiquement. L'augmentation de leur température produirait une surpression interne qui transformerait la bouteille en véritable bombe.

Il faut protéger la bouteille de la chaleur (plein soleil d'été, flamme).

Ne jamais amorcer un arc électrique sur leur paroi ni diriger la flamme d'un chalumeau vers elle.

- En cas d'incendie au voisinage des bouteilles :

- . prévenir les pompiers de leur présence ;
- . empêcher l'incendie de les atteindre (nécessité de disposer à proximité de moyens de lutte) et les refroidir en les arrosant ;
- . fermer les robinets et évacuer les bouteilles.

Si l'incendie atteint les bouteilles, faire évacuer les lieux et se mettre à l'abri le plus loin possible pour combattre le feu et les refroidir avec des lances à longue portée.

(Voir aussi N.T. D 8)

1 - LES BOUTEILLES DE GAZ (suite)

1.2 - LES CHOCS

Le volume de gaz comprimé dans une faible capacité est souvent considérable.

Exemple : pour l'oxygène : une bouteille de capacité 50 litres peut contenir 10 m³ de gaz comprimé à 196 bars

Un sectionnement accidentel du robinet d'ogive libérerait brusquement ce volume et la poussée du gaz transformerait la bouteille en fusée tout en produisant un effet de souffle dans un local fermé.

Il faut protéger la bouteille de tout choc ou chute :

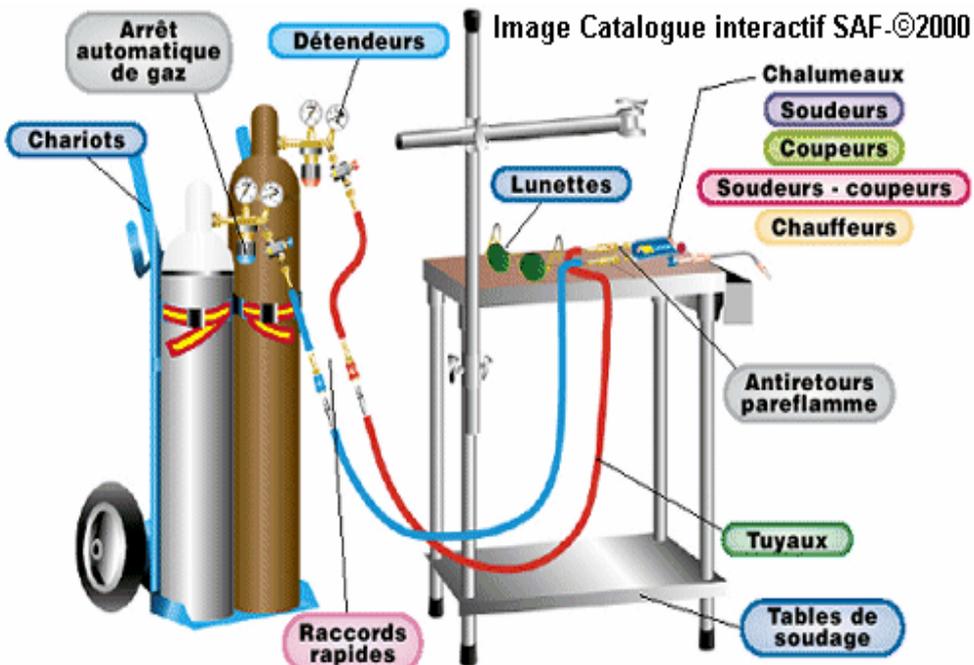
- . Maintenir vissé le chapeau de protection du robinet d'ogive ;
- . Ne pas les faire chuter - la descente de véhicule se fera en position verticale (ogive en haut) sur des matelas (caoutchoucs, pneus...) ou mieux encore à l'aide de systèmes élévateurs ;
- . Fixer les bouteilles à leurs rateliers ;
- . Ne pas marteler sur une bouteille ;
- . Ne pas utiliser de bouteille présentant des dégâts apparents ;
- . Ne jamais démonter ou réparer un robinet d'ogive. En cas de fuite au robinet, le fermer, stocker la bouteille à l'extérieur, à l'écart de toute étincelle, mentionner par un écriteau sa mise hors service et prévenir le fournisseur.

1.3 - LE STOCKAGE

- Les bouteilles seront stockées séparément :
 - . par gaz, selon la couleur d'ogive ;
 - . les pleines et les vides.
- dans des lieux aérés, à l'abri des étincelles ou arcs électriques.
- Interdiction de fumer.
 - Une bouteille n'est jamais complètement vide. Il faut empêcher l'air d'y pénétrer (risque de mélange gazeux dangereux). Elle sera toujours stockée robinet fermé.

4. Décrire l'ensemble des éléments constituant un poste oxyacétylénique

Le chalumeau de soudage est relié par des boyaux d'amenée de gaz sur la bouteille de gaz combustible d'acétylène (pression de service 0,25 bar) et sur la bouteille de gaz comburant d'oxygène (pression de service 3,5 bar) par l'intermédiaire d'un manodétendeur placé sur chaque bouteille avec un dispositif de sécurité d'anti-retour. Le soudeur ouvre les robinets des bouteilles de gaz, puis ouvre en premier le robinet de l'acétylène du chalumeau, enflamme le gaz, ensuite ouvre le robinet d'oxygène et règle le mélange pour obtenir une flamme neutre.

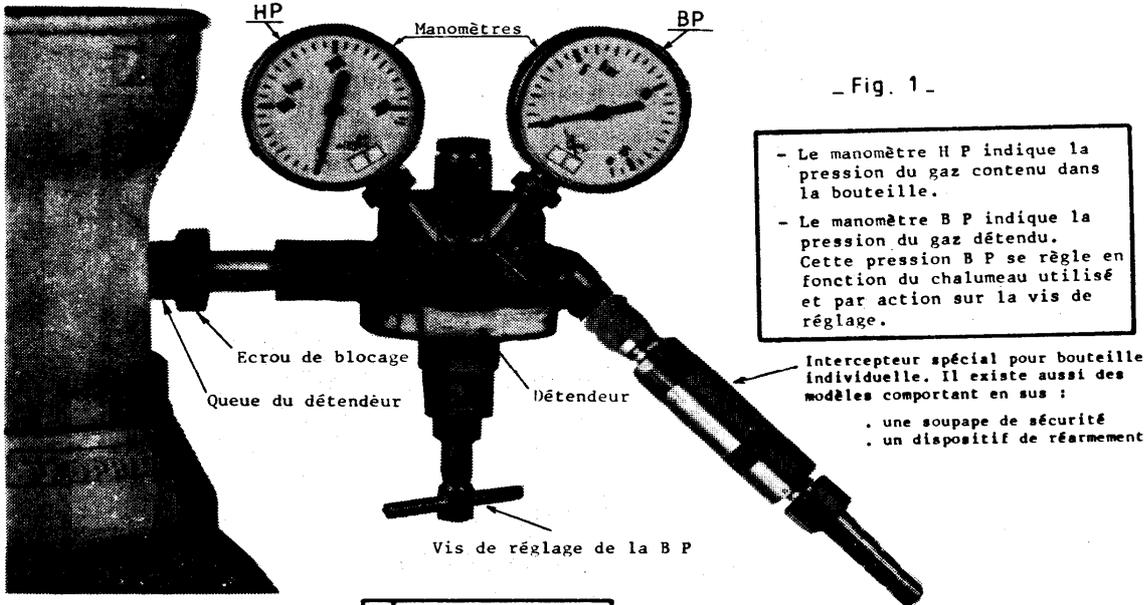


Installation de soudage pour le soudage oxyacétylénique

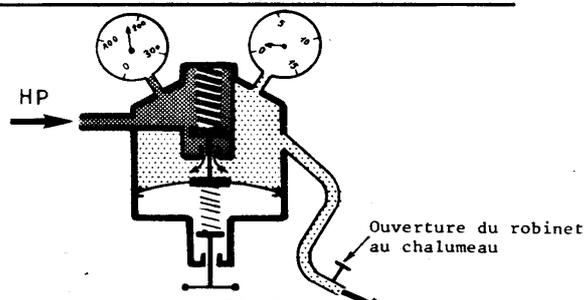
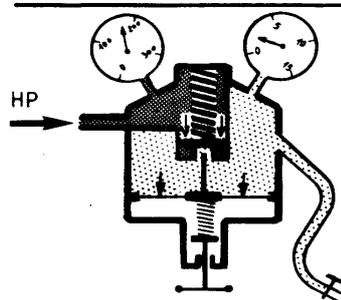
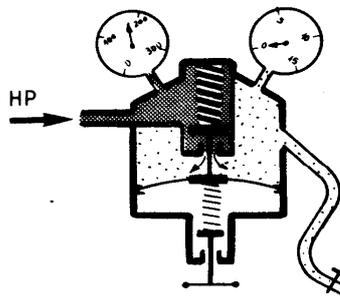
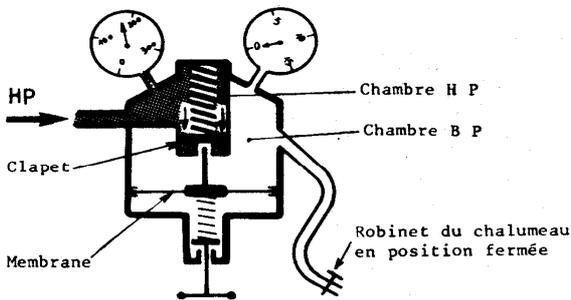
1. Un chalumeau haute ou basse pression
2. Un dispositif de sécurité anti-retour de l'oxygène vers l'acétylène
3. Un manodétendeur d'oxygène avec boyau d'alimentation couleur bleu
4. Une bouteille d'oxygène
5. Un manodétendeur d'acétylène avec boyau d'alimentation rouge
6. Une bouteille d'acétylène
7. Un jeu de buses calibrées
8. Une paire de lunettes teintées
9. Un allume-gaz

4.1. Principe de fonctionnement et montage des détendeur

LES MANODETENDEURS SUR BOUTEILLES INDIVIDUELLES



1 FONCTIONNEMENT



*Manodétendeur sur bouteilles

2 CONSIGNES DE SÉCURITÉ ET D'ENTRETIEN DES MANO-DÉTENDEURS

- Ils doivent être prévus pour une pression d'utilisation et un gaz déterminé.
- Afin de ne pouvoir les intervertir, leur dispositif de raccordement au robinet d'ogive est différent selon le gaz :
 - . Vis à pas à droite pour l'oxygène
 - . Vis à pas à gauche pour l'acétylène
 - . Ø de vis différent pour les autres gaz
- Le vissage à la bouteille doit se faire sans forcer, sans autres montages intermédiaires et après avoir vérifié le bon état et la propreté des portées du joint. Ne JAMAIS graisser.
- Leur bon fonctionnement dépend de leur mise à l'abri des chocs et au maintien de leur propreté.

3 MONTAGE ET MISE EN SERVICE

- Chasser les poussières de l'orifice d'ogive par un bref coup de purge.
- Vérifier l'état de propreté de la portée de la queue du détendeur ainsi que le desserrage de la vis de réglage de la BP sur le détendeur.
- Introduire la queue et visser à la main puis bloquer.
- Ouvrir lentement* le robinet d'ogive (1/4 de tour) et vérifier l'absence de fuite (eau savonneuse).
- Visser la vis de réglage de la BP jusqu'à l'obtention de la pression (voir NOTA)
- Allumer et régler le chalumeau et affiner éventuellement le réglage de la BP. (voir NT 17)

4 ARRÊT ET DÉTENTE

- Fermer le robinet d'ogive.
- Ouvrir le robinet du chalumeau et détendre l'installation jusqu'à la remise à zéro des mano.
- Desserrer la vis de réglage du détendeur.

NOTA

POUR LE REGLAGE DE LA BP. $\begin{cases} \text{Ox} \\ \text{Ac} \end{cases}$ IL FAUT SE REPORTER A LA NOTICE D'UTILISATION
DU CHALUMEAU FOURNI PAR SON CONSTRUCTEUR
(voir tableau : exemple " Varial SAF" - NT 16)

4.2. Choix et montage des tuyaux, clapet anti-retour et les raccords

2 LES CANALISATIONS

2.1 - LES TUYAUTERIES RIGIDES

Elles seront métalliques et peintes selon les couleurs normalisées correspondant au gaz contenu. (Voir NT D 56-57)

Exemples :

- Pour l'oxygène: canalisation en acier galvanisé ou en cuivre, débarrassée de toute matière organique peinte en "jaune orangé moyen" avec des anneaux ou bandes "blanc".
- Pour l'acétylène: canalisation en acier galvanisé (jamais de cuivre) et peinte en "jaune orangé moyen" avec des anneaux ou bandes "marron clair".

Elles seront maintenues en état de propreté et abritées de la chaleur.

2.2 - LES BOYAUX

- En caoutchouc renforcé, ils seront de couleurs :
 - . Bleu pour l'oxygène
 - . Rouge pour l'acétylène
 - . Orange pour les gaz naturels ou issus du pétrole (propane, tétrène...)
 - . Noir pour les gaz non combustibles (gaz neutre, air comprimé)
- Veiller à :
 - . ne pas les laisser traîner dans des lieux où ils risquent d'être détériorés (lieux de passage, chutes de tôles, projections d'étincelles)
Enrouler les surlongueurs sur un enrouleur mural.
 - . éviter tout contact avec des corps gras. Ne jamais graisser les raccords vissés.
 - . les raccorder en utilisant des raccords rapides ne permettant pas l'inversion de leur branchement avec un autre gaz. Vérifier périodiquement l'étanchéité des joints ;
 - . ne pas laisser les tuyaux enroulés autour des bouteilles ou autour de soi.
- En cas d'inflammation d'un boyau, le pincer en amont de la fuite, fermer le robinet, réparer et vérifier l'étanchéité.

3 - LES FUITES

- Une fuite de gaz se décèle à l'origine par divers signes :
 - . un chuintement ou un sifflement ;
 - . une odeur (Attention : certains gaz sont inodores -ex. : oxygène- et leur présence ne peut être décelée qu'à l'aide d'appareils spéciaux);
 - . des malaises chez les personnes travaillant dans le voisinage ;
 - . parfois une flamme ou une explosion.

NOTA - Dans les locaux où la présence permanente de gaz augmente considérablement les risques, des appareils détecteurs permettent de déceler ces fuites (identification du gaz, teneur) et même de déclencher automatiquement l'alerte et les dispositifs de sécurité.

- Une fuite peut être située avec précision en badigeonnant l'endroit présumé avec de l'eau savonneuse mais JAMAIS avec une flamme ou un feu nu (cigarette, mèche, etc.)

a) En cas de fuite mineure par un joint défectueux :

- . Fermer les robinets isolant ce joint
- . Vider le réseau
- . Aérer le local
- . Changer le joint
- . Remettre en pression et vérifier l'étanchéité à l'eau savonneuse.

b) En cas de fuite importante

- . Fermer les robinets
- . Faire évacuer le local et l'aérer tout en proscrivant toute manoeuvre risquant d'engendrer une étincelle (choc, manipulation d'un organe électrique, etc.)
- . Si la réparation dépasse la compétence, faire appel au spécialiste plutôt que d'opérer un rafistolage qui s'avérera dangereux à court terme.

DANS TOUS LES CAS :

Ne JAMAIS tenter d'obstruer une fuite par une soudure. Les gaz résiduels, demeurant encore dans les conduites, risquent d'engendrer une violente explosion.

1 LES ANTI-RETOUR ET PARE-FLAMME

Ces appareils assument 2 rôles { a) Stopper les retours de gaz (clapet)
b) Empêcher les retours de flamme (nappe d'eau, paroi poreuse)

Ils empêchent la propagation de l'onde de choc et de la flamme vers les tuyauteries, les mano-détendeurs et les bouteilles. Ils portent le nom d'intercepteurs. Ils doivent faire l'objet de contrôles périodiques.

1.1 INTERCEPTEUR HYDRAULIQUE

Il se situe en aval du détendeur de la "centrale acétylène"
Il doit faire l'objet de contrôles périodiques attentifs (niveau d'eau, bon état du clapet...).

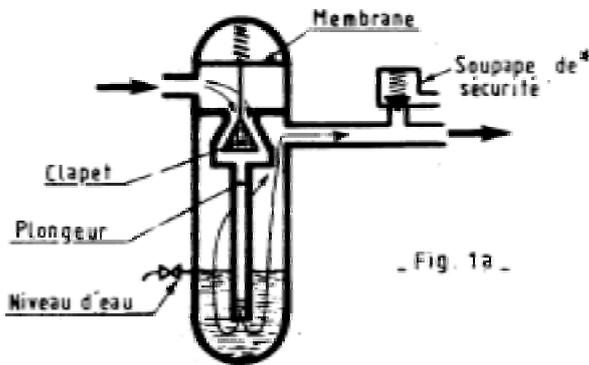


Fig. 1a

En fonctionnement normal

Le gaz repousse le clapet et traverse l'eau en direction du chalumeau.

* Peut être remplacé par un diaphragme de rupture (voir NT 11).

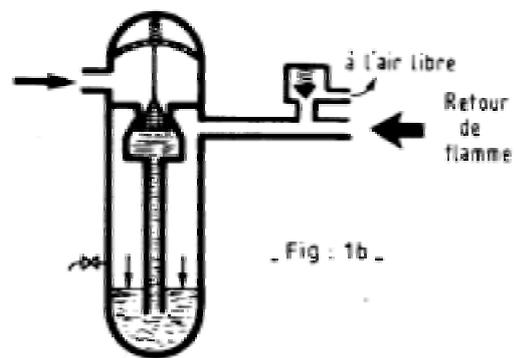


Fig. 1b

En cas de retour de flamme

L'eau arrête la flamme et absorbe l'onde de choc. Elle est refoulée dans le plongeur et ferme le clapet. La surpression s'échappe par la soupape de sécurité (ou par le diaphragme de rupture).

1.2 INTERCEPTEUR SEC

- Il en existe de différents modèles selon :
 - le gaz véhiculé
 - le débit nécessaire
 - sa situation dans le circuit
 - sa position d'utilisation (fixe verticale ou mobile toutes positions)

- Il se situe :
 - à la centrale d'acétylène où il peut remplacer l'intercepteur hydraulique (petites centrales)
 - au tableau individuel (en aval des mano-détendeurs Ox et Ac)
 - à la sortie des mano-détendeurs des bouteilles individuelles (surtout Ac)
 - à l'entrée du chalumeau (Ox et Ac)



Fig. 2a

En fonctionnement normal

- Le gaz repousse le clapet et traverse la paroi poreuse en direction du chalumeau



Fig. 2b

En cas de retour de flamme

- La paroi poreuse arrête la flamme et dissipe l'énergie de l'onde de choc.
- Le reflux ferme le clapet.

2 DIAPHRAGME DE RUPTURE



Fig. 3 a.
En fonctionnement normal



Fig. 3 b.
En cas d'explosion ou de surpression

- Il se situe sur la canalisation acétylène
- Son rôle : libérer le gaz à l'extérieur en cas d'explosion ou de surpression
- Il a le même rôle qu'une soupape de sécurité mais il nécessite le remplacement de la membrane alors que la soupape peut retrouver sa fonction immédiatement

3 LIMITEUR DE DEBIT

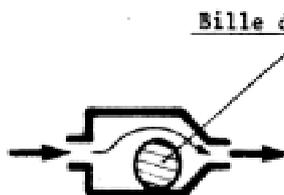


Fig. 4 a.
En fonctionnement normal



Fig. 4 b.
En cas de débit anormal

- Il se situe à la centrale de détente acétylène
- Son rôle : Obturer la canalisation en cas de débit anormal (par exemple : en cas de rupture du diaphragme)

4 VANNE



- Son rôle : Fermer ou ouvrir un circuit. Elle permet aussi d'isoler un organe ou un réseau secondaire.

5. Sélectionner les accessoires nécessaires aux opérations de soudage oxyacétylénique

5.1. Vérification des manodétendeurs

2 CONSIGNES DE SÉCURITÉ ET D'ENTRETIEN DES MANO-DÉTENDEURS

- Ils doivent être prévus pour une pression d'utilisation et un gaz déterminé.
- Afin de ne pouvoir les intervertir, leur dispositif de raccordement au robinet d'ogive est différent selon le gaz :
 - . Vis à pas à droite pour l'oxygène
 - . Vis à pas à gauche pour l'acétylène
 - . Ø de vis différent pour les autres gaz
- Le vissage à la bouteille doit se faire sans forcer, sans autres montages intermédiaires et après avoir vérifié le bon état et la propreté des portées du joint. Ne JAMAIS graisser.
- Leur bon fonctionnement dépend de leur mise à l'abri des chocs et au maintien de leur propreté.

3 MONTAGE ET MISE EN SERVICE

- Chasser les poussières de l'orifice d'ogive par un bref coup de purge.
- Vérifier l'état de propreté de la portée de la queue du détendeur ainsi que le desserrage de la vis de réglage de la BP sur le détendeur.
- Introduire la queue et visser à la main puis bloquer.
- Ouvrir lentement* le robinet d'ogive (1/4 de tour) et vérifier l'absence de fuite (eau savonneuse).
- Visser la vis de réglage de la BP jusqu'à l'obtention de la pression (voir NOTA)
- Allumer et régler le chalumeau et affiner éventuellement le réglage de la BP. (voir NT 17)

4 ARRÊT ET DÉTENTE

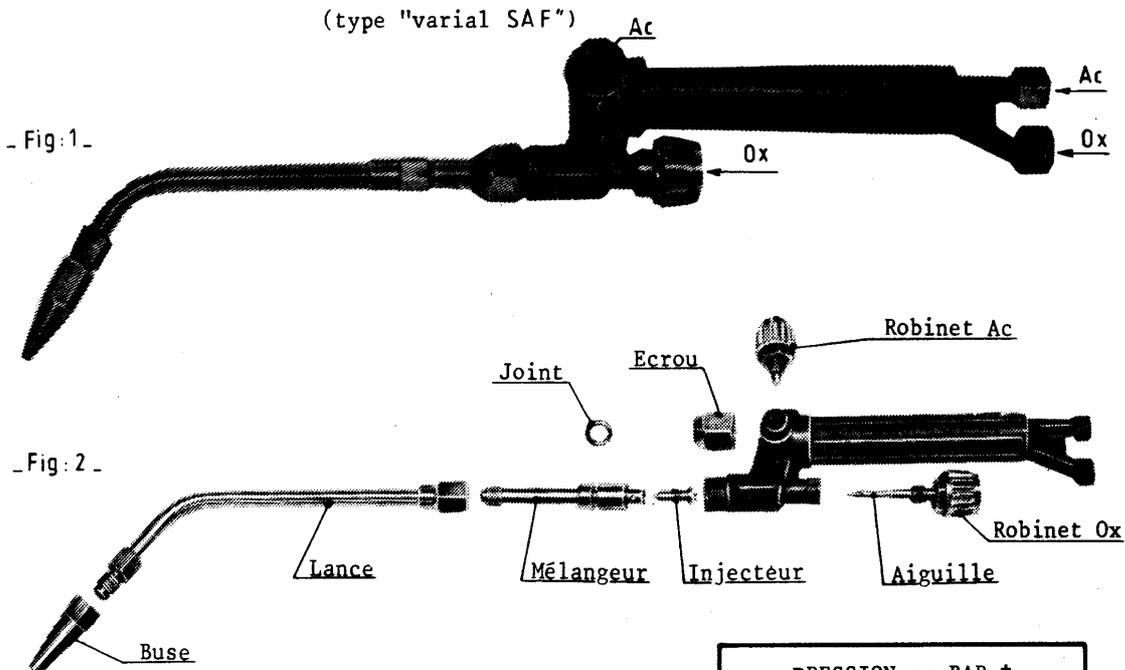
- Fermer le robinet d'ogive.
- Ouvrir le robinet du chalumeau et détendre l'installation jusqu'à la remise à zéro des mano.
- Desserrer la vis de réglage du détendeur.

NOTA

POUR LE REGLAGE DE LA BP. $\begin{cases} \text{Ox} \\ \text{Ac} \end{cases}$ IL FAUT SE REPORTER A LA NOTICE D'UTILISATION
DU CHALUMEAU FOURNI PAR SON CONSTRUCTEUR
(voir tableau : exemple " Varial SAF" - NT 16)

5.2. Réglage des pressions et de débit de gaz

Le chalumeau soudeur à débit variable



1	CLASSIFICATION	DEBIT AC en l h	PRESSION en BAR * Chalumeau "Varial SAF"	
			OXYGENE	ACETYLENE
	Chalumeau N° 00	10 à 150	1 à 1,5 selon débit de la buse	0,250
	" N° 0	50 à 200		
	" N° 1	250 à 1 000		
	" N° 2	1 000 à 4 000		

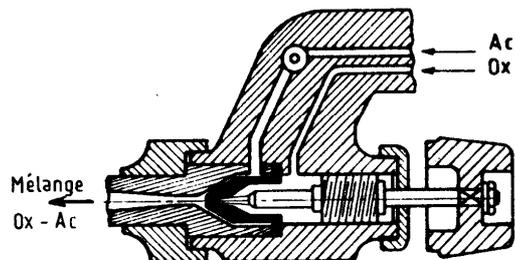
* Variable selon marque et type de chalumeau.

2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

- L'acétylène arrive autour de l'injecteur sous une basse pression.
- L'oxygène jaillit au centre de l'injecteur sous une pression plus élevée. Il aspire et entraîne l'acétylène dans le mélangeur à la sortie duquel il y a un mélange gazeux.

NOTA

L'aiguille est fragile et il convient de la considérer comme un organe de réglage de l'oxygène et non de fermeture (utiliser plutôt l'économiseur). Ne jamais bloquer le robinet d'oxygène.



- Fig. 3 -

5.3. Allumage et réglage des chalumeaux

*Mesures de sécurité

3 - ALLUMAGE - REGLAGE

- Régler les mano-détendeurs aux pressions adéquates (voir notice du fabricant du chalumeau utilisé).
- Sur le chalumeau :
 - . Ouvrir légèrement* l'oxygène puis largement* l'acétylène et allumer ;
 - . Régler le débit de l'acétylène jusqu'au décollement de la flamme puis le réduire jusqu'au recollement de la flamme ;
 - . Régler l'oxygène jusqu'à la disparition de l'auréole blanchâtre autour du dard.

Le réglage ainsi obtenu est celui du débit moyen de la buse. On peut diminuer ou augmenter la puissance de chauffe en agissant successivement sur les débits des deux gaz. Au cours du soudage, un débit trop faible engendre des claquements et un débit trop fort perturbe le bain (inclusions, stries irrégulières) et provoque un échauffement exagéré de la buse

- Vérifier la pression aux mano (si rectification nécessaire, retoucher le réglage de la flamme).

* Evite les flammèches noires (Ac) et le claquement

4 - ARRÊT

Fermer rapidement le robinet d'acétylène puis ensuite l'oxygène.

L'économiseur permet l'arrêt simultané des deux gaz sans dérèglement du chalumeau.

5 - INCIDENTS DE FONCTIONNEMENT

5.1 - Les claquements

Ce sont de petites explosions se produisant dans la buse. Elles revêtent diverses formes :

- Le claquement sec et isolé, sans interruption de marche, provient d'une obturation momentanée de la buse par une projection d'oxyde qui se trouve éjectée par le souffle du claquement. Il peut aussi provenir d'un débit trop faible des gaz par rapport à la buse.
- Les claquements répétés à intervalles longs sont provoqués par une pression d'oxygène trop basse. Vérifier la pression et la contenance des bouteilles ainsi que l'état de la buse.
- Les pétarades proviennent d'un échauffement de la buse. Il faut alors fermer immédiatement l'arrivée d'Ac, soit en fermant rapidement le robinet, soit en pliant le boyau d'Ac. Plonger la lance dans un seau d'eau en laissant l'Ox. ouvert pour empêcher l'eau d'y pénétrer. Vérifier l'état de la buse.
- Des crépitements peuvent être provoqués par une fuite au joint de la buse où des petites flammes s'allument par alternance. Dans ce cas, il faut vérifier le serrage de la buse ou la changer si son embase est détériorée.

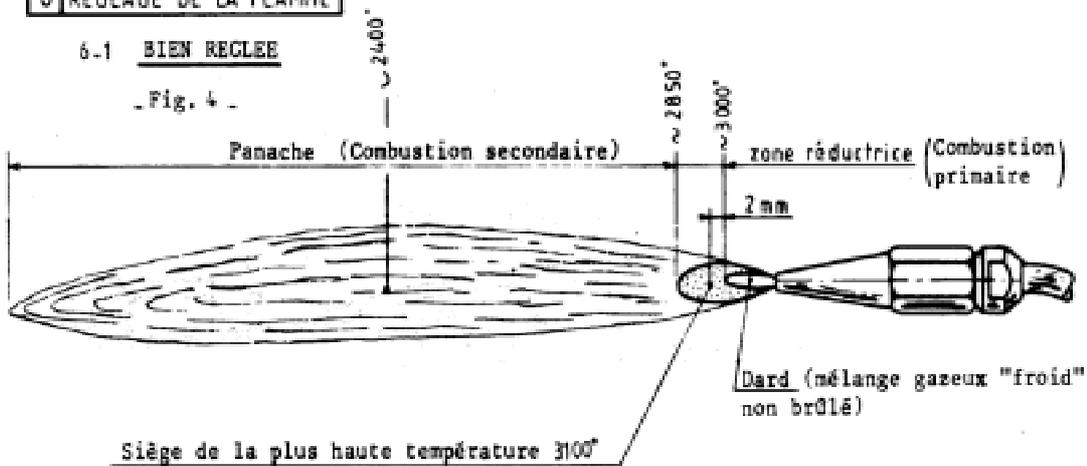
5.2 - Le sifflement

Si après un claquement, le chalumeau s'éteint et siffle, c'est qu'il y a le feu dans la lance et l'injecteur du chalumeau. Ce retour de flamme peut provoquer l'explosion de l'acétylène en amont du chalumeau (d'où la nécessité de l'intercepteur). Il faut réagir spontanément en arrêtant l'arrivée des deux gaz par pliage des boyaux puis en fermant le robinet d'acétylène. Le chalumeau est ensuite refroidi en le plongeant dans l'eau, Ox. ouvert.

6 REGLAGE DE LA FLAMME

6.1 BIEN REGLÉE

Fig. 4



CARACTERISTIQUES

- Le dard est lumineux. Son contour est net. Son profil est presque cylindrique et son extrémité arrondie.
 - Le panache est rosé, long et souple.
 - La zone réductrice* est bleutée. * Supprime la formation d'oxyde à chaud
- Le bain de fusion est étroit. La fusion est calme (protection par la zone réductrice)

6.2 CARBURANTE

Fig. 5



Caractéristique	Défauts de soudage	Cause	Remède
- Le dard est entouré d'une auréole blanchâtre.	- Le bain est agité (bouillonnement) - La soudure est dure et cassante (apport de carbone)	Excès d'acétylène	Régler le chalumeau

6.3 OXYDANTE

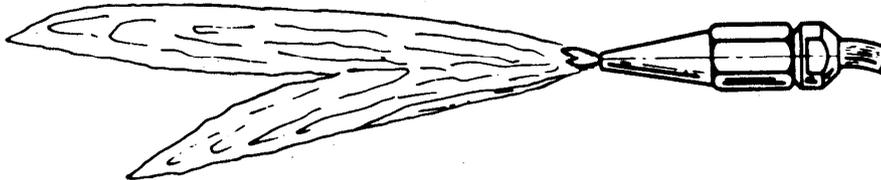
Fig. 6



Caractéristiques	Défauts de soudage	Cause	Remède
- Le dard est pointu - Le panache est court et rigide - La flamme est sifflante	- Le bain est oxydé (dégagement d'étincelles) - La soudure est brûlée, grisâtre et cassante	Excès d'oxygène	Régler le chalumeau

6-4 DARD DEVIÉ

Fig. 7



Caractéristiques	Défauts de soudage	Causes	Remèdes
Le dard est dévié Le panache se divise	Oxydation du bain de fusion Création de morsures latérales	Buse encrassée	{ ext. → Frotter sur un morceau de bois. int. → Nettoyer la buse (alésoir calibré) (voir NT 020)

6-5 DARD EVASE

Fig. 8



Caractéristiques	Défauts de soudage	Cause	Remède
Le dard est écrasé, évasé et arrondi.	La fusion est moins concentrée Le cordon est large	Buse évasée ext. par un alésoir conique	Changer la buse

6-6 DARD DECOLLE

Fig. 9



Caractéristiques	Défauts de soudage	Causes	Remèdes
Le dard est décollé de la buse soit de façon stable ou soit par alternance.	- Le dard pénètre dans le bain - Risque de perforation - Aspect du cordon irrégulier.	- Dérégulation du débit ou de la pression d'un gaz - Projection d'une particule d'oxyde.	- Rectifier le débit ou la pression - Frotter sur du bois

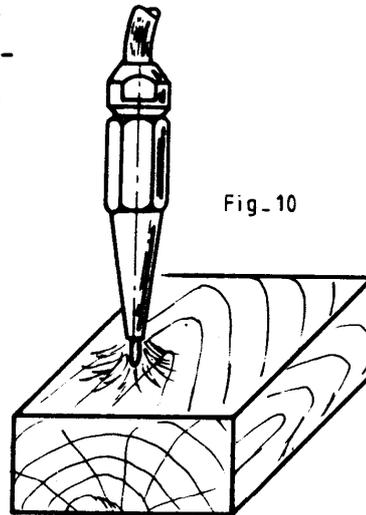
NOTA

Si la flamme est instable vérifier la pression dans les bouteilles (bouteille en cours de vidage) sinon faire vérifier les détendeurs par un spécialiste.

7 NETTOYAGE DE LA BUSE

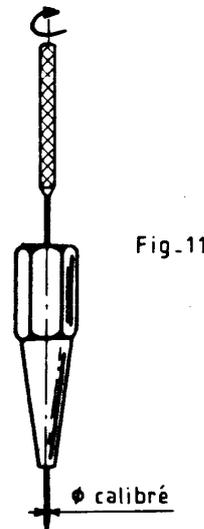
7.1 - LA PARTICULE D'OXYDE EST EXTERNE

Chalumeau allumé, frotter la buse sur un morceau de bois. Si la particule est externe, la flamme redevient normale sinon procéder selon 7.2.



7.2 - LA PARTICULE D'OXYDE EST INTERNE

- Refroidir la buse dans de l'eau
- Démonter la buse et la nettoyer par l'intérieur à l'aide d'un alésoir calibré et correspondant au débit de la buse.



8 ENTRETIEN

Les chalumeaux doivent être mis à l'abri de tout choc et manipulés avec soin. Ils doivent faire l'objet de révisions périodiques. Si les claquements se reproduisent malgré les interventions décrites ci-dessus, changer de chalumeau pour contrôler si le chalumeau initial ne serait pas en mauvais état, sinon faire vérifier les détenteurs.

6. Définir les choix du métal d'apport

4 LE METAL D'APPORT

1°) Composition

Elle doit être identique à celle du métal à souder. Le métal d'apport peut contenir des éléments additifs visant à améliorer certaines caractéristiques mécaniques du joint. Ne pas mélanger les métaux d'apport et rejeter ceux d'origine douteuse.

2°) Diamètre *

Il dépend du type de joint et de sa position d'exécution, de la méthode de soudage utilisée, de la nature et de l'épaisseur du métal à souder.

- Un fil de faible diamètre provoque la disparition des éléments améliorants (surchauffe de l'extrémité de la baguette) et une mauvaise qualité et répartition du métal fondu.
- Un fil de fort diamètre provoque un ralentissement du soudage et des collages. Le dépôt de grosses gouttes nuit à l'homogénéité de la fusion et à la régularité du cordon.
- Les diamètres existants sont : 1,6 - 2 - 2,4 - 3,2 - 4.

3°) Présentation

Le métal d'apport est livré en baguettes dressées de longueur 1 m.

4°) Protection

Le métal d'apport peut être protégé de l'oxydation par une pellicule de cuivre. Les baguettes fortement oxydées devront être rejetées ou débarrassées de la rouille avant utilisation.

5 LE DEBIT DE LA BUSE *

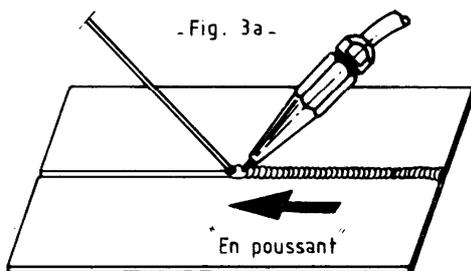
Il est donné en l/h d'acétylène et dépend du type de joint et de sa position d'exécution, de la méthode de soudage utilisée, de la nature et de l'épaisseur du métal à souder.

* Le diamètre du métal d'apport ainsi que le débit de la buse seront précisés lors de l'étude de chaque joint

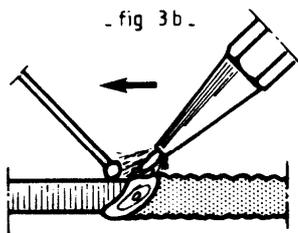
7. Préparation du poste de travail : La position et les mouvements du chalumeau et du métal d'apport.

6 LE SENS DE DEPLACEMENT (ou de soudage)

6.1 - "EN POUSSANT"*



* Se dit aussi : "A gauche" ou "Avant"



CARACTERISTIQUES

- Le cordon se forme en arrière par rapport au sens de déplacement.
- La chaleur est dirigée vers les arêtes non encore soudées du joint. Le joint est visible car se situant en avant.
- La chauffe du bain est moins importante et l'emploi de cette technique est réservée aux faibles épaisseurs (< 4 mm) où une vitesse d'avance moins élevée permet de mieux réguler le bain.
- Le joint est visible (appréciable pour les tôles minces où les bords sont très près).

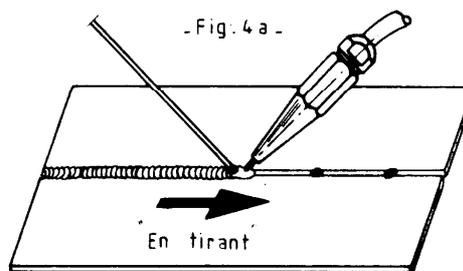
NOTA

Les appellations "A gauche" ou "A droite" seront écartées car elles se basent sur un soudeur droitier (un gaucher obtient la méthode inverse).

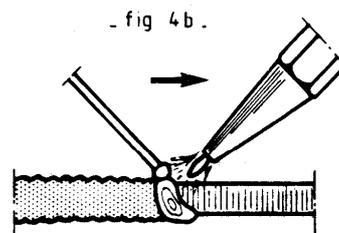
Les termes "en poussant" ou "en tirant" (utilisés en MAG) sont les plus imagés et ne permettent aucune interprétation, que l'ouvrier soit droitier ou gaucher.

Le sens de déplacement sera précisé lors de l'étude de chaque joint.

6.2 - "EN TIRANT"*



* Se dit aussi : "A droite" ou "En arrière"



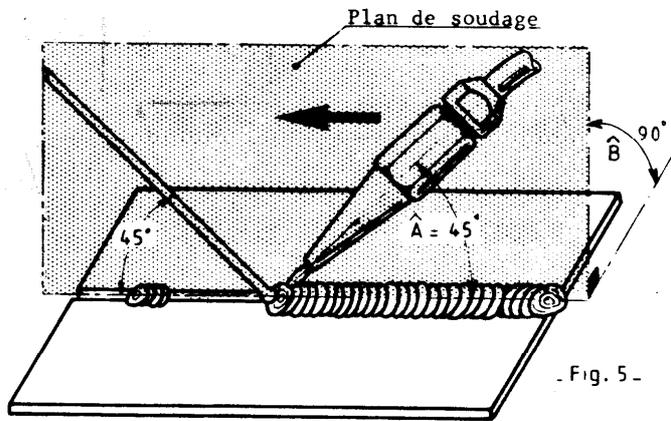
CARACTERISTIQUES

- Le cordon se forme en avant par rapport au sens de déplacement.
- La chaleur est dirigée vers l'extrémité du cordon en fusion et vers le bain. Le bain est bien visible et sa chauffe plus importante permet une bonne pénétration sur de fortes épaisseurs avec une vitesse d'avance améliorée.
- Le joint est en partie masqué par la buse.

7 LES ANGLES DE TENUE DU CHALUMEAU ET L'ASPECT DES STRIES

\hat{A} = Angle de déplacement ou d'avance

\hat{B} = Angle du plan de soudage contenant :
- la buse
- la baguette



VARIATIONS DE A

VARIATIONS DE B

$A = 45^\circ$

- Fig. 6a -

- Les stries sont arrondies, serrées et régulières..
- La pénétration est bonne sans effondrement du cordon.

$A > 45^\circ$

- Fig. 6b -

- Les stries sont aplaties.
- La pénétration est exagérée et le cordon effondré. Il y a risque de perforation et d'inclusions d'oxydes.

$A < 45^\circ$

- Fig. 6c -

- Les stries sont allongées et pointues
- Absence de pénétration
- Il y a risque d'oxydation du bain

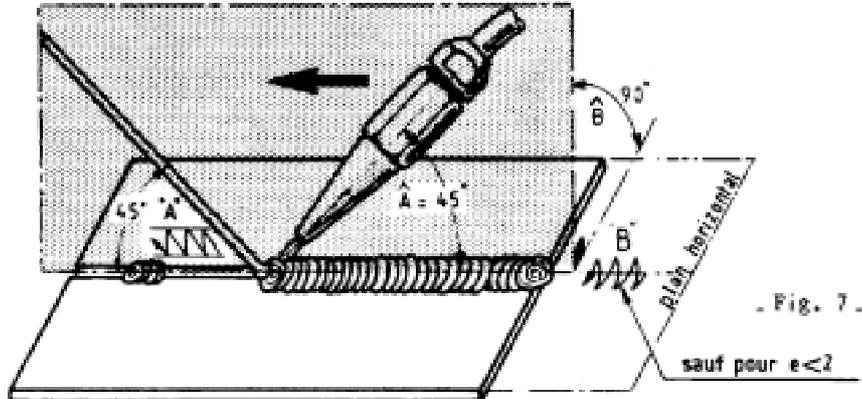
D-D

- Fig. 6d -

- Le dard souffle le métal sur le bord opposé et creuse un sillon sur le bord le plus proche.
- Il y a affaiblissement du joint.

NOTA
Les angles de tenue du chalumeau seront précisés lors de l'étude de chaque joint. (Voir NT SOA - 34 - 40 - 41 - 44 - 46 - 49)

8 - LES MOUVEMENTS "BAGUETTE - CHALUMEAU"



La fusion des bords et du métal d'apport doit être simultanée.

Mouvement A de la baguette

La baguette est fondue à l'avant et dans le bain de fusion.

Elle est animée d'un léger mouvement saccadé et vertical d'une amplitude de 2 à 4 mm, qui permet de réguler la quantité et la régularité du métal déposé.

Son extrémité ne doit jamais sortir de la zone réductrice ni pénétrer dans le bain.

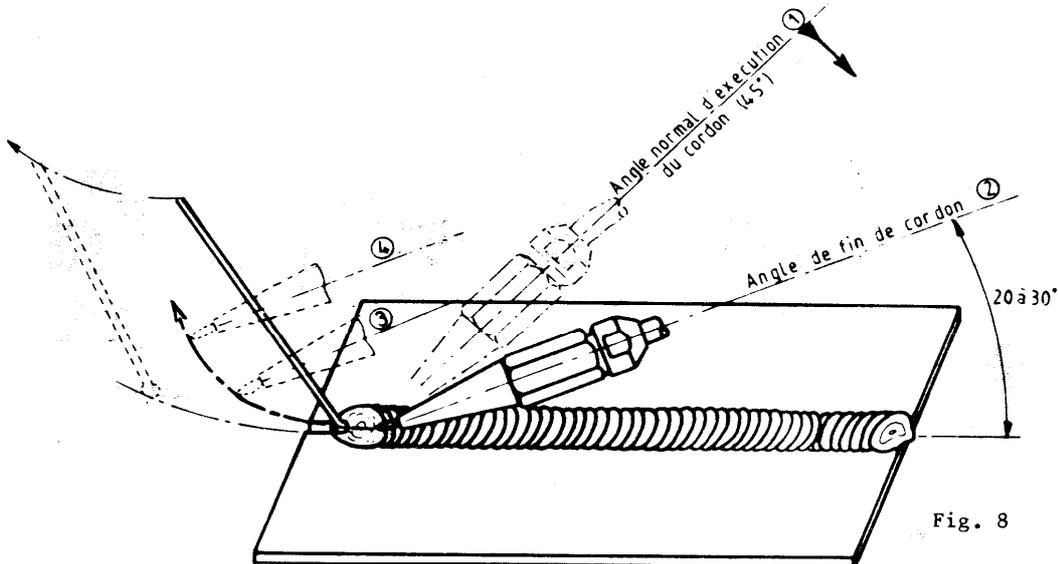
Mouvement B du chalumeau

- Pour les tôles d'épaisseur > 2 , le chalumeau est animé d'une légère oscillation horizontale (de gauche à droite) qui vise à fusionner les deux bords et à répartir le bain.
- Pour les tôles d'épaisseur < 2 , ce mouvement est inutile compte tenu du faible écartement des bords. Il nuirait même à l'aspect de la soudure en augmentant la largeur du cordon.

NOTA

Les mouvements "A" et "B" peuvent varier selon le type de joint à réaliser. Ils seront précisés lors de l'étude de chaque joint.

9 - LA FIN DE CORDON ("Faire mourir le bain de fusion")



Méthode opératoire

Dans le même mouvement de soudage, lorsque le bain approche de l'extrémité du cordon :

- ① à ② : Incliner l'angle d'avance pour éviter l'effondrement de cordon (diminution de la chauffe et du souffle du chalumeau sur le bain) et terminer le cordon.
- ③ à ④ : Dégager progressivement le dard (comme pour lécher) dans un mouvement de remontée afin que le bain vienne à "mourir" en fin de cordon.

9-1. LE CRATERE ET LES SOUFFLURES DE FIN DE CORDON

C'est une cavité centrale du dernier bain qui est due à un retrait trop brusque du chalumeau provoquant une contraction du métal en fusion (retassure) mis en contact à l'air libre avant sa solidification. Ce retrait brusque peut également être à l'origine de "soufflures" par l'emprisonnement de bulles de gaz n'ayant pu s'échapper à la surface du bain brusquement solidifié.

Toute fin de soudage (y compris le point de soudure) implique un retrait lent du chalumeau s'inspirant du mouvement ③ et ④ décrit ci-dessus.

10 LA REPRISE

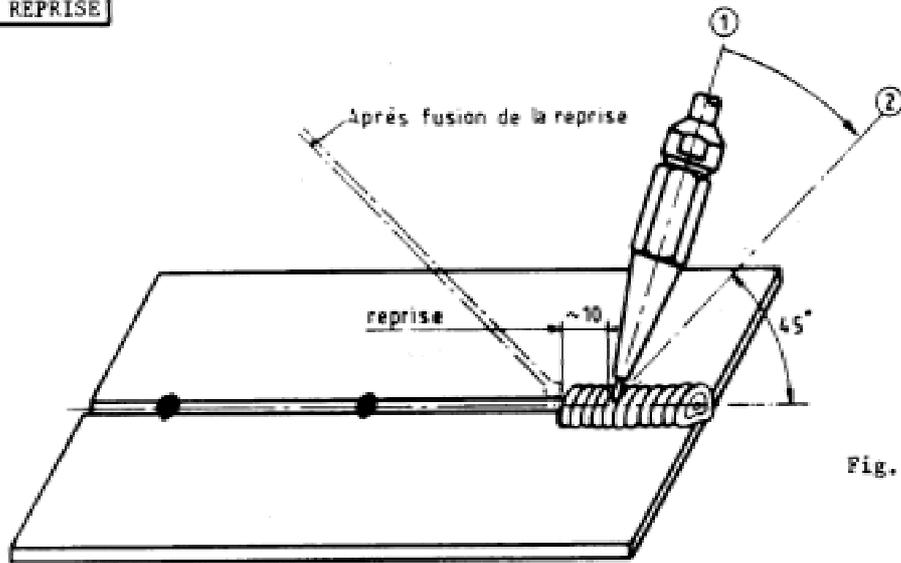


Fig. 9

Méthode opératoire

Toute reprise de soudure (exemple: sur "talon", représenté ci-dessus) implique la fusion de la fin de cordon avant toute avance ou apport de métal. Ainsi l'homogénéité du joint est assurée. Dans le cas contraire de non reprise, on s'expose à des inclusions d'oxydes ou, même, à un collage.

Pour obtenir une chauffe rapide, le chalumeau peut être tenu plus verticalement au début ① et ramené dans sa position de soudage ② dès l'obtention du bain.

11 LES APPENDICES DE SOUDAGE

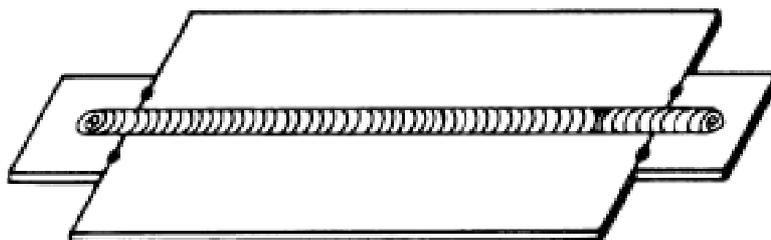


Fig. 10

Il s'agit de chutes du même métal constituant les pièces (composition et épaisseur identiques). Ces appendices rapportés permettent d'éviter les défauts de fin de cordon tels que :

- effondrement, amincissement, cratères ou soufflures.

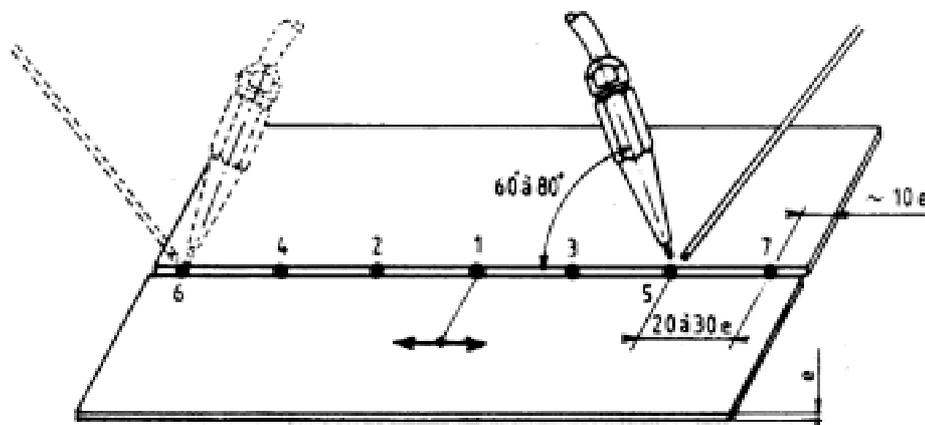
Leur emploi est indispensable pour toute pièce devant supporter ultérieurement des travaux de mise en forme par allongement ou rétreinte (en particulier en soudure "bout à bout").

12 PRESCRIPTIONS GENERALES POUR L'EXECUTION DU POINTAGE

12.1 Méthode

Les pièces étant réglées en prévision du retrait, exécuter le premier point au milieu de la longueur du joint puis, pour le suivant, procéder alternativement de part et d'autre pour compenser les effets du retrait. La flamme sera dirigée, de préférence, vers l'extrémité du joint afin que la dilatation puisse s'écouler vers les parties non bridées par les points.

Fig. 11 - Exemple : Pointage de tôles bout à bout sur bords droits



NOTA :

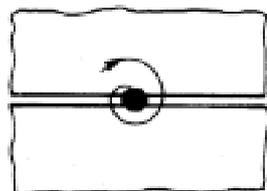
Les particularités de pointage seront précises lors de l'étude de chaque type de joint (voir NT D - 34 - 35 - 44 - 50).

12.2 Exécution du point

En ce qui concerne la tenue du chalumeau et de la baguette, elle est similaire à celle préconisée pour l'exécution du joint bien que, pour la durée du chauffage précédant la création du bain, il soit préférable de tenir le chalumeau plus perpendiculairement aux bords à chauffer (chauffe plus rapide et plus localisée : Fig. 11).

Procéder au chauffage des bords en tournant afin de bien répartir la température.

- Fig. 12 -



Le point sera petit ($\sim 2 e$), pénétré et le moins épais possible.

Le métal d'apport ne sera déposé qu'en très petite quantité et uniquement pour créer un "pont" lorsque les bords arrivent à la fusion.

Le chalumeau sera retiré lentement du bain pour éviter le cratère et les soufflures (Voir NT D 26)

B.Exécution d'une soudure autogène

8. Maîtriser les techniques de soudage pour les joints suivants :

- bout à bout
- angle intérieur
- angle extérieur

Les joints et préparation de soudure :

*Introduction :

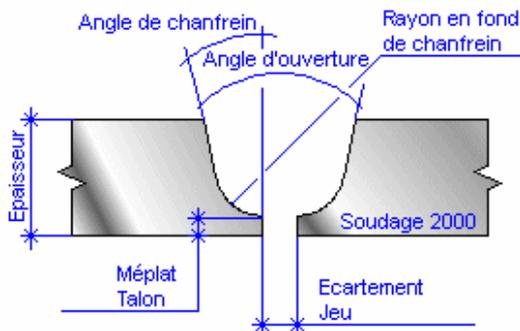
Plusieurs visiteurs et traducteurs linguistiques nous ont demandés de créer un thésaurus (recueil documentaire des termes techniques de soudage) en français et en anglais. Nous nous sommes décidés à plancher sur le sujet et à ébaucher une première esquisse d'un travail assez phénoménal. Cette première page récapitule les définitions et termes utilisés pour les préparations de joints soudés et des chanfreins. Cette page est appelée à être modifiée régulièrement.

Nous espérons que cette esquisse apportera une réponse à l'attente de chacun. Vous n'êtes toutefois pas dispensé de nous aider si le cœur vous en dit ! (-))

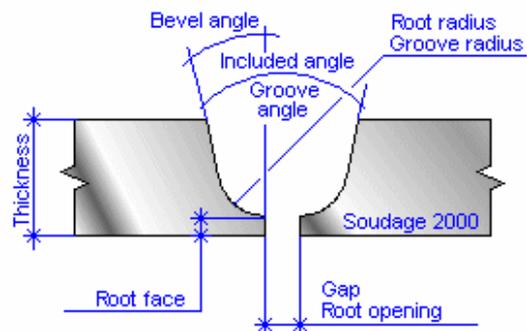
*Détail de préparation de soudure bout à bout :

Le croquis ci-dessous représente une préparation à simple ouverture (single groove preparation) avec un chanfrein en U ou tulipe (Butt weld single-U). Le joint est de type bout à bout (Butt welding)

FRANÇAIS



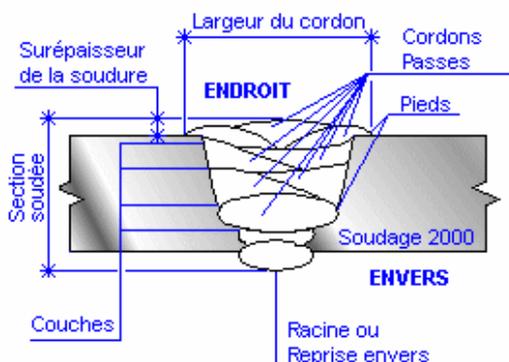
ANGLAIS



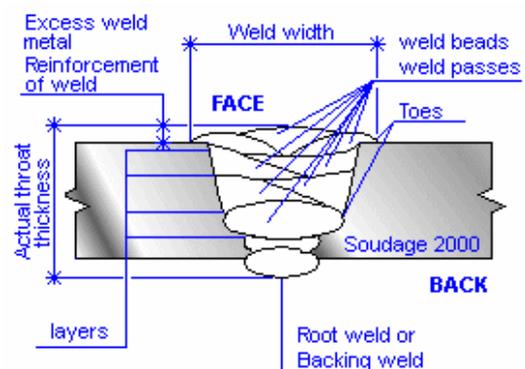
Détail d'une soudure bout à bout avec pénétration :

Le croquis ci-dessous représente une soudure avec 10 passes dont une reprise envers sur 6 couches.

FRANÇAIS



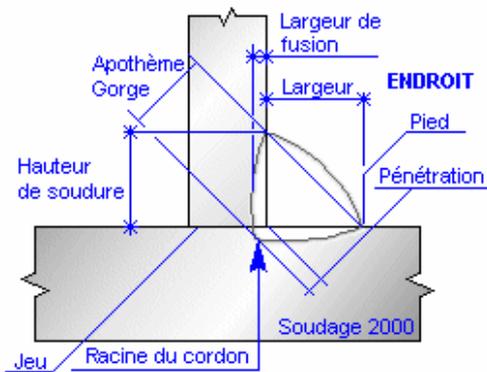
ANGLAIS



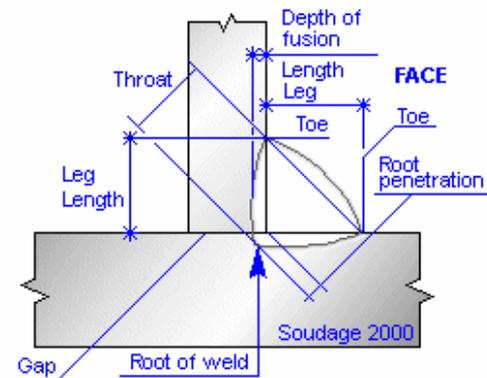
***Détail d'une soudure non pénétrée en angle :**

Le croquis ci-dessous représente une soudure en angle (fillet weld) avec 1 passe.

FRANÇAIS



ANGLAIS



***Détail des types de préparation en bout à bout pénétré (Butt weld) :**

Les croquis ci-dessous représentent les différents types de préparation de soudure.

CROQUIS	FRANÇAIS	ANGLAIS
	Préparation bout à bout à bord droit avec ou sans jeu	Close square butt weld or open square butt weld
	Préparation bout à bout à bord relevé	Flanged preparation or raised edges
	Préparation bout à bout avec chanfrein en V	Single V butt weld
	Préparation bout à bout avec chanfrein en V et support envers	Single V butt weld with backing strip
	Préparation bout à bout avec chanfrein en U ou tulipe	Single U butt weld
	Préparation bout à bout avec chanfrein en X	Double V butt weld
	Préparation bout à bout avec chanfrein en V et talon	Single V butt weld with root faces
	Préparation bout à bout avec chanfrein en double U ou double tulipe	Double U butt weld

***Détail des types de préparation en angle non pénétré (Fillet weld) :**

Les croquis ci-dessous représentent les différents types de préparation de soudure d'angle.

CROQUIS	FRANÇAIS	ANGLAIS
	Préparation en angle à bord droit sans jeu	T joint fillet weld with close square
	Préparation en angle par recouvrement (ou à clin) à bord droit sans jeu	Fillet weld in a lap joint with square edge
	Préparation en angle en carre à bord droit sans jeu	Fillet weld in a corner joint with square edge

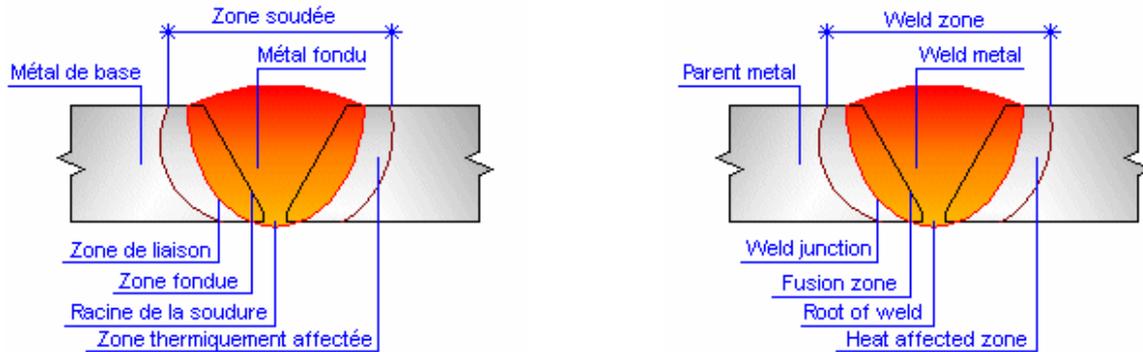
Généralités sur les préparations des bords à souder et des chanfreins :

FRANÇAIS	ANGLAIS
Burinage	Chipping
Brossage	Brushing
Chanfrein	Bevel
Chanfreinage	Chamfering
Cisaillage	Shearing
Découpe sous eau	Underwater cutting
Découpe plasma	Plasma cutting
Dégraissage	Degreasing
Gougeage	Gouging
Machine à chanfreiner	Bevelling machine
Martelage	Hammering
Martyre d'amorçage	Run-on test plate and run off test plate
Marque de meulage	Grinding mark
Machine à fraiser - Fraiseuse	Milling machine
Meulage	Grinding
Meuleuse	Grinder
Nettoyage	Cleaning
Oxycoupage	Thermal cutting
Positionneur / vireur	Manipulator positionner
Préparation des joints	Joint preparation
Préparation des bords à souder	Edge preparation
Usinage des chanfreins	Bevel machining

***Détail d'une soudure bout à bout et de ses zones :**

Le croquis ci-dessous représente une soudure avec ses différentes zones.

FRANÇAIS	ANGLAIS
-----------------	----------------



Les principaux défauts de soudure :

La classification des défauts est réalisée conformément à la norme **NF EN 26250**

Groupe 1 - Fissures

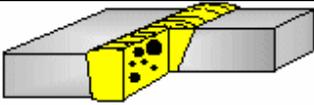
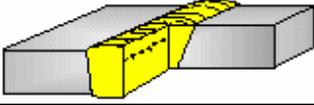
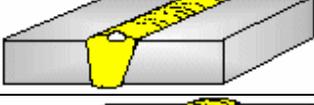
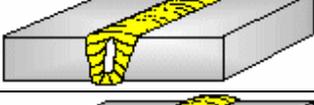
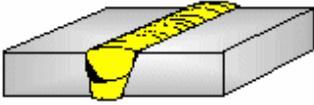
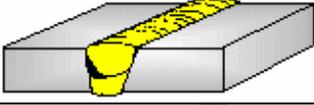
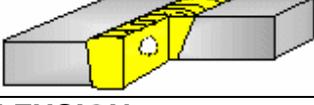
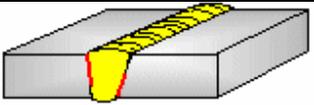
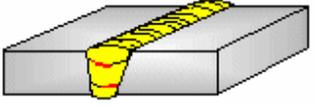
Groupe 2 - Cavités

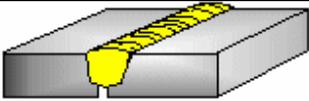
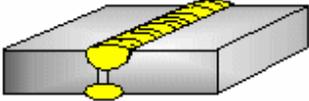
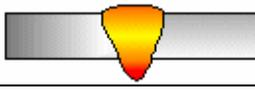
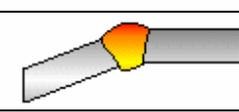
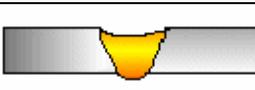
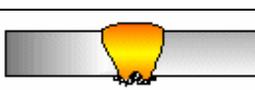
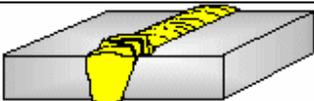
Groupe 3 - Inclusions solides

Groupe 4 - Manque de fusion / Manque de pénétration

Groupe 5 - Défauts de forme

Numéro	Désignation	Illustration	Term in English
GROUPE N° 1 - FISSURES			
101	FISSURE LONGITUDINALE		LONGITUDINAL CRACK
102	FISSURE TRANSVERSALE		TRANSVERSE CRACK
103	FISSURES RAYONNANTES		RADIATING CRACK
104	FISSURES DE CRATÈRE		CRATER CRACK
GROUPE N° 2 - CAVITÉS			
2011	SOUFFLURE SPHÉROÏDALE		GAS PORE
2012	SOUFFLURES UNIFORMÉMENT REPARTIES		UNIFORMLY DISTRIBUTED POROSITY

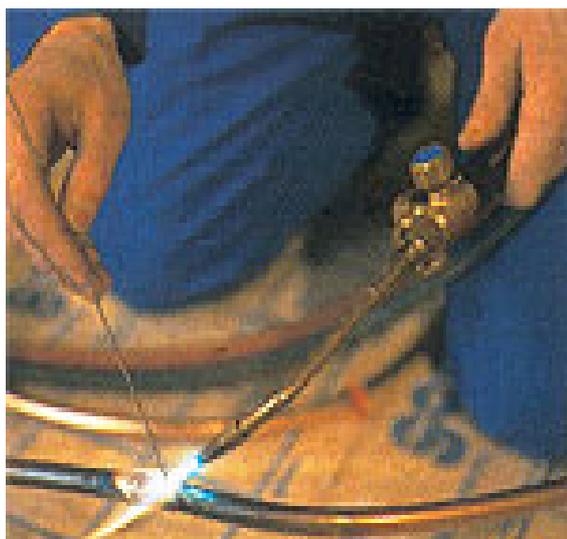
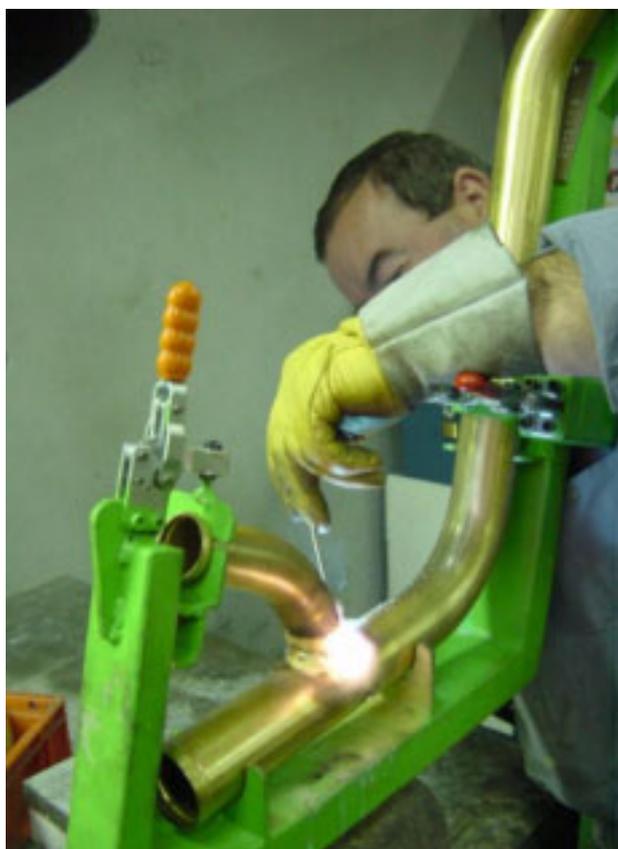
2013	NID DE SOUFFLURES		CLUSTERED POROSITY
2014	SOUFFLURES ALIGNÉES		LINEAR POROSITY
2015	SOUFFLURES ALLONGÉES		ELONGATED POROSITY
2016	SOUFFLURE VERMICULAIRE		WORM HOLE
2017	PIQÛRE		SURFACE PORE
2021	RETASSURE INTERDENDRITIQUE		INTERDENDRITIC SHRINKAGE
2024	RETASSURE DE CRATÈRE		CRATERE PIPE
GROUPE N° 3 - INCLUSIONS SOLIDES			
301	INCLUSION DE LAITIER		SLAG INCLUSION
302	INCLUSION DE FLUX		FLUX INCLUSION
303	INCLUSION D'OXYDE		OXIDES INCLUSION
304	INCLUSION MÉTALLIQUE		METALLIC INCLUSION
GROUPE N° 4 - MANQUE DE FUSION			
4011	MANQUE DE FUSION DES BORDS ou COLLAGE		LACK OF FUSION
4012	MANQUE DE FUSION ENTRE PASSES		LACK OF FUSION
GROUPE N° 4 - MANQUE DE PÉNÉTRATION			

402	MANQUE DE PÉNÉTRATION		LACK OF PENETRATION
402	MANQUE D'INTERPÉNÉTRATION		LACK OF PENETRATION
GROUPE N° 5 - DÉFAUTS DE FORME			
5011	CANIVEAU		UNDERCUT
5012	MORSURE		UNDERCUT
5013	CANIVEAU A LA RACINE		SHRINKAGE GROOVE
502	SURÉPAISSEUR EXCESSIVE		EXCES WELD METAL
504	EXCÈS DE PÉNÉTRATION		EXCESSIVE PENETRATION
5041	GOUTTE OU EXCÈS LOCAL DE PÉNÉTRATION		EXCESSIVE PENETRATION
506	DÉBORDEMENT		OVERLAP
507	DÉFAUT D'ALIGNEMENT		LINEAR MISALIGNMENT
508	DÉFORMATION ANGULAIRE		ANGULAR MISALIGNMENT
509	EFFONDREMENT		SAGGING
511	MANQUE D'ÉPAISSEUR		INCOMPLETE FILLED GROOVE
515	RETASSURE A LA RACINE		ROOT CONVEXITY
516	ROCHAGE		POROSITY DUE TO CARBONE MONOXIDE
517	MAUVAISE REPRISE		POOR RESTART

C Exécution d'une soudure hétérogène

9. Quantité des soudures

10. Choix approprié de la baguette d'apport et décapant



Définition du brasage

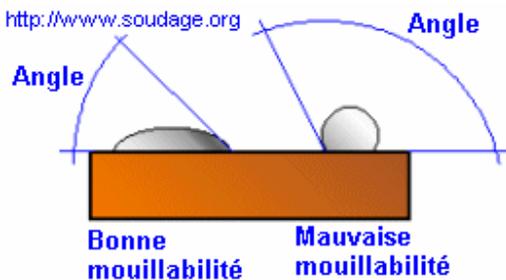
Le brasage est une opération d'assemblage par recouvrement entre des alliages métalliques identiques ou différents à l'aide d'un métal d'apport dont le point de fusion est inférieur aux métaux de base à assembler (le point de fusion $< 450^{\circ}$ Celsius) .

Définition du brasage fort

Le brasage fort est une opération d'assemblage hétérogène par recouvrement dans laquelle seul le métal d'apport utilisé fond à une température **supérieure à 450° Celsius**.

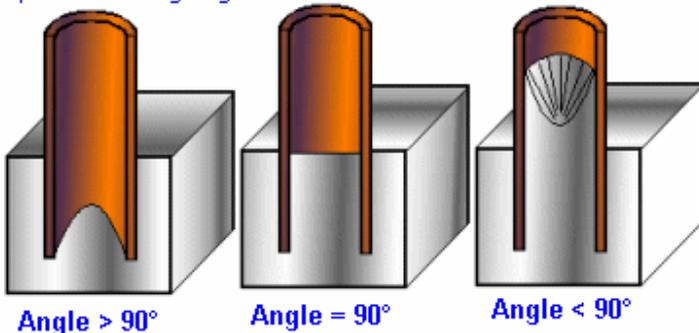
Définition de la mouillabilité

C'est la propriété d'un liquide à s'étaler sur la surface d'un support. Cette propriété se quantifie par la mesure de l'angle de raccordement formé par le liquide sur la surface. Un angle inférieur à 90° indique que le liquide possède de bonnes caractéristiques de mouillage. Dans ce cas, la tension superficielle est inférieure à la tension inter faciale.



Définition de la capillarité

<http://www.soudage.org>



Le brasage utilise le principe de la capillarité.. C'est la propriété d'un liquide à remonter sur les parois d'un tube capillaire ou sur les parois de pièces plaquées. Plus un liquide a de faibles tensions superficielles, plus il remonte dans le tube. Plus le jeu est faible entre les parois ($j < 0,1$ mm), plus le liquide remonte sur les parois.

Brasage capillaire fort d'un tube en cuivre

Métal d'apport ou alliage de brasage

Les métaux d'apport utilisés pour la brasure de tubes en cuivre sont du type cuivre + phosphore (BCuP), cuivre + phosphore + argent (BAg), cuivre + zinc (BCuZn), cuivre + argent + zinc. Les alliages cuivre + phosphore sont auto décapants. En effet, le phosphore élimine les oxydes formés lors du brasage. Le choix du métal d'apport est dicté par la température de fusion, les caractéristiques mécaniques et la compatibilité physico-chimiques.

Flux décapant de brasage

L'emploi d'un flux décapant est nécessaire dans la plupart des brasures (sauf éventuellement lors de l'utilisation de métal d'apport cuivre + phosphore) . Son but est de dissoudre les oxydes qui se forment lors du brasage, de favoriser le mouillage et de protéger les surfaces. Les flux sont à base de borates de sodium ou de potassium, de fluorures et de chlorures.

Flamme de chauffage

L'emploi d'un chalumeau avec un mélange gazeux type oxygène acétylène où oxygène propane est nécessaire pour assurer la chauffe rapide de l'assemblage et le brasage. Le réglage de la flamme est neutre ou légèrement carburante.

Procédure de brasage capillaire fort d'un tube en cuivre

- Coupure précis et sans déformation du tube avec un coupe tube de qualité.
- Ébavurage soigné des extrémités du tube avec arrondi des arêtes avec un outil spécial.

- Nettoyage de la surface des joints à braser avec un tampon abrasif ou une toile émeri.
- Vérification du jeu d'emboîtement par montage à blanc du raccord sur le tube.
- Dégraissage des joints avec un solvant approprié.
- Ne plus manipuler les surfaces nettoyées avec les mains nues.
- Enduire la surface des joints à assembler avec le flux décapant adapté au métal d'apport à l'aide d'un pinceau.
- Éviter de faire pénétrer le flux décapant à l'intérieur du tube.
- Placer les tubes et raccords dans leur position définitive.
- Régler la flamme de votre chalumeau (flamme neutre ou légèrement carburante)
- Chauffer les parties à assembler de façon homogène en assurant un mouvement continu de la flamme jusqu'à obtention de la température de liaison.
- Déplacer continuellement votre flamme sur la surface du joint pour ne pas endommager votre tube ou raccord par surchauffe.
- Observer les réactions du décapant pour connaître la température de liaison.
- Fondre une goutte de métal d'apport dans l'emboîture du raccord en tenant la flamme éloigné du métal d'apport.
- Étendre cette goutte dans le joint par un mouvement continu de la flamme.
- Le métal d'apport s'écoule facilement dans l'emboîtement par capillarité.
- Appliquer le métal d'apport jusqu'à obtention d'un joint totalement rempli.
- Laisser refroidir l'assemblage.
- Éliminer tous les résidus de décapant sur le joint brasé par un lavage à l'eau chaude pour éviter toute source de corrosion.

Sécurité lors du brasage

Il est nécessaire de ventiler correctement le local lors de l'utilisation de flux à base de fluorures et de métaux contenant du zinc. Il ne faut pas respirer les vapeurs dégagées par le flux décapant pendant le brasage. Il faut éviter tout contact du flux avec la peau et les yeux. Le port de lunettes à verre teinté numéro 6 est recommandé.

D. Oxycoupage des métaux ferreux

Généralité

L'oxycoupage est un procédé de **coupage thermique**. Parmi les procédés de coupage thermique il est pratiquement le seul à être utilisés dans le profession. Les autres procédés sont :

- Le coupage à l'arc
- Le coupage au plasma

L'oxycoupage concerne exclusivement le coupage des alliage de fer, notamment tous les aciers (tube, profilés, tôles)

11. Principe

Le fer porté à sa température **d'ignition dans l'oxygène**, brûle en dégageant une grande quantité de chaleur. Cette température (1000° à 1100°C) est nettement inférieure à la température de fusion de l'acier (1480° à 1520°C).

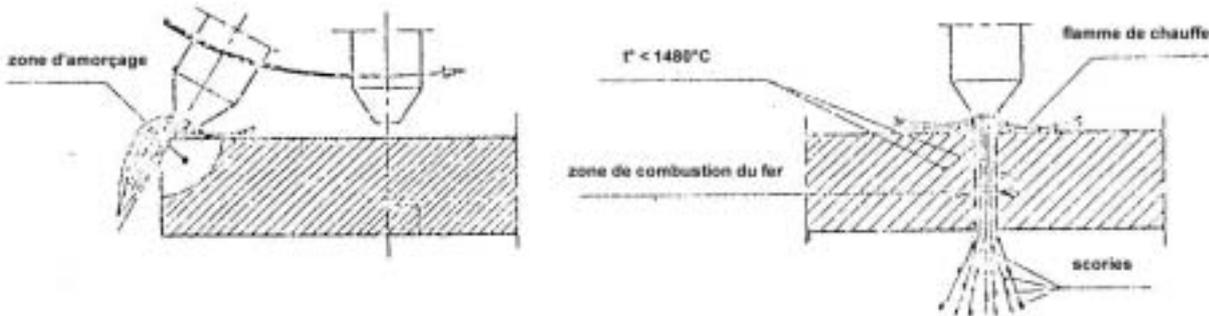
Les oxydes de fer formés par cette combustion appelée aussi **scories** fondent à la température de 1200°C environ.

Ainsi le procédé d'oxycoupage consiste-t-il :

- à amorcer le découpage en portant le métal à 1000°C/1100°C (orangé foncé).
- puis à injecter un jet violent d'oxygène qui :
 - provoque la combustion du fer. Cette combustion produit la chaleur nécessaire à la poursuite de la coupe sans autre apport de chaleur.
 - Chasse les scories fondues de la coupe.
 - Limite la coupe la coupe à propre trajectoire sans faire fondre le métal voisin de la coupe

Technologie usuelle

L'amorçage de la coupe est en général assuré par une flamme oxyacétylénique (parfois au propane). Lorsque la température du métal est atteinte un jet violent d'oxygène est produit au centre de la flamme oxyacétylénique. La coupe étant amorcée il suffit de déplacer le jet d'oxygène pour développer la coupe.

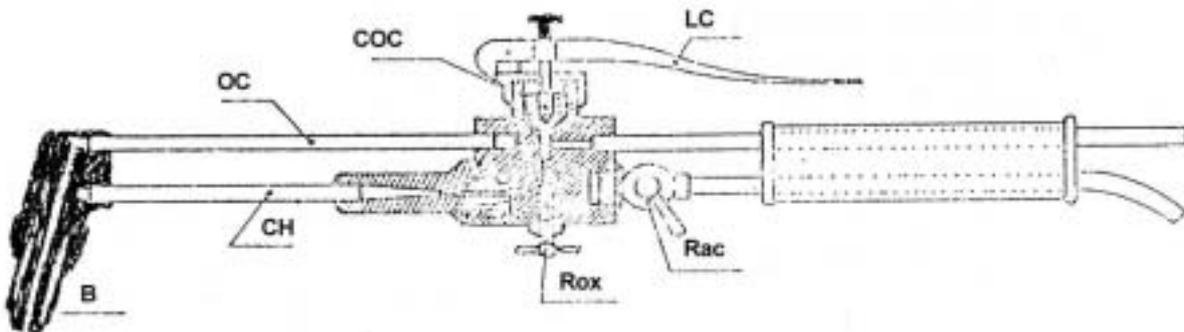


Pour remplir ces fonctions il existe de nombreux types de chalumeaux coupeurs.

Le plus usuel est le chalumeau coupeur manuel haute pression, dans lequel toutes les fonctions sont rassemblées. La puissance peut être ajustée en jouant sur le calibre de la buse d'oxygène et sur la pression de l'oxygène.

12. Chalumeau coupeur oxyacétylénique manuel Chalumeau

La commande de l'oxygène de coupe est assurée par différents types de valves (à gâchette, à levier, soit un robinet). Le système permet toujours une ouverture et une fermeture rapide. Le réglage de la flamme de chauffe est indépendant.



- B - buse de coupe
- CH - tubulure de mélange de chauffe
- OC - tubulure d'oxygène de coupe
- COC - clapet d'oxygène de coupe
- LC - levier de commande de coupe
- Rac - robinet de réglage acétylène de flamme de chauffe
- Rox - robinet de réglage oxygène de flamme de chauffe

Buse de coupe



- A - épaisseur moyenne
- B faible épaisseur (1 à 4 mm)

Choix des buses et pression d'oxygène

Ce choix est toujours lié à l'épaisseur à découper. Eventuellement équiper la bouteille d'un manodétendeur permettant d'obtenir la pression de coupe.

13. Méthode de l'oxycoupage

Disposition générale

Préparation de la pièce à couper :

Elle doit être

- Propre
- Gratter les peintures
- Brosser si la couche de rouille est notable
- Dégraisser par essuyage

Allumage :

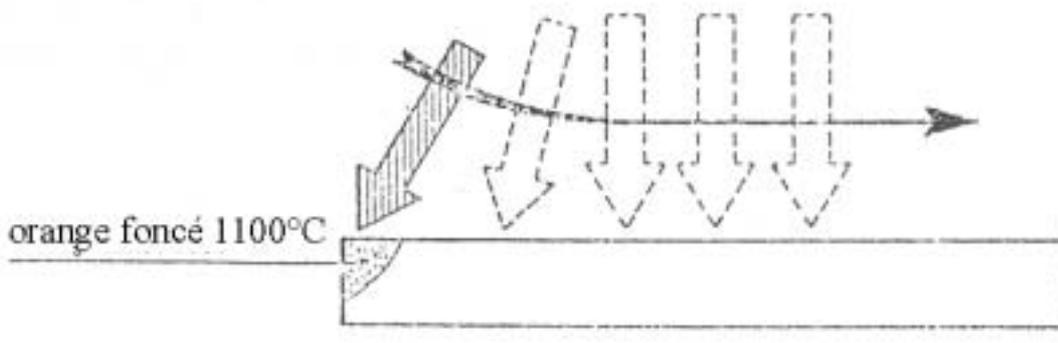
Allumer la flamme de chauffe et la régler légèrement oxydante. Régler la pression d'acétylène entre 0,1 et 1bar suivant le chalumeau

Régler simultanément la pression d'oxygène qui doit être celle nécessaire à la buse de coupe.

Amorçage :

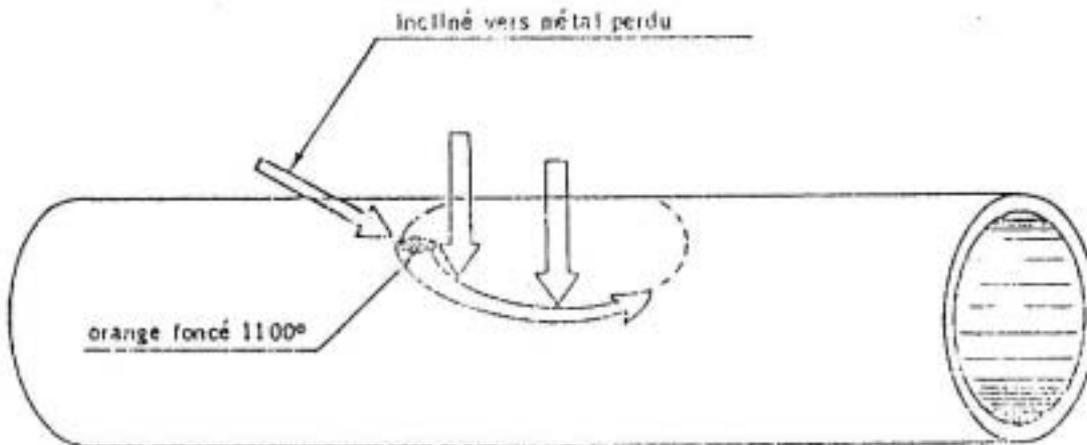
Amorçage sur une extrémité

Amorcer sur un angle



Amorçage en plein métal

Incliner le chalumeau pour éviter de boucher l'amorçage.



Coupe

Maintenir la buse du chalumeau à une distance de 3 à 5mm pendant la coupe.

Rechercher la plus grande vitesse de déplacement compatible avec la continuité de la coupe.

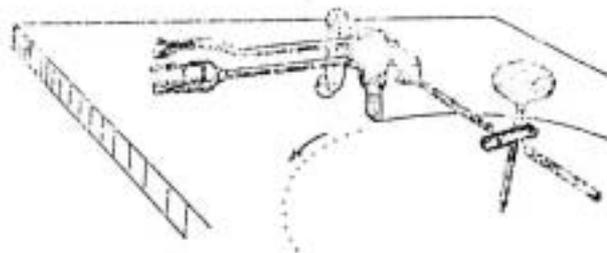
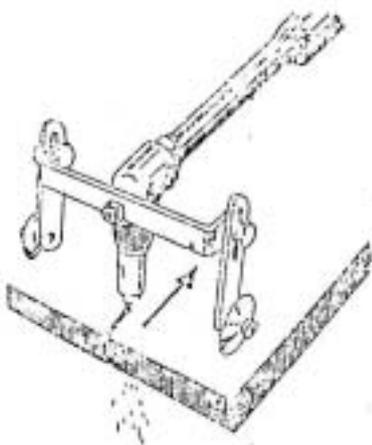
Surveiller le givrage éventuel du manodétendeur et la bouteille d'oxygène.

Eventuellement interrompre l'oxycoupage et attendre le réchauffement naturel

Méthode d'exécution

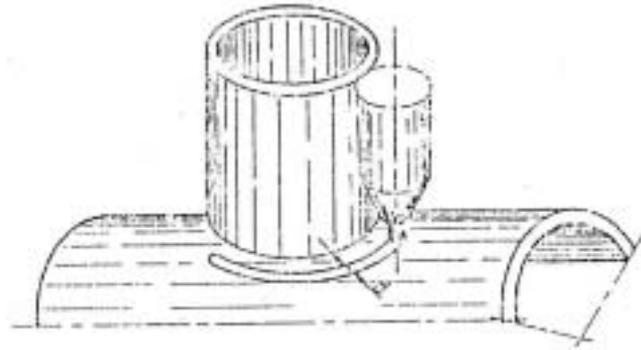
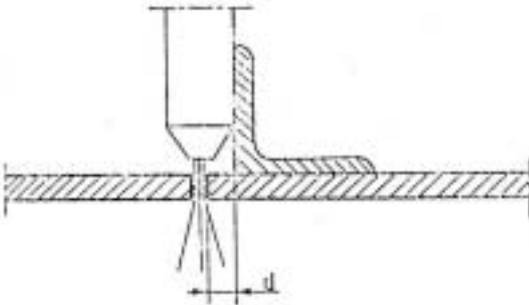
- **Utilisation des guides- compas à roulette**

- *Doivent être utilisés autant que possible*



• **Utilisation des guides de fortune**

Utiliser des règles, profilés, tubes,...



• **A main levée**

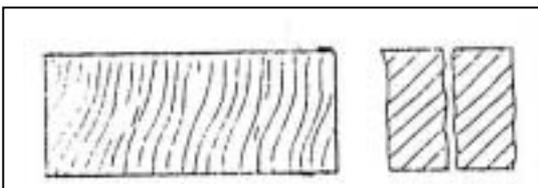
- Tracer préalablement le trait à la craie

Protection de l'opération

La projection violente des scories d'oxycoupage constitue le risque majeur de l'oxycoupage tant pour l'opérateur que pour le matériel. Il faut donc :

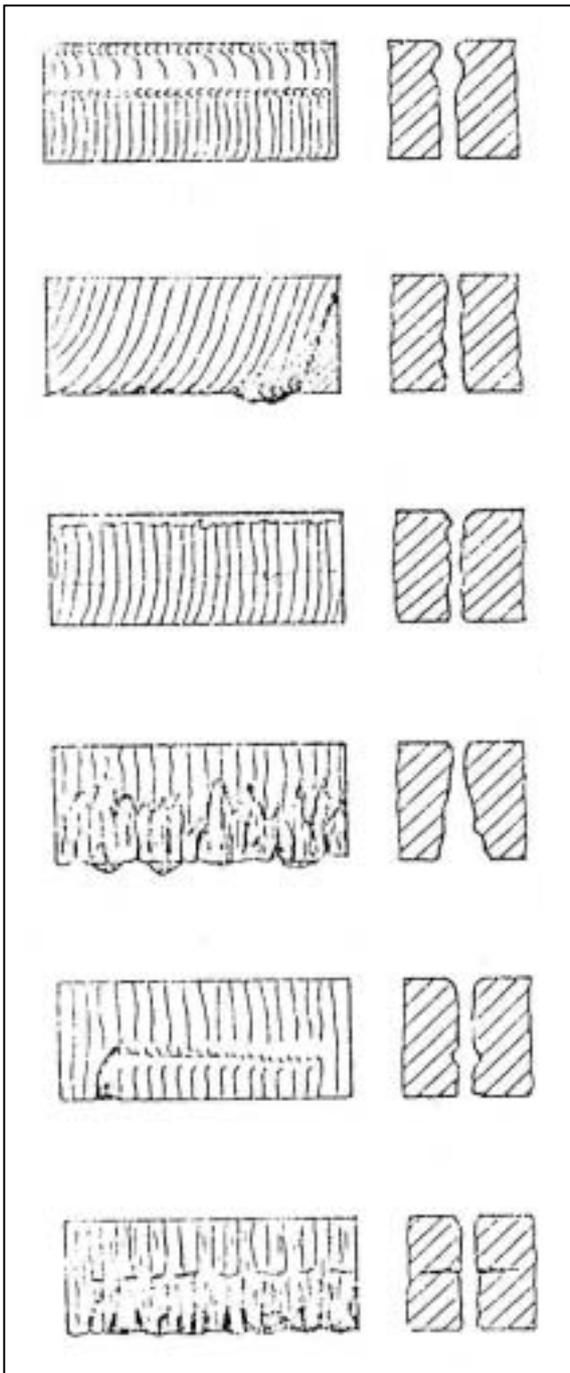
- Que l'opérateur renforce sa protection en s'équipant d'un tablier de cuir et de guêtres
- S'assurer que les tuyaux de gaz ne sont pas exposés aux projection des scories
- Que l'opérateur se fasse assister par une personne pour arrêter les gaz en cas d'incident se produisant lors de coupage en position difficile.

14. Qualité d'une bonne coupe



La signée doit être étroite, lisse avec des stries fines et régulières, les scories doivent s'enlever facilement.

Défaut des coupes



Gorge à la partie supérieure

Flamme de chauffe trop puissant, avec pression exagérée d'oxygène

Retard important avec désamorçage

Débit d'oxygène insuffisant et vitesse d'avance trop grande

Fusion d'arête

Flamme de chauffe trop puissante ou vitesse d'avance insuffisante

Arrachement de métal

Flamme de chauffe de faible puissance avec une vitesse d'avance insuffisante

Face de coupe déformée

Buse encrassée

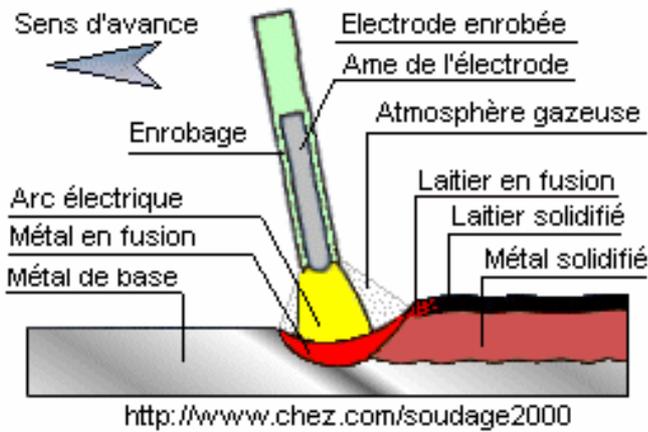
Irrégularités localisées

Défaut de compacité du métal, doublures, soufflures, scories.

E Soudure à l'arc électrique

Arc manuel à l'électrode enrobée :





Le soudage à l'arc à l'électrode enrobée (SMAW) est réalisé à partir d'un arc électrique créé et entretenu entre l'âme métallique de l'électrode et la pièce à souder. L'énergie calorifique de l'arc fait fondre localement la pièce à assembler et l'âme métallique de l'électrode pour constituer le bain de fusion et après refroidissement le cordon de soudure recouvert d'un laitier protecteur. Un générateur électrique fournit le courant continu ou alternatif avec une intensité variant de 30 à 400 ampères en fonction de différents paramètres comme le diamètre de l'électrode, la nature de l'enrobage, la position de soudage, le type d'assemblage, la dimension et la nuance des pièces à assembler. La tension à vide du générateur (U_0) doit être supérieure à la tension d'amorçage (surtout en courant alternatif). Sa valeur doit être comprise entre 40 et 80 volts.

15. Principe du procédé

L'électrode enrobée est placée et serrée sur la pince porte électrode relié sur l'une des bornes électriques de sortie du poste de soudage. La masse est reliée au générateur et est placée sur la pièce à souder. L'amorçage de l'arc est réalisée en frottant l'extrémité généralement graphitée de l'électrode sur la pièce et en écartant de quelques millimètres le bout de l'électrode lorsque l'arc jaillit. Ensuite il faut entretenir cet arc électrique afin d'éviter la rupture d'arc en veillant à maintenir une distance constante la plus faible possible entre le bout de l'électrode et la pièce à souder.



16. Définition de l'électrode enrobée

L'électrode est constituée de deux parties distinctes :

- 1) L'âme : partie métallique cylindrique placée au centre de l'électrode. Son rôle principal est de conduire le courant électrique et d'apporter le métal déposé de la soudure.

1



- 2) L'enrobage : partie extérieure cylindrique de l'électrode. Il participe à la protection du bain de fusion de l'oxydation par l'air ambiant en générant une atmosphère gazeuse entourant le métal en fusion. L'enrobage dépose, lors de sa fusion, un laitier protecteur sur le dessus du cordon de soudure. Ce laitier protège le bain de fusion de l'oxydation et d'un refroidissement trop rapide. L'enrobage a un rôle électrique, assure la stabilité et la continuité de l'arc par son action ionisante. L'enrobage a un rôle métallurgique, il permet d'apporter les éléments chimiques spéciaux d'addition nécessaires. Sa composition chimique et physique est très complexe.

Le diamètre de l'électrode enrobée varie de $\varnothing 1,6$ à $\varnothing 8$ mm. La longueur totale est comprise entre 250 et 500 mm. Certaines électrodes peuvent atteindre 1 mètre pour des applications spécifiques (soudage automatique).

Classification des enrobages des électrodes enrobées

- 1 Acide ou A (à base d'oxyde de fer et de ferroalliages)
- 2 Basique ou B (à base de carbonate de calcium et de fluor de calcium)
- 3 Cellulosique ou C (à base de cellulose)
- 4 Oxydant ou O (à base d'oxyde de fer et de ferroalliages)
- 5 Rutile ou R (à base d'oxyde de titane)
- 6 Haut rendement ou RR (à base de poudre métallique)
- 7 Spécial ou S

Les électrodes enrobées utilisées sont couramment :

- 1 Rutilés pour les travaux courants.
- 2 Basiques pour tous les travaux de sécurité (appareils à pression)
- 3 Cellulosiques pour les soudures à forte pénétration en position descendante

17. Étuvage des électrodes enrobées

Les électrodes à enrobage basique et rutilo-basiques doivent être étuvées dans un four étuve à 300° Celsius pendant 2 heures. Après étuvage, les électrodes à enrobage basique et rutilo-basiques doivent être conservées à une température de 120° Celsius dans des étuves portatives sur le lieu de soudage. Les autres types d'électrodes à enrobage rutile, cellulosique et acide sont conservées dans un local chauffé avec une humidité relative inférieure à 60%.

Un nouveau système de fabrication et d'emballage sous vide permet d'obtenir des électrodes à enrobage basique à très faible taux d'humidité qui ne nécessitent aucun étuvage avant utilisation. (SAFDRY)

Paramètres de soudage par diamètre des électrodes enrobées

- 1 Lorsque l'intensité est trop faible, il y a collage de l'électrode enrobée sur la pièce à souder, la fusion est molle et la pénétration est faible, l'amorçage est difficile, une instabilité de l'arc et une mauvaise compacité du métal déposé (présence de défaut type [soufflure](#) et [inclusion de laitier](#))
- 2 Lorsque l'intensité est trop forte, vous constatez des projections importantes au bord du joint, des écoulements de métal lors du soudage en position.

Intensité moyenne de soudage pour la position à plat				
Ø électrode	Enrobage mince	Enrobage semi épais	Enrobage épais	Enrobage R% 110 / 130
Ø 1,6 mm	25 A	30 A	35 A	
Ø 2,0 mm	40 A	50 A	55 A	
Ø 2,5 mm	60 A	70 A	75 A	80 A
Ø 3,2 mm	90 A	100 A	110 A	115 A
Ø 4,0 mm	130 A	150 A	160 A	170 A
Ø 5,0 mm	170 A	190 A	200 A	220 A

Le réglage de l'intensité appliquée à l'électrode dépend :

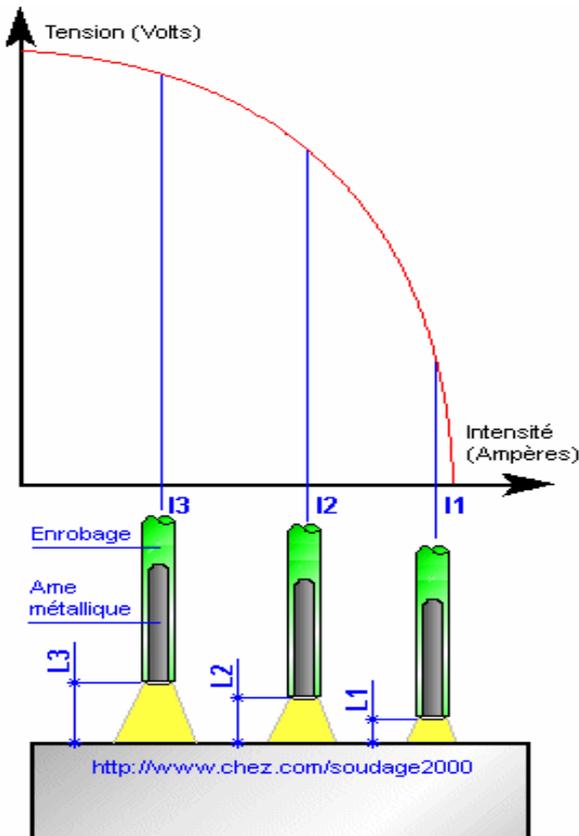
- 1 du diamètre de l'électrode (voir tableau ci-dessus)
- 2 de la nature de l'âme de l'électrode
- 3 de la nuance des pièces à assembler
- 4 de la position de soudage
- 5 type d'assemblage a assemblé
- 6 de l'épaisseur des pièces à souder

Intensité moyenne de soudage pour la position à plat						
Épaisseur	Ø 1,6 mm	Ø 2,0 mm	Ø 2,5 mm	Ø 3,2 mm	Ø 4,0 mm	Ø 5,0 mm
3 mm		60 A	70 A	90 A		
4 mm			80 A	100 A	120 A	
5 mm			90 A	110 A	130 A	160 A
6 mm			90 A	120 A	140 A	160 A
8 mm			90 A	125 A	150 A	170 A
10 mm				130 A	160 A	190 A
12 mm				130 A	170 A	190 A
15 mm				130 A	170 A	200 A
20 mm					190 A	220 A

La courbe de caractéristique plongeante de l'intensité et de la tension

Les générateurs de soudage à l'arc à l'électrode enrobée sont à caractéristiques plongeantes, c'est à dire que lorsque la hauteur de l'arc électrique est modifiée (par le mouvement de l'électrode par le soudeur), l'intensité du courant est modifiée très faiblement.

L'intensité du courant de soudage diminue lorsque la longueur d'arc augmente. Inversement, lorsque la longueur d'arc diminue, l'intensité augmente.



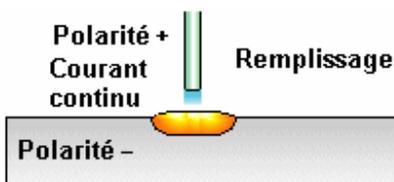
La polarité de l'électrode enrobée

Les passes de pénétration (non reprises à l'envers) réalisées à l'électrode enrobée avec un générateur à courant continu sont généralement effectuées avec la polarité négative à l'électrode.

- 1 La fiche du câble de la pince porte électrode est raccordée à la borne (-)
- 2 La fiche du câble de la pince de masse est raccordée à la borne (+)

Les passes de remplissage et de finition réalisées à l'électrode enrobée avec un générateur à courant continu sont généralement effectuées avec la polarité positive à l'électrode.

- 1 La fiche du câble de la pince porte électrode est raccordée à la borne (+)
- 2 La fiche du câble de la pince de masse est raccordée à la borne (-)



Nota : toujours se référer aux indications du fournisseur, voir paquet d'électrodes

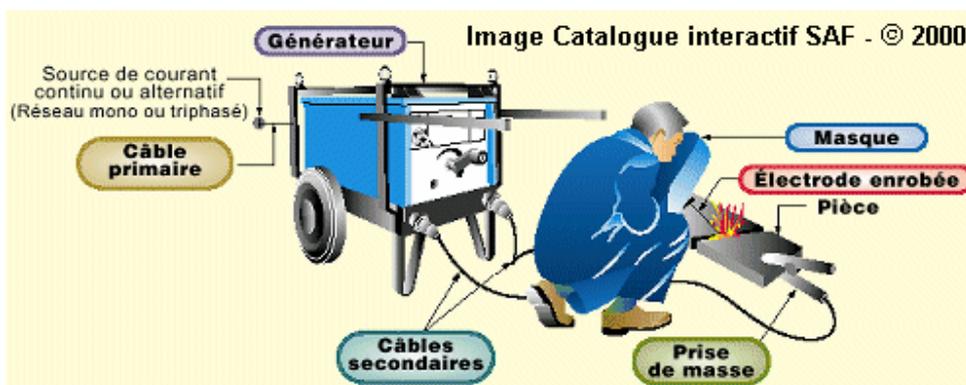
18. Les différents types de générateurs de soudage

Les différents types de postes de soudage ou générateurs sont :

- 1 Les transformateurs statiques monophasés qui fournissent du courant alternatif à 50 hertz. Ces postes sont les plus économiques du marché et les plus simples.
- 2 Les transformateurs statiques monophasés ou triphasés à redresseur (pont de diodes, thyristors ou transistors) qui fournissent du courant continu. Les bornes électriques de sortie sont repérées par les signes conventionnels (+) et (-).
- 3 Les groupes rotatifs à changeur de fréquence. Ils se composent d'un moteur entraînant une génératrice à courant alternatif de 150 à 450 Hertz.
- 4 Les transformateurs rotatifs à redresseur qui fournissent un courant continu redressé.

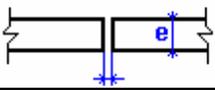
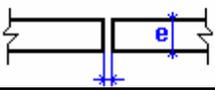
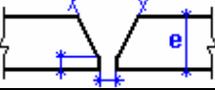
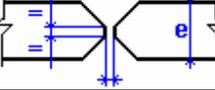


Le croquis didactique du procédé de soudage :



Installation de soudage pour le soudage à l'arc à l'électrode enrobée

1. Un générateur de courant (poste de soudage)
2. Une pince porte électrode avec câble conducteur
3. Une pince de masse avec câble conducteur
4. Une étuve portative pour les électrodes basiques
5. Un masque avec verres teintés spéciaux de 11 à 13
6. Une combinaison de soudeur et gants en cuir souple
7. Un marteau à piquer et une brosse métallique
8. Une meuleuse d'angle électrique
9. Des écrans ou rideaux de protection
10. Une ventilation dans les endroits confinés

QUELQUES PRÉPARATIONS DE JOINTS			
Epaisseur en mm	Fourchette d'intensité	Ø électrode	Préparation
De 1,0 à 2,5 mm	30 à 60 ampères	Ø 1,6 mm	
De 2,0 à 4,0 mm	50 à 90 ampères	Ø 2,0 à 3,2 mm	
De 4,0 à 20 mm	60 à 200 ampères	Ø 2,5 à 5,0 mm	
De 4,0 à 20 mm	70 à 200 ampères	Ø 2,5 à 5,0 mm	
De 8,0 à 30 mm	80 à 200 ampères	Ø 3,2 à 5,0 mm	



19. Les défauts rencontrés lors du soudage à l'arc avec électrode enrobée

TABLEAU DES DÉFAUTS RENCONTRES		
DÉFAUTS RENCONTRES	ORIGINES PROBABLES	SOLUTION A ADOPTER
<u>Morsures et caniveaux</u> le long du cordon de soudure	Mauvais balancement de l'électrode Intensité de soudage trop élevée Vitesse de soudage trop rapide Tôles insuffisamment blanchies	Insister sur les bords du chanfrein lors du soudage. Vérifier les paramètres de soudage. Nettoyer correctement les rives.
<u>Cordon trop bombé</u> ou <u>cordon trop creux</u>	Vitesse de soudage inadaptée et intensité mal réglée.	Vérifier vos valeurs de soudage et faites varier les deux paramètres lors du soudage.
<u>Manque de pénétration</u>	Diamètre de l'électrode trop grosse en première passe. Préparation des chanfreins inadaptée. Jeu d'écartement entre les deux pièces trop faible ou non constant. Entraînement du soudeur insuffisant.	
<u>Soufflures</u> dans la soudure	Causes multiples : Pièces humides ou sales. Électrodes non étuvées donc humides. Arc trop long lors du soudage. Intensité trop faible.	Sécher et dégraisser les pièces à assembler. Étuver les électrodes basiques dans un four à 300° C pendant au moins 1 heure. Étuver les électrodes rutiles dans un four à 100° C pendant au moins 1 heure. Réduire la distance électrode/pièce lors du soudage.
Projections sur les bords des pièces	Intensité trop forte. Mauvais raccordement de la masse. Électrodes non étuvées	Adapter l'intensité du courant au diamètre de l'électrode. Étuver les électrodes basiques dans un four à

		300° C pendant au moins 1 heure. Étuver les électrodes rutilés dans un four à 100° C pendant au moins 1 heure.
Rougisement important de l'électrode	Intensité trop élevée. Arc trop long lors du soudage.	Adapter l'intensité du courant au diamètre de l'électrode. Réduire la distance électrode/pièce lors du soudage.

Quelques photographies pour le soudage ARC (SMAW) :





20. Outillage et accessoires

Recommandations

Utiliser les vêtements protecteurs prévus : tablier, gants guêtres, masque contre le rayonnement de l'arc et les effets de l'électricité.

Manipuler les pièces chaudes, de préférence, avec des pinces.

Evacuer par ventilation ou aspiration les fumées produites par le soudage

Poser la pince porte -électrode sur un emplacement isolé, ne pas la placer à l'intérieur du masque

Porter des linettes de sécurité pour piquer le laitier

Utiliser des écrans protecteurs pour le soudage de pièces de grande dimension (protection de l'environnement).

Outillage du soudeur

Verres de protection

1°- verres blancs

2°- verres filtrants colorés

1 - Verres blancs

Protègent le verre filtrant contre les projection de grains en fusion, contre les fumées et contre les chocs.

Dans le casque, protéger le verre filtrant entre deux verres blancs.

2 - Verres filtrant colorés

Verres spéciaux conçus pour protéger la vue de tous les rayons nuisibles émis par l'arc électrique tout en permettant d'avoir une bonne visibilité du métal en fusion.

Les numéros d'échelon des verres filtrants colorés sont établis en fonction :

- Du procédé de soudage
- De l'intensité du courant de soudage
- De l'éclat de la surface des métaux à assembler.
 - Le choix du verre, par le soudeur, sera conditionné sa vue

Résumé Théorique Guide de Travaux Pratiques	TFCC Module 4 :« Technique de soudo-brasage et d'oxycoupage »
--	--

- L'éclairage local
- Sa position par rapport au bain de fusion
- Le type d'électrode ou de fil fusible.

Numéro des échelons des verres filtrants nf s 77.104 (1972)

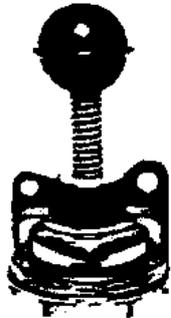
Procédés	Intensité du courant (ampères)									
	10		20		40		100			
	150	200	250	300	400	500				
Electrodes enrobées	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
MIG - Métaux mats			10	11	12	13	14	15	16	17
MIG -Métaux brillants				11	12	13	14	15	16	17
MAG		9	10	11	12	13	14	15	16	17
TIG -Tous métaux	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Sécurité

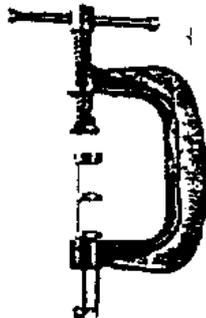
- N'utiliser que les verres filtrant spéciaux et non des verres colorés quelconques.
 - Remplacer tout verre filtrant en mauvais état ou inadapté.
 - Vérifier et nettoyer les verres fréquemment.
 - Si le numéro d'échelon choisi est considérablement plus bas que celui proposé dans le tableau ci-dessus, il est recommandé que l'utilisateur fasse examiner sa vue.
 - Penser à la protection des personnes voisines en vous isolant dans la cabine.
- NOTA** : les murs et panneaux doivent être enduits d'une peinture mate.

Pinces de soudage

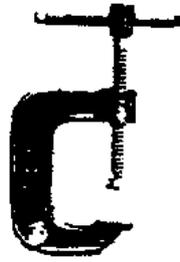
Prise de masse



magnétique



type serre-joint réglable



type serre-joint



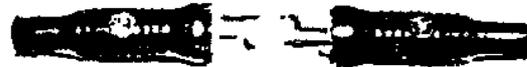
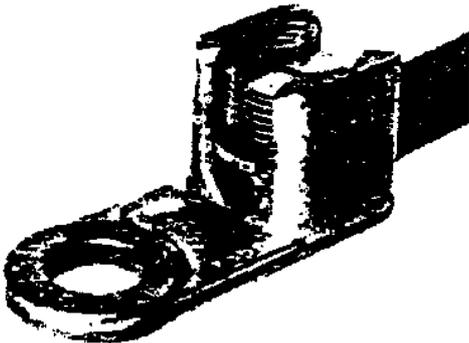
à ressort



croco

cosse de raccordement avec câble

raccords de câbles



porte - électrodes



Les ports électrodes

Sont en matière isolante et inflammable et doivent être adaptés aux \varnothing des électrodes à utiliser pour limiter l'échauffement

Ne jamais refroidir un port électrodes sous tension en le plongeant dans l'eau

Guide de Travaux Pratiques

TP. 1

Exécution des lignes de fusion sans métal d'apport

Objective visé

Exécuter correctement des lignes de fusion sans métal d'apport

Durée : 3 heures

Matériel d'équipement

- Table à souder avec briques à feu
- Poste de soudage O.A
- Buse N° 150.
- Allumoir.
- Pince universelle.
- Gants en cuir.
- Lunette de soudage

Matière d'oeuvre

- Tôle T.C de 150x150x1.5 par stagiaire

Description du T.P

Dans ce T.P vous apprendrez à exécuter correctement des lignes de fusions sans métal d'apport

Déroulement du TP

- Ebavurage des pièces
- Traçage des traits parallèles
- Pointage des traits
- Réglage de la flamme OA
- Exécuter des lignes de fusion sans métal d'apport
- Redressage après chaque passe
- Contrôle de la soudure

TP. 2

Exécution des lignes de fusion avec métal d'apport

Objective visé

Exécuter correctement des lignes de fusion avec métal d'apport

Durée : 3 heures

Matériel d'équipement

- Poste de soudage O.A.
- Buse N° 150.
- Allumoir.
- Marteau.
- Pince universelle
- Enclume.
- Gants en cuir.
- Lunette de soudage

Matière d'ouvre

Tôle T.C de 150x150x1.5 par stagiaire

Description du T.P

Dans cet exercice vous apprenez à exécuter correctement des lignes de fusions avec métal d'apport

Déroulement du TP

- Ebavurage des pièces
- Traçage des traits parallèles
- Pointage des traits
- Choix du Ø du métal d'apport
- Réglage de la flamme OA
- Exécuter de la ligne de fusion avec métal d'apport
- Redressage après chaque passe
- Contrôle de la pièce

TP. 3

Exécution d'une soudure à plat sur bords relevés

Objective visé

Exécuter correctement le soudage à plat sur bords relevés

Durée : 4 heures.

Matériel d'équipement

- Poste de soudage O.A
- Table à souder
- Buse N° 150
- Alésoir de la buse
- Pince universelle
- Gant en cuir
- Lunette de soudage
- Marteau
- Enclume.

Matière d'oeuvre

Tôle T.C de 150x150x1.5

Description du TP:

Dans cet TP vous apprenez à exécuter correctement les règles de soudage à plat sur bords relevés

Déroulement du TP

- Ebavurage des éprouvettes
- Traçage des traits parallèles
- Pliage des bords = 90°
- Pointage alterné
- Exécuter du talon
- Exécuter de la soudure à plat sur bref relèves (subsistant et fondus)
- Redressage après soudage
- Contrôle de la pièce

Résumé Théorique Guide de Travaux Pratiques	TFCC Module 4 :« Technique de soudo-brasage et d'oxycoupage »
--	--

TP. 4

Exécution d'un joint de soudage bords à bords à plat

Objective visé

Exécuter correctement un joint de soudage bords à bords à plat

Durée : 4 heures.

Matériel d'équipement

- Poste de soudage O.A
- Table à souder
- Buse N° 150
- Alésoir de la buse
- Pince universelle
- Gant en cuir
- Lunette de soudage
- Marteau
- Enclume.

Matière d'oeuvre

Tôle T.C de 150x150x1.5

Description du TP:

Dans cet TP vous apprenez à exécuter correctement les règles de soudage à plat sur bords relevés

Déroulement du TP

- Ebavurage des éprouvettes
- Traçage des traits parallèles
- Pliage des bords = 90°
- Pointage alterné
- Exécuter du talon
- Exécuter de la soudure à plat sur bref relèves (subsistant et fondus)
- Redressage après soudage
- Contrôle de la pièce

TP. 5

Exécution un joint de soudage à plat en angle extérieur

Objective visé

Exécuter correctement un joint de soudage à plat en angle extérieur

Durée : 4 heures

Matériel d'équipement

- Table à souder
- Buse N° 150
- Allumoir.
- Pince universelle.
- Pince étau
- Gants en cuir.
- Alésoir.
- Lunette de soudage.
- Seau d'eau.
- Marteau.
- Enclume

Matière d'œuvre

- Tôle T.C de 200x50x1.5
- longueur 200
- métal d'apport Ø 2
- cornière de 45x45x3
- longueur 250

Description du TP :

Dans ces exercices vous apprenez à exécuter correctement les règles de soudage en angle extérieur

Déroulement du TP

- Ebavurage des éprouvettes
- Montage des éprouvettes sur choix approprié de buse cornière à l'aide des presses on et Ø du métal d'apport serre joint
- Pointage alternatif (prévoir inclinaison de 2 à 3)
- Exécuter la soudo-brasage en angle extérieur
- Redressage après soudage
- Contrôle de la qualité de soudo- brasage

Résumé Théorique Guide de Travaux Pratiques	TFCC Module 4 :« Technique de soudo-brasage et d'oxycoupage »
--	--

TP. 6

Exécution un joint de soudage à plat en angle intérieur

Objective visé

Exécuter correctement un joint de soudage à plat en angle intérieur

Durée : 4 heures

Matériel d'équipement

- Poste de soudage O.A
- Buse N° 150
- Allumoir
- Pince universelle
- Port de cuivre
- Lunette de soudage
- Marteau ; règle
- Enclave ; pince étain

Matière d'ouvre

Tôle T.C de 150x150x1.5

Description du TP :

Dans cet TP vous apprenez à exécuter correctement le soudage à plat en angle intérieur

Déroulement du TP

- Ebavurage des éprouvettes
- Montage des éprouvettes sur choix approprié de buse cornière à l'aide des presses on et Ø du métal d'apport serre joint
- Pointage alternatif (prévoir inclinaison de 2 à 3)
- Exécuter la soudo-brasage en angle intérieur
- Redressage après soudage
- Contrôle de la qualité de soudo- brasage

TP. 7

Exécution d'un assemblage entre deux tubes de cuivre

Objective visé

Exécuter correctement un joint de soudage de deux cuivre de diamètres différents pour emboîture

Durée : 4 heures

Matériel d'équipement

- Poste de soudage O.A
- Tables de soudure
- Lunette de soudage
- Port de cuivre
- Pince universelle
- Allumoir.
- Pince étain
- Seau d'eau.
- Marteau.
- Enclave.

Matière d'ouvre

- Tube cuivre Ø 10x8 long 50
- Tube cuivre Ø 12x10 long 50
- Baquette en Ø2mm

Déroulement du TP

- Dressage et ajustage des tubes
- Décapage des joints à assemble
- Exécuter la soudo- brasure
- Contrôle de la qualité soudure

Résumé Théorique Guide de Travaux Pratiques	TFCC Module 4 :« Technique de soudo-brasage et d'oxycoupage »
--	--

TP. 8

Exécution d'un assemblage entre deux tôles en acier

Objective visé

Former les stagiaires à exécuter l'assemblage de deux tôles en acier par soudo-brasage

- Choix des débits et des métaux d'apport
- Règles de la flamme pour le soudo - brasage
- Réalisation et préparation nécessaire aux opérations de soudo - brasage
- Emploi du
- Contrôle de la qualité de soudure

Durée : 4 heures

Matériel et équipement

- Poste de soudure
- Table de soudure
- Lunette de soudure
- Gants en cuir
- Pince universelle
- Marteau
- Enclume
- Buse de 120
- Seau d'eau

Matière d'œuvre

2 Tôles TC 200x40x1,5 par stagiaire.

Métal d'apport en laiton Ø 3mm.

Déroulement du TP

- Préparation des éprouvettes (nettoyage des pièces des corps étrange)
- Ecartement des bords
- Réglage de la flamme O.A
- Décapage des bords
- Exécution de la soudure
- Contrôle de la soudo - brasure

TP. 9

Exécution d'un assemblage entre deux tubes de cuivre (brasage fort)

Objective visé

Exécuter en respectât les normes de la soudure du joint de soudure de deux tubs cuivre par brasage fort

- Chauffer correctement les tubes cuivre
- Choix du métal d'apport

Durée : 4 heures

Matériel d'équipement

- Poste de soudage
- Tables de soudure
- Lunette de soudage
- Gants en cuir
- Seau d'eau
- Règle de 500

Matière d'ouvre

- Tube cuivre Ø 1/2" long 50
- Tube cuivre Ø 3/4" long 50
- baquette au phosphore Ø 2
- baquette d'argent Ø 2

Description du TP :

Le présent T.P va permettre au stagiaire à exécuter le brasage forte des tubes cuivre

Déroulement du TP

- Décomptage pressage et ajustage des tubes
- Décapage des joints à assembler
- Positionner les tubes à souder
- Réglage la flamme soudante
- Chauffer correctement de la partie à souder
- Exécuter le brasage fort
- Contrôler la soudure

Résumé Théorique Guide de Travaux Pratiques	TFCC Module 4 :« Technique de soudo-brasage et d'oxycoupage »
--	--

TP. 10

Exécution d'une coupe d'une tôle à l'aide du poste oxyacétylénique

Objective visé

- Exécuter correctement le découpage d'une tôle en acier
- Réglage d'utilisation des chaleur an coupure
- Réalisation des corps
- Contrôle de la qualité de corps

Durée : 4 heures.

Matériel d'équipement

- Poste de soudage OA.
- Tables de travail pour l'
- Chalumeau coupeur.
- Tête de coupure 10/10.
- Allumoir.
- Clé pour tête de coupure
- Gants de cuivre
- Pince étant

Matière d'ouvre

- acier plat A33 de 100x6
- longueur 200

Description du TP :

Le présent TP va permettre aux stagiaires à réaliser des corps avec un chalumeau coupeur

Déroulement du TP

- traçage et pointage des traits parallèles
- positionner que la plaque sur la table à découper
- assurer que plaque sur la table est maintenu solidement sur la table à l'aide des pinces étant
- ouvrez les bouteilles
- règles les manodétenteur
- porter les lunettes de soudage et les gants en cuivre
- allumer et régler le chalumeau
- chauffer l'extérieure de la pièce
- ouverture du J et d'oxygène
- exécuter la coupe
- contrôle de la coupe

TP. 11

Exécution d'un assemblage à l'arc électrique

Objective visé

- former le stagiaire à l'utilisation d'une installation de soudage à l'arc électrique
- réglage de l'appareil
- exécuter correctement des passes étroites

Durée : 4 heures.

Matériel d'équipement

- Poste de soudage.
- Tables de soudage.
- Tablier en cuir.
- gants de cuir.
- croque de soudage.
- lunette de protection.
- marteau à piquer.
- brosse métallique marteau, règle de 500.
- bédane de une, pointe à tracer.
- Enclume.

Matière d'oeuvre

- Acier plat A33 de 100x6 - Longueur 150
- Electrode Ø 3,15

Description du TP :

Apprendre à exécuter correctement des passes étroites

Déroulement du TP

- ébavurage de la pièce
- traçage des traits parallèles
- pointage des traits
- réglage du poste
- exécution des cordons
- et brossages à chaque passe
- contrôle de l'aspect du cordon

TP. 12

Exécution d'un cordon de soudage en angle intérieur à l'arc électrique

Objective visé

Exécuter correctement le cordon de soudage en angle intérieur

Durée : 4 heures

Matériel d'équipement

- Poste de soudage.
- Tables de soudage.
- Casque de soudage.
- lunette de protection.
- bédane de mécanicien.
- Enclume.
- Marteau à piquer.
- Brosse métallique.
- Bédane de mécanicien.
- Enclume.
- Marteau.
- Tablier en cuir.
- Gants en cuir.
- Pince étau.
- Lime bâtarde.
- Etau à mors parallèle.

Matière d'oeuvre

- Acier plat A33 de 40x 4
- Longueur 250
- Electrode Ø 3,15
- Cornière de 40x 40 longueur 250

Description du TP :

Le stagiaire doit être capable de exécuter le soudage en ongle intérieur en respectant les normes de la soudure

Déroulement du TP

- ébavurage de la pièce
- redressage de la pièce
- réglage de l'intensité de soudage
- positionnement des pièces
- pointage (prévoir une inclinaison 2°à3°)
- redressage de la pièce
- exécution de la soudure en ongle intérieur
- piquage et brassage du cordon
- contrôle de la soudure
- redressage

TP. 13

Exécution d'un cordon de soudage en angle extérieur à l'arc électrique

Objective visé

Exécuter correctement le cordon de soudage en angle extérieur

Durée: 4 heures

Matériel d'équipement

- Poste de soudage.
- Tables de soudage.
- Casque de soudage.
- Lunette de protection.
- Marteau à piquer.
- Brosse métallique.
- Bédane de mécanicien.
- Enclume.
- Marteau.
- Tablier en cuir.
- Gants en cuir.
- Pince étau.
- Lime bâtarde.
- Etau à mors parallèle.

Matière d'oeuvre

- Acier plat A33 de 40x4 long 200
- Electrode enrobe Ø3,15
- Cornière de 40x40 long.200

Description du TP :

Le stagiaire doit être capable de exécuter le soudage en ongle extérieur en respectant les normes de la soudure

Déroulement du TP

- Limage et ébavurage des bords
- Montage et serrage des pièces
- Réglage du poste
- Pointage alterné des éprouvettes
- Exécution de la passe
- Piquage et brassage de cordon de la soudure
- Redressage et mise à l'équerre
- Redressage

TP. 14

Exécution d'un assemblage de deux tôles bout à bout sur bords droit à l'arc électrique

Objective visé

Exécuter correctement le cordon de soudage de deux tôles bout à bout sur bords droit

Durée: 4 heures

Matériel d'équipement

- Poste de soudage à l'arc.
- Tables de soudage.
- Casque de soudage.
- lunette de protection.
- marteau à piquer.
- brosse métallique.
- bédane de mécanicien.
- Enclume.
- Marteau.
- Tablier en cuir.
- Gants en cuir.
- Pince étau.

Matière d'ouvre

- Acier plat de 40x4 long 250
- Electrode enrobe Ø3,15

Description du TP :

Le stagiaire doit être capable de exécuter correctement le soudage bort à bort sur bords droit

Déroulement du TP

- Ebavurage des éprouvettes
- Réglage du poste de soudage
- Placement des éprouvettes en les écartant de 2 mm
- Raccorder la prise de masse
- Insérer une électrode dans la pince poste électrode
- Placer le casque de soudage sur la tête
- Abaisser l'écran du casque soudage devant le visage
- Exécuter les essais de réglage

Evaluation de fin de module

- **Mettre en service un poste de soudage oxyacéthylnique.**
 - Description juste des composants du poste
 - Réglages appropriés du poste.
 - Pertinence de mesures de sécurité.

- **Effectuer des brasures et des soudures autogènes par le procédé oxyacéthylnique sur une pièce d'acier doux et cuivre.**
 - Choix approprié de la baguette d'apport.
 - Qualité des soudures.

- **Effectuer des brasures et des soudures hétérogènes par le procédé oxyacéthylnique sur une pièce d'acier doux et cuivre**
 - Choix approprié de la baguette et du décapant.
 - Justesse de la technique de soudage
 - Qualité des soudures.

- **Procéder à l'oxycoupage de métaux ferreux.**
 - Choix approprié de la tête de coupe.
 - Réglage approprié des pressions.
 - Qualité des coupes.

- **Effectuer des soudures dans la position à plat par le procédé à l'arc électrique sur des pièces à l'acier doux.**
 - Choix approprié de l'électrode en fonction de l'épaisseur du métal.
 - Pertinence des techniques d'amorçage et de soudage.
 - Qualité des soudures.

- **Mettre en service un poste de soudage oxyacéthylnique.**
 - 1 - Justesse des réglages appropriés du poste.
 - 1.1 - A réglé le poste. / 10
 - 1.2 - On vérifié tous les outils. / 5

- **Effectuer des soudures autogènes par le procédé oxyacéthylnique sur une pièce d'acier doux et cuivre.**
 - 2 - Justesse de la technique de soudage.
 - 2.1 - A vérifié les baguettes d'apport et on prépare les pièces. / 10
 - 2.2 - A préparé la flamme. / 10
 - 2.3 - A réglé la qualité de la soudure. / 5

- **Effectuer des brasures et des soudures hétérogènes par le procédé oxyacéthylnique sur une pièce d'acier doux et cuivre**
 - 3 - Justesse de la technique de soudage
 - 3.1 - A évalué les baguettes d'apport et on prépare les pièces. / 10

Résumé Théorique	TFCC
Guide de Travaux Pratiques	Module 4 :« Technique de soudo-brasage et d'oxycoupage »

- 3.2 - A préparé la flamme. / 10
3.3 - A réglé la qualité de la soudure. / 5

• **Procéder à l'oxycoupage de métaux ferreux.**

- 4 - Justesse de la technique de coupage.
4.1 - A choisi la tête de coupe. / 5
4.2 - A réglé la pression. / 5
4.3 - A respecté les processus d'allumage et d'arrêt. / 5
4.4 - A respecté la technique d'amorçage. / 5
4.5 - A vérifié la qualité des coupages. / 5

• **Effectuer des soudures dans la position à plat par le procédé à l'arc électrique sur des pièces à l'acier doux.**

5. Choix et préparation des outils et matériaux.
5.1 - A préparé l'électrode la pièce. / 5
5.2 - A fait le réglage de la polarité et d'intensité. / 5
6. Justesse de la technique du soudage et d'amorçage.
6.1 - A vérifié qualité de la soudure. / 5

Nature de l'épreuve : Epreuve - Pratique :

Portant sur les opérations d'oxycoupages, soudages, et de brasage.

On suggère de présenter aux candidats des déferents dessins pour utiliser comme modèle.

Dans une première étape : les candidats devront mettre en service un post de soudage oxyacéthylnique.

Dans une deuxième étape : les candidats devront effectuer des soudures autogènes par le procédé oxyacéthylnique sur des pièces d'acier doux

Dans une troisième étape : les candidats devront effectuer des soudures hétérogènes par le procédé oxyacéthylnique sur des pièces des métaux ferreux et non ferreux.

Dans une quatrième étape : les candidats devront effectuer des soudures dans la position à plat par le procédé à l'arc électrique sur des pièces en acier doux.

Conditions du déroulement de l'épreuve

Les candidats auront à leur disposition :

- Un poste de soudage avec tous les outils et accessoires nécessaire.
- Des pièces des matériaux ferreux et non ferreux.
- L'équipement de sécurité

Durée de l'épreuve :

5 heures

Bibliographies