LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : Procédés de Soudage

Tableau I.1 Numérotation de procédés de soudage (Norme ISO 4063) 6

Tableau I.2 Paramètres du soudage par bossages 14

Tableau I.3 Soudage en bout conditions de réglage 17

Tableau I.4 Compatibilité de soudage des métaux usuels 26

Tableau I.5 Paramètres de soudage pour des aciers doux 26

Tableau I.6 Paramètres de soudage sur tôles d'acier galvanise 27

Tableau I.7 Paramètres de soudage pour alliages légers (Norme industrie) 27

Tableau I.8 Paramètres de soudage pour alliages légers (Norme aéronautique) 27

Tableau I.9 Paramètres de soudage pour aciers inoxydables austénitique 28

Chapitre II

Tableau II.1 Paramètres de soudage pour les aciers doux 40

NOTATION UTILISEE

W : Effet de joule (j)

R : Résistance (Ω)

I : Intensité (a)

t : Temps de soudage –cycle- (s)

L : Longueur de matériau (mm)

S : Section de matériau (mm²)

T : Température (ºC)

ep : Epaisseur de l'éprouvette (mm)

F : Effort (Bar)

Φ : Diamètre (mm)

D : Diamètre du corps d'électrode (mm)

d : Diamètre de face active de la pointe d'électrode (mm)

Sommaire

Page

Introduction générale 2

Chapitre I : Procédés de Soudage

Introduction 4

I-Histoire de Soudage 4

II-Définition de soudage 5

III-Normalisation de procédés de soudage 6

IV-Procédés de soudage 7

V- Soudage par résistance 8

V-1-Historique 8

V-2-Définition 9

V-3- Procédés de soudage par résistance 9

V-3-1-Soudage par résistance à la molette 10

V-3-2-Soudage par bossages 12

V-3-3- Soudage en bout par étincelage 15

V-3-4- Soudage par point 18

Chapitre II Etude et Réalisation

Introduction 34

I-Etapes de réalisation 34

II-Composants nécessaires d'un poste de soudage par points 36

II-1-Transformateur 36

II-1-1-Définition 36

II-1-2-Préparation du transformateur 37

II-2-Electrodes 40

II-3-Porte électrode 41

II-4-Système de pédale 45

II-5-Système de refroidissement 46

Conclusion générale 48

Annexe présentation de l'entreprise 49

Références 58

Introduction générale

Introduction générale

Le soudage des métaux est une technique d'assemblage permanent qui établit la continuité métallique entre les pièces soudées

Le soudage par résistance par points est un procédé d'assemblage très couramment utilisé dans l'industrie automobile. Il présente l'avantage d'être à la fois rapide, économique et adapté au soudage des aciers, .Pour réaliser un point de soudure, deux électrodes comprimant les tôles sont traversées par un courant électrique de forte intensité qui vient créer un noyau fondu à l'interface tôle-tôle (T/T).

L'objectif de ce travail est l'étude et la réalisation d'un dispositif de soudage par point par refroidissement à eau.

Afin d'atteindre notre but, ce mémoire est divisé en trois chapitres.

Le premier chapitre introduit les procédés de soudage et spécialement le soudage par résistance.

Le deuxième chapitre décrit la procédure suivie pour la réalisation du poste à soudure par points, après l'élaboration du dessin d'ensemble ainsi que les dessins de définition par l'utilisation du logiciel SOLIDWORKS 2013.

Ce travail se termine par une conclusion générale et la présentation de perspectives.

Chapitre I

Procédés de Soudage

Rapport-Gratuit.com

Introduction

Le soudage est une technique d'assemblage permanent qui établit une continuité de nature entre les pièces soudées. Le terme soudure est utilisé pour désigner l'alliage reliant les pièces à assembler formé par la fusion des bords à assembler, avec ou sans adjonction d'un produit d'apport. La soudure peut donc être le résultat du seul mélange des matériaux de base (les matériaux à souder) ou du mélange des matériaux de base et d'un produit d'apport. En ce qui concerne les métaux [1].

I-Histoire de Soudage

Pendant des millénaires, l'assemblage des métaux s'est fait par forgeage. La rupture est intervenue à la fin du XIXe siècle, lorsqu'il est devenu possible d'obtenir des températures de flammes suffisantes en mélangeant des gaz comme l'oxygène et l'acétylène désormais stockables en toute sécurité et que sont apparus des procédés de soudage, comme le soudage par résistance et le soudage à l'arc, utilisant l'électricité comme source d'énergie. Avec ces procédés, la montée en température, provoquée par une source thermique intense était bien plus rapide que la dissipation à l'intérieur de la pièce à souder. Le bain de métal en fusion obtenu se solidifiait en, refroidissant pour constituer le joint unissant les deux pièces à souder. Le soudage à l'arc, le soudage par résistance et le soudage sous protection gazeuse ont tous été inventés avant la Première Guerre mondiale [1].

La figure II.1 représente le premier transformateur inventé par Thomas:

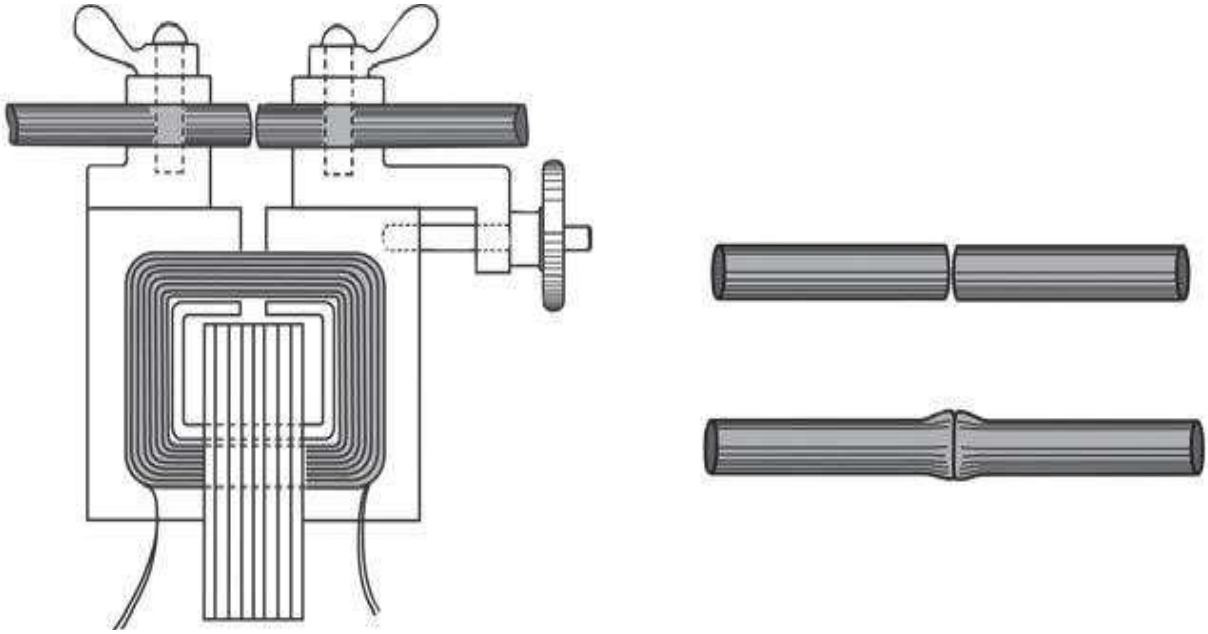


Figure I.1 Transformateur de Thomas pour le soudage électrique par résistance [1].

II-Définition de soudage

Le soudage est une opération consistant à réunir deux ou plusieurs parties constitutives d'un assemblage, de manière à assurer la continuité entre les parties à assembler, soit par chauffage, soit par intervention de pression, soit par l'un et l'autre, avec ou sans emploi d'un produit d'apport dont la température de fusion est du même ordre de grandeur que celle du matériau de base.

Beaucoup de métaux sont soudables moyennant des études préalables et la mise au point de modes opératoires spécifiques ; citons les aciers, le cuivre, l'aluminium, le nickel et leurs alliages. On distingue trois types de soudures :

- ✓ La soudure homogène, dans laquelle les métaux de base et le métal d'apport éventuel sont tous de même nature,
- ✓ La soudure hétérogène de type « A » qui associe des métaux de base de même nature avec un métal d'apport d'une autre nature.
- ✓ La soudure hétérogène de type « B » où les métaux de base et le métal d'apport sont tous de natures différentes [1].

Le principe de soudage est défini sur la figure suivante (II-2) :

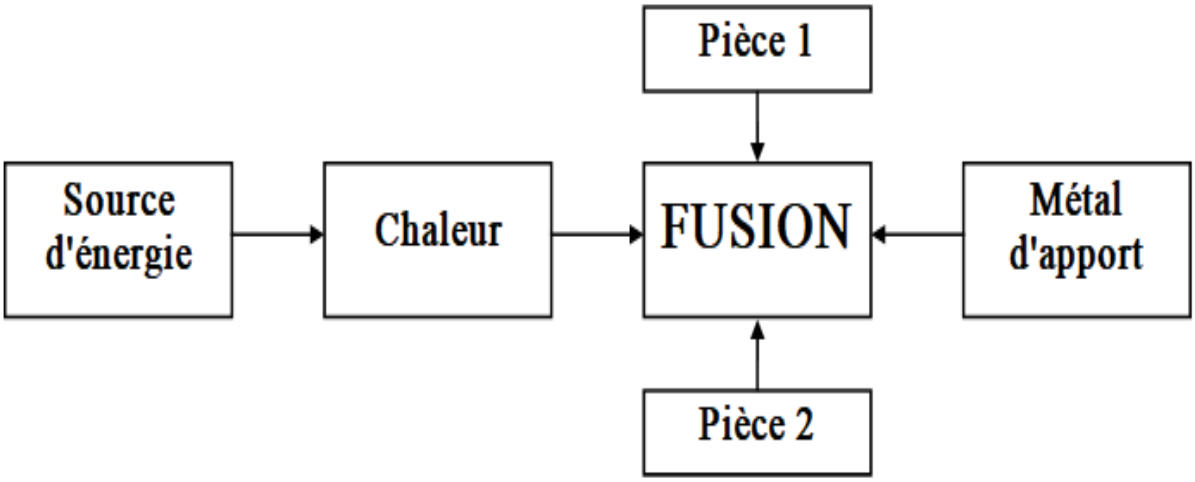


Figure I.2 Principe de soudage [1].

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

III-Normalisation de procédés de soudage

Les procédés de soudage sont identifiés par un nombre normalisé (voir tableau II.1).

Tableau I.1 Numérotation de procédés de soudage (norme ISO 4063)[7].

Principaux procédés de soudage NF EN 4063, ISO 4063 (« 1998 ») – Détails NF EN 14610	
1 – Électrique à l'arc	**4 – Par pression**
101 – Avec électrode fusible	41 – Par ultrasons
11 – Électrode fusible sans protection gazeuse	42 – Par friction
111 – Électrodes enrobées	43 – Par forgeage
114 – Avec fil fourré protecteur	44 – Par haute énergie mécanique
12 – Sous flux solide	441 – Par explosion
13 – Protection gazeuse et électrode fusible	45 – Par diffusion
131 – Protection gazeuse MIG	47 – Aux gaz par pression
135 – Protection gazeuse MAG	48 – À froid avec pression
136 – MAG avec fil fourré	**5 – Par faisceau**
137 – MIG avec fil fourré	51 – Par faisceau d'électrons
14 – Protection gazeuse et électrode réfractaire	511 – Sous vide
141 – TIG	512 – Atmosphère
142 – TAG	52 – Par laser
15 – Soudage au plasma	521 – Avec laser solide
151 – Plasma-MIG	522 – Avec laser à gaz
152 – Plasma avec poudre	**7 – Procédés divers**
2 – Par résistance	71 – Aluminothermique
21 – Par points	72 – Sous laitier
22 – À la molette	73 – Électrogaz
23 – Par bossages	74 – Par induction
24 – Par étincelage	75 – Par rayonnement lumineux
25 – En bout par résistance pure	753 – Par infrarouge
29 – Autre procédés	77 – Avec percussion
291 – Soudage par résistance HF	78 – Soudage des goujons
3 – Aux gaz	**9 – Brasage**
31 – Soudage oxygaz	91 – Brasage fort
311– Oxyacétylène	94 – Brasage tendre
312 – Oxypropane	97 – Soudobrasage
313 – Oxydrique	971 – Soudobrasage aux gaz
32 – Soudage aérogaz (ancienne norme)	972 – Soudobrasage à l'arc

IV-Procédés de soudage

Il existe plus de 70 procédés de soudage différents ; chacun correspond à une utilisation précise. Voici cet organigramme qui représente les procédés les plus courants (figure II-3):

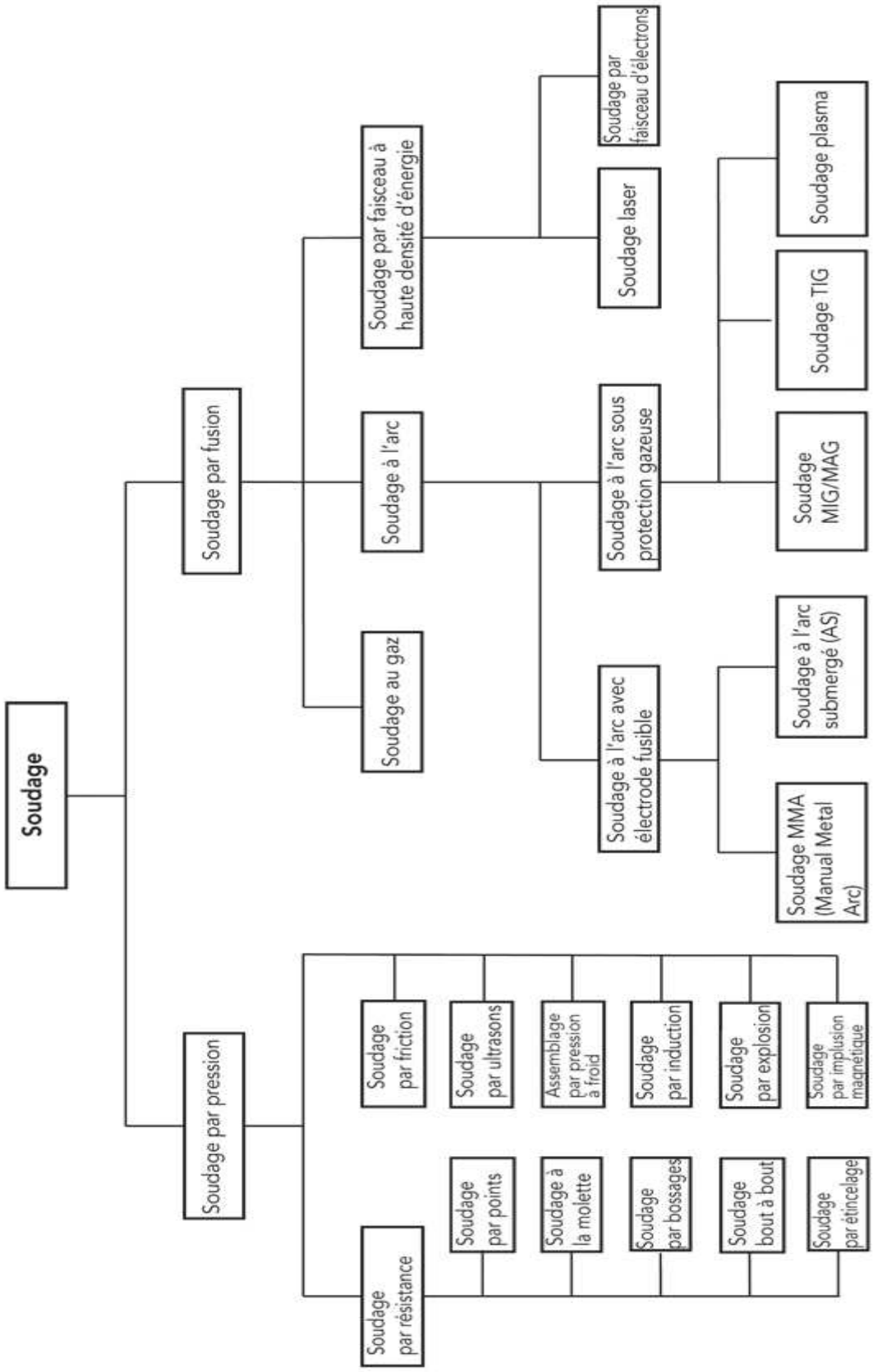


Figure I.3 Organigramme des procédés de soudage les plus courants [5].

V- Soudage par résistance

V-1-Historique

Les premières machines de soudage par résistance ont servi au soudage bout à bout.

Le premier transformateur de soudage a été inventé aux États-Unis en 1886 par Elihu Thomson, qui fit breveter le procédé l'année suivante.

Son transformateur fournissait environ 2000A à 2 volts en circuit ouvert.

Au début du XXe siècle, Thomson continua à perfectionner le soudage par points, le soudage par projection et le soudage bout à bout par étincelage.

Le soudage par points devint par la suite le procédé le plus répandu.

On l'utilise aujourd'hui dans l'industrie automobile et dans bien d'autres applications de soudage de tôles.

La figure (II-4 illustre le principe : deux électrodes en cuivre appliquent une pression sur deux plaques en recouvrement et un courant de forte intensité unit les plaques par fusion. Le premier robot de soudage par résistance par points a été livré par 'Unimation' à General Motors en 1964.

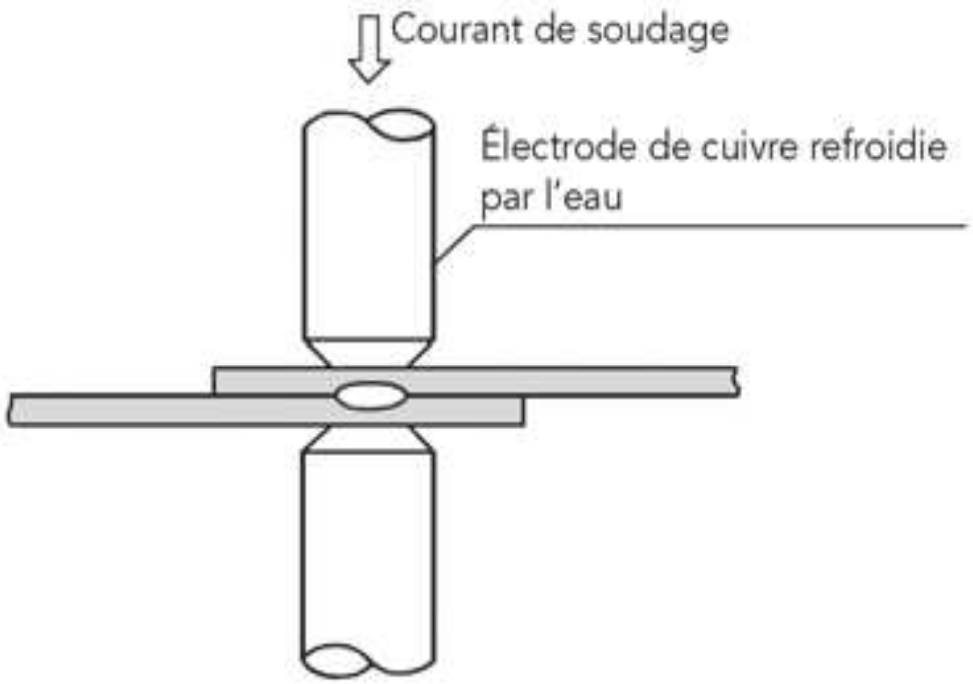


Figure I.4 Principe du soudage électrique par résistance par points [2].

V-2-Définition

Le soudage par résistance permet d'assembler deux pièces de façon permanente, en les fusionnant. Cette méthode de soudage requiert tout d'abord une pression mécanique qui permettra ensuite à un courant électrique important (des milliers d'Ampères au minimum) de traverser les 2 éléments et de les faire fusionner au point de contact. Il n'y a donc pas d'ajout de métal (c'est ce qu'on appelle un soudage autogène). Parmi les métaux soudables on a l'acier, l'acier galvanisé ou électro-zingué, l'aluminium mais aussi de cuivre (faible épaisseur), laiton, zinc, nickel, or, argent, plomb. Ce mode d'assemblage est très répandu dans l'industrie automobile et aéronautique par exemple, pour sa rapidité d'exécution (grande partie robotisé) sa qualité mécanique et son faible coût. Les procédés de soudage par résistance électrique incluent: le soudage par point, le soudage à la molette, et le soudage par bossage **[3].**

V-3- Procédés de soudage par résistance

Le soudage par résistance est un procédé à chaud, sous pression et sans métal d'apport.
Il consiste à échauffer localement les pièces par passage d'un courant électrique.
Il existe plusieurs procédés, on peut citer le soudage à la molette, le soudage par bossage, le soudage en bout et le soudage par points qui est le plus utilisé, le point commun de ces procédés est qu'ils utilisent l'effet Joule.
On appelle « effet Joule » le dégagement de chaleur qui accompagne le passage d'un courant électrique dans un matériau conducteur lui opposant une résistance. L'effet Joule résulte du fait que les électrons, en circulant dans le matériau conducteur, font vibrer les atomes qui le constituent. Lorsque les atomes vibrent, la température augmente. L'énergie calorifique produite est décrite par la loi de Joule : $\mathbf{E = R \times I^2 \times t}$

Ainsi, la chaleur (E) dépend de trois facteurs :

- La résistance (R) du matériau.
- L'intensité (I) du courant qui circule dans le matériau.
- Le temps (t) pendant lequel le courant circule dans le matériau **[3].**

V-3-1-Soudage par résistance à la molette

V-3-1-1-Principe

Dans le soudage à la molette les électrodes sont constituées par deux disques mobiles (galets) permettant le déplacement des pièces pendant le soudage (voir figure II.5). Les points soudés sont réalisés sans relâcher la pression de serrage. Chaque point résulte d'une impulsion de courant qui a lieu pendant la rotation des galets qui permettent de faire des soudures par recouvrement, continues et étanches(voir figure II.6).La vitesse de soudage de 2 à 4m/minutes est typique, cependant il est possible d'atteindre des vitesses beaucoup plus élevées, le maximum se situant aux environs de 15m/min. L'utilisation des machines spécifiques à très haute fréquence permet d'arriver à 50m/min dans le cas particulier du soudage longitudinal des boîtes de conserve qui est une application phare du soudage à la molette (voir figure II.7).

Figure I.5 Soudeuse à la molette [7].

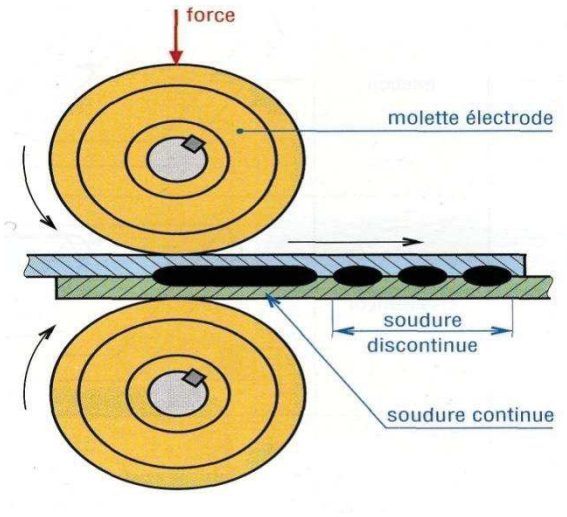


Figure I.6 Principe de soudage a la mollette [7].

Figure I.7 Pièce assemblée par soudage à la molette [7].

Un cycle de soudage comporte donc les phases suivantes, similaires à celles du soudage par points :

-L'accostage : les deux molettes viennent serrer, pour les accoster et localiser le courant, les deux pièces à souder au point de départ ;

-Le soudage : le courant passe, déclenché par la fermeture du contacteur primaire, et la rotation des molettes est engagée, créant une liaison continue ;

-L'arrêt : qui commande l'écartement des molettes en fin de cordon.

V-3-1-2-Paramètres du soudage à la molette

Les paramètres du soudage à la molette sont les suivants :

-les dimensions des molettes : épaisseur, pourtour et diamètre

Le choix du diamètre des molettes s'effectue souvent en fonction de considérations pratiques de passage autorisé par la forme des pièces à souder. Il est évident que les rayons que doit observer la forme d'un cordon seront de nature à imposer, s'ils sont courts, des molettes réduites.

-le courant et la modulation associée

Tout comme l'effort, le courant est fonction des matériaux à souder, de leurs épaisseurs et de la vitesse de soudage, donc du diamètre des molettes.

La modulation permet d'appliquer au soudage à la molette les avantages du soudage en temps court, rencontrés en soudage par points. L'intensité est réglée, toutes choses égales par ailleurs, au-dessous de la limite où apparaissent des expulsions (crachements).

-la vitesse

Elle intervient comme facteur de productivité, mais elle est limitée par de considérations de qualité. En effet, par disparition du forgeage, les caractéristiques mécaniques des soudures diminuent lorsque la vitesse augmente

La vitesse est liée à la variable temps de soudure et, également grâce à la modulation, au forgeage. C'est la raison pour laquelle, dans les cas extrêmes, on arrête les molettes en synchronisme avec le passage du courant. On réalise alors des soudures par points chevauchants, sur lesquels on applique un véritable cycle de forgeage indépendant de l'effort de soudage. Cette façon de procéder est appelée soudage en roll-spot.

-l'effort

Il a deux effets principaux :

- ✓ il définit, pour un diamètre de molettes donné, la surface de contact ;
- ✓ il conditionne, comme en soudage par points, la puissance d'échauffement.

Lorsque les molettes entraînent les pièces à assembler, l'effort est conditionné par cette exigence et le soudage en dépend.

V-3-1-3-Caractéristiques des soudures à la molette

Les critères relatifs à la qualité des soudures continues à la molette sont :

-Dimensionnels

- ✓ Largeur du cordon de soudure (fusion).
- ✓ Pénétration.
- ✓ Empreinte des molettes en surface.
- ✓ Séparation des tôles.
- ✓ Positionnement par rapport aux bords des tôles.

-Métallurgiques

- ✓ Structure des différentes zones.
- ✓ Dureté.
- ✓ Absence de défauts (porosités, criques).

-Mécaniques

- ✓ Résistance à la traction.
- ✓ Etanchéité sous pression.

V-3-1-4-Domaine d'application

- ✓ Réservoirs
- ✓ Chaudières
- ✓ Amortisseurs

V-3-2-Soudage par bossages

V-3-2-1-Principe

Ce procédé est également appelé soudage par protubérances ou soudage par projections.

Il permet de réaliser des assemblages continus ou discontinus par superposition ; mais il se distingue du soudage par points ou à la molette en ce que la localisation du courant et de l'effort sur la zone de soudage n'est pas obtenue par les électrodes, mais par la géométrie des pièces à souder elles-mêmes. Il est, de plus, un procédé de soudage global.

La figure (II.9) donne trois exemples typiques d'assemblage par bossages ou s'y ramenant :

-Soudage de deux tôles à plat. L'une des tôles a reçu préalablement par emboutissage un certain nombre de bossages qui vont servir à localiser courant et effort ;

-Soudage d'une bride sur une plaque, sur toute la périphérie ; la soudure est continue et étanche et s'effectue par la fusion du chanfrein prévu dans ce but.

-Soudage de deux fils en croix. C'est le cas intéressant où la localisation est naturelle et où les pièces ne doivent subir aucune préparation.

On retrouve dans ce cycle les mêmes phases précédemment examinées en soudage par points:

- ✓ **L'accostage** : les deux outillages se serrent sur les pièces préalablement positionnées.
- ✓ **Le soudage** : le courant passe et s'accompagne de l'affaissement des bossages.
- ✓ **Le forgeage** : à la fin duquel les outillages s'ouvrent [3].

La figure (II.8) représente une soudeuse par bossages

Figure I.8 Machine de soudage par bossages [3].

Rapport-gratuit.com

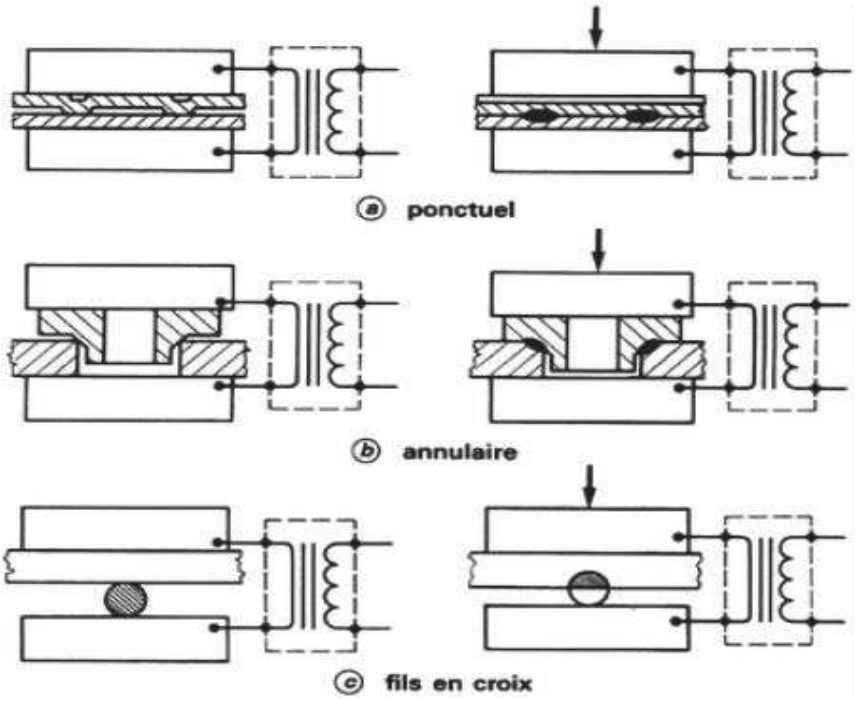


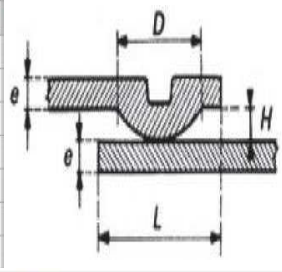
Figure I.9 Soudage par bossages : exemples typiques [4].

V-3-2-2-Paramètres du soudage par bossages

Le tableau (II.2) donne les conditions de réglage pour le soudage par bossage (avec (e) épaisseur des tôles) et le soudage de fils en croix (avec ∅ diamètre du fil).

Tableau I.2 : Paramètres du soudage par bossages [8].

Aciers doux							
e	*D*	*H*	*L*	Effort de pression	Intensité du courant	Temps de soudage	∅ du point soudé
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(A)	(s)	(mm)
0,5	1,75	0,5	4	1 150	4 800	0,16	3,5
0,8	2,5	0,6	5,5	1 850	6 700	0,24	4,3
1	3	0,7	7	2 300	8 000	0,26	4,5
1,5	4	0,9	9,5	3 500	11 000	0,36	5,7
2	4,75	1	11	4 650	13 000	0,42	7
2,5	5,5	1	12,5	5 800	14 500	0,46	9
3	7	1,5	17,5	7 000	16 500	0,48	11



Aciers inoxydables 18 / 8								Soudage de fils en croix			
e	*D*	*H*	*L*	Effort de pression	Intensité du courant	Temps de soudage	∅ du point soudé	∅	Effort de pression	Intensité du courant	Temps de soudage
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(A)	(s)	(mm)	(mm)	(N)	(A)	(s)
0,5	1,75	0,5	4	2 000	4 000	0,16	3,5	1	600	600	0,04
0,8	2,5	0,6	5,5	3 200	5 600	0,24	4,3	2	1 000	1 200	0,08
1	3	0,7	7	4 000	6 600	0,26	4,5	3	1 400	2 000	0,12
1,5	4	0,9	9,5	6 000	9 000	0,36	5,7	4	2 000	2 900	0,16
2	4,75	1	11	8 000	11 000	0,42	7	6	2 800	5 000	0,30
2,5	5,5	1	12,5	10 000	12 500	0,46	9	8	3 800	7 500	0,42
3	7	1,5	17,5	12 000	14 000	0,48	11	12	6 000	14 000	0,74

V-3-2-3-Caractéristiques des soudures par bossages

On a beaucoup plus de liberté dans la mise en œuvre du soudage par bossages que dans le soudage par points.

Les critères de positionnement et les critères dimensionnels relèvent de cas d'espèce et dépendent plus des conditions de réalisation des bossages que de leur soudage.

L'expérimentation sur échantillon devient indispensable dans les cas extrêmes.

Le soudage par bossages est le domaine des petits assemblages (figure II.10) pouvant requérir des précisions mécaniques élevées que permettent de satisfaire les outillages de soudage.

Le soudage des fils en croix constitue un domaine important de ce procédé. Il s'étend depuis des diamètres de quelques dixièmes de millimètre jusqu'à 20mm **[8].**

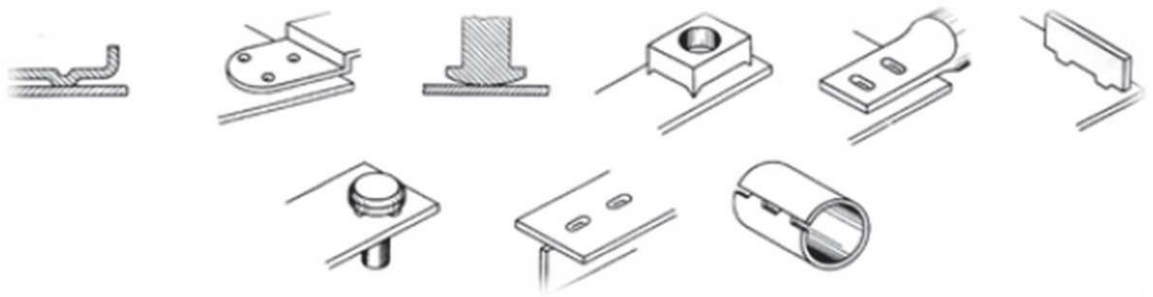


Figure I.10 Soudage par bossages : assemblages typiques [8].

V-3-3- Soudage en bout par étincelage

V-3-3-1-Principe

Le procédé de soudage en bout, première forme du soudage par résistance, permet, comme son nom l'indique, de souder bout à bout des barres ou des profilés de même section droite ou des pièces ayant reçu une préparation les ramenant à ce cas. Sur la (figure II-11) est représentée une opération de soudage en bout. Les pièces sont placées dans des mâchoires en cuivre, dont l'une est fixée sur un chariot mobile en translation parallèlement à l'axe de soudage.

L'opérateur actionne la commande du cycle qui se déroule automatiquement de la façon suivante :

-Avance et accostage : le chariot mobile entre en mouvement pour rapprocher les pièces qui viennent en contact sous un effort déterminé

-Soudage : le courant passe, déclenché par la fermeture du contacteur primaire du circuit de puissance, et porte les parties en contact à la température de soudage.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

-Forgeage ou maintien : exercé par l'effort du chariot mobile et à la fin duquel les mâchoires s'ouvrent en permettant le retour au repos du chariot **[7].**

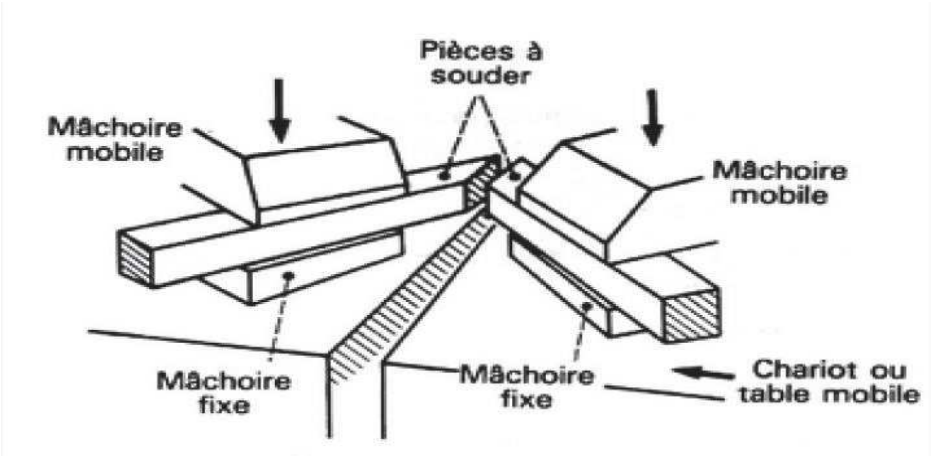


Figure I.11 Soudage par étincelage : exemple typique [7].

La figure II.12 represente une soudeuse par étincelage :

Figure I.12 Machine de soudage par étincelage [10].

V-3-3-2-Paramètres du soudage par étincelage

Le tableau II.3 présente les réglages de soudage par étincelage.

Tableau I.3 : Soudage en bout conditions de réglage [10].

Barres rondes

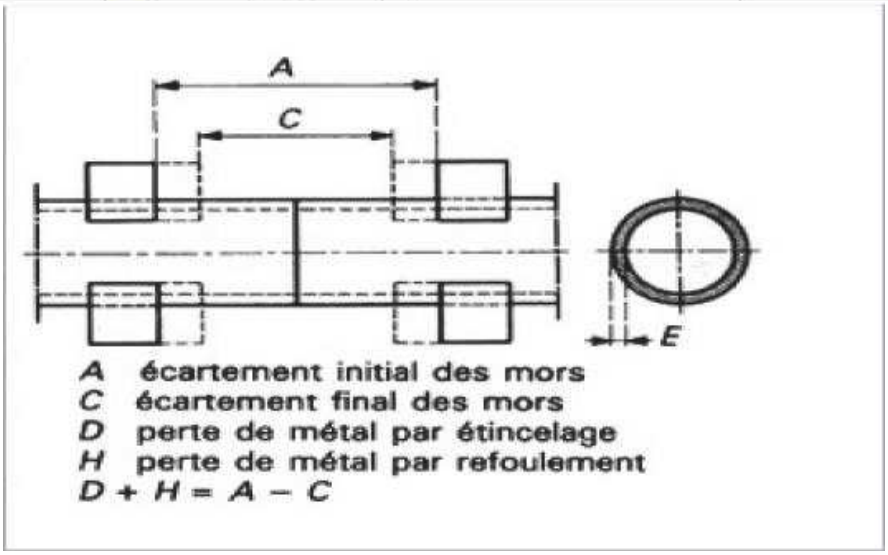
Diamètre extérieur (mm)	A (mm)	C (mm)	D (mm)	H (mm)	Temps d'étincelage (s)
10	17,4	10,2	5,2	2	3,25
12	20	12	6	2	3,8
14	24	14	7,2	2,8	5
15	26	15	8	3	5,5
18	30	18	8,7	3,3	7,5
20	34	20,3	10,1	3,6	9

Aciers doux

Section (mm^2)	Tension étincelage (V)	Courant (A)	Puissance branchement (kVA)	Puissance maximale (kVA)	Effort de refoulement (N)
500	5,3	15 000	20	50	40 000
1 000	6,2	25 000	40	120	80 000
2 000	7,8	35 000	100	320	160 000
4 000	10,3	47 500	200	600	320 000
8 000	13,6	55 000	300	1 260	640 000

Tubes ou feuillards

E (mm)	A (mm)	C (mm)	D (mm)	H (mm)	Temps d'étincelage (s)
0,5	5,5	2,5	2,1	0,9	0,8
1	11	5	4,3	1,7	1,75
1,5	16	7,6	6,1	2,3	2,75
2	20	9	8	3	4
3	29	13,5	11,2	4,3	6,25
5	44	21,2	16,5	6,3	12



V-3-3-3-Caractéristiques des soudures par étincelage

Les critères des soudures en bout sont les suivants :

-Géométriques

- ✓ alignement angulaire des pièces
- ✓ décalage transversal
- ✓ importance du bourrelet
- ✓ déformation locale

-Métallurgiques

- ✓ structure des différentes zones
- ✓ absence de défauts
- ✓ duretés

-Mécaniques

- ✓ résistances à la traction et à la flexion

V-3-3-4-Domaine d'application

Le soudage en bout peut s'accommoder de toutes les formes de sections, dans la mesure où il est possible de mettre en œuvre des serrages et des amenées de courant satisfaisants.

Ainsi les profilés creux rencontrés en menuiserie métallique peuvent présenter des difficultés de ce point de vue.

Les pièces forgées à surface rugueuse peuvent nécessiter des usinages préalables.

V-3-4- Soudage par point

V-3-4-1- Principe

C'est un soudage par pression avec transformation de l'énergie électrique en énergie calorifique par effet Joule.

Deux électrodes de cuivre non fusibles compriment les pièces de métal à souder l'une contre l'autre puis les font traverser par un courant de très forte intensité (quelques milliers à quelques dizaines de milliers d'ampères). Le court circuit électrique au point de contact des deux pièces métalliques créé la fusion du métal en une à deux secondes pour un temps de passage du courant électrique de quelques dixièmes de seconde seulement. La soudure par point est largement utilisée pour assembler les tôles entre elles (construction automobile notamment), car la brièveté de l'opération et la localisation précise du point de soudure entre les électrodes sous pression limitent la déformation des tôles lors de la soudure **[5].**

Le cycle de soudage initial se décompose en 4 phases :

-L'accostage : Les électrodes se rapprochent en venant comprimer les pièces à souder, à l'endroit prévu et sous un effort donné. (Pour certaines machines, seule l'électrode supérieure se rapproche, l'autre restant fixe). Cette phase se termine lorsque la valeur de l'effort nominale est atteinte, ce qui détermine la valeur de la résistance.

- ✓ Un temps d'accostage trop court provoque : Des points brûlés, des éclatements aux électrodes, des points sans résistance mécanique et une usure anormale des électrodes.
- ✓ Un temps d'accostage trop long provoque un ralentissement de la cadence.
- ✓ Un effort trop important provoque : Une réduction des résistances donc un manque de fusion, des points trop petits ou collés, un écrasement ou emboutissage des bossages.
- ✓ Un effort insuffisant provoque: Une augmentation des résistances, des projections de métal en fusion par points brûlés et une usure anormale des électrodes.

-Le soudage : Le courant passe, déclenché par la fermeture du contacteur du circuit de puissance et doit par effet Joule, de produire assez de chaleur à l'interface tôle-tôle pour qu'une zone fondue apparaisse. L'intensité et le temps de soudage exigent la plus grande précision. Une fluctuation de plus ou moins 5% pour différencier un point bon et un point mauvais.

- ✓ Un temps trop long provoque : Un cuivrage des tôles, des projections de métal en fusion, une détérioration rapide des électrodes.
- ✓ Un temps trop court provoque : Pas ou peu de fusion, soudage réalisé mauvais.
- ✓ Une intensité trop forte provoque : Un cuivrage des tôles, des projections de métal en fusion et une détérioration rapide des électrodes.
- ✓ Une intensité insuffisante provoque : Pas ou peu de fusion et un soudage mal réalisé.

-Le maintien ou forgeage : Il est effectué avec maintien de l'effort, mais sans passage de courant. Il permet au noyau fondu de se refroidir et de se solidifier en restant confiné et donc de limiter le soulèvement entre les tôles.

- ✓ Un maintien trop court provoque : Un soulèvement des tôles, une oxydation, une retassure (fissure interne).
- ✓ Un maintien trop long provoque : Une perte de temps donc une production trop lente, un point cassant. Le forgeage : Il est utilisé en lieu et place du maintien. Le but de son application est de diminuer le volume de retassure, d'affiner le grain du métal d'augmenter les caractéristiques mécaniques et de limiter les défauts internes.

- La remontée de l'électrode (phase de repos) : L'ensemble des deux tôles peut alors être translaté afin de procéder à la soudure d'un nouveau point. Cette phase est nécessaire pour éviter la surchauffe **[5].** La figure (II.13) illustre les phases de soudage par points

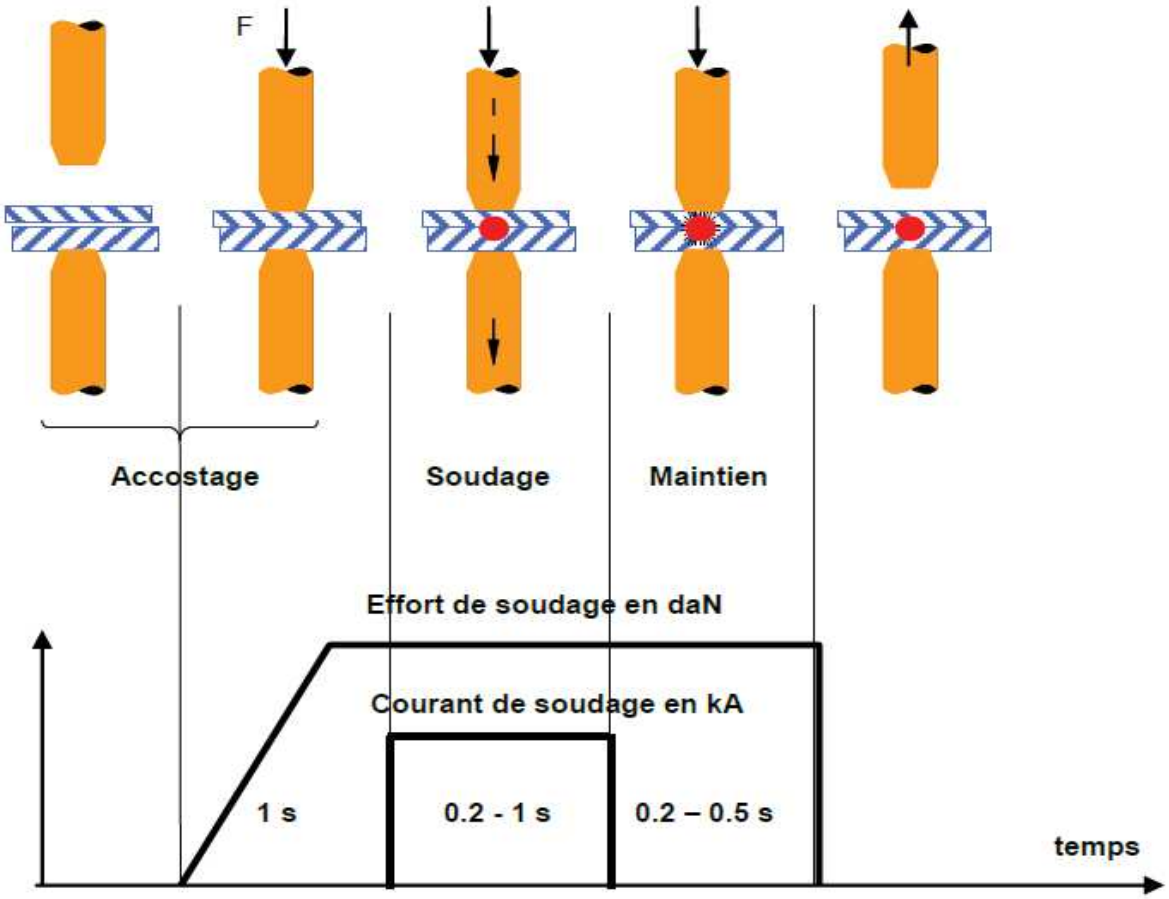


Figure I.13 Principe et phases successives du procédé de soudage par points [1].

V-3-4-2-Paramètres

Les paramètres sont adaptés en fonction des caractéristiques des tôles à souder. Les paramètres principaux décrits dans l'ordre de chronologie du procédé sont l'effort de soudage, l'intensité, le temps de soudage, et le temps de maintien.

-Effort de soudage : l'effort d'applique dès la phase d'accostage et la valeur à appliquer dépend essentiellement des caractéristiques mécaniques et de l'épaisseur des tôles à souder. Dans la pratique, l'incrément de l'effort pendant la phase d'accostage n'est pas linéaire, (Figure II.13), mais dépend des systèmes de mise en charge de la soudeuse.

-Intensité de soudage : l'intensité de soudage est considérée comme un paramètre important pour engendrer l'énergie dissipée. Car elle gouverne la génération de chaleur par effet Joule.

L'intensité utilisée soit en courant alternatif monophasé, (AC-50Hz), ou soit courant continu moyenne fréquence, (MFDC-1000Hz).

-Temps de soudage : intervient pendant la phase de chauffage. L'ordre de grandeur typique est de quelques dixièmes de secondes. Selon la norme, le temps de soudage dépend de la nuance d'acier et son épaisseur. Dans certains cas de soudage de tôle épaisse, et haute résistance mécanique, le courant pulsé est souvent à appliquer afin de stabiliser le développement du noyau. Cette pulsation comporte le temps de chaud, séparé par le temps de maintien ou le temps de froid. Le nombre de cycles supplémentaires pour le post-traitement thermique est souvent adapté à l'assemblage de tôles hautes résistances.

-Temps de maintien : le temps de maintien est nécessaire à la solidification par l'évacuation de la chaleur de l'assemblage vers le circuit d'eau de refroidissement **[11].**

V-3-4-3-Electrodes de soudage par points

Les électrodes sont des éléments essentiels dans ce procédé de soudage. En effet elles doivent transmettre l'effort appliqué, conduire le courant électrique injecté dans l'assemblage et évacuer la chaleur produite par la formation du noyau. Par conséquence le matériau constituant les électrodes doit posséder des conductivités électrique et thermique élevées, mais aussi de bonnes propriétés mécaniques à haute température (résistance aux déformations à chaud). Ce sont les alliages de cuivre, tels que les Cu-Cr, Cu-Zr et Cu-Cr-Zr, qui sont les plus souvent utilisés. La figure (II.14) illustre Schéma d'une électrode.

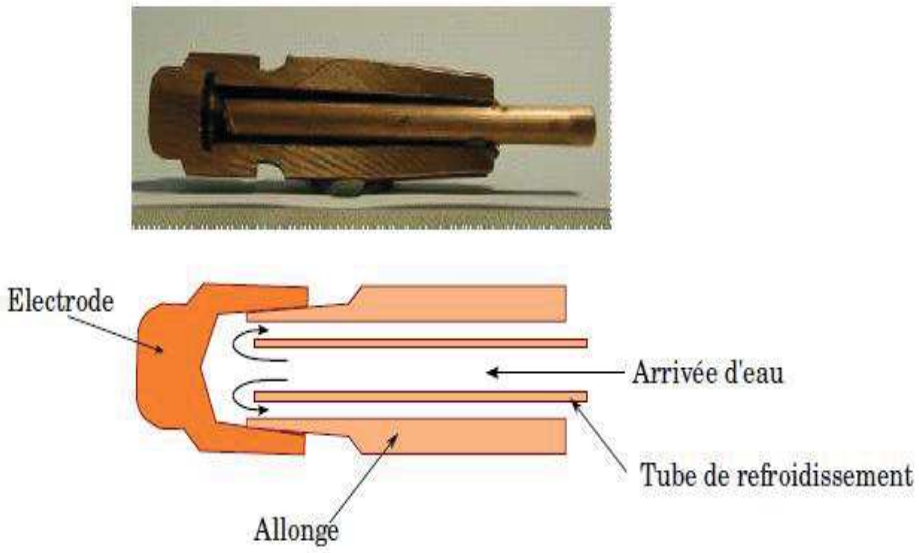


Figure I.14 Schéma d'une électrode [2].

L'ajout d'éléments d'alliages en petite quantité permet d'améliorer la tenue mécanique à chaud, tout en limitant la variation des caractéristiques électriques et thermiques.

Le métal employé pour la fabrication des électrodes doit présenter les caractéristiques suivantes :

- ✓ Une très bonne conductivité afin d'opposer la résistance au courant la plus faible possible
- ✓ Une bonne conductibilité thermique pour une dissipation rapide de la chaleur.
- ✓ Des propriétés mécaniques afin d'éviter la fissuration sous l'effet du martelage.

Il est nécessaire que le métal possède une dureté optimale à chaud, ce qui ne signifie pas dureté maximale que l'on pourrait lui conférer par écrouissage. Le métal doit être suffisamment dur pour ne pas s'écraser sous l'effort de compression, et conserver cette dureté optimale en cours de service pour que l'électrode ne soit pas sujette à un adoucissement qui la rendrait rapidement inutilisable. Il ya plusieurs types d'électrodes différentes l'un de l'autre par le diamètre, la longueur et le diamètre de face actif comme il est représenté a la figure (II.15)

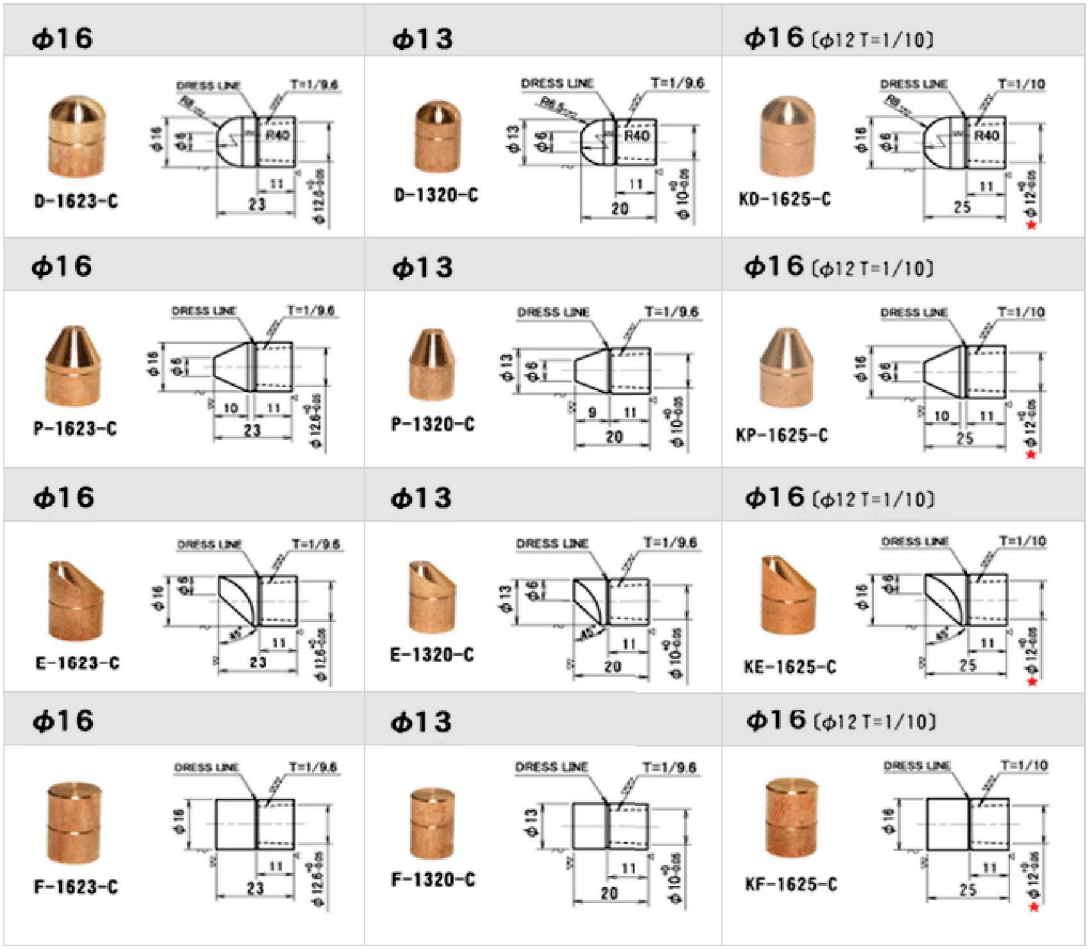


Figure I.15 Déférents types d'électrodes [7].

V-3-4-4- Formation d'un point soudé

-Description d'un point soudé

Suite à un cycle de soudage, un des moyens d'analyser les noyaux formés est de réaliser une coupe métallographique. Un exemple de point soudé sur tôles d'acier est présenté (Figure II.16) différentes zones sont observées.

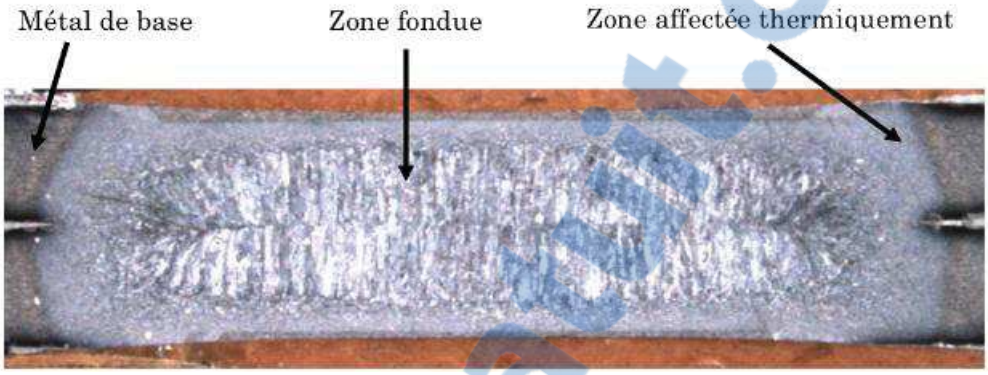


Figure I.16 Exemple de la microstructure d'un point soudé sur tôles d'acier [11].

-Zone fondue (ZF) qui représente la zone où l'acier a dépassé sa température de fusion. La microstructure après refroidissement est de type colonnaire ou basaltique.

-Zone affectée thermiquement (ZAT) qui subit des transformations de phases et/ou de la recristallisation à l'état solide liées au gradient thermique apparaissant entre la ZF et le métal de base.

-Métal de base (MB) qui ne subit pas de transformation structurale compte tenu des faibles niveaux de températures atteints.

- ✓ **Phénomènes physiques mis en jeu lors de la formation du noyau**

Pour expliquer la formation des points soudés lors du soudage par point, il est nécessaire de considérer de nombreux phénomènes physiques qui sont fortement couplés.

- ✓ **Phénomènes électriques**

Dans le cadre de cette étude, un courant alternatif est utilisé, mais d'autres formes de courant peuvent être choisies. Le courant alternatif qui circule dans l'assemblage provoque la fusion des tôles au niveau du contact tôle-tôle (T/T). Ici, c'est l'effet Joule qui produit principalement la quantité de chaleur nécessaire à la formation du point soudé.

Dans l'assemblage, les lignes de courant sont guidées par les surfaces de contact entre les électrodes et les tôles. Il faut noter que ces surfaces s'élargissent au cours de la phase de soudage et donc la densité de courant au niveau de l'interface électrode-tôle (E/T) diminue.

Rapport-Gratuit.com

Cet assemblage est équivalent à la somme de résistances en série qui sont de deux types (Figure II.17) :

- ✓ **Résistances ohmiques des matériaux :** elles augmentent avec la température au cours d'un cycle de soudage pour les électrodes et les tôles.
- ✓ **Résistances de contact électrique :** elles sont issues des imperfections géométriques au niveau des contacts T/T et E/T.

Ces imperfections provoquent des phénomènes de constriction de courant qui engendrent de fortes résistances de contact dans les premiers instants d'un cycle soudage. Celles-ci chutent rapidement avec la température. Il faut noter aussi que les valeurs de résistances de contact sont plus élevées au niveau de l'interface T/T et initient l'échauffement de l'assemblage [9].

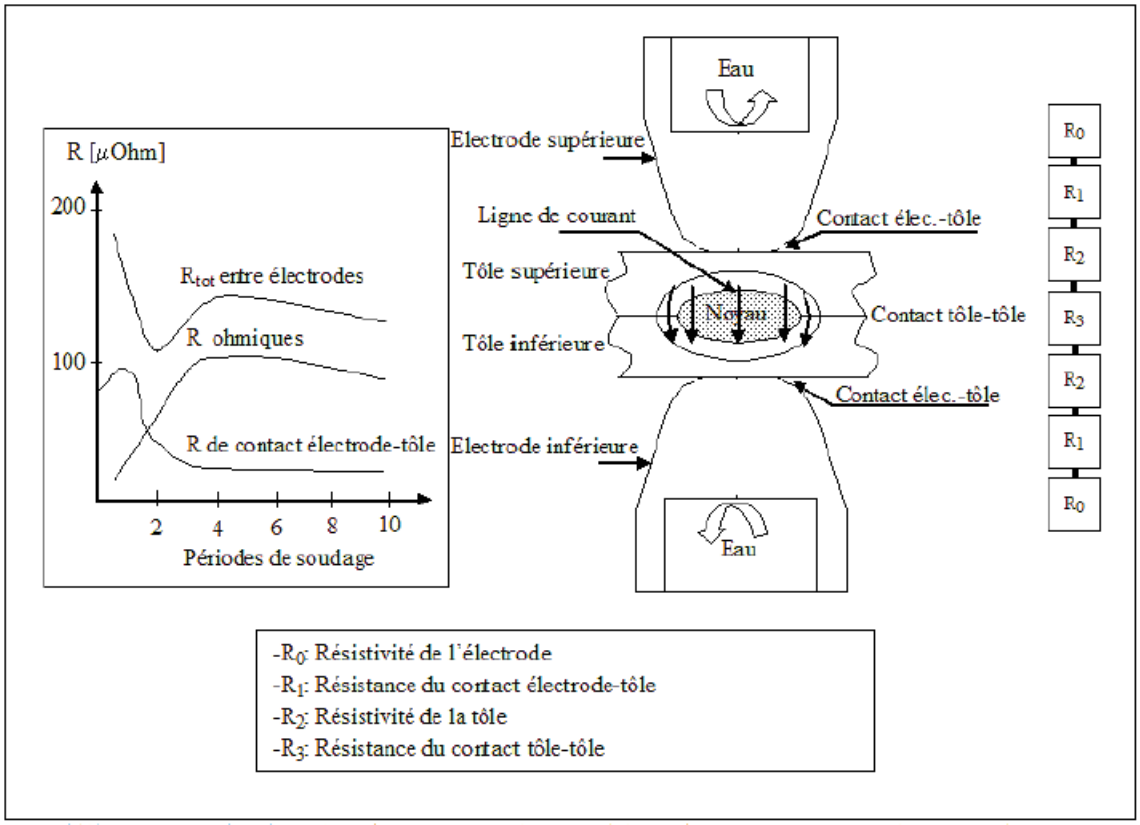


Figure I.17 Illustration des phénomènes électriques (soudage par points)[9].

- ✓ **Phénomènes thermiques**

Pour ce procédé, c'est la diffusion thermique dans l'assemblage qui est mise en jeu. La chaleur produite dans les tôles diffuse, d'une part, vers les électrodes par les biais des interfaces E/T qui forment une barrière thermique. D'autre part elle diffuse également par effet d'ailette au travers de la masse des tôles. Les propriétés thermiques des tôles dépendent de la température et des évolutions microstructurales. Au niveau des électrodes, les propriétés évoluent en

fonction de la température. Il existe aussi des résistances de contact thermique a l'interface E/T, elles créent une barrière à la diffusion de la chaleur vers les électrodes qui favorise la génération de chaleur dans les tôles.

- ✓ **Phénomènes métallurgiques**

Les électrodes de soudage subissent un cyclage thermique et donc des excursions à haute température répétées. Au fur et à mesure des cycles, des transformations microstructurales ont lieu dans les électrodes. Ces transformations affectent les propriétés mécaniques et la face active des électrodes se déforme sous l'effet de la force de serrage. De la même manière, les cycles de température induisent des transformations métallurgiques dans les tôles d'acier.
Au niveau de la zone fondue, la température de fusion est atteinte en quelques dixièmes de seconde. Les durées de refroidissement sont du même ordre de grandeur. Ces cinétiques conduisent à la formation de martensite pour la plupart des aciers employés dans l'industrie automobile. La ZAT subit aussi des transformations à l'état solide. Au cours du chauffage, il se forme de l'austénite. Après refroidissement de nouvelles phases apparaissent telles que la ferrite, la bainite, la perlite ou encore la martensite. La nature des phases formées dépend de la durée de l'excursion à haute température et des vitesses de refroidissement. Ces phénomènes métallurgiques ont des conséquences sur les propriétés thermiques et mécaniques.
En effet, chacune de ces phases possède des propriétés différentes. C'est donc la connaissance des proportions de chacune des phases et de leur distribution spatiale, qui permet d'identifier le comportement global des tôles.

- ✓ **Phénomènes mécaniques**

Un effort de forgeage est appliqué pour maintenir en place l'assemblage. Lors de cette étape, les températures atteintes diminuent fortement les caractéristiques mécaniques de l'acier, ce qui conduit à l'indentation progressive des électrodes dans les tôles. Les surfaces de contact E/T augmentent ainsi au cours d'une soudure. La densité de courant est donc abaissée .Par ailleurs, l'enchaînement des points soudés dégrade progressivement l'extrémité des électrodes de soudage. Les aires des surfaces de contact E/T s'élargissent également à cause de ce phénomène. Une paire d'électrodes va pouvoir réaliser plusieurs milliers de points mais son extrémité devra être rodée après quelques centaines de points **[4].**

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

V-3-4-5- Nuances matières

Les tableaux suivants représentent respectivement les paramètres de soudage

Tableau I.4 : Compatibilité de soudage des métaux usuels [8].

METAUX	ALU	INOX.	ZINC	GALVA.	ACIER	LAI-TON	CUIVRE	PLOMB	NICK-EL	FER BLANC	BRONZE PHOSP.
ALU	2	6	3	3	4	4	5	5	4	3	3
INOX	6	1	6	2	1	5	5	6	3	2	4
ZINC	3	6	3	3	6	5	5	3	6	3	4
GALVA.	3	2	3	2	2	4	5	4	3	2	4
ACIER	4	1	6	2	1	4	5	5	3	2	3
LAITON	4	5	5	4	4	3	4	6	3	4	3
CUIVRE	5	5	5	5	5	4	6	5	4	5	3
PLOMB	5	6	3	4	5	6	5	3	5	6	5
NICKEL	4	3	6	3	3	3	4	5	1	3	3
FER BLANC	3	2	3	2	2	4	5	6	3	3	4
BRONZE PHOSP.	3	4	4	4	3	3	3	5	3	4	2

1 : Excellent - 2 : Bon - 3 : Passable - 4 : Pauvre - 5 : Très pauvre - 6 : Impraticable

Tableau I.5 : Paramètres de soudage pour des aciers doux [8].

ep. (mm)	Ø Élect.	Ø Face active	Pas	Recouv.	Tps soudure (~)	Effort (daN)	Intensité (A)	Ø Débout.
0,25	9,5	3,5	6,5	9,5	3	90	4600	3,3
0,5	9,5	4	9,5	11	4	130	6100	4,3
0,75	9,5	4,5	12,5	11	6	180	8000	5
1	12,7	5	19	12	8	230	9500	5,8
1,25	12,7	5,5	22	14	10	290	10500	6,3
1,5	12,7	6	27	15	11	320	11000	6,7
1,75	12,7	6,5	31	16	14	380	12000	7,5
2	16	7	35	18	17	500	13300	7,9
2,5	16	8	40	20	21	590	14700	8,6
3	16	9	50	22	25	815	17500	10,2
3,5	20	10	57	27	34	925	18200	11,2
4	20	11	66	32	41	1030	18900	11,9
4,5	20	12	80	38	55	1200	19800	13
5	20	13	88	44	70	1320	20900	14,7
6	25	15	110	47	79	1600	22700	17
7	25	17	133	66	116	2000	24400	19
8	30	19	146	73	135	2400	25700	20,8

Tableau I.6 : Paramètres de soudage sur tôles d'acier galvanise [8].

ep. (mm)	ø électrode (mm)	Effort (daN)	Tps soudage (~)	Intensité (kA)	Pas minimal (mm)	Recouvrement minimal des tôles (mm)
0,5	de 3,5 à 4	de 130 à 200	de 7 à 5	de 8 500 à 9 500	12	10
0,6	de 4 à 4,3	de 150 à 230	de 7 à 6	de 9 000 à 10 000	12	10
0,8	de 4,5 à 5	de 200 à 280	de 10 à 8	de 9 500 à 11 500	15	12
1	de 5 à 5,5	de 250 à 380	de 12 à 8	de 11 000 à 13 000	20	14
1,2	de 5,5 à 6	de 300 à 400	de 14 à 10	de 11 000 à 14 000	25	15
1,5	de 6 à 6,5	de 350 à 450	de 18 à 14	de 12 000 à 15 500	30	16
2	de 7 à 7,5	de 500 à 700	de 28 à 20	de 14 000 à 19 000	35	18
2,5	de 8 à 7,5	de 650 à 900	de 40 à 30	de 17000 à 25 000	45	24
3	de 9,5 à 10	de 900 à 1200	de 50 à 40	de 22 000 à 28 000	55	30
4*	de 12 à 13	de 1250 à 1400	de 80 à 60	de 24 000 à 30 000	100	45
5*	de 13 à 14	de 1500 à 1800	de 120 à 80	de 26 000 à 32 000	130	55

Tableau I.7 : Paramètres de soudage pour alliages légers (Norme industrie) [8].

Ep. (mm)	Rayon (mm)	Effort (daN)	Tps soudage (~)	Intensité (kA)	Pas mini (mm)
0,5	26	200	5	16	10
1	76	280	7	20	15
1,5	76	350	10	25	20
2	102	420	12	30	25
2,5	130	500	14	35	30
3	150	550	16	40	35
4	150	650	18	50	40

Tableau I.8 : Paramètres de soudage pour alliages légers (Norme aéronautique) [8].

Ep. (mm)	Rayon (mm)	Effort (daN)	Tps soudage (ms)	Intensité (kA)	Effort de forgeage (daN)	Temps de forgeage (ms)
0,5	75	200	20	25	600	20
0,8	100	300	40	31	700	60
1	110	400	40	35	800	80
1,5	150	600	60	50	1300	120
2	180	800	80	64	1800	140
2,5	210	1200	100	80	2800	180
3	240	3600	120	98	3600	200

Tableau I.9 : Paramètres de soudage pour aciers inoxydables austénitique [8].

Ep. (mm)	ø électrode (mm)	Effort (daN)	Tps soudage (~)	Intensité (kA)	Tps maintien (~)
0,5	4	200	3	4,5	8
0,6	4,2	220	4	4,8	10
0,8	4,6	270	5	5,7	10
1	5	350	7	6,8	16
1,2	5,4	470	8	8	20
1,5	6	550	10	9,5	22
1,8	6,6	850	11	12	24
2	7	900	12	14	25
2,4	7,8	1000	13	15	26
2,5	8	1200	14	16	30
3	9	1500	16	18	40

V-3-4-6-Principaux défauts rencontrés

-Soudure « collée »

-Projection de métal en fusion

-Usure anormale des électrodes [6].

V-3-4-7- Domaine d'application

Les assemblages par résistances sont très répondus dans différentes industries et vu l'évolution industrielle, le besoin de ce type d'assemblage est nécessaire. Les applications du procédé par résistance sont très répondus dans l'industrie automobile, l'électronique, l'industrie ménagère (radiateur, armoire métallique, grille, etc.).

A titre d'exemple on trouve plus de 3000 points de soudure (soudage par point) dans un véhicule (figure II.18) [6].

Figure I.18 Domaines d'utilisation de soudage par points

V-3-4-8-Avantages et inconvénients

- Avantages

- ✓ Soudure propre et de très haute qualité (face d'aspect) ;
- ✓ Pas de déformation des pièces soudées ;
- ✓ Assure la continuité métallique et étanchéité ;
- ✓ Rapide (5ms à 3 secondes), efficace, peu polluant ;
- ✓ Autogène nécessite pas de produits d'apports ;
- ✓ Positionnement géométrique, avec serrage des éléments à assembler ;
- ✓ Délimitation des zones thermique affectées ;
- ✓ Pertes énergétiques plus faibles ;
- ✓ Tenue mécanique du point améliorée et répétitive.

-Inconvénients

- ✓ Assemblage par recouvrement ;
- ✓ Epaisseur limitée à la capacité machine ;
- ✓ Vu le coût élevé ;
- ✓ Applications sont limitées ;
- ✓ Poste à souder ne peut réaliser qu'un seul type de soudage ;
- ✓ Soudure collée ;
- ✓ Projection en métal en fusion ;
- ✓ Usure anormale des fusions ;

V-3-4-8 Marques des postes de soudage par points

-Poste de soudage par points 2,6V 9700A - Pte 18 Lcd 400V

- ✓ Caractéristiques :

- réglage du courant de pointage (%), temps de pointage (cycles), force de fermeture des électrodes
- choix des différents paramètres du cycle de pointage (temps d'accostage, temps de croissance, temps de soudage, temps de pause et nombre d'impulsions)
- afficheur à Cl facile à lire
- actionnement mécanique à pédale
- protection thermique avec signalisation

Le modèle requiert le refroidissement à eau des électrodes et des bras.

Figure I.19 Poste de soudage par points 2,6V 9700A - Pte 18 Lcd 400V

-Poste de soudage par points 4,2V 16400A - Pcp 28 Lcd 400V

Caractéristiques :

- réglage du courant de pointage (%), temps de pointage (cycles), force et vitesse de fermeture des électrodes
- choix des différents paramètres du cycle de pointage (temps d'accostage, temps de croissance, temps de soudage, temps de pause et nombre d'impulsions)
- afficheur à Cl facile à lire
- actionnement pneumatique
- réglage de l'écartement des bras
- protection thermique avec signalisation
- réglage du flux d'air pour le ralentissement de la fermeture des bras

Le modèle requiert le refroidissement à eau des électrodes et des bras.

Accessoire standard :

- Electrode droite standard

Figure I.20 Poste de soudage par points 4,2V 16400A - Pcp 28 Lcd 400V

-Poste de soudure par points - Modular 20/TI

- Modular 20 Ti est un Poste de soudure par point portable monophasé
- Equipé du contrôle électronique du temps de pointage
- Idéal pour le pointage de tôles d'une épaisseur de 1+1mm
- Temporisateur électronique synchrone avec temps de pointage réglable de 0.1 à 1.2 secondes
- Force sur les bras réglable de 40 à 120 Kg (avec bras L=120mm)
- La poignée est en matière isolante >
- Livraison de Base un bras de longueur 120 mm.
- **Garantie 1 an**
- Tension V 230
- Cycle de travail Imax A @ % 1.5
- Facteur de puissance cos fi 0,9
- Classe de protection Ip 20
- Courant de soudage maximum A 3800
- Épaisseur maximale soudure par point mm+mm 1,0+1,0
- Tension à vide secondaire V 2
- Convient pour l'acier
- Convient pour inox

- Convient pour alu
- Convient pour soudage sans gaz
- Type de soudage par points
- Poids kg 10,00
- Dimensions (L x l x h) mm 440x100x18

Figure I.21 Poste de soudure par points - Modular 20/TI

-Poste de soudure par points - Digital Spotter 7000 400V +ACC

Caractéristiques :

- Reconnaissance automatique de l'outil monté
- Contrôle de la tension du réseau
- Contrôle automatique du refroidissement de la pince
- Afficheur Cl éclairé par l'arrière pour la visualisation des commandes et des paramètres programmés.
- Fourni avec : Pince pneumatique refroidie à l'air et chariot.

Figure I.22 Poste de soudure par points - Digital Spotter 7000 400V +ACC

Chapitre II

Etude et Réalisation

Rapport-Gratuit.com

Introduction

Le soudage par points s'applique généralement à des assemblages de deux tôles de faibles épaisseurs (0.1 à quelques millimètres mm) que l'on cherche à joindre par un point de soudure.

Ce chapitre décrit la procédure qui a été suivi pour la réalisation d'un poste de soudage par points. Pour atteindre notre objectif différents étapes ont été suivie : le coupage, le pliage et soudage. Ainsi les composants nécessaires suivants ont été utilisés : Transformateur, électrodes, porte électrodes.

I-Etapes de réalisation

Pour la réalisation d'un poste de soudage par points nous avons suivi les processus suivants :

- ✓ **Découpage**

Une poinçonneuse (Figure III.1) est un outil ou une machine-outil destiné à réaliser un poinçonnage dans diverses matières par l'intermédiaire d'un poinçon.

La poinçonneuse permet le marquage, le découpage ou la perforation d'un objet.

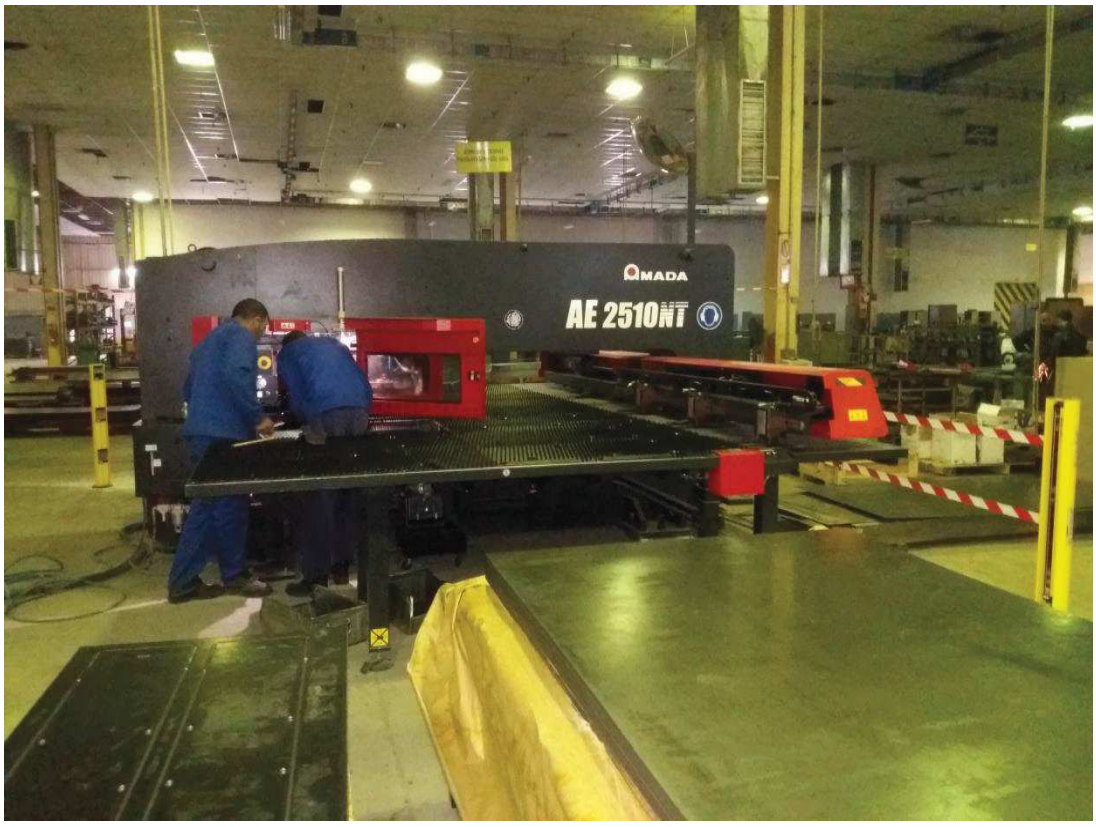


Figure II.1 : Poinçonneuse (AMADA).

Les tôles on été découpé avec la poinçonneuse AMADA pour obtenir les formes de dimensions suivants : (1100 x 450) mm, (1100 x 300) mm, (450 x 300) mm.

Figure II.2 Tôle Découpé (1100 x 450) mm.

- ✓ **Pliage**

Une presse plieuse (Figure III.3) est une machine-outil utilisée en chaudronnerie et en métallerie pour plier la tôle ; elle est constituée d'un poinçon(contre V) et d'une matrice en forme de V, de U, ou de tout autres forme en fonction du profil recherché ; la tôle est entre le V et le contre V (on parle de pénétration lorsque la tôle rencontre le poinçon) ; le contre V descend formant alors le pli.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Figure II.3 Presse plieuse (AMADA).

Les pièces découpées sont ensuite pliées (Figure III.4) avec la plieuse AMADA.

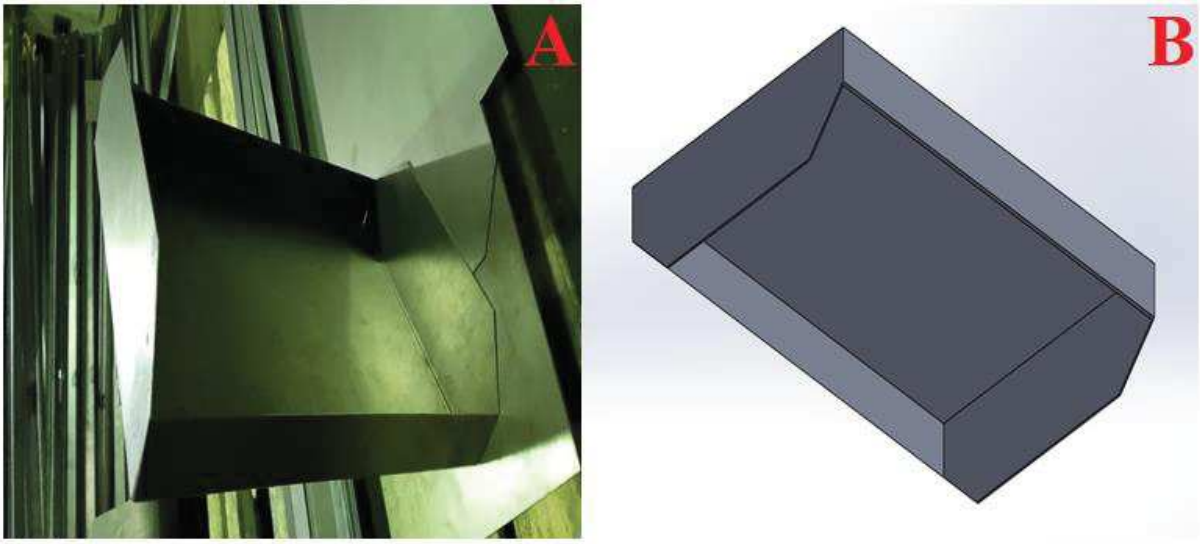


Figure II.4 Tôle pliée (A et B modélisation par SOLIDWORKS).

II-Composants nécessaires d'un poste de soudage par points

II-1-Transformateur

II-1-1-Définition

Un transformateur électrique est une machine électrique permettant de modifier les valeurs de tension et d'intensité du courant délivrées par une source d'énergie électrique alternative, en

un système de tension et de courant de valeurs différentes, mais de même fréquence et de même forme. Il effectue cette transformation avec un excellent rendement.

La figure (III.5) représente le schéma équivalent d'un transformateur :

V1 : tension primaire

V2 : tension secondaire

R1 : résistance primaire

R2 : résistance secondaire

L1 : réactance primaire

L2 : réactance secondaire

i1 : courant de primaire

i2 : courant de secondaire

n1 : nombre de spires dans la bobine primaire

n2 : nombre de spires dans la bobine secondaire

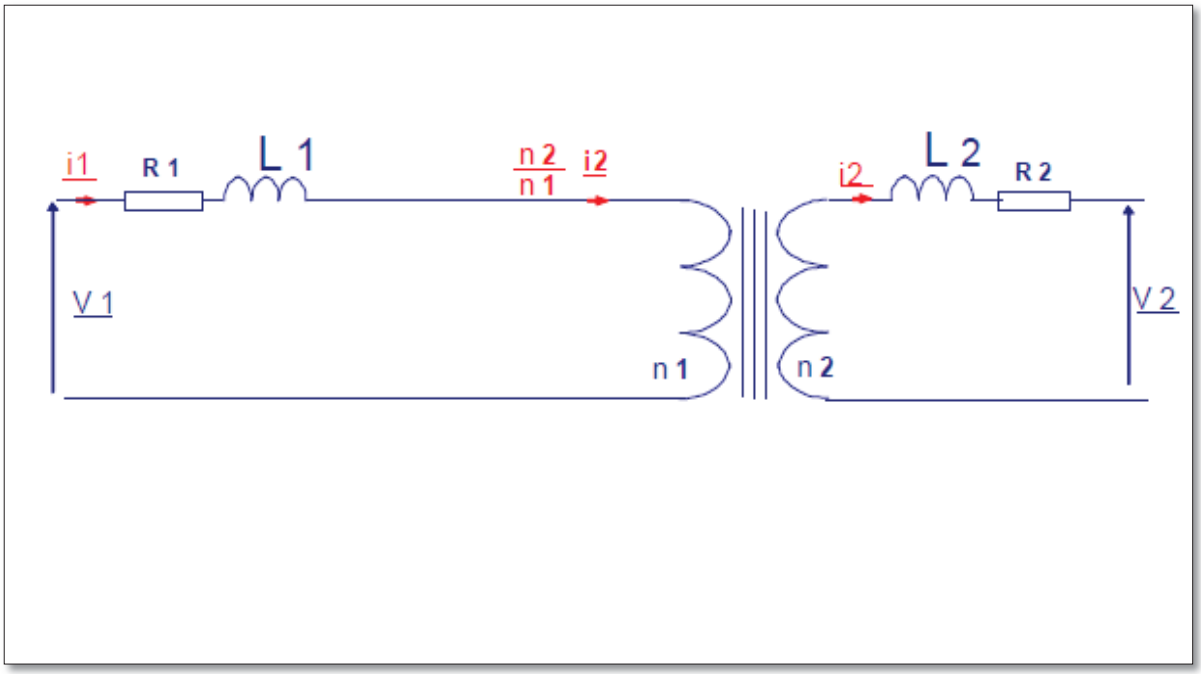


Figure II.5 Schéma équivalent d'un transformateur.

II-1-2-Préparation du transformateur

Le transformateur utilisé pour cette opération a été tiré d'un four micro-ondes, celui-ci contient deux bobines, l'une primaire et l'autre secondaire, chacune contient un certain nombre de spires (n).

La résistance dans les fils (au primaire et secondaire) est très faible ce qui rend ce transformateur utilisable pour notre poste de soudage par points.

Les propriétés de ce transformateur sont les suivantes :

- Fréquence : **50Hz**
- Tension : **230V**
- Puissance : **500-900W**

La figure (III.6) représente un transformateur d'un micro-ondes :

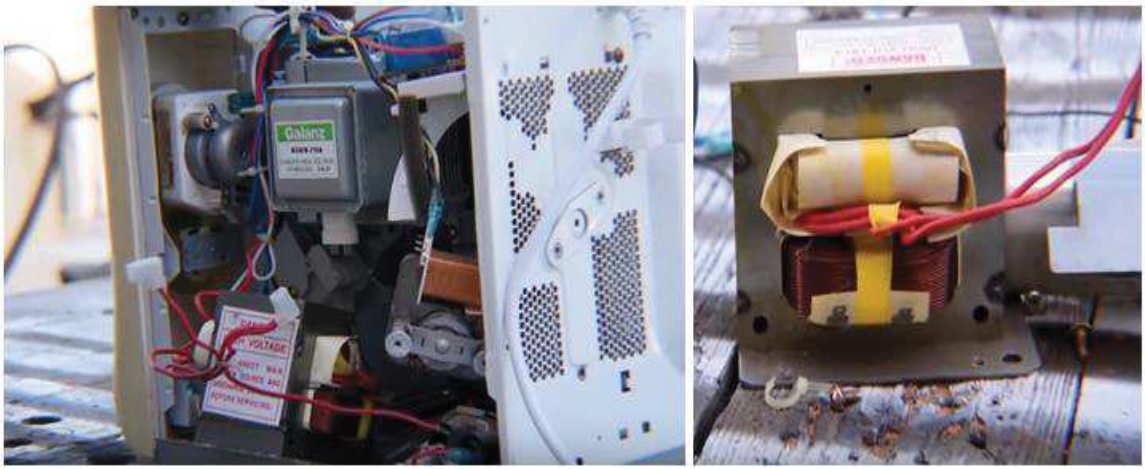


Figure II.6 Transformateur micro-ondes.

Pour préparer ce transformateur et l'adapter pour l'opération de soudage, la bobine primaire doit être changée avec un câble, ainsi la bobine secondaire deviendra primaire tandis que le câble jouera le rôle de la bobine secondaire. Ceci est destiné à réduire la tension et à lever l'ampérage car le processus de soudage nécessite une forte intensité (i).

Les étapes sont représentées respectivement par la figure (III.7) .

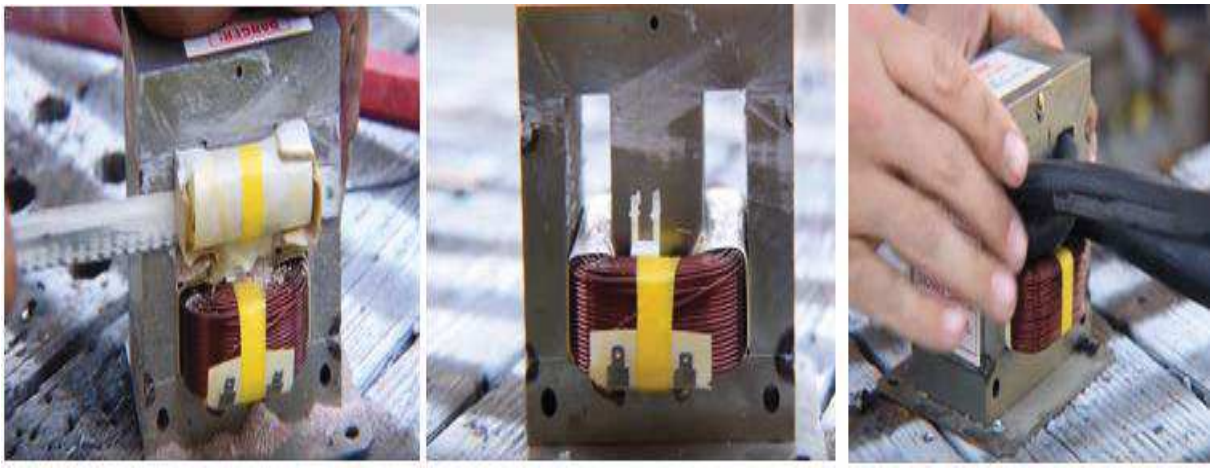


Figure II.7 Etapes de préparation.

- ✓ **Câble**

Le câble d'alimentation U-1000 R2V - 4G6 est un câble rigide en cuivre composé de quatre conducteurs de 6 mm2 utilisé pour l'alimentation de la source électrique ces Caractéristiques sont:

-Section 6mm²

-Nombre de conducteurs 6G

-Tension 600/1000V

-Ame (constitution) Cuivre nu câblé

-Gaine PVC

-Température de fonctionnement -25/+60°C

-Diamètre extérieur approximatif (mm) 18

-Poids approximatif (Kg/Km) 460

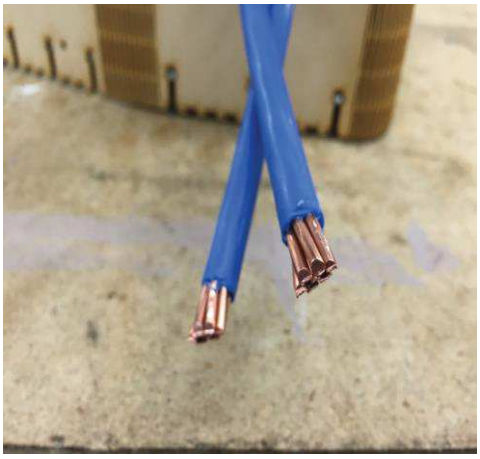


Figure II .8 Câble électrique.

Après avoir changé la bobine avec le câble, les propriétés suivantes ont été obtenues :

-Fréquence : **50Hz**

-Tension : **3V**

-Intensité : **4000A**

Ces caractéristiques ne sont pas suffisantes pour le soudage des tôles de 1mm.

Le transformateur approprié pour notre travail à pour caractéristiques :

-Type de transformateur : monophasé

-Fréquence : 50Hz

-Tension : 2,6 V

-Intensité : 9500-13500 A

-Rendement du transformateur : 20%

-Poids : 18 kg

Avec ces caractéristiques de transformateur notre poste de soudage peut souder facilement souder des tôles de 1mm à 2mm.

Le tableau III.1 représente les différentes caractéristiques pour le soudage :

Tableau II.1 : Paramètres de soudage pour les aciers doux[2].

Epaisseur (mm)	Electrode Ø	Intensité (A)
0,25	9,5	4600
0,5	9,5	6100
0,75	9,5	8000
1	12,7	9500
1,25	12,7	10500
1,5	12,7	11000
1,75	12,7	12000
2	16	13300
2,5	16	14700
3	16	17500
3,5	20	18200
4	20	18900
4,5	20	19800
5	20	20900
6	25	22700
7	25	24400
8	30	25700

II-2-Electrodes

Les électrodes sont des éléments essentiels dans ce procédé de soudage. En effet elles doivent transmettre l'effort appliqué, conduire le courant électrique injecté dans l'assemblage et évacuer la chaleur produite par la formation du noyau.

L'électrode utilisée dans ce poste à souder est de caractéristique suivant :

-Électrode de soudage par résistance type : 2010018

-Composants : alliages de cuivre Cu-Cr

-Gamme : des accessoires de soudage, proposée par France Soudage.

-Double courbure grain déporté

-Diamètre de 20mm.

-Longueur de 100mm.

-Diamètre cône de 20mm.

-Déport (T) 25.

Figure II.9 Electrode.

II-3-Porte électrode

Un cylindre de bronze destiné pour fixé l'électrode à sa place. Le bronze a été choisi comme matériau principal pour le porte-électrode car c'est un bon conducteur électrique, la composition chimique de ce dernier est de cuivre et l'étain CuSn8 (Ancienne désignation UE9P).

Figure II.10 Porte électrode.

À partir du cylindre de longueur 1000 mm et de diamètre 80mm, le porte-électrode a été obtenu par l'opération de cisaillement.

Après cette opération on a obtenu deux pièces de même diamètre et de L=350mm.

- ✓ **Scie mécanique**

Les scies sont très courantes dans l'usinage du métal pour couper rapidement des barres, des profilés, etc.

Figure II.11 Scie mécanique.

La deuxième opération est le chariotage qui consiste à diminuer le diamètre de cylindre jusqu'à 32 mm.

- ✓ **Tour**

Le tour est un mécanisme ou une machine-outil sur laquelle on peut fixer une pièce que l'on veut faire tourner sur elle-même pour la travailler.

Figure II.12 Machine a outil (tour).

Le chariotage est une opération consistant à usiner sur un tour un cylindre d'un certain diamètre par déplacement de l'outil de coupe suivant un axe parallèle à l'axe de rotation de la pièce

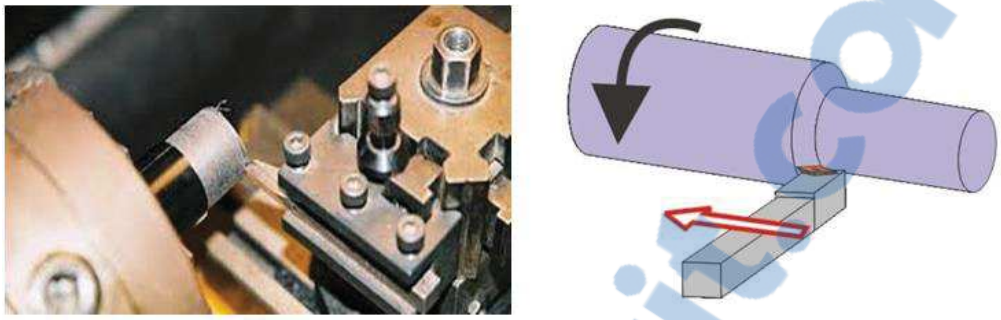


Figure II.13 Opération de chariotage.

La dernière étape de la préparation du porte-électrodes se réalise par l'opération de fraisage et perçage.

- ✓ **Fraiseuse (méplat)**

Une fraiseuse est une machine-outil utilisée pour usiner tous types de pièces mécaniques, à l'unité ou en série, par enlèvement de matière à partir de blocs ou parfois d'ébauches estampées ou moulées, à l'aide d'un outil coupant nommé fraise.

Figure II.14 Fraiseuse FU 1.5

En construction mécanique, un méplat (aussi plat) est une surface plane sur une pièce cylindrique.

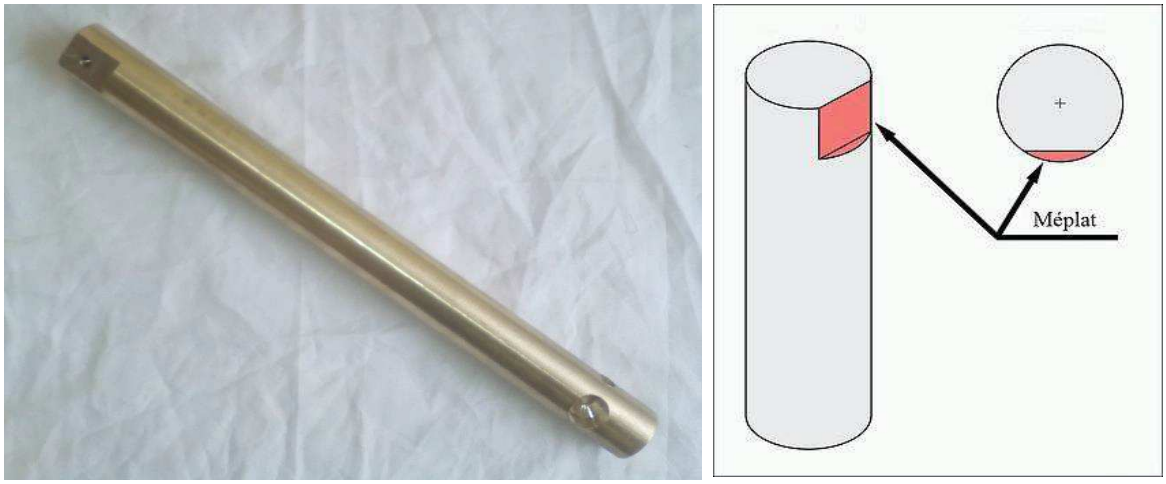


Figure II .15 Opération de méplat.

- ✓ **Perceuse**

Une perceuse à colonne est une machine-outil d'atelier fixée sur un bâti, un établi ou au sol. Elle permet des perçages verticaux précis et importants.

Figure II.16 Perceuse mécanique.

La figure III.17 représente Les dimensions finales de note porte-électrodes sont : L 350 mm ; Ø 32 mm ;

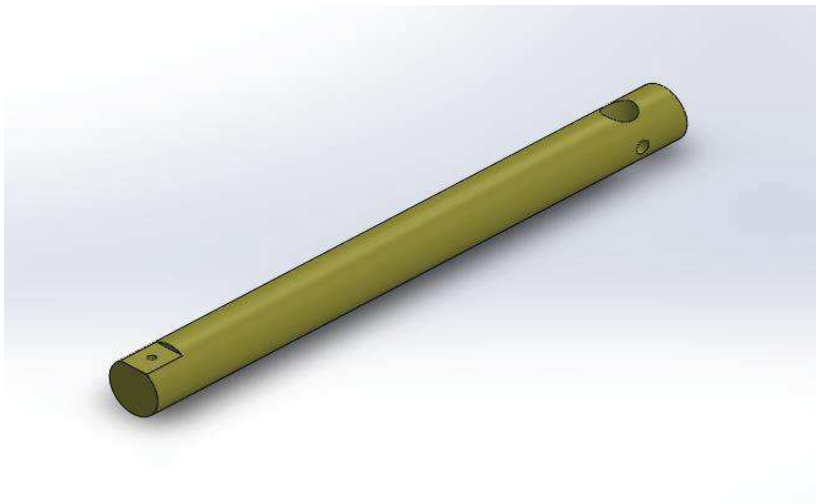


Figure II.17 Porte électrode.

II-4-Système de pédale

Une tige verticale est connectée avec le support porte-électrode, elle a pour Fonction d'abaisser l'électrode supérieure et le mettre en contact avec l'électrode inférieure afin de créer un court-circuit.

Cette tige monte quand on exerce une force sur la pédale et revient a l'état initial à l'aide d'un ressort (absence de force) figure (III.18).

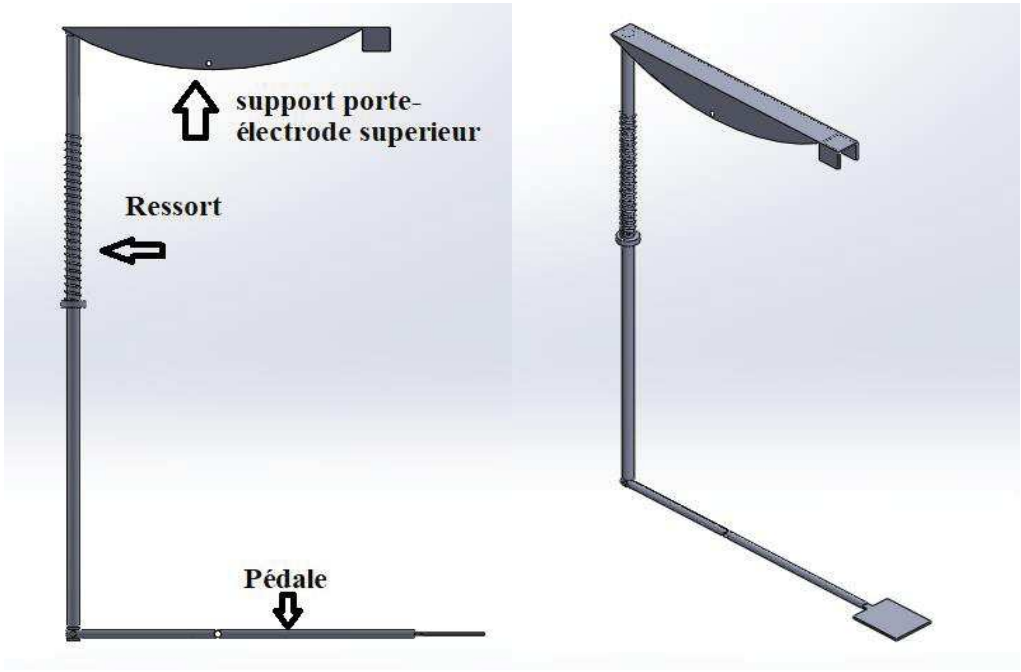


Figure II.18 Système de pédale.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

II-5-Système de refroidissement

L'opération de refroidissement s'effectue en entrant de l'eau par des flexibles relié à l'extrémité des électrodes, les deux flexibles on pour rôle de faire entrée de l'eau froide dans les électrodes tandis que les deux autres pour en extraire de l'eau chaude et le processus se poursuit pendant toute la durée du processus de soudage.

Apres l'assemblage des pièces et l'installation de courant électrique voila notre fruit de travail figure (III.19) avec les caractéristiques suivants :

-Poste de soudage par points SIDAL

- ✓ Force appliqué lors de soudage:10 KN ;
- ✓ Alimentation électrique : 220 V ;
- ✓ Actionnement mécanique à pédale ;
- ✓ Tôles soudés : 1mm /2mm ;
- ✓ Intensité : 9700 A ;
- ✓ Tension : 2,6 V ;
- ✓ Refroidissement à eau des électrodes ;

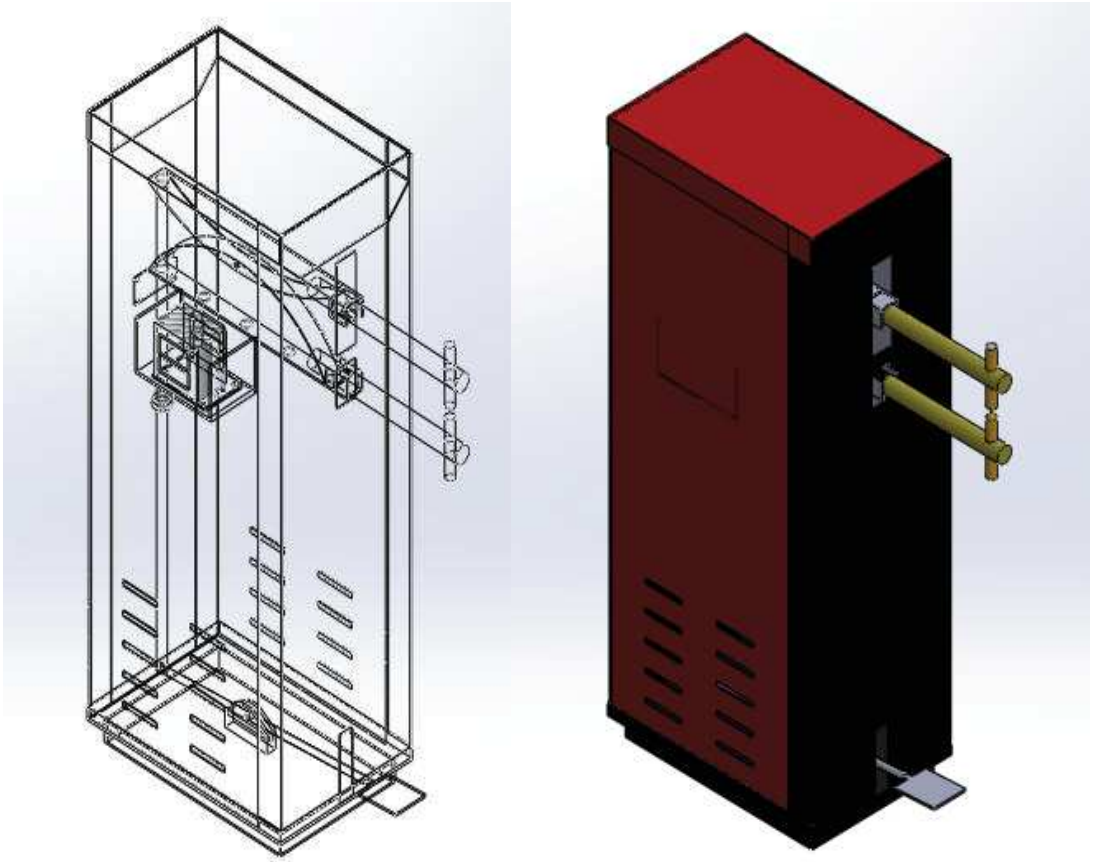
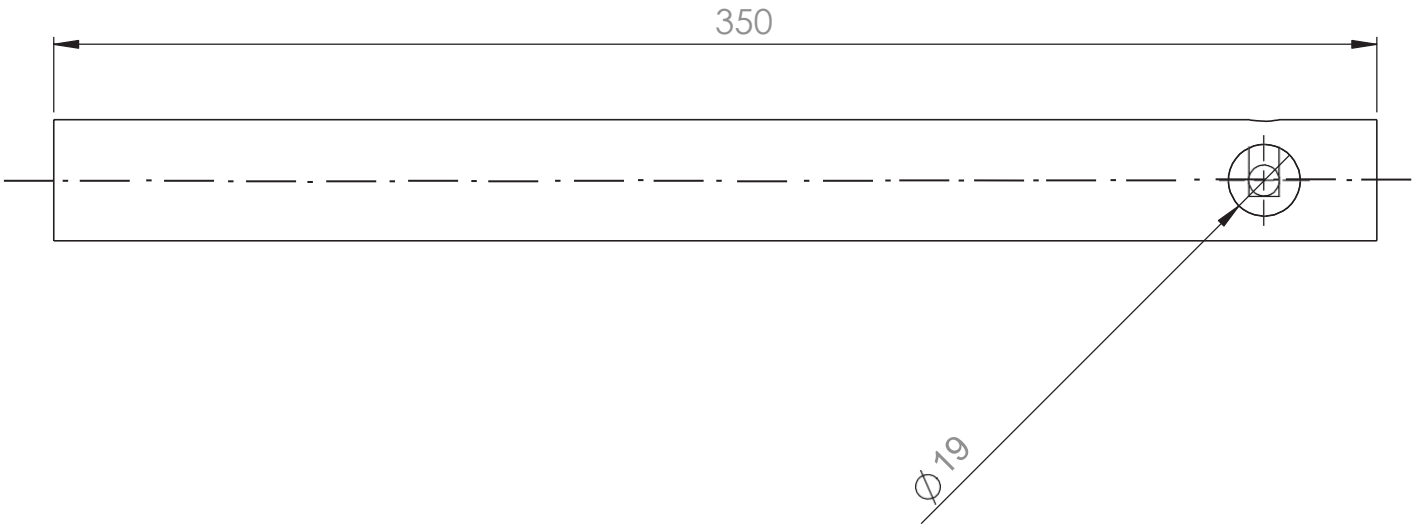
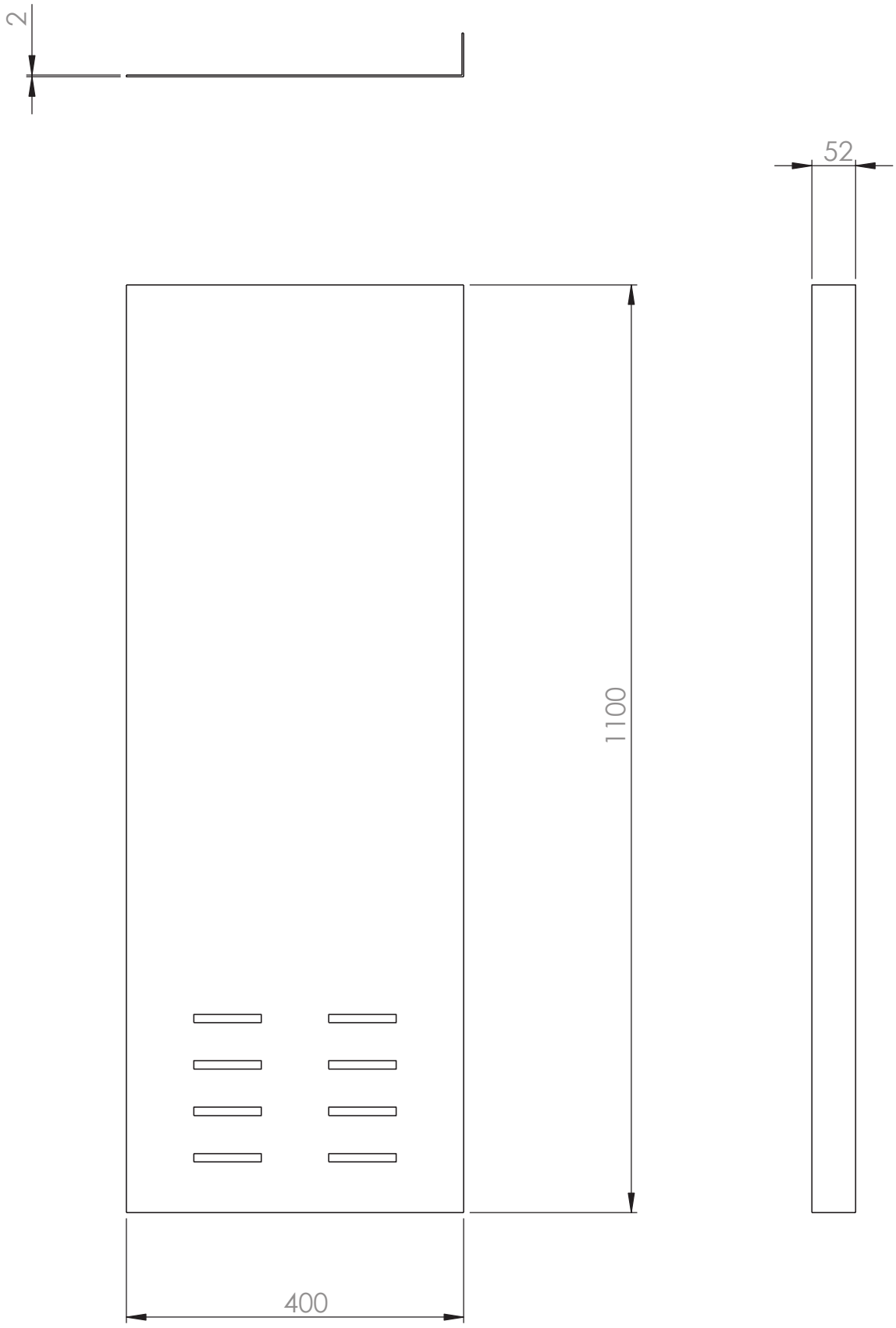


Figure II.19 Poste à souder par points.

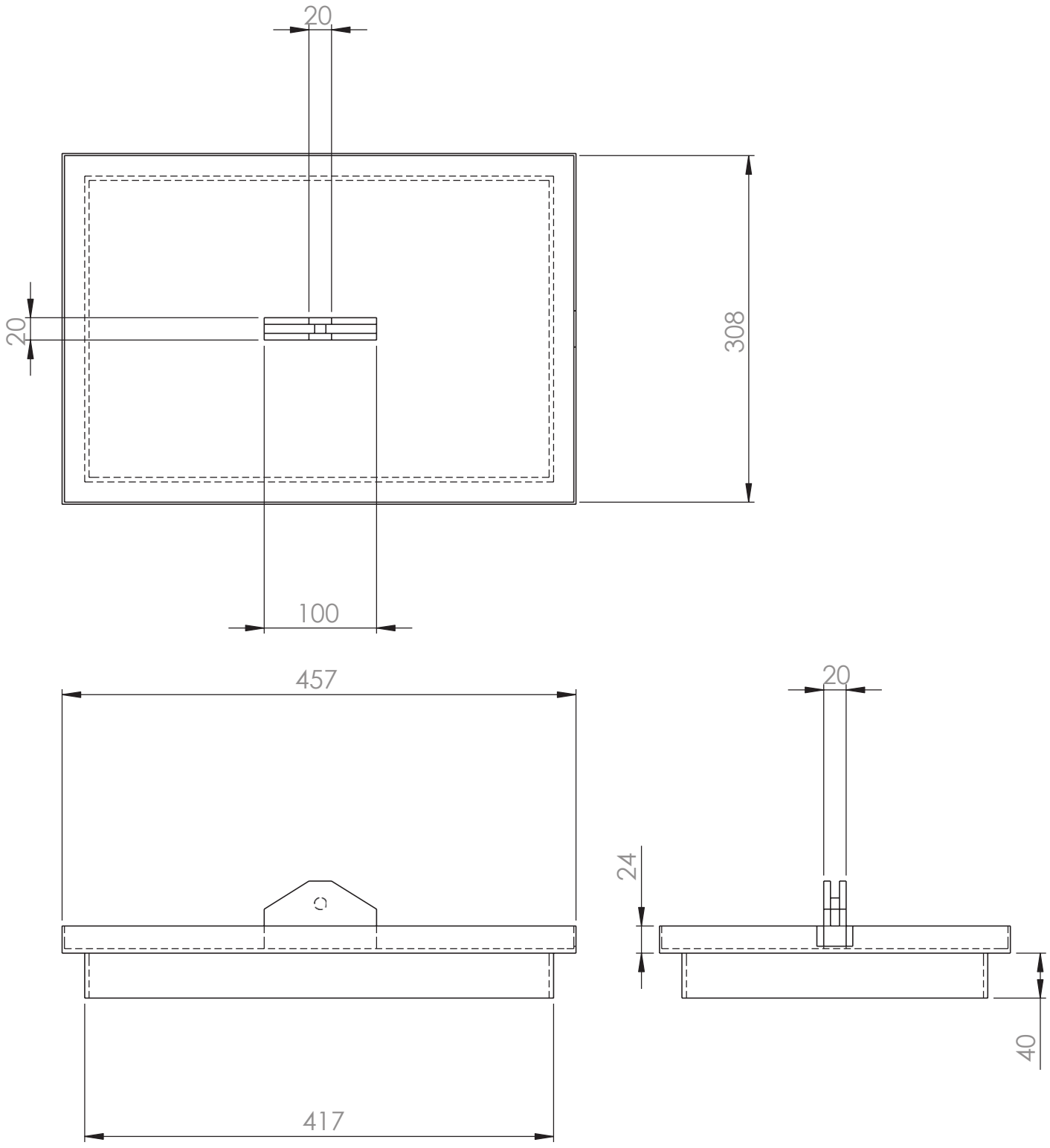
Dessin d'ensemble et des définitions



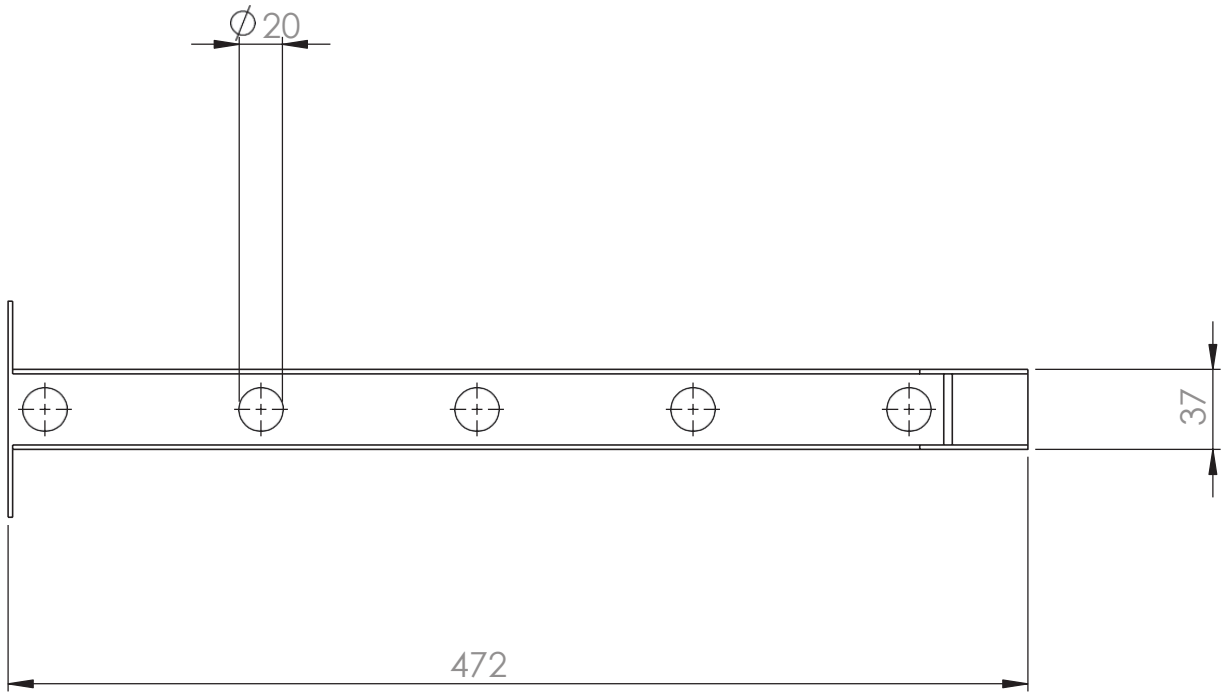
	UNIVERSITY ABOU BAKRE BELKAID TLAMCEN	**ALOUI Mouusa** **CHERGUI Sidi ali**
Echelle:1.2	# Porte-éléctrode	PFE M2 ASM
11/06/2019		**M.SBAA FETHI**

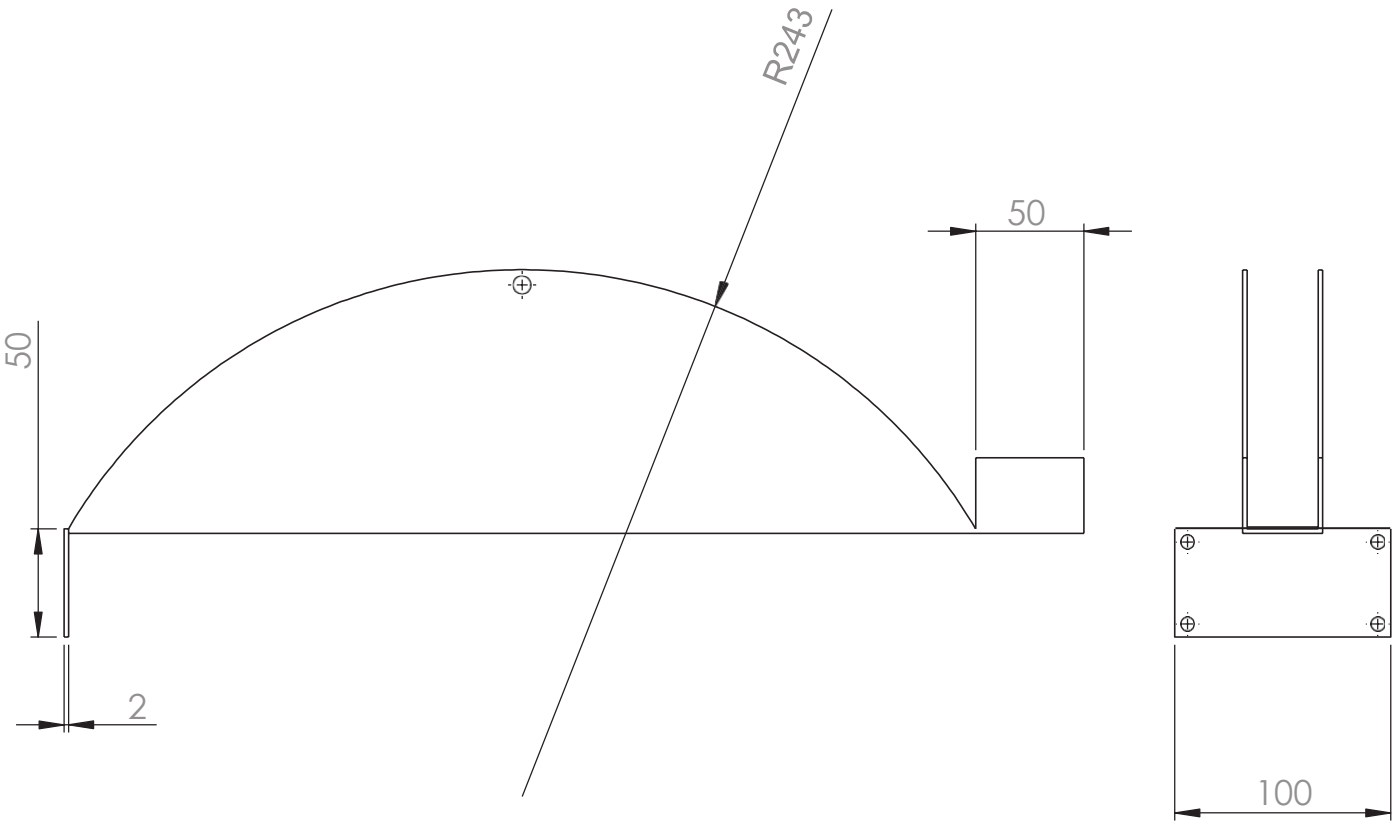


	UNIVERSITE ABOU BAKRE BELKAID TLEMCEN	ALOUI Mouusa CHERGUI Sidi ali
Echelle:1.7	**Bâti**	PFE M2 ASM
11/06/2019		**M.SBAA FETHI**

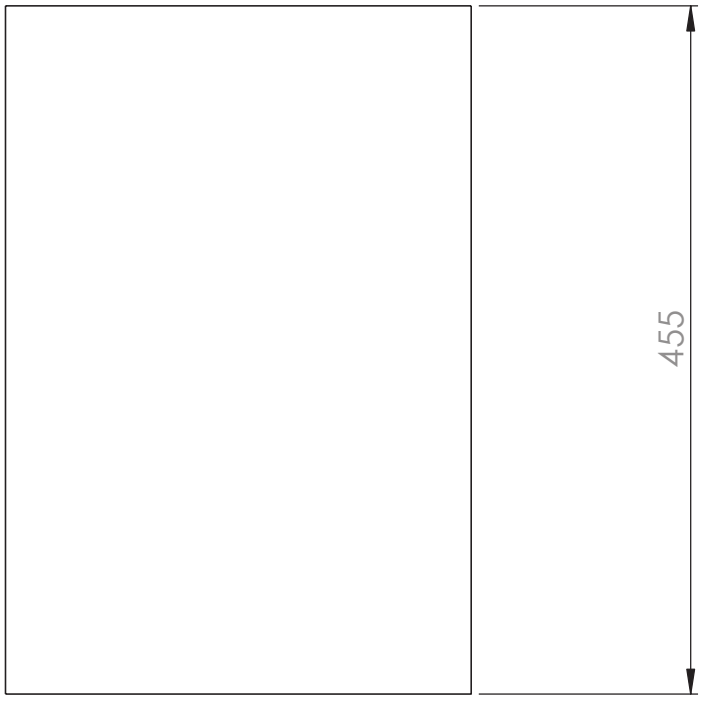


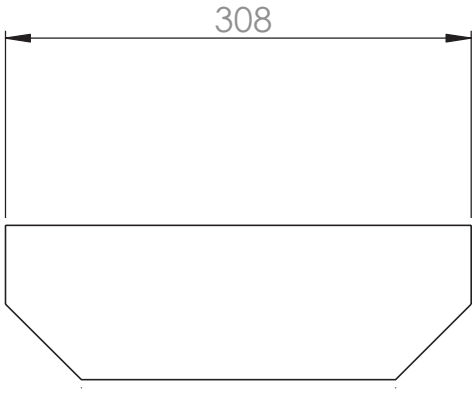
	UNIVERSITE ABOU BAKRE BELKAID TLEMCEN	ALOUI Mouusa CHERGUI Sidi ali
Echelle: 1.5	Base	PFE M2 ASM
11/06/2019		M.SBAA FETHI

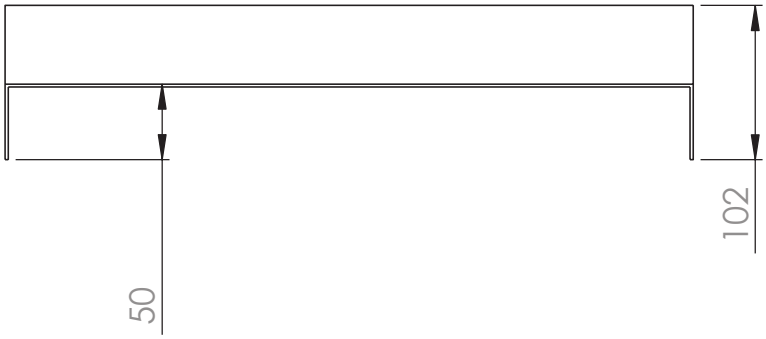




	UNIVERSITE ABOU BAKRE BELKAID TLEMCEN	ALOUI Mouusa CHERGUI Sidi ali
Echelle:1:3.5	Support de port-électrode inférieur	PFE M2 ASM
11/06/2019		M.SBAA FETHI







	UNIVERSITE ABOU BAKRE BELKAID TLEMCEN	ALOUI Mouusa CHERGUI Sidi ali
Echelle: 1:5	Couvercle	PFE M2 ASM
11/06/2019		M.SBAA FETHI

Conclusion générale

Rapport-Gratuit.com

Conclusion générale

Tout au long de la préparation de notre projet de fin d'études au niveau de l'entreprise SOREMEP, nous avons mis en pratique les connaissances acquises durant nos études universitaires. Le but de ce travail est la réalisation d'un dispositif de soudage par point par refroidissement à eau utilisant le principe de la soudure par résistance à électrode non fusible où l'élévation de température pour obtenir le point de fusion du métal s'ajoute à une forte pression mécanique de l'ordre de 10 à 20 daN. Deux électrodes de cuivre non fusibles compriment les pièces de métal à souder l'une contre l'autre puis les font traverser par un courant de très forte intensité comprise entre 4600 et 13300 A et un voltage de 2,6 V.

De plus, nous nous sommes confrontés aux difficultés réelles du monde du travail et aussi nous avons appris à manipuler différentes machines, plieuse poissonneuse et procédés de soudage suite à l'élaboration d'un processus de fabrication..

Les critères pris en compte dans la réalisation de ce travail sont :

-caractéristiques de transformateur utilisé ;

-dimensions normalisées du poste par points ;

-système de refroidissement ;

-position d'électrodes ;

Comme perspectives, ce projet sera élargi à l'automatisation du système de refroidissement et la réalisation d'une commande de réglage numérique.

Annexe

Présentation de l'entreprise

SOREMEP

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

SOREMEP

AMADA
AE 2510NT

AMADA
AE 2510NT

AMADA GSII 630

I-Historique de l'entreprise

La société d'études et de réalisations métalloplastiques, SOREMEP Spa a été crée en 2001 dans le cadre de la filialisation de l'entreprise nationale des télécommunications (ENTC). Elle fait partie du portefeuille de la Société de Gestion des Participations (SGP) CABELEQ.

L'activité de la SOREMEP a démarré, dés sa création en 2001, par la réalisation du mobilier métallique sous différentes formes et pour différentes usages.

En outre, l'entreprise a fait de la sous-traitance une bonne base de départ, eu égard à son savoir-faire et à l'expérience héritée de l'entreprise mère.

Elle réalisa cette année-là un chiffre d'affaires de 68 millions de DA avec un effectif de 150 agents.

Convaincue que sa survie et sa prospérité ne dépendent que de ses capacités à conquérir de nouvelles parts de marché et à diversifier ses activités, la SOREMEP s'est employée à mettre sur le marché de nouveaux produits qui ont vite fait de conquérir une clientèle pourtant très exigeante en matière de qualité.

Agissant par l'exploitation rationnelle et efficiente de ses capacités, l'entreprise a pu réaliser un chiffre d'affaire de 196 millions de dinars en 2004 et342 millions de dinars en 2005 avec un résultat net 35 millions de dinars. Les effectifs sont allés en progression passant à 171 agents en 2004 et 261 en 2005.

N'hésitant par à s'engager dans des chantiers requérant une grande maitrise technologique, l'entreprise n'a cessé d'innover et a pu, en un laps de temps relativement court, réaliser des prouesses dans les domaines de l'injection plastique, la signalisation ferroviaire, le mobilier métallique, les circuits imprimés. Elle s'est lancée, à l'orée de l'année 2007, dans la réalisation des cabines et portes d'ascenseurs de différentes dimensions. L'ambition ne s'arrête pas là puisque l'entreprise compte, au mois, doubler son chiffre d'affaires actuel, à court terme et crée de nouveaux postes d'emploi.

II-Organigramme

La (figure I-1) représente les différentes sections de l'entreprise :

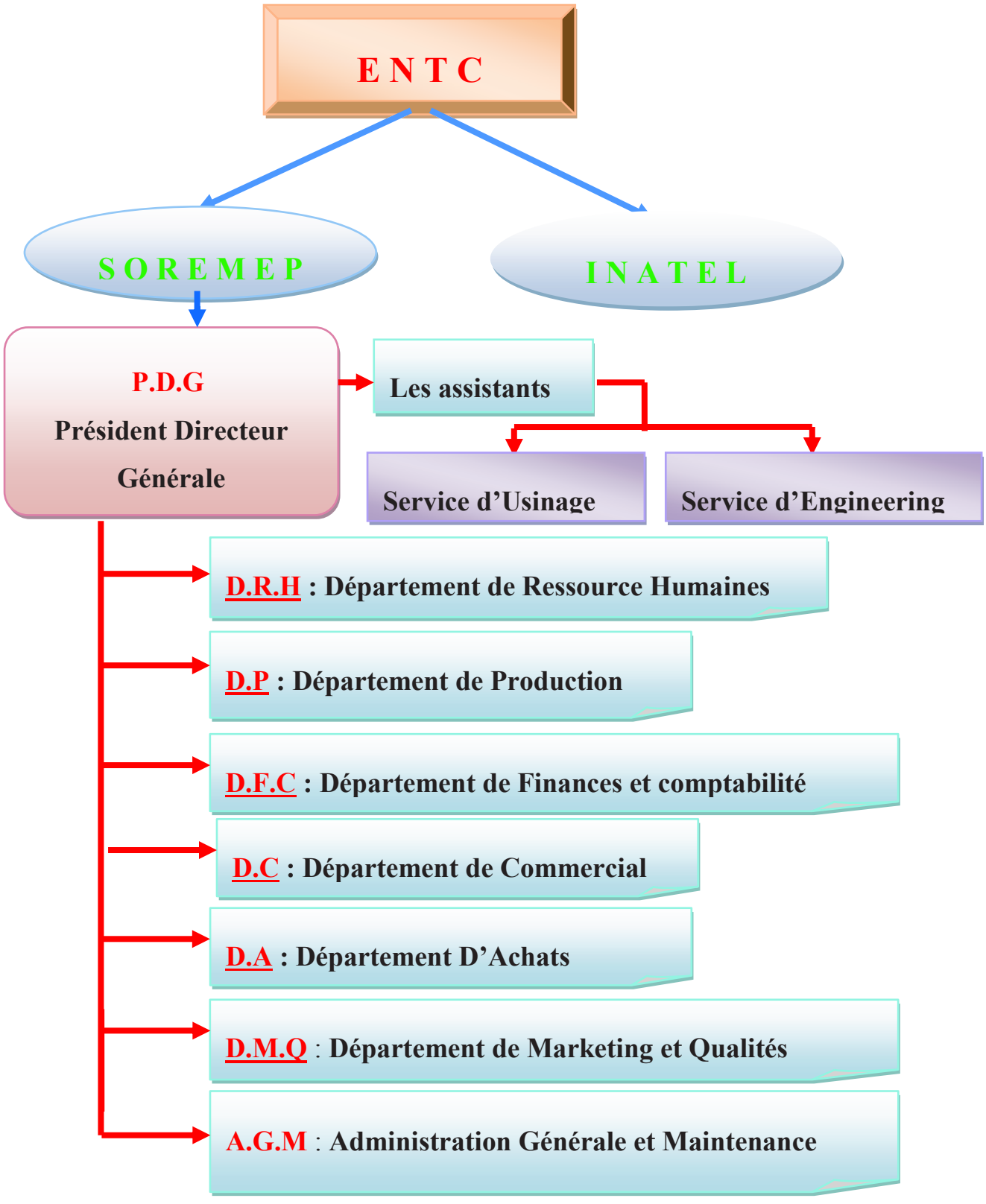


Figure I-1 Organigramme de la société SOREMEP

III. Processus de production

Le Processus de production a plusieurs étapes citer a (figure I-2) :

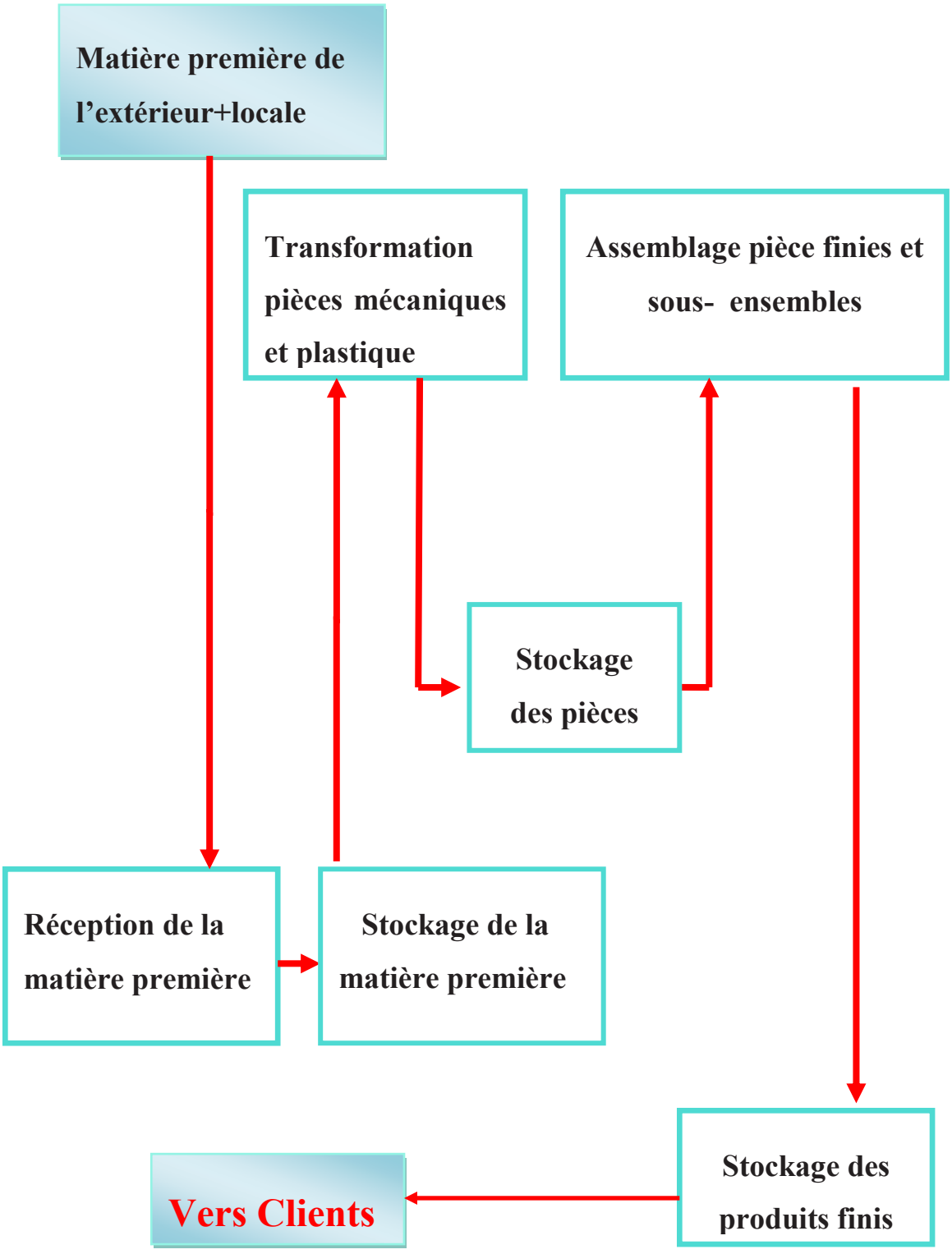


Figure I-2 Processus de production de l'entreprise SOREMEP

IV- Production

Le tableau suivant représente les équipements de production :

III-1-Tableau I .1 Équipements de production

ACTIVITE	Superficiel (m2)	Machines et capacité	Nombre
Atelier de d'injection plastique	1875	Machines d'injection plastique (simple injection) 20à 400T	34
Atelier de presse mécanique, de tournage et de visserie	1940	Presses hydraulique : 12 à 500 T pesses mécaniques : 6à 250T Tours, estampeuses, rainure use et filtreuses	105
Atelier de tôlerie	1884	*Cisailles (0.3-5 mm) *Grignoteuses/N plieuses de 60 à 300T. Soudure par point, presses mécanique...etc.	48
Atelier de traitement électrolytique et thermique	1376	*Ligne de traitement de surface *Zingage *Nickelage, cuivrage *Étamage et autres. *Équipement de dégraissage *Four pour traitement thermique	21
Atelier de peinture	829	*Ligne de peinture électrostatique *Cabine de peinture liquide	02 Chaines
Atelier de circuit imprimé simple face et double face sans trous métallisés	744	*Perçage et contour nage à C/N *Sérigraphie *Gravure et étamage à rouleau	29
Atelier de signalisation ferroviaire	1400	*Équipements de production des relais pour la signalisation ferroviaire	30

Atelier usinage mécanique	1440	Traitement thermique Électroérosion par en forage, tours fraiseuses, rectifieuses…etc.	39
Atelier des utilités	1880	Équipements divers	29

IV-2-Commentaire sur le processus de production dans le bâtiment A

Le bâtiment de production A il' est équipé par plusieurs machines soit de plie ou de l'injection plastique avec des pompes hydrauliques à palettes et aussi système gaze d'azote pour remonter le poinçon, il y a aussi des machines de soudage par point et de cisaillement.

IV-3-Produit métallique

La matière première donne cette atelier c'est une tôle de différentes épaisseurs, passe par plusieurs étapes pour la réalisation.

- **Étape de cisaillement :** cisaillé les tôles suivent les démentions demandé par bureau d'étude, après le contrat avec le client.
- **Étape de plie et d'écrasement :** elle fait par des machines avec des capacités de 25T jusqu'à 400T. Réalise plusieurs formes suivent à la demande de produit.
- **Étape de soudage par point :** c'est une technique pour assembler les pièces de manière esthétique.
- **Étape de dégraissages :** cette étape est très importante pour éliminer tous des étapes précédents, elle fait dans un tunnel qui s'appel tunnel de dégraissage.
- **Étape de séchage :** cette étape après le dégraissage.
- **Étape de tôlerie :** la peinture utilisé c'est un produit poudre (poxi-plastique), réalisé par la méthode électrostatique dans un tunnel fermé qui porte des rideaux d'air à l'entrer et sortir, et un tapé filtrai pour récupérer la poudre qui tombe en bas de tunnel. Puis passe par un four de cuisson (260 0) pour stabiliser la poudre au les pièces après la fusion.

V-Département de la maintenance

Ce département a trois services motionné dans (figure I-3) :

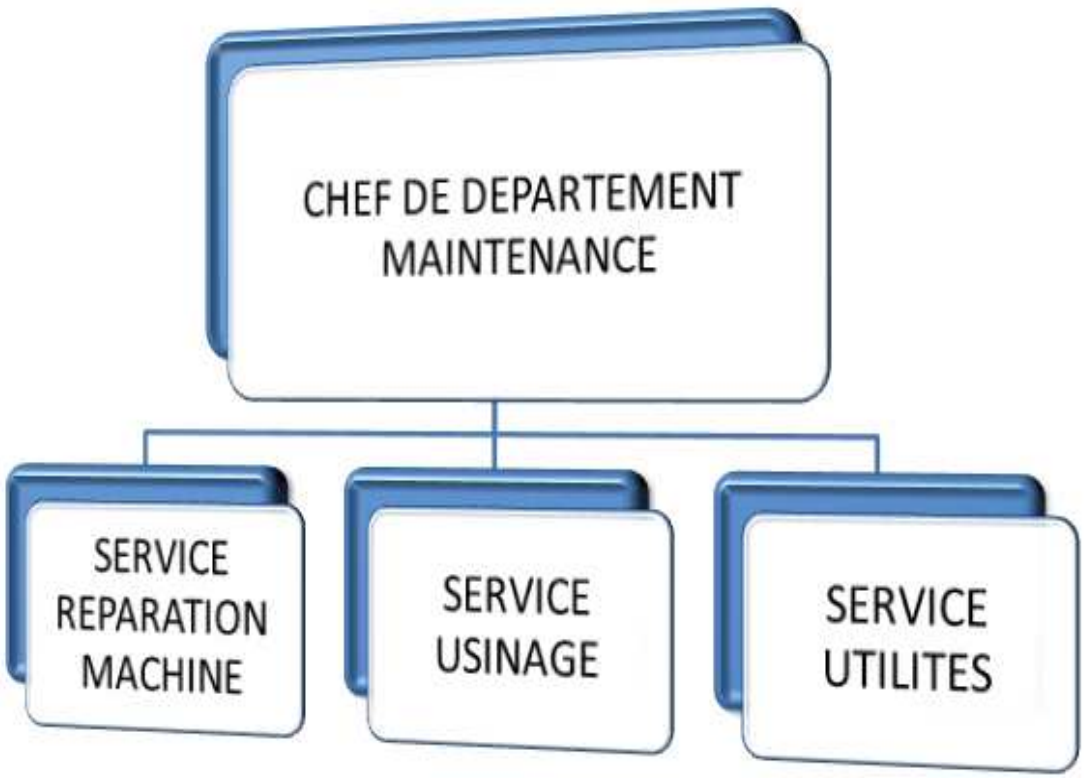


Figure I-3 Organigramme du département de la maintenance

A-Service réparation machine

C'est un groupe d'ingénieurs en mécanique, électronique, électricité et un bureau d'études qui étude de la réparation de la machine

B- Service usinage

Il est aussi constitué d'un groupe d'ingénieurs en mécanique, électronique, électricité et un bureau d'études qui s'intéresse à la faisabilité.

C- Service utilités

Assurer tous les types d'énergies genre d'éclairage, eau potable ou industrielle, la vapeur, l'air, le gaz ….Et les claques.

-L'atelier de maintenance

Dans l'atelier il y a plusieurs machines (Tour, Fraiseuse, Perceuse, Rectifieuse de profil, Rectifieuse cylindrique intérieur et extérieur, Électroérosion…) avec différent volumes, pour réalisé les pièces de rechange des machines de production et les outils (les matrices, les poinçons et les moules), et aussi fabriqué les pièces sous les demandes des entreprises privée.

En autre coté Les traitements thermiques (la trempe, revenue et cimentation). Utilisé des fours avec résistances pour pré chauffage et la trempe, et des fours avec gaze/air pour la cimentation du plus de le caneur qui jeu deux rôle en même tempe (stabilisé la température et émarge les pièces pour la carbonisation).Il ya aussi le traitement de surface, elle passe par plusieurs phases : Dégraissage (électrolytique, chimique) ; première Rinçage ; Décapage ; deuxième Rinçage ; Zingage ; Rinçage de zinc ; Soufflage ; Chauffage ; Décharge.

Le refroidissement fait dans un bain d'huile ou d'eau suivant la dureté de la pièce demandée.

La figure I-4 représente les différentes pièces au sein de SOREMEP.

Figure I-4 Quelques pièces de fabrication.

Rapport-Gratuit.com

Références

[1] Chainarong Srikunwong « Modélisation du procédé de soudage par points » These de doctora, l'Ecole des Mines de Paris, octobre 2005

[2] DJEDIDI MOHAMED YAZID «ETUDE ET REALISATION D'UN POSTE A SOUDURE» Mémoire de Fin d'Etud Master,Université Mohamed Khider Biskra,Juin 2015.

[3] Elise Gauthier,«Etude expérimentale et numérique de la dégradation cyclique des électrodes en CuCr1Zr lors du soudage par résistance par point» THESE / UNIVERSITE DE BRETAGNE-SUD,janvier 2014.

[4]Eric THIEBLEMONT,«MODELISATION DU SOUDAGE PAR RESISTANCE PAR POINTS»THE SE de doctora ,L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAIN,Septembre 1992.

[5]Klas Weman,«PROCÉDÉS DE SOUDAGE»Dunod, Paris, 2012

[6]LARBI CHERIF MOHAMMED,«COMPORTEMENT MECANIQUE D'ASSEMBLAGES SOUDES PAR POINT» Mémoire de Fin d'Etud Master, Université de Tlemcen,mai 2016.

[7],«LES DIFFERENTS PROCEDES DE SOUDAGE PAR RESISTANCE» centre d'etude wallon d'assemblage et du control des matériaux.

[8] Roland CAZES « Soudage par résistance » Ingénieur de l'École Supérieure

d'Électricité ex-Directeur des Recherches. Société Sciaky

[9] SD service «SOUDAGE PAR RESISTANCE»edition 2016.

[10]Sylvain DANCETTE, «Comportement mécanique des soudures par points-mécanismes et stratégies de prédiction dans le cas des tôles en acier pour automobile» Thèse de doctora, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon,2009.

[11] Élias Sarkis, «Machine de soudage à la molette pour les gaines circulaires» Projet de fin d'étude, Institut des Sciences Appliquées et Économiques - Université Libanaise- Juin 2012

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES