

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان
Université Aboubakr Belkaïd - Tlemcen -
Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

En vue de l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Génie Mécanique

Spécialité : Assemblages Soudés & Matériaux

Présenté par : HIDRA Ichraf

Thème

**Fabrication d'une enrouleuse de tôles minces
épaisseur maxi 2mm**

Soutenu par visioconférence, le 20/09 /2020, devant le jury composé de :

M GUEZZAN Samir	MCB	Univ. Tlemcen	Président
M SEBAA Fethi	MCA	Univ. Tlemcen	Directeur de mémoire
M RAHOU Mohammed	Professeur	ESSA. Tlemcen	Co-Directeur de mémoire
M ACHOUI Mohammed	MAA	Univ. Tlemcen	Examineur

Année universitaire : 2019 / 2020

Remerciements

Je remercie Allah tout puissant de m'avoir donné le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science.

Tout d'abord nous tenons à remercier Dieu de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terre notre formation de master et pouvoir réaliser ce travail de recherche.

Je désire vivement exprimer mon extrême me remerciement à mon encadreur SEBAA FETHI pour son aide morale et ses conseils sincères.

Mes remerciements au Président Mes remerciements à l'examineur

Enfin mes remerciement aussi à chef département de Génie Mécanique et tous les enseignants sans exception, en plus mes camarades de promo.

Dédicace

Je dédie cette mémoire avec une attention particulière

*A ma maman, pour son amour, toute l'énergie qu'elle a dépensée et Tous
les sacrifices qu'elle a faits pour nous, merci de m'avoir encouragé à
réaliser mes rêves.*

*A mon papa, merci pour son amour, et ses encouragements. Merci d'avoir
toujours voulu Ce qu'il y a de mieux pour moi, que dieu les garde toujours
en bonne sante.*

A toute ma famille et mes ami(e)s

HIDRA Ichraf

Résumé

Le roulage est un procédé de transformer une surface plane métallique en une surface cylindrique ou conique. Les machines à rouler sont appelées simplement rouleuses. Les organes de roulage sont constitués par des cylindres d'une grande résistance à la flexion. Il existe trois types de rouleuses, de deux, de trois ou quatre rouleaux.

Le but de ce travail est fabrication d'une enrouleuse des tôles minces épaisseur maxi 2mm.

Ce mémoire est développé en deux parties. La première partie présente les différents procédés et leurs paramètres plus précisément le soudage à l'électrode enrobée. La seconde partie regroupe l'étude et la réalisation d'une enrouleuse des tôles minces sous SolidWorks.

Abstract

Rolling is a process of turning a flat metallic surface into a cylindrical or conical surface. Rolling machines are called simply rolling machines. The rolling elements are made up of cylinders with high flexural strength called rollers. There are three types of rolling machines, two rollers, three or four rollers.

The goal of this work is the manufacturing of a winding machine for thin sheets maximum thickness 2mm.

This dissertation is developed in two parts. The first part presents the different processes and their parameters, more specifically the coated electrode welding. The second part includes the study and construction of a thin sheet winder and the development of technical drawings in SolidWorks

المخلص

الدرفلة هي عملية تحويل سطح معدني مسطح إلى سطح أسطواني أو مخروطي الشكل. تسمى آلات الدرفلة ببساطة آلات الدرفلة. تتكون أجسام التدحرج من أسطوانات ذات قوة انثناء عالية. هناك ثلاثة أنواع من آلات الدرفلة، بكرتان، ثلاث أو أربع بكرات.

الهدف من هذا العمل هو تصنيع آلة لف للصفائح الرقيقة، بسماكة قصوى 2 مم.

تم تطوير هذه الأطروحة في جزأين. يقدم الجزء الأول العمليات المختلفة ومعلماتها، وبشكل أكثر تحديداً اللحام الكهربائي المطلي. يتضمن

الجزء الثاني دراسة وبناء جهاز لف ذو صفائح رقيقة في SolidWorks

Liste des figures

Chapitre 1

Figure1.1: Raccord des tuyaux.....	3
Figure1.2: Soudage en angle	4
Figure 1.3 : Morphologie d'un cordon de soudure d'angle	6
Figure 1.4: Installation de soudage OA.....	8
Figure 1.5 : Schéma d'installation manuel pour soudage MIG-M.....	10
Figure1.6: Transfert du métal	11
Figure 1.7 : Installation manuelle pour soudage TIG	12
Figure 1.8 : Transfert du métal TIG	13
Figure1.9: Soudure par résistance	14
Figure 1.10 : Cycle thermique de soudage par résistance	15
Figure 1.11 : Installation pour soudage à l'électrode enrobé.....	17
Figure1.12: Eléments de l'électrode	18
Figure 1.13 : Marquage d'une électrode enrobé	18
Figure 1.14 : Schéma du mécanisme de soudage avec électrode enrobé	19
Figure 1.15: Etuvages des électrodes enrobées.....	20
Figure1.16: Polarité(+).....	22
Figure1.17: Polarité(-).....	22
Figure 1.18 : Composants du poste de soudage statique/rotatif	23

Liste des tableaux

Chapitre 1

Tableau 1.1 : Représentation graphique des déplacements du chalumeau	9
Tableau 1.2 : Avantages et inconvénients MIG-MAG	11
Tableau 1.3 : Avantages et inconvénients TIG	13
Tableau 1.4 : Avantages et inconvénient par résistance	15
Tableau 1.5 : Intensité moyenne de soudage on fonction du diamètre d'électrode enrobée et l'épaisseur d'enrobage	21

Liste des abréviations

AISI: American Iron and Steel Institute

Cr: Chrome

Cu : Cuivre

Ti : Titane

Mo : Molybdène

316L : Acier low carbone

ZF : Zone fondu

ZAT : Zone affecté thermiquement

OA : Oxyacétylénique

MIG : Métal inerte gaz

TIG : Tungstène inerte gaz

Sommaire

Remerciements.....	
Dédicace.....	
Résumé	
Listes des figures	I
Liste des tableaux	II
Liste des abréviations	III
Introduction générale	1

Chapitre 1: Procédés de soudage

1. Histoire de soudage.....	2
2. Généralité sur le soudage	3
3. Soudage oxyacétylénique	7
Définition	7
Principe du procédé	7
Brasage.....	7
Soudo-brasage	7
Opérations de soudage	8
Domaine d'application.....	9
4. Procédé de soudage MIG-MAG	10
Définition	10
Principe du procédé	11
Avantages et inconvénients.....	11
Domaine d'application.....	12
5. Procédé de soudage TIG	12
Définition	12
Principe du procédé	12
Avantages et inconvénient	13
6. Soudage par résistance	14
Définition	14
Principe du procédé	14

Avantages et inconvénients.....	15
Domaine d'application.....	16
7. soudage à l'arc à l'électrode enrobée	16
Définition	16
Principe du procédé	16
Généralité sur les électrodes enrobées	17
Constituants des électrodes enrobées.....	17
Classification des enrobages des électrodes enrobées.....	18
Rôle des enrobages	19
Étuvage des électrodes enrobées	20
Choix de l'électrode	20
Paramètres de soudage en fonction du diamètre d'électrode enrobée	20
Polarité de l'électrode enrobée.....	21
Générateurs de soudage à l'électrode enrobée	23
Types de générateurs	23
Composition du Poste de soudage	23
Avantages et inconvénient	24
Avantages	24
Inconvénients.....	24
Domaine d'application.....	24
Applications légères.....	25
Applications intensives	25
Sécurité.....	25

Chapitre 2: Etude de l'enroulement des tôles minces.

1. Généralités sur la rouleuse des tôles	26
1.1.Définition.....	26
1.2.Description de la machine	26
1.3.caractéristique.....	27
2. Les trois types de l'enrouleuse	27
2.1.l'enrouleuse pyramidale.....	27
2.2.l'enrouleuse planeuse à trois rouleaux.....	28
2.3.l'enrouleuse planeuse à quatre rouleaux.....	29
3. Différences entre les rouleuses	29
3.1.l'enrouleuse de type pyramidale.....	29
3.2.l'enrouleuse de type planeur.....	29

3.3.l'enrouleuse de type croqueur	29
4. Les Procédure de roulages	30
5. Principe de fonctionnement	34
6. Les avantages et les inconvénients	39
7. Sécurité	39

Chapitre 3:Etude de l'enrouleuse de tôles.

1. Dessin technique: d'ensembles de définition.....	40
2. Descriptif de mode opératoire de soudage (DMOS)	51
3. Réalisation de l'enrouleuse.....	58
3.1. Matière première.....	58
3.2. Matière requis.....	58
3.3. Etape de réalisation	58
3.3.1. Traçage et découpage.....	58
3.3.2.Usinage de cylindre.....	59
3.3.3. Perçage des poutrelles.....	59
Conclusion	60
ANNEXE.....	61
Référence bibliographique	63



**Introduction
générale**

Introduction générale

Un procédé de fabrication est un ensemble de techniques visant l'obtention d'une pièce ou d'un objet par transformation de matière brute. Obtenir la pièce désirée nécessite parfois l'utilisation successive de différents procédés de fabrication. Ces procédés de fabrication font partie de la construction mécanique.

L'obtention de ces pièces peut être de différentes manières ; l'une de ces méthodes est par moulage dans le cas d'un travail sériel. Afin d'optimiser le coût de l'enrouleuse, sa réalisation en mécano soudure est la plus appropriée vu que que travail se fait en travail unitaire. Le soudage est le plus utilisé dans cette méthode, il occupe une place importante dans toutes les branches de l'industrie. Il consiste à fusionner deux pièces en les rendant localement liquides, ce procédé peut aussi être considéré comme une technique d'assemblage. Parmi les procédés de soudage par chauffage, la technique de soudage à l'arc électrique est la plus utilisée vu le rapport qualité/prix de cet équipement.

L'obtention de pièces métalliques par déformation consiste à rouler le matériau jusqu'à obtenir la forme désirée. Le roulage est parmi les moyens les plus connus dans ce domaine, une technique utilisée dans l'industrie pour la fabrication des tôles de forme cylindrique ou conique, à l'aide d'une enrouleuse.

Le but de ce travail est Fabrication d'une enrouleuse de tôles minces d'une épaisseur maxi 2mm. Afin d'atteindre ce but, ce manuscrit est composé de trois chapitres.

Le premier chapitre rassemble des généralités sur les procédés de soudage et plus particulièrement le soudage à l'électrode enrobée.

Le deuxième chapitre est réservé à l'étude de l'enroulement des tôles minces.

Le troisième chapitre est consacré à l'étude SolidWorks de l'enrouleuse et sa réalisation au niveau de l'entreprise Sogerhwit Tlemcen.

Ce travail se termine par une conclusion générale suivie d'une perspective.

Chapitre I

Procédés de Soudage

1. Histoire de soudage

L'origine du soudage remonte à l'âge des métaux :

-À l'âge de bronze on soudait à la poche À l'âge de fer on soudait à la forge.

Jusqu'au milieu du 19ème siècle, les procédés de soudage évoluent peu. Vers 1850 on commence à se servir du gaz pour chauffer les métaux à souder.

Fin 19ème : mise en œuvre de nouveaux procédés :

- Le soudage oxyacétylénique
- Le soudage aluminothermique
- Le soudage à l'arc électrique
- Le soudage par résistance

Ces procédés connaîtront leur essor industriel vers 1920.

Début du 20ème siècle : le soudage se répand dans tous les secteurs industriels. Conséquence : une modification importante dans la conception et la réalisation des objets. Exemple : l'utilisation pour les ponts de PRS (Poutres reconstituées soudées) de grandes dimensions et fortes épaisseurs. Le soudage devient indissociable du développement de nombreux secteurs économiques.

Dans les années trente, le champ d'application du soudage s'élargit : construction navale, automobile, aéronautique. Un nouveau métier est apparu : celui de soudeur. Il devient nécessaire de former les ouvriers et d'organiser des cours. Le CAP de soudeur est créé en 1931.

Pendant des années, le soudage ne cesse d'évoluer sur le plan technologique Industrialisation de principes physiques : faisceau d'électrons, soudage au laser et aux Ultra-sons.

Découvertes involontaires : le soudage par explosion et par diffusion.

Introduction croissante de la micro-électronique dans les équipements de soudage et développement de la robotisation, d'où une amélioration de la qualité et de la productivité. Depuis ces dix dernières années, les innovations portent moins sur les procédés mêmes, que sur le matériel de soudage et les matériaux d'apport. Ainsi que sur les méthodes et conditions de travail, qui continuent de s'améliorer, notamment en matière d'hygiène et de Sécurité [1].

2. Généralité sur le soudage

Dans le grand public, on connaît en général le brasage du cuivre utilisé en plomberie. Il s'agit de brasage dit « fort ». La figure ci-contre représente un raccord : deux tuyaux sont emboîtés l'un dans l'autre. L'extrémité du tuyau mâle est enduite d'une pâte appelée « flux », puis les tuyaux sont emboîtés et chauffés au chalumeau. Une fois les pièces portées au rouge, on retire la flamme puis on approche la baguette de métal d'apport.

Le métal d'apport fond au contact des pièces chaudes et pénètre entre les tuyaux par capillarité, aidé par le flux. Sur les tuyaux de grand diamètre, il n'est pas toujours possible d'avoir une température homogène, ce qui oblige à progresser autour du raccord, le chalumeau précédant la baguette.

La figure 1.1 représente un raccord deux tuyaux sont emboîtés

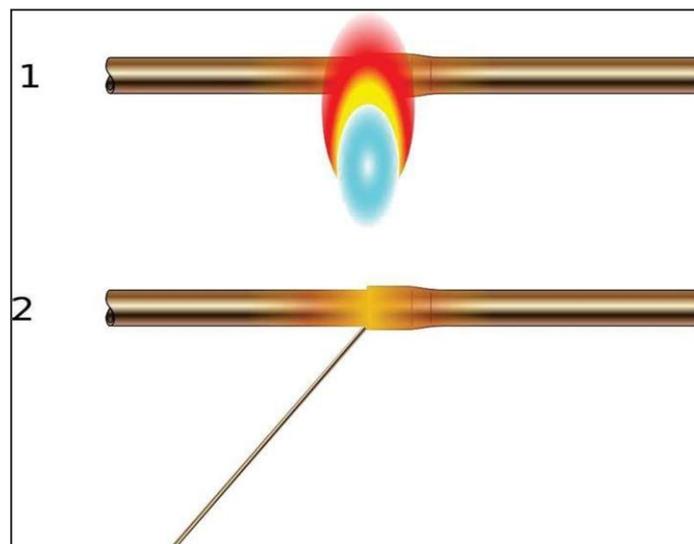


Fig. 1.1. Un raccord deux tuyaux [5].

1. Chauffage des pièces;
2. Fusion du métal d'apport au contact des pièces chaudes;

Le soudage, lui consiste à faire fondre les pièces à assembler, le métal de base, ainsi qu'un métal d'apport sous forme de fil ou de baguette. Le chauffage peut être assuré par différentes sources d'énergie, les plus courantes étant la flamme (chalumeau) et l'arc électrique (éclair entre une électrode et le métal).

La figure 1.2 représente soudage en angle.

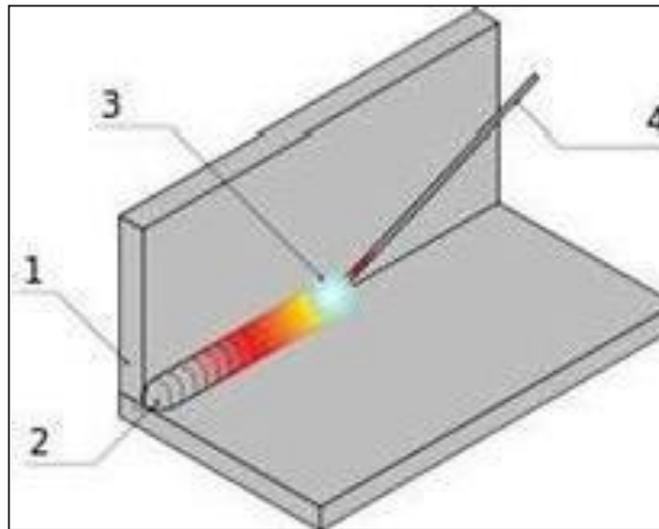


Fig.1.2.soudage en angle [5]

1. Métal de base.
2. Cordon de soudure.
3. Source d'énergie.
4. Métal d'apport.

Mais on peut aussi utiliser l'effet joule, l'induction électromagnétique, l'échauffement par friction, un laser, ...

Le chauffage doit être suffisant pour faire fondre les métaux (température du liquidus)

Bronze : 900 à 1 085 °C (selon la composition) ;

Acier : 1 380 à 1 538 °C (1 450 °C pour l'AISI 321/X6CrNiTi18-10, 1 400 °C pour l'AISI 316L/X2CrNiMo17-12-2) ;

- Alliage d'aluminium : 500 à 660°C;
- Alliage de nickel : 940 à 1 660°C;
- Alliage de titane : 950 à 1 670°C;

À partir d'une certaine épaisseur, il est nécessaire de biseauter le bord des tôles faire des chanfreins afin d'avoir une bonne pénétration de la soudure, sinon, on effectue juste un « Collage ». Le chanfreinage se fait à la meule ou au chalumeau d'oxycoupage, ou bien avec

une machine dédiée (chanfreineuse).

On peut faire plusieurs passes de soudure afin d'avoir un cordon suffisamment épais. Il peut être nécessaire de meuler entre chaque passe afin d'enlever des impuretés.

À haute température, le métal réagit avec l'air, il s'oxyde. Pour éviter cela, on peut projeter une atmosphère protectrice ou bien ajouter un produit qui va former un nuage de vapeur protectrice sous l'effet de la chaleur. Il peut être nécessaire de protéger l'envers de la soudure lors de la première passe (le bain de fusion est en contact avec l'air de l'autre côté de la tôle) ; s'il s'agit d'une capacité (réservoir) ou d'un tuyau, il peut être nécessaire de remplir le volume intérieur d'un gaz inerte (typiquement argon, azote ou hélium), opération dite « d'inertage ». Le débit doit être suffisant pour que l'opération ne dure pas trop longtemps (typiquement 5 minutes à une demi-heure), mais pas trop important pour ne pas brasser les gaz et bien avoir une couche qui pousse l'autre ; il faut également veiller à ne pas avoir de surpression qui repousserait le bain de fusion. On peut effectuer un cambrage, c'est-à-dire limiter le volume à remplir par des vessies gonflables ou bien un film soluble dans l'eau ce qui permet de l'éliminer par un simple rinçage ou bien lors de l'épreuve de pression pour diminuer la consommation de gaz et la durée de l'opération.

Cela explique la diversité des procédés de soudage :

- soudage au chalumeau;
- soudage à l'arc électrique;
- l'électrode étant le fil ou la baguette du métal d'apport,
- une atmosphère gazeuse,
- avec un produit d'apport qui enrobe ou est fourré dans le métal d'apport,
- l'électrode étant une baguette qui ne fond pas (en tungstène) ; Vu en coupe, le cordon de soudure présente:
- une zone fondue (ZF) : c'est la partie du métal de base qui a fondu et s'est mélangé avec le métal d'apport pour former le bain de fusion, puis qui s'est solidifié en refroidissant;
- une zone affectée thermiquement (ZAT) qui entoure la zone fondue : dans cette zone, le métal de base n'a pas fondu, mais il a été altéré par le chauffage;

La figure.1.3 représente Morphologie d'un cordon de soudure d'angle.

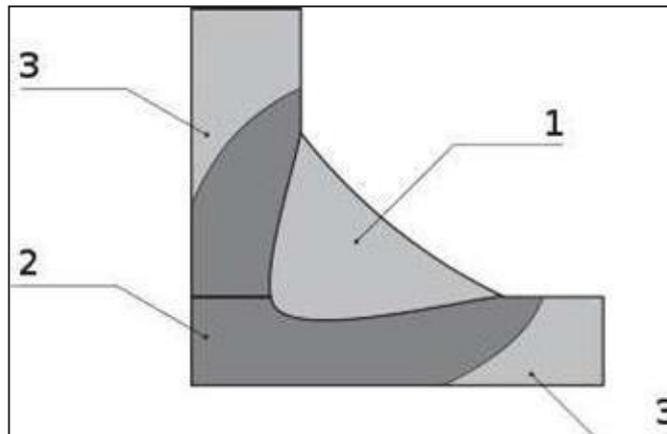


Fig.1.3. Morphologie d'un cordon de soudure d'angle [5]

1. Zone fondue (ZF)
2. zone affectée thermiquement (ZAT)
3. métal de base

Plusieurs problèmes peuvent se poser lors du soudage :

- mauvaise fusion du métal, mauvaise pénétration du bain de soudure entre les tôles;
- formation de phases métalliques fragiles lors de la solidification et du refroidissement, provoquant de la fissuration à chaud ou à froid;
- présence d'inclusions (particules provenant du procédé de soudage);
- formation de bulles de gaz, de criques;
- oxydation du métal, provoquant des amas noirs et irréguliers (rochage);
- en soudage à l'arc, déviation de l'arc par le champ magnétique (soufflage);

Par ailleurs, le chauffage important et le phénomène de retrait à la solidification provoquent des déformations des pièces ainsi que des contraintes résiduelles (tensions internes à la matière).

On essaie de limiter la déformation

- en choisissant bien la forme des pièces à souder et la position du joint de soudure;
- en effectuant un pointage, c'est-à-dire en commençant par des points de soudure espacés

qui vont tenir les pièces pendant la réalisation duc ordon;

- éventuellement en soudant une pièce de renfort qui sera ensuite enlevée;

Pour réduire les contraintes résiduelles, on peut effectuer un traitement thermique après soudage un chauffage modéré suivi d'un refroidissement lent (traitement de recuit) [5].

3. Soudage oxyacétylénique

3.1. Définition

Le soudage Oxyacétylénique est un procédé de soudure à la flamme. Le soudage est réalisé à partir de la chaleur d'une flamme née de la combustion d'un gaz combustible l'acétylène - C₂H₂ avec un gaz comburant d'oxygène -O₂. La température de la flamme peut atteindre les 3200 ° Celsius, lorsque le mélange C₂H₂ et O₂ est correctement équilibré dans le chalumeau. Le métal d'apport (baguette de fil dressé de Ø 0,8 mm à Ø 4,0 mm) est amené manuellement dans le bain de fusion. On peut souder « en bord à bord ». 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. [6]

3.2. Principe du procédé

3.2.1. Brasage

Il s'agit d'une opération d'assemblage rendue possible par la présence d'un métal d'apport différent assemblage à partir des métaux de base. Le brasage s'effectue à la température de fusion du métal d'apport, laquelle est inférieure à celle du métal de base. La zone d'assemblage, ou dans certains cas les deux pièces à assembler, doivent atteindre cette température [6].

3.2.2. Soudo-brasage

Il s'agit d'une opération d'assemblage par étapes utilisant une procédure technique similaire à celle du soudage.

Le métal d'apport, réalisé à partir de laiton, entre en fusion à une température comprise entre 800 et 930 °C (en fonction des alliages utilisés) : cette température est capable de limiter la déformation des plaques de fines épaisseurs, et ainsi de réduire l'évaporation du zinc lors de l'assemblage de pièces galvanisées.

Il est nécessaire d'utiliser une bande de recouvrement afin de favoriser le mouillage du métal

d'apport (à appliquer sous forme de poudre, de pâte ou directement sur la baguette).[6]

3.2.3.Soudage

Il s'agit d'une opération d'assemblage selon laquelle des pièces métalliques, appelées bases de métal, sont assemblées après fusion afin de former le « joint de soudure ». Après planage, le soudage s'effectue avec ou sans métal d'apport, généralement de type identique au métal de base.[6]

La figure.1.4 représente installation de soudage OA.

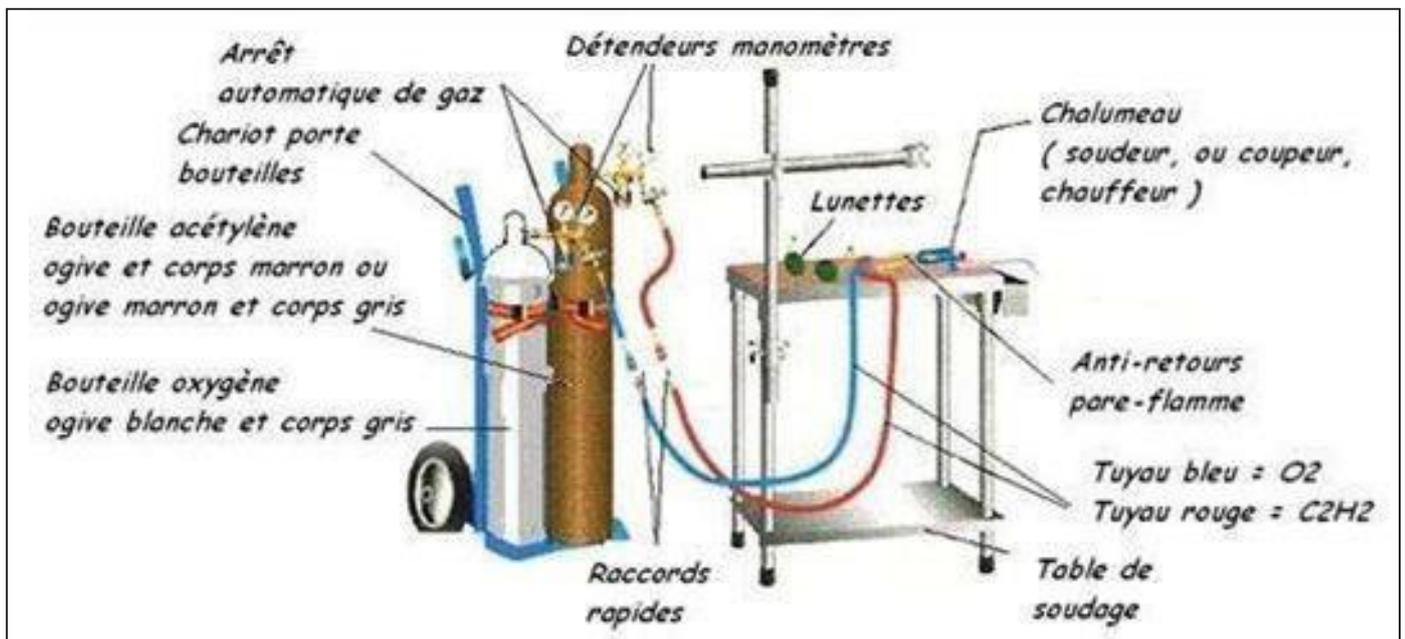


Fig.1.4. Installation de soudage OA [6]

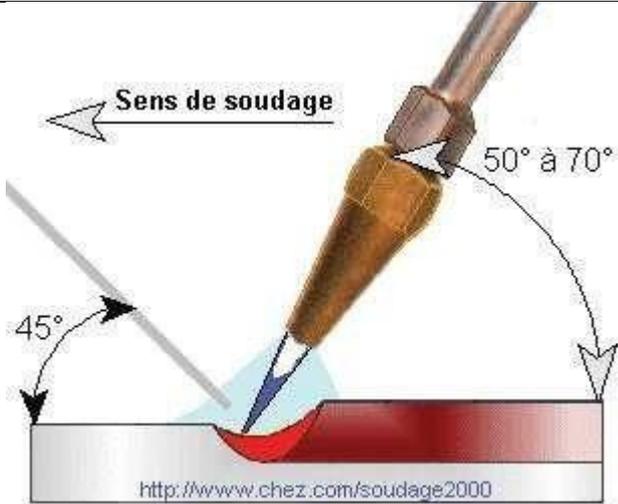
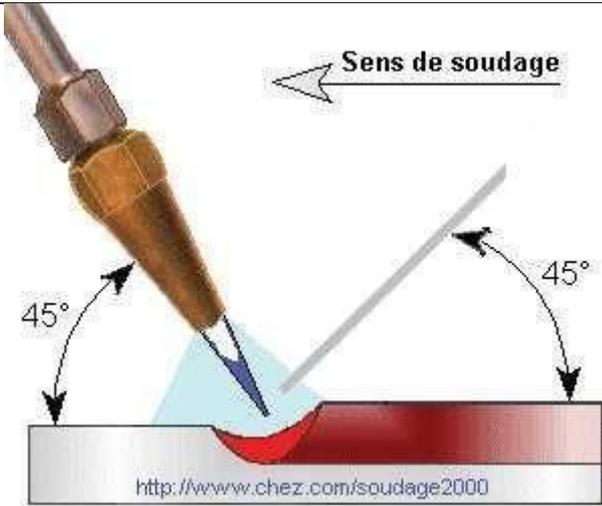
3.3.Opérations de soudage

Les deux sens de déplacement du chalumeau de soudage sont :

- Le soudage à gauche / en avant;
- Le soudage à droite / en arrière;

Le tableau 1.1. Illustre le schéma graphique et les avantages et inconvénients des deux sens de déplacement.

Tableau 1.1 : Représentation graphique des déplacements du chalumeau [4]

LE SOUDAGE A GAUCHE / EN AVANT	
Représentation graphique	Avantages et inconvénients
 <p>Le schéma illustre le soudage à gauche. Le chalumeau est incliné à un angle de 50° à 70° par rapport à la surface de la pièce. L'électrode est tenue à un angle de 45°. Une flèche indique le sens de soudage vers la gauche. Le bain de métal fondu est visible à l'arrière de la tête du chalumeau.</p> <p>http://www.chez.com/soudage2000</p>	<p>La méthode à gauche permet d'obtenir des cordons de très bel aspect. La pénétration est améliorée.</p>
LE SOUDAGE A DROITE / EN ARRIERE	
 <p>Le schéma illustre le soudage à droite. Le chalumeau est incliné à un angle de 45°. L'électrode est tenue à un angle de 45°. Une flèche indique le sens de soudage vers la gauche. Le bain de métal fondu est visible devant la tête du chalumeau.</p> <p>http://www.chez.com/soudage2000</p>	<p>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.</p>

3.4. Domaine d'application

Ce procédé est aujourd'hui utilisé par les plombiers, les chauffagistes, les frigoristes, les fabricants de métaux, les serruriers et les bricoleurs. Il s'agit le plus souvent de brasage ou de soudo-brasage. Quant au coupage oxy-flamme, il est notamment utilisé dans les industries de démolition d'ouvrages métalliques. Ce procédé fait appel à une flamme oxy-combustible et à de l'oxygène pur comme jet de coupage pour séparer le métal.[4]

4. Procédé de soudage MIG-MAG

4.1. Définition

Le soudage MIG-MAG est un procédé de soudage semi-automatique. La fusion des métaux est obtenue par l'énergie calorifique dégagée par un arc électrique qui éclate dans une atmosphère de protection entre un fil électrode fusible et les pièces à assembler.[2]

La figure.1.5 représente Schéma d'installation manuel pour soudage MIG-MAG

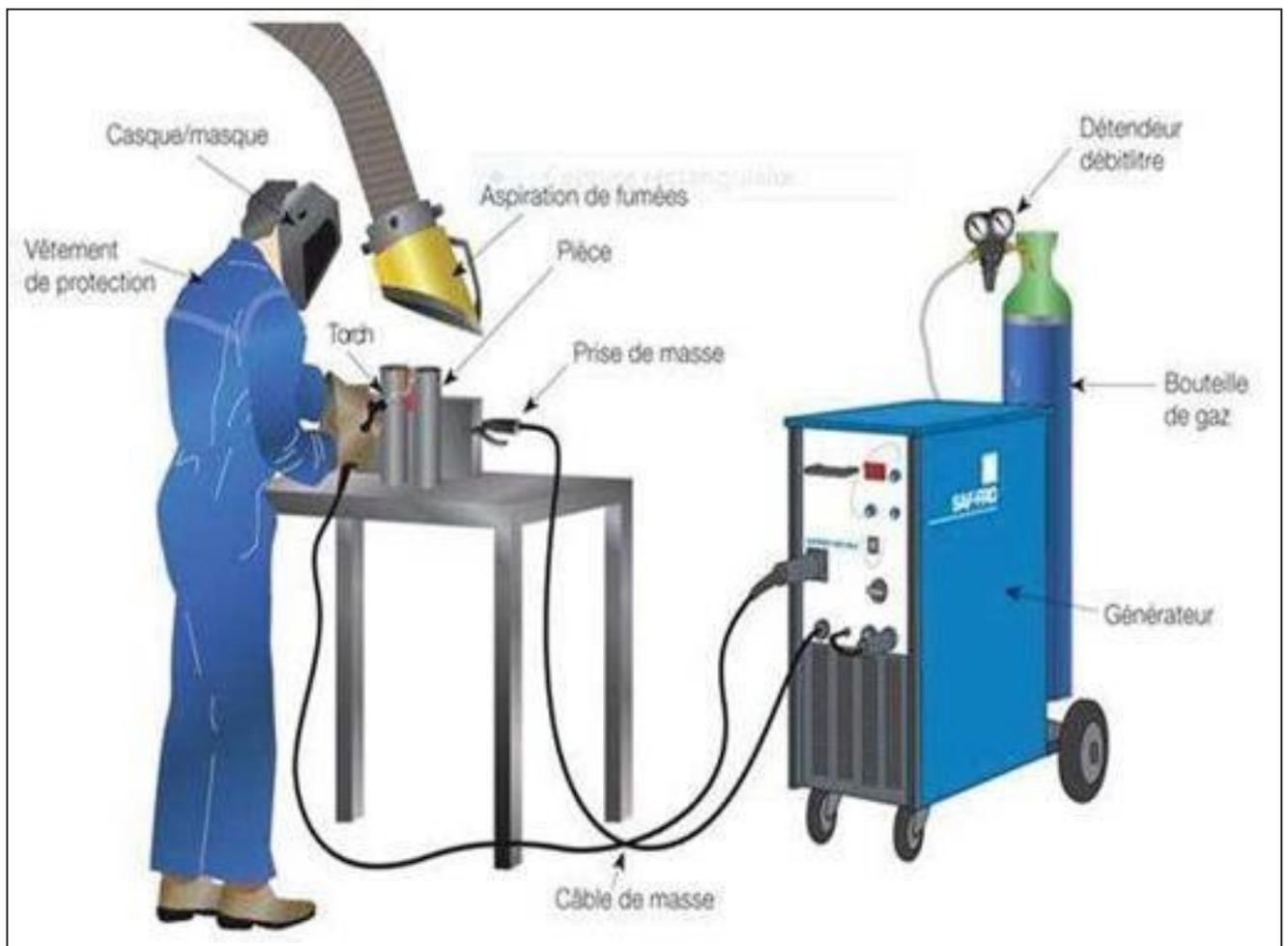


Fig.1.5. Schéma d'installation manuel pour soudage MIG-MAG [2]

4.2.Principe du procédé

Ce procédé implique la fusion des métaux au moyen d'une chaleur intense générée par un arc électrique entre les métaux à assembler et un fil d'apport (massif ou fourré). Le fil entre progressivement en fusion selon une vitesse identique à sa vitesse d'apport depuis la tête de soudage, et contribue en partie à la formation du bain de fusion. L'arc et le bain de fusion sont protégés des agents contaminants présents dans l'atmosphère au moyen d'un gaz inerte (non réactif). [2]

La figure.1.6 représente Transfert métal de procédé MIG-MAG

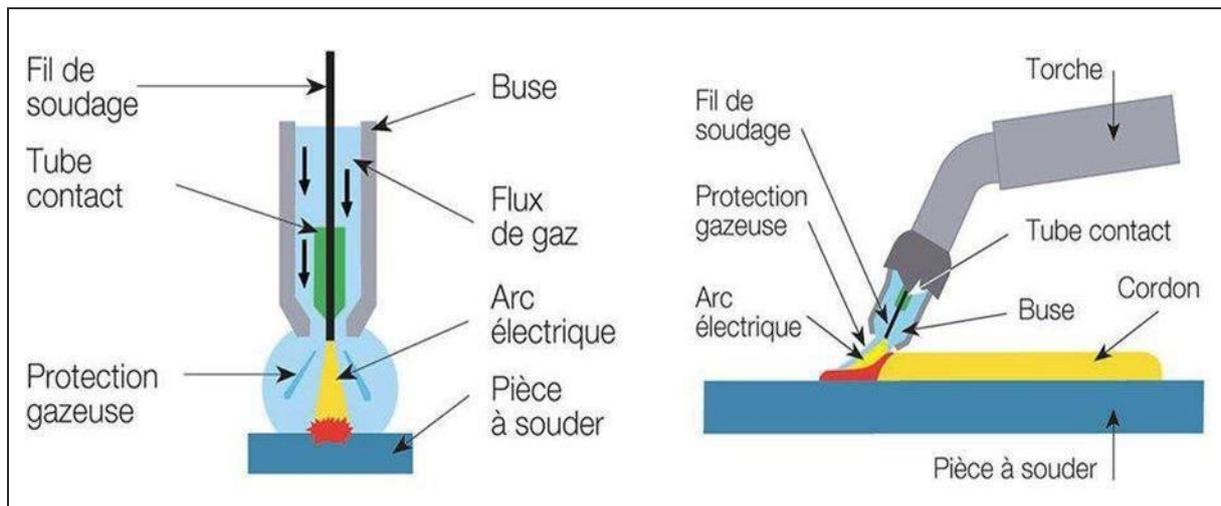


Fig.1.6. Transfert du métal [2]

4.3.Avantages et inconvénients

Le tableau 1.2. Représente les avantages et les inconvénients du procédé MIG-MAG.

Tableau 1.2 : Avantages et inconvénients MIG-MAG [5]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Bobine de fil (soudage en continu); - Productivité importante; - Peu de fumée; 	<ul style="list-style-type: none"> - Bouteille de gaz de soudage; - Soudage en intérieur (éviter les courants d'air); - Pénétration à maîtriser (sinon collage);

4.4. Domaine d'application

Le soudage MIG (sous gaz inerte) ou MAG (sous gaz actif) est un procédé semi-automatisé, largement répandu dans de nombreux secteurs industriels, notamment la construction de navires, de chemins de fer, ou encore la fabrication d'équipements lourds ou d'usine.[5]

5. Procédé de soudage TIG

5.1. Définition

Le soudage TIG est un procédé de soudage à l'arc avec une électrode non fusible, en présence d'un métal d'apport si besoin. TIG est un acronyme de Tungstène Inerte Gaz, où Tungstène (Tungstène) désigne l'électrode et Inerte Gaz (Gaz inerte) le type de gaz plasmagène utilisé. [2]

La figure.1.7 représente Installation manuelle pour soudage TIG.

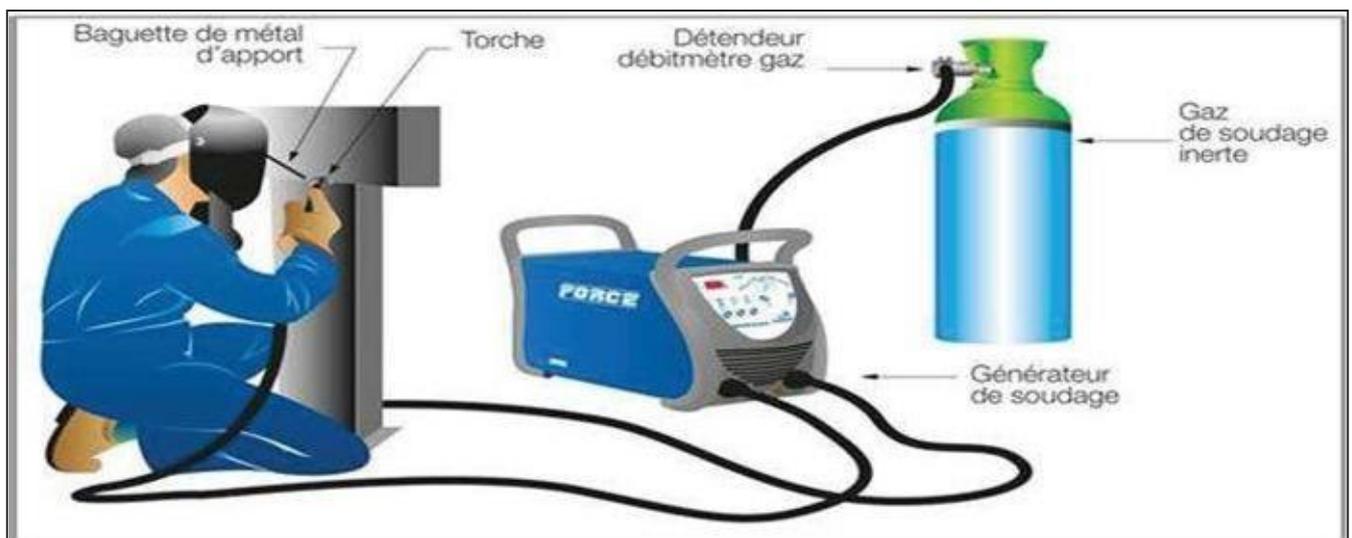


Fig.1.7. Installation manuelle pour soudage TIG [2]

5.2. Principe du procédé

Le soudage TIG exploite la chaleur générée par un arc électrique entre les métaux à assembler et utilise une électrode tungstène, située au niveau de la torche de soudage. La zone de l'arc est ensuite entourée d'une enveloppe de gaz inerte afin de protéger le bain de fusion et l'électrode de tungstène.

Le soudeur apporte directement à la main le métal d'apport, sous forme de baguette, dans le bain de fusion.

Le soudage TIG est parfaitement adapté aux plaques métal d'une épaisseur comprise entre 8 et 10 mm. [4]

La figure.1.8 représente le transfert du métal procédé TIG

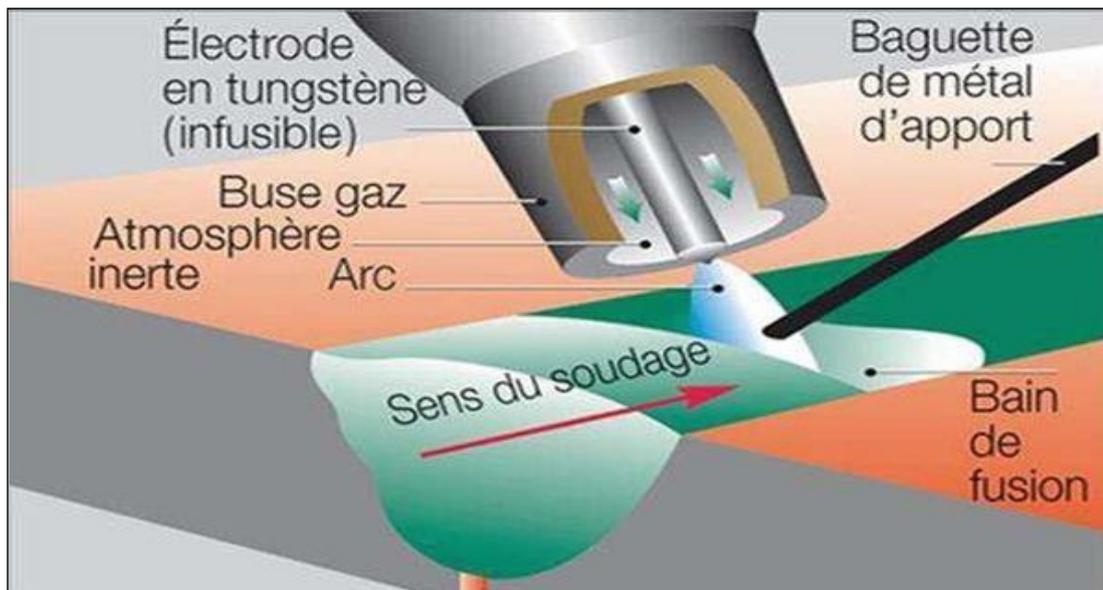


Fig.1.8. Transfert du métal TIG [4]

5.3. Avantages et inconvénient

Le tableau.1.3. Présente les avantages et inconvénients du procédé TIG

Tableau 1.3: Avantages et inconvénients [2]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Travail fin et précis; - Large gamme d'épaisseur; - Très bonnes qualités de joint; - Bonnes caractéristiques mécaniques; - Soudage dans toutes les positions; - Aspect de cordon très correct; - Procédé automatisable; 	<ul style="list-style-type: none"> - Déconseillé avec l'environnement poussiéreux et en fumés; - Coût des équipements; - Procédé de soudage lent; - Préparation de joints à partir de 3 mm; - Déformations des pièces soudées;

6. Soudage par résistance

6.1. Définition

Le soudage par résistance électrique¹ est un moyen d'assemblage indémontable de tôles, entre elles, mais aussi d'écrous, vis, gougeons, sur une tôle, celles-ci peuvent être indifféremment d'acier, d'acier galvanisé ou électro-zingué, d'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. [7]

La figure.1.9 représente soudure par résistance

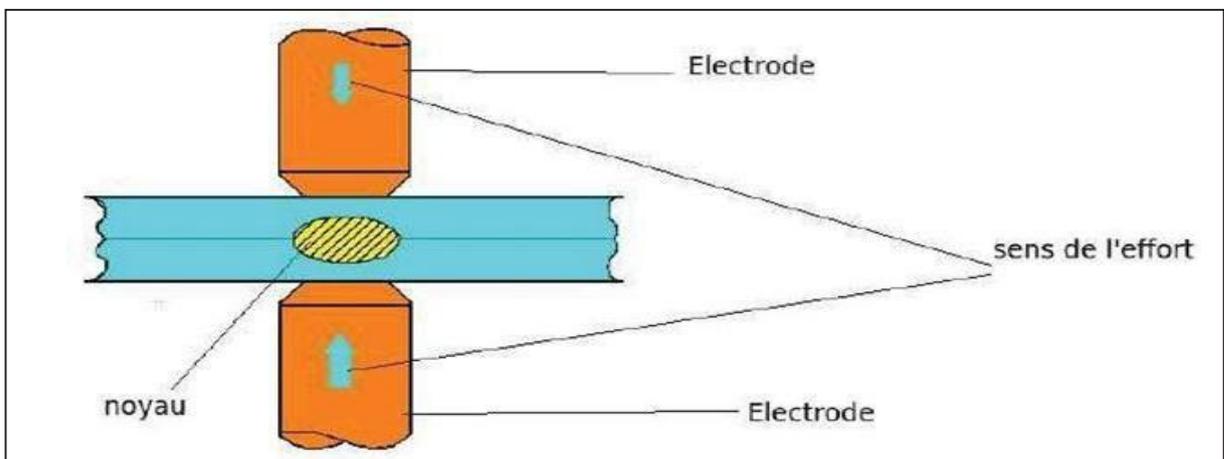


Fig.1.9 Soudure par résistance [7]

6.2. Principe du soudage par résistance

Le procédé de soudage 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. La technique la plus utilisée est le soudage par résistance par points. Dans ce cas, les pièces à souder sont superposées et serrées localement entre deux électrodes et l'ensemble est traversé par un courant de soudage qui provoque une élévation de température. L'échauffement provoque la fusion localisée des deux pièces dans la zone située entre les deux électrodes, suivi de la formation d'un noyau de métal recristallisé. Il existe plusieurs procédés dérivés, on peut citer le soudage à la molette, le soudage par bossage ou le soudage en bout, procédés qui seront également abordés dans cet article. Le point commun de ces procédés est qu'ils utilisent l'effet Joule, c'est-à-dire qu'ils exploitent le phénomène de l'échauffement d'un conducteur parcouru par un courant électrique. Pour rappel, dans un circuit électrique, la chaleur dégagée

par chaque élément est proportionnelle à $(R.I^2.T)$. [7]

La figure.1.10 représente cycle thermique de soudage par résistance

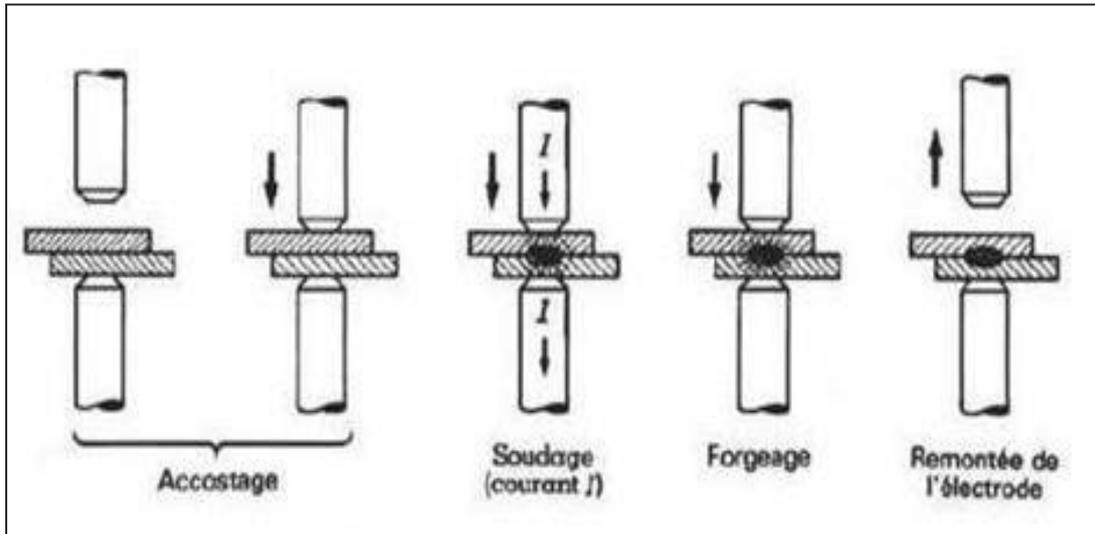


Figure 1.10. Cycle thermique de soudage par résistance [7]

6.3. Avantages et inconvénients

Le tableau 1.4. illustre les avantages et inconvénients du procédé de soudage par résistance

Tableau1.4 : Avantages et inconvénient [8]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Soudure de très haute qualité; - Pas de déformations des pièces soudées; - Assure la continuité métallique et étanchéité; - Rapide (5ms à 3 secondes), efficace, peu polluant; - Autogène, ne nécessite pas de produits d'apports 	<ul style="list-style-type: none"> - Assemblage par recouvrement; - Épaisseur limitée aux capacités machines; - Cher, les applications sont limitées, en principe, un poste à souder ne peut réaliser qu'un seul type de soudage; - Difficulté de contrôle de qualité des points soudés;

6.4. Domaine d'application

Les domaines d'application sont essentiellement : automobile, Électronique, Industries (alimentaire, radiateur, armoire, grille, etc.) et micro-soudage. [10]

7. Soudage à l'arc à l'électrode enrobée

7.1. Définition

Le soudage à l'arc à l'électrode enrobée 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. [9]

7.2. 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 réalisé 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. [9]

La figure 1.11 représente l'installation de soudage pour le soudage à l'arc à l'électrode enrobée.

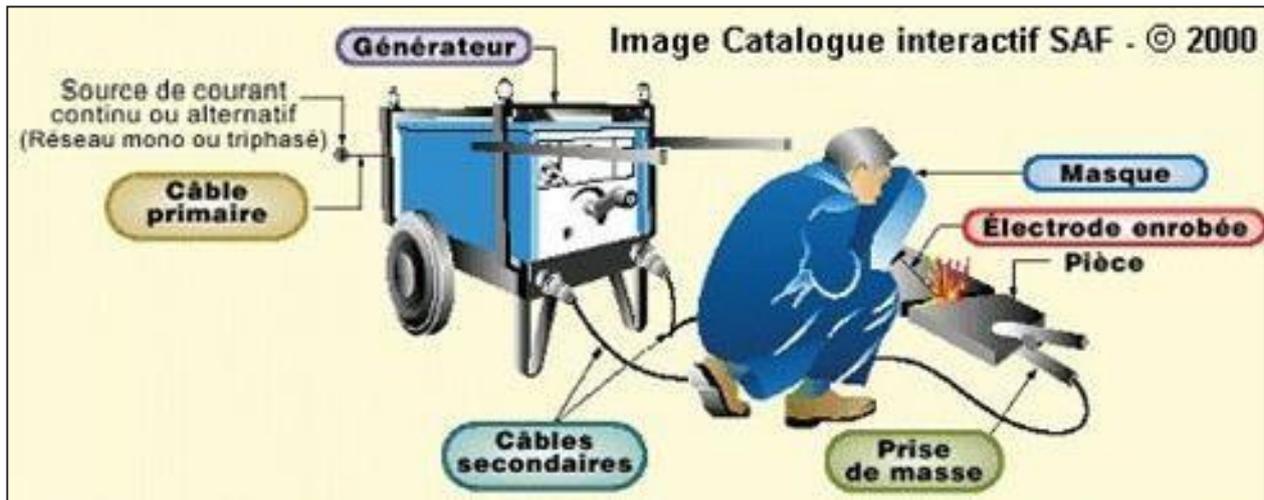


Fig.1.11. Installation pour soudage à l'électrode enrobée [9]

7.3.Généralité sur les électrodes enrobées

7.3.1Constituants des électrodes enrobées

L'électrode est constituée de deux parties distinctes :

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.

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 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.

[4]

Les figure1. (12 et 13) représente une coupe de l'électrode enrobée.



Fig.1.12. Eléments de l'électrode [4]

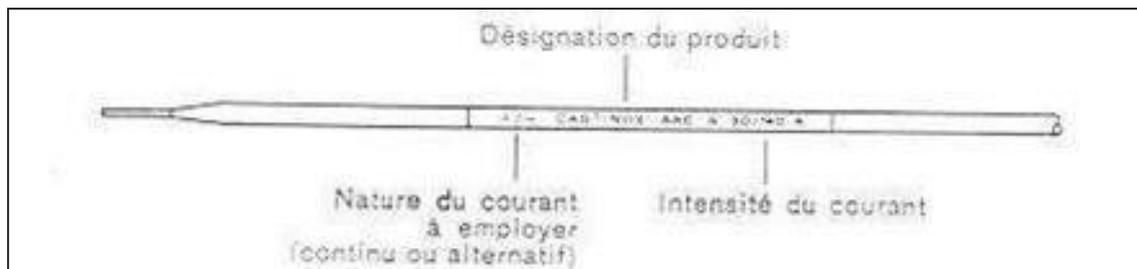


Fig.1.13. Marquage d'une électrode enrobée [4]

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). [4]

7.3.2. Classification des enrobages des électrodes enrobées

- Acide ou A (à base d'oxyde de fer et de ferro-alliages);
- Basique ou B (à base de carbonate de calcium et de fluor de calcium);
- Cellulosique ou C (à base de cellulose);
- Oxydant ou O (à base d'oxyde de fer et de ferro-alliages);
- Rutile ou R (à base d'oxyde de titane);
- Haut rendement ou RR (à base de poudre métallique);
- Spécial ou S;

Les électrodes enrobées utilisées sont couramment :

- Rutilés pour les travaux courants;
- Basiques pour tous les travaux de sécurité (appareils à pression);
- Cellulosiques pour les soudures à forte pénétration en position descendante;[3]

7.3.3. Rôle des enrobages

L'enrobage remplit un grand nombre de fonctions qui peuvent en définitive se résumer à trois:

- Rôle électrique : l'enrobage facilite la stabilité de l'arc. L'ionisation qui se produit entre l'électrode et la pièce permet l'amorçage et le maintien de l'arc;
- Rôle métallurgique : l'enrobage forme, par sa fusion, un écran qui évite l'action néfaste des gaz de l'air (oxygène et azote). En outre, l'enrobage incorpore au métal fondu des éléments qui viennent remplacer ceux qui ont été volatilisés ou brûlés du fait de la haute température;
- Rôle physique : l'enrobage guide l'arc et lui assure une direction bien déterminée et constante. On note d'ailleurs la formation, à l'extrémité de l'électrode, d'un cratère (l'enrobage fondant moins vite que l'âme métallique) qui guide l'arc;

En outre, les corps contenus dans l'enrobage peuvent modifier la forme du dépôt. Ainsi une électrode déterminée pourra fournir des cordons de soudure ayant la forme désirée : bombés, plats ou concaves. D'autre part, dans le soudage en position, le laitier soutient par action physique, le métal en fusion. Il retarde ainsi le refroidissement du dépôt. [3]

La figure 1.14 représente de soudage à l'électrode enrobée

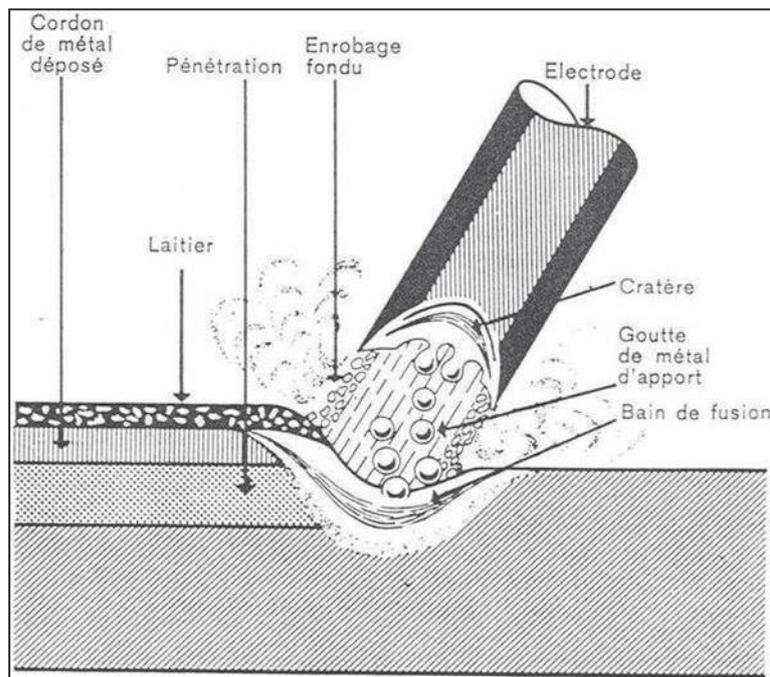


Fig.1.14. Schéma du mécanisme de soudage avec électrode enrobée [3]

7.3.4.Étuvage des électrodes enrobées

Les électrodes à enrobage basique et rutile-basiques doivent être étuvées dans un four-étuve à 300° Celsius pendant 2 heures. Après étuvage, les électrodes à enrobage basique et rutile-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).[3]

La figure 1.15. Montre les différents appareils étuves



Fig1.15. Etuvages des électrodes enrobées [3]

7.3.5.Choix de l'électrode

Il est fonction de la nature du métal à souder et des caractéristiques de la soudure, (Electrodes rutilés pour travaux courants).[3]

7.4.Paramètres de soudage en fonction du diamètre d'électrode enrobée

C'est l'intensité du courant que l'on règle, elle est donnée par la formule

$$\text{Intensité} = (\text{\O de l'électrode} - 1) \times 50$$

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).

Lorsque l'intensité est trop forte, vous constatez des projections importantes au bord. [5] Le tableau.1.5. Montre le changement des paramètres de soudage on fonction du diamètre d'électrode enrobée.

Tableau 1.5 : Intensité moyenne de soudage on fonction du diamètre d'électrode enrobée et l'épaisseur d'enrobage [5].

Intensité moyenne de soudage pour la position à plat			
Ø électrode	Enrobage mince	Enrobage semi-épais	Enrobage épais
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
Ø 3,2 mm	90 A	100 A	110 A
Ø 4,0 mm	130 A	150 A	160 A
Ø 5,0 mm	170 A	190 A	200 A

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

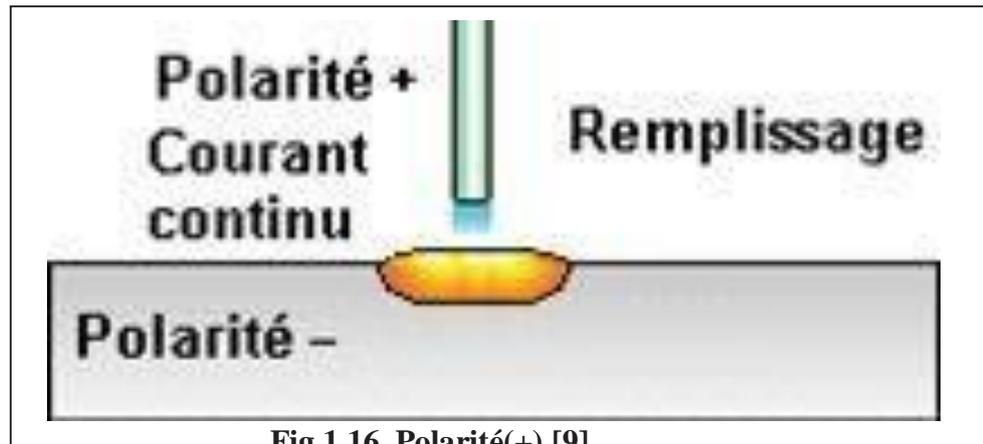
- Du diamètre de l'électrode (voir tableau ci-dessus);
- De la nature de l'âme de l'électrode;
- De la nuance des pièces à assembler;
- De la position de soudage;
- Du type d'assemblage rencontré;

7.5.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.

- La fiche du câble de la pince porte-électrode est raccordée à la borne(-);
- La fiche du câble de la pince de masse est raccordée à la borne (+);[9]

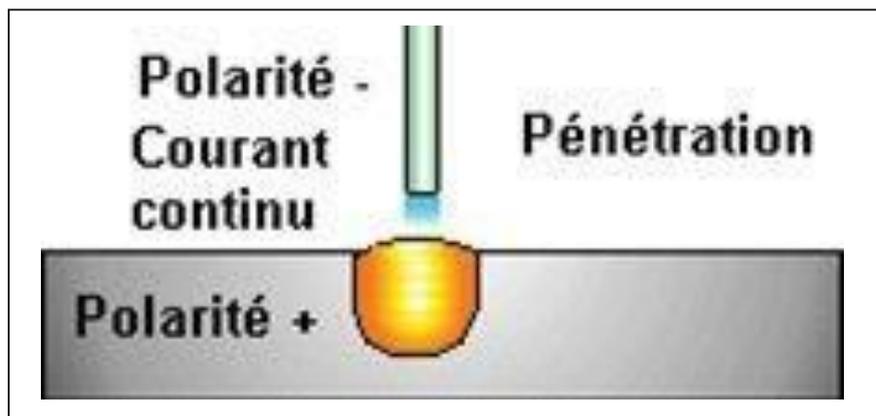
La figure.1.16 représente la polarité (+)



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.

- La fiche du câble de la pince porte-électrode est raccordée à la borne(+);
- La fiche du câble de la pince de masse est raccordée à la borne (-) ; [9]

La figure1.17 représente la polarité(-)



7.6.Générateurs de soudage à l'électrode

7.6.1.enrobée Types de générateurs

Les différents types de postes de soudage ou générateurs sont :

- Les transformateurs statiques monophasés qui fournissent du courant alternatif à 50 hertz. Ces postes sont les plus économiques du marché et les plus simples;
- 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(-);
- Les groupes rotatifs à changeur de fréquence. Ils se composent d'un moteur entraînant une génératrice à courant alternatif de 150 à 450Hertz;
- Les transformateurs rotatifs à redresseur qui fournissent un courant continu redressé ; [3]

7.6.2.Composition du Poste de soudage

Ensemble des appareils électriques susceptibles de permettre l'amorçage et le maintien d'un arc stable avec un débit de courant satisfaisant.

Les postes statiques de soudage sont généralement constitués par un transformateur ou par un transformateur + un redresseur de courant. Les postes rotatifs sont des groupes composés d'un moteur et d'une génératrice. Ils débitent généralement du courant continu et comportent des dispositifs appropriés d'autorégulation.[3]

La figure 1.18 représente les différents composants du poste de soudage (statique et rotatif).

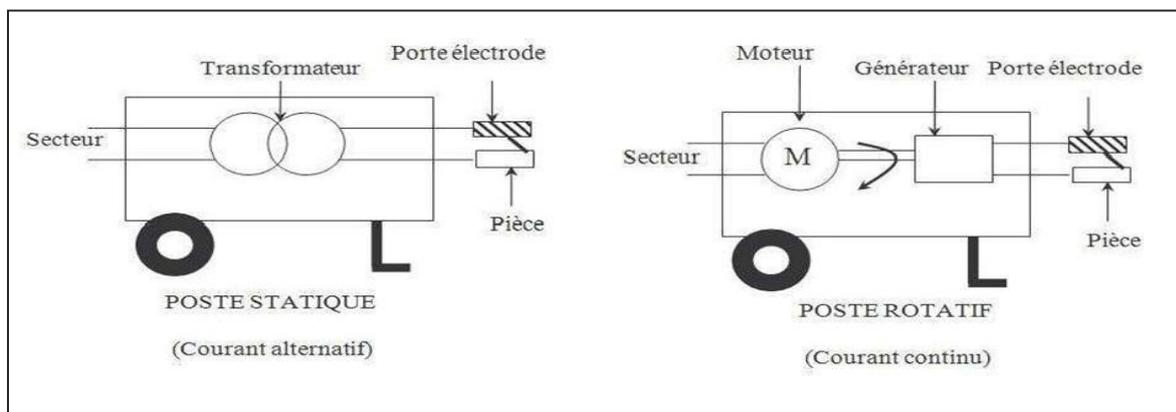


Fig.1.18. Composants du poste de soudage statique/rotatif
[3]

Avantages et inconvénient**7.7.1. Avantages**

- Le soudage à l'arc à l'électrode enrobée peut être utilisé aux espaces ouvertes et clos;
- Le soudage est possible à tous les points et positions accessibles;
- Le soudage est possible aux zones étroites et limitées inaccessibles pour les autres méthodes de soudage;
- Puisque les bouts de la source de puissance de la machine de soudage peuvent être étendus, le soudage aux longues distances est possible;
- Les équipements de soudage sont légers et portables;
- Il existe plusieurs types d'électrode enrobée à répondre aux propriétés mécaniques et chimiques de plusieurs matériaux. Par conséquent, les joints soudés peuvent aussi avoir des mêmes propriétés que le matériau de base possède;

7.7.2. Inconvénients

- La vitesse et l'efficacité de déposition du métal du soudage à l'arc à l'électrode enrobée est plus faible que plusieurs méthodes de soudage à l'arc. Les électrodes sont de forme de bâton coupé à certaines longueurs, alors il faut arrêter le soudage quand une électrode est consommée;
- Suivant chaque passe de soudage, il faut nettoyer la scorie formée sur le métal de soudage;

7.8. Domaine d'application**7.8.1. Applications légères**

- Maintenance industrielle légère
- Construction légère;
- Réparation sursit;
- Travaux en extérieur;
- Bricolage;

7.8.2 Applications intensives

- Pipeline/tuyauterie;
- Construction navale;
- Fabrication intensive;
- Rechargement;
- Construction industrielle;
- Industrie chimique;
- Appareils à pression;
- Gougeage arc-air;
- Construction nucléaire;

7.9.Sécurité

Une prise de terre est obligatoire pour tout poste de soudure à l'arc ;

- L'émission de radiations et de projectiles en fusion imposent le port d'un moyen de protection : le masque, le tablier, les gants en cuir ;
- Lors du piquage du laitier se protéger le visage et les mains;
- S'isoler de l'humidité;
- Ne pas porter de vêtements en nylon : risque de brûlures;
- Saisir les pièces soudées avec des pinces;
- Mettre l'aspiration en fonctionnement afin d'éviter les vapeurs qui se dégagent lors du soudage ;
- Ne pas toucher l'électrode avec les doigts;
- Ne pas laisser la baquette coller à la pièce, risque de court circuit;[4]

Chapitre 2

Etude de l'enroulement des tôles minces

1. Généralités sur l'enrouleuse de tôles

1.1. Définition:

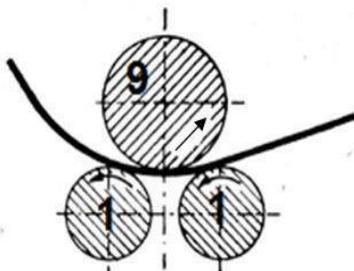
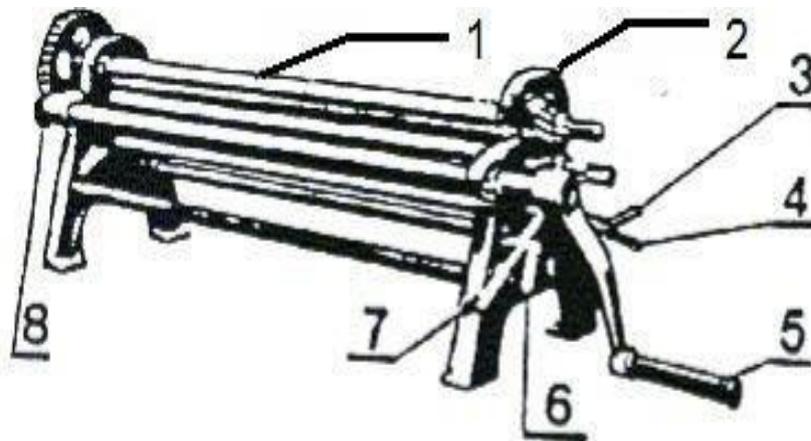
Le roulage est un cintrage destiné aux produits plats (feuille de métal) de longueur importante. En effet, le développement des pièces roulées s'effectue sur la fibre neutre située au milieu de l'épaisseur où le rayon est supérieur à 3 épaisseur.

Cela se fait à l'aide d'une machine couramment appelée machine à rouler. A l'atelier on la désigne fréquemment du nom de rouleaux ou rouleuse.

Les organes de roulage sont constitués par des cylindres nommés rouleaux en acier Martin dur, d'une grande résistance à la flexion.

Le roulage a pour but de courber une plaque de tôle pour obtenir un cylindre partiel ou total (un tube).

1.2. Description de la machine:



Rep	Désignation	Fonction
1	Rouleaux entraîneurs	Serrer la tôle pour son déplacement
2	Verrou	Permet le dégagement du rouleau supérieur
3	Manette de serrage	Maintenir le levier 4 à la position désirée
4	Levier	Régler le rayon de cintrage
5	Manivelle	Donner le mouvement de rotation
6	Manette de serrage	Maintenir le levier 7 à la position désirée
7	Levier	Régler l'écartement du rouleau 1
8	Pignon	Transmettre le mouvement de rotation à 1
9	Rouleau cintré	Assurer le cintrage de la tôle

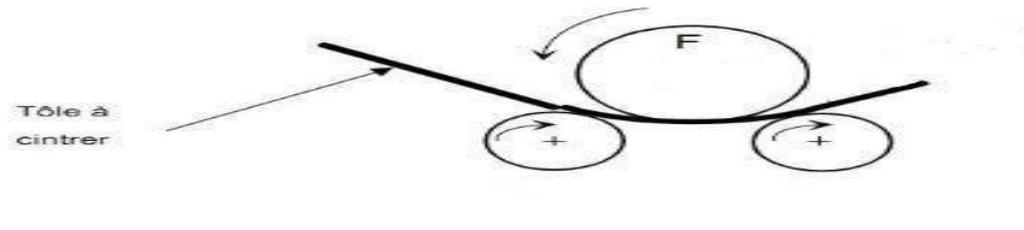
1.3. Caractéristiques:

- Longueur utile des cylindres : 110mm
- Epaisseur maximale : 2mm
- Diamètre des cylindres : 70 mm (x2) et 60 mm(x1)

2. Les types de l'enrouleuse

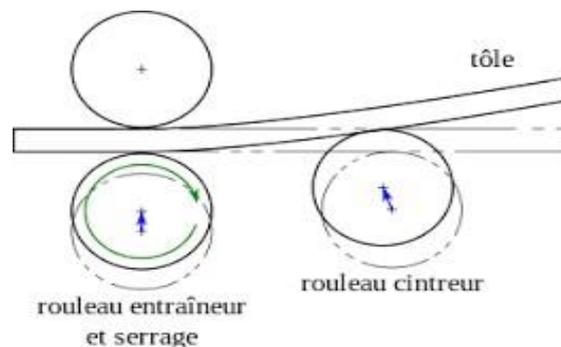
2.1. L'enrouleuse pyramidale

Constituée de 3 rouleaux (2 inférieurs et 1 supérieur), le rouleau supérieur vient faire pression sur la tôle plane amenée par un des rouleaux latéraux. Cela laisse un plat à chaque extrémité de la tôle. Pour obtenir un cintrage total, il est nécessaire d'amorcer l'arrondi à la presse plieuse.



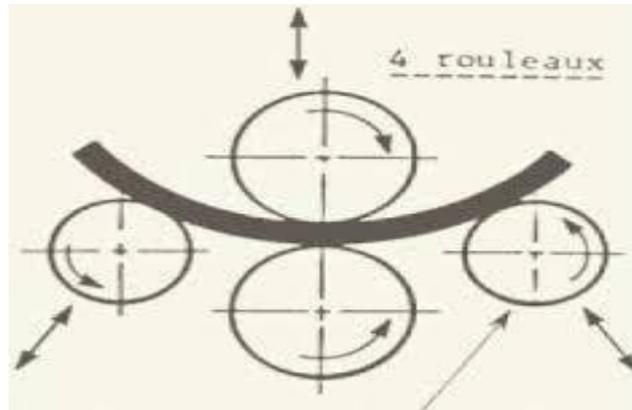
2.2.L'enrouleuse planeuse à 3 rouleaux

Le rouleau supérieur est cette fois-ci-dessus d'un des rouleaux inférieurs et vient y coincer la tôle par pression. Le deuxième rouleau inférieur amène la tôle et exerce une pression ascendante qui permet l'amorçage d'un côté. Afin d'obtenir un cintrage égal, il est nécessaire de retourner la pièce.



2.3.L'enrouleuse planeuse à 4 rouleaux

Doté d'un 4^{ème} rouleau inférieur, elle permet de cintrer entièrement la pièce sans nécessité de la retourner. Elle est donc utilisée pour le cintrage de pièces encombrantes et épaisses.



3. Différences entre les rouleuses

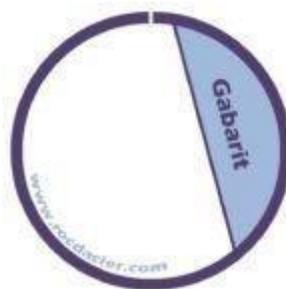
- **La rouleuse de type pyramidale possède 3 rouleaux** Le rouleau supérieur est amovible, pivote et permet la sortie du cylindre fini. Il reste fixe pendant le cycle du roulage. L'entrée de la tôle peut se faire des deux côtés. Le roulage pyramidal ne permet d'effectuer le croquage. Si on ne prévoit pas ce croquage auparavant on obtient un méplat qui donne un cylindre non circulaire.
- **La rouleuse de type planeur (3 rouleaux)** : est composée d'un rouleau supérieur amovible, mais fixe pendant le roulage. Il permet le serrage de la tôle lorsque le rouleau opposé, inférieur, est relevé contre la tôle à rouler. Ce rouleau est motorisé et entraîne la tôle. Le dernier rouleau, complètement excentré, permet de donner la forme à la tôle. Le croquage est possible en retournant la tôle.
- **La rouleuse de type croqueur (4 rouleaux)** : est composée d'un rouleau supérieur fixe pendant le roulage mais dont le palier est amovible pour libérer la tôle lorsque le roulage est terminé. Il sert aussi de serrage pour la tôle lorsque le rouleau inférieur est relevé. Le rouleau

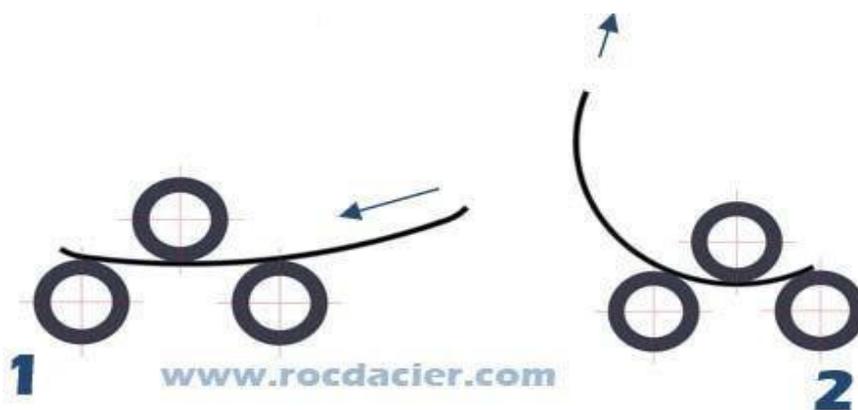
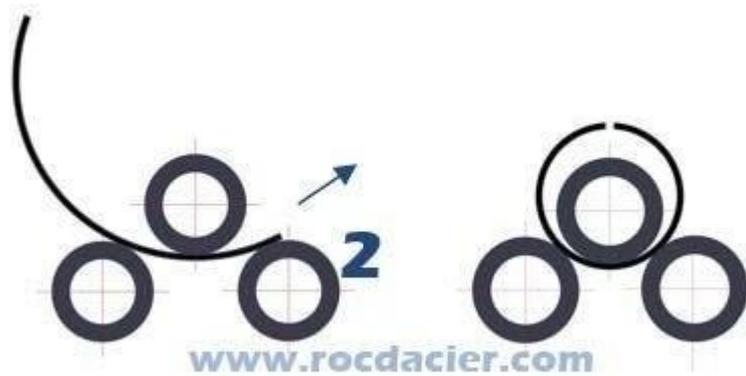
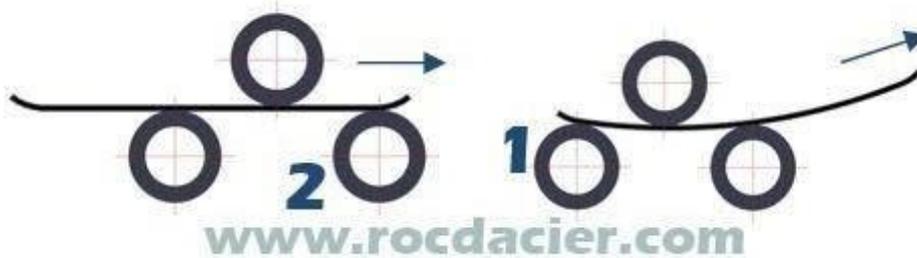
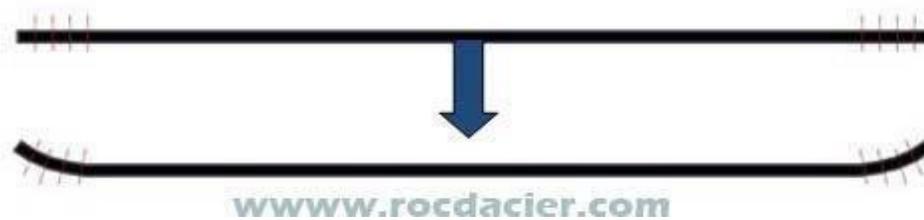
inférieur entraîne la tôle. Les deux autres rouleaux sont excentrés et mobiles. Ce sont eux qui permettent le cintrage. Le fonctionnement est identique aux rouleuses de type planeur mais le croquage peut se faire des deux côtés sans enlever la tôle.

4. Les Procédure de roulages

4.1. Procédure de roulage avec rouleuse pyramidale

- 1) Réalisez un gabarit qui vous permettra de contrôler la circularité intérieure de votre futur cylindre
- 2) Réalisez votre croquage par pli successifs, sur plieuse, presse, presse-plieuse ou maillet. Contrôlez la circularité avec votre gabarit.
- 3) Insérez votre tôle d'un côté, en vérifiant la perpendicularité et roulez en venant tangenter sur le rouleau d'en face (**2**). Ensuite continuez le roulage jusqu'à l'autre extrémité de la tôle. (rouleau**1**)
- 4) Ensuite, relevez le rouleau **1** et roulez en sens inverse pour aller tangente sur le rouleau opposé**2**.
- 5) Vous devez monter alternativement chaque rouleau à chaque fois. Donc cette fois on montera le rouleau **2**. Puis Répétez les opérations jusqu'à rouler complètement le cylindre, voir un peu plus (car le retour élastique, ouvrira un peu le cylindre fini lorsque vous relâcherez la contrainte). Il faut aussi faire attention en fin de cycle à ne pas superposer les 2 tôles lorsque le cylindre est presque terminé.
- 6) Libérez la tôle en desserrant les rouleaux et en pivotant le cylindre supérieur, ou en libérant le palier.



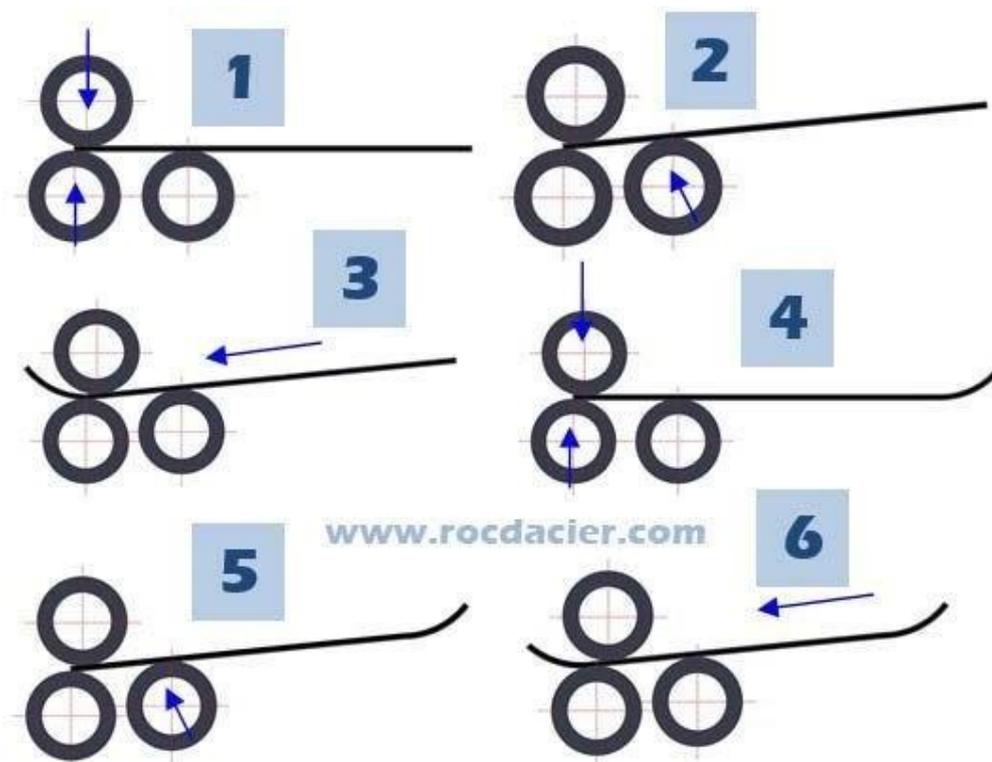


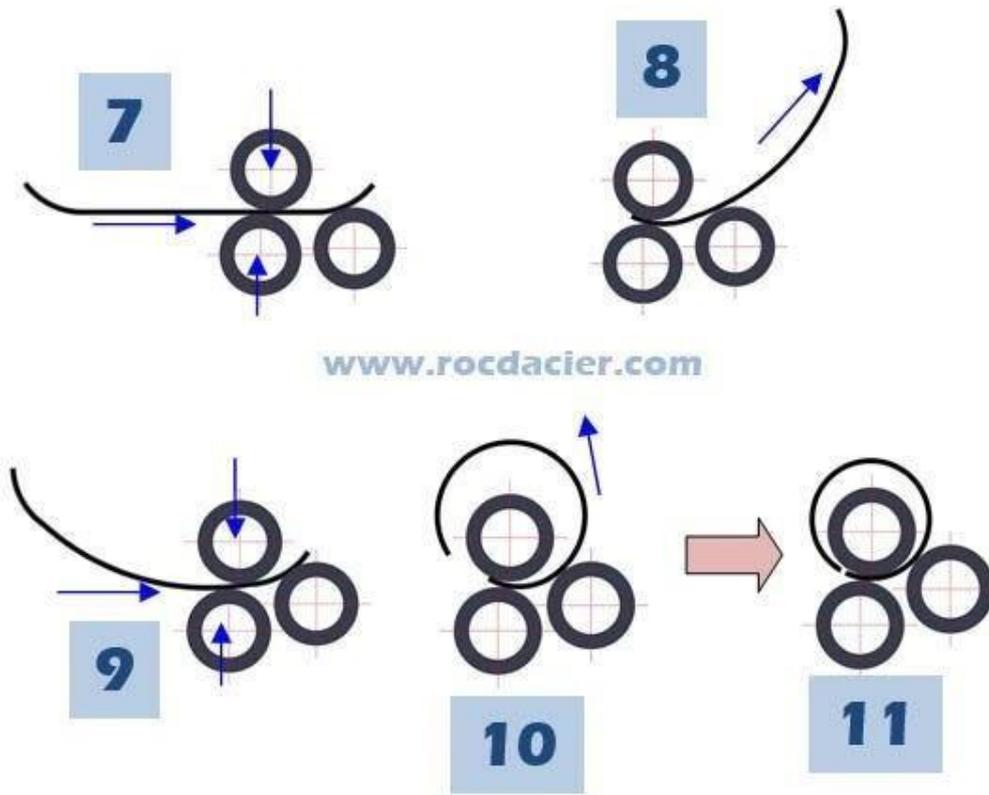
4.2. Procédure de roulage avec 3 rouleaux

- 1) Réaliser un gabarit qui vous permettra de contrôler la circularité intérieure de votre futur cylindre
- 2) Réalisez votre croquage en utilisant la rouleuse. Pincez la tôle avec les 2 rouleaux centraux. Montez le rouleau excentré et effectuez le cloquage sur quelques centimètres. Retirez la tôle et faites de même sur l'autre coté de la tôle. (1, 2, 3, 4, 5,6)
- 3) Réalisez votre première passe en pinçant la tôle dans les 2 rouleaux centraux. Montez un peu le rouleau excentré, puis effectuez la première passe. (7,8)
- 4) Renouvelez la phase précédente (9,10) autant de fois que nécessaire jusqu'à obtenir la circularité souhaitée de votre cylindre. (11)

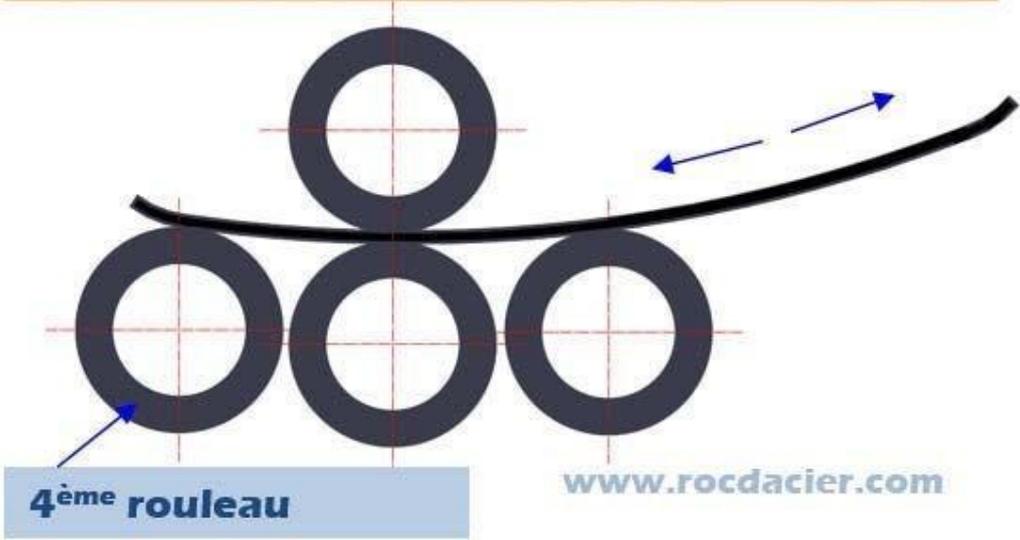
4.3. Procédure pour rouleuse 4 rouleaux

La procédure est la même que pour le roulage avec 3 rouleaux, sauf que le 4ème rouleau permet de ne pas re- tourner la tôle et de la laisser pincée.





Procédure identique à celle du dessus, avec l'assistance supplémentaire du 4^{ème} rouleau

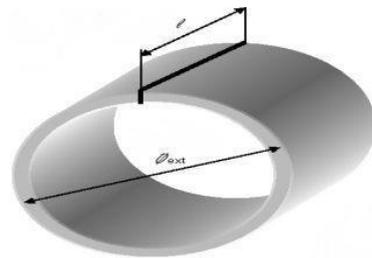
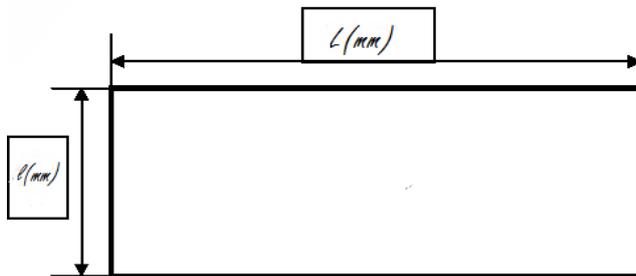


5.Principe de fonctionnement

5.1.Réalisation du roulage de tôle

- Calcul de la longueur développée:

La longueur développée d'une virole se calcule à partir du \emptyset en fibre neutre, \emptyset passant par le milieu de l'épaisseur de la tôle. $(\emptyset - Ep) \times 3,14 = L$



- Amorçage:

C'est mettre au gabarit les bords de la virole afin d'éviter les méplats au niveau du raccord. Se pratique manuellement ou sur machine ceci en fonction de l'épaisseur de la tôle.

Il peut être évité sur certains types de machine de roulage.

L'amorçage sur ce type de machine pyramidale est obligatoire, il se pratique suivant l'épaisseur et la qualité recherchée soit :

- Manuellement au maillet sur une barre de tôlier
- A la presse plieuse par plis successifs

La longueur d'amorçage est définie par l'entraxe entre le rouleau supérieur et le rouleau inférieur.

D'après les essais d'amorçage et les résultats obtenus par différents calculs on peut commencer le roulage par les étapes suivantes :

1-Régler la distance entre les deux rouleuse a l'aide du volant de réglage.



Figure1

2-Mettre la tôle d'équerre par rapport aux rouleaux



Figure 2

3- Contrôler au gabarit.



Figure 3

4- Rouler la virole.



Figure 4

5- Tenir compte de l'élasticité de la tôle et faire croiser les bords de la virole de 20 à 30mm.



Figure 5

6- Retirer la goupille.



Figure 6

7- Escamoter le rouleau supérieur.



Figure 7

8- Retirer la virole



Figure 8

9- Remettre la goupille.



Figure 9

10- Mise au gabarit, contrôle.

Contrôler et mettre au gabarit suivant les indications et tolérances données par le plan.



Figure 10

11- Redresser éventuellement au maillet.



Figure 11

12- Pointer la virole, contrôler le diamètre et la circularité.



Figure 12

6. avantages et inconvénients

6.1. Les avantages

- Peu onéreux.
- tous les rayons de roulage sont possibles
- Facile d'utilisation.
- Bonne qualité.

6.2. Les inconvénients

- Prendre du temps.
- Requier 2 personnes.
- Manque de précision.
- Machin onéreuse.

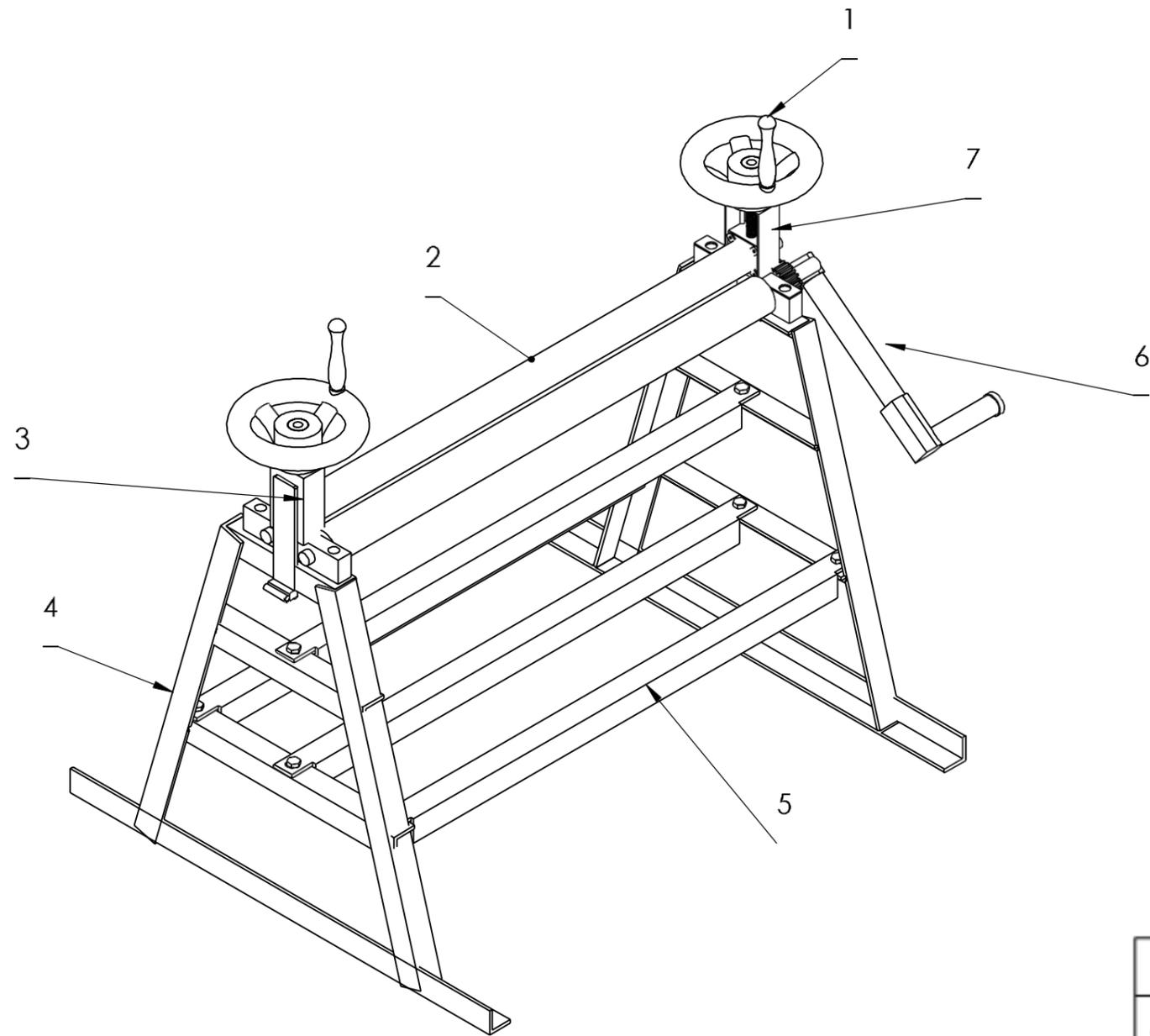
7. Sécurité

- Eviter le port des vêtements flottants.
- Port d'un casque antibruit.
- Travailler seul sur le poste de travail.
- La zone de travail doit être dégagée, matérialisée et protégée.

Chapitre 3

Étude de

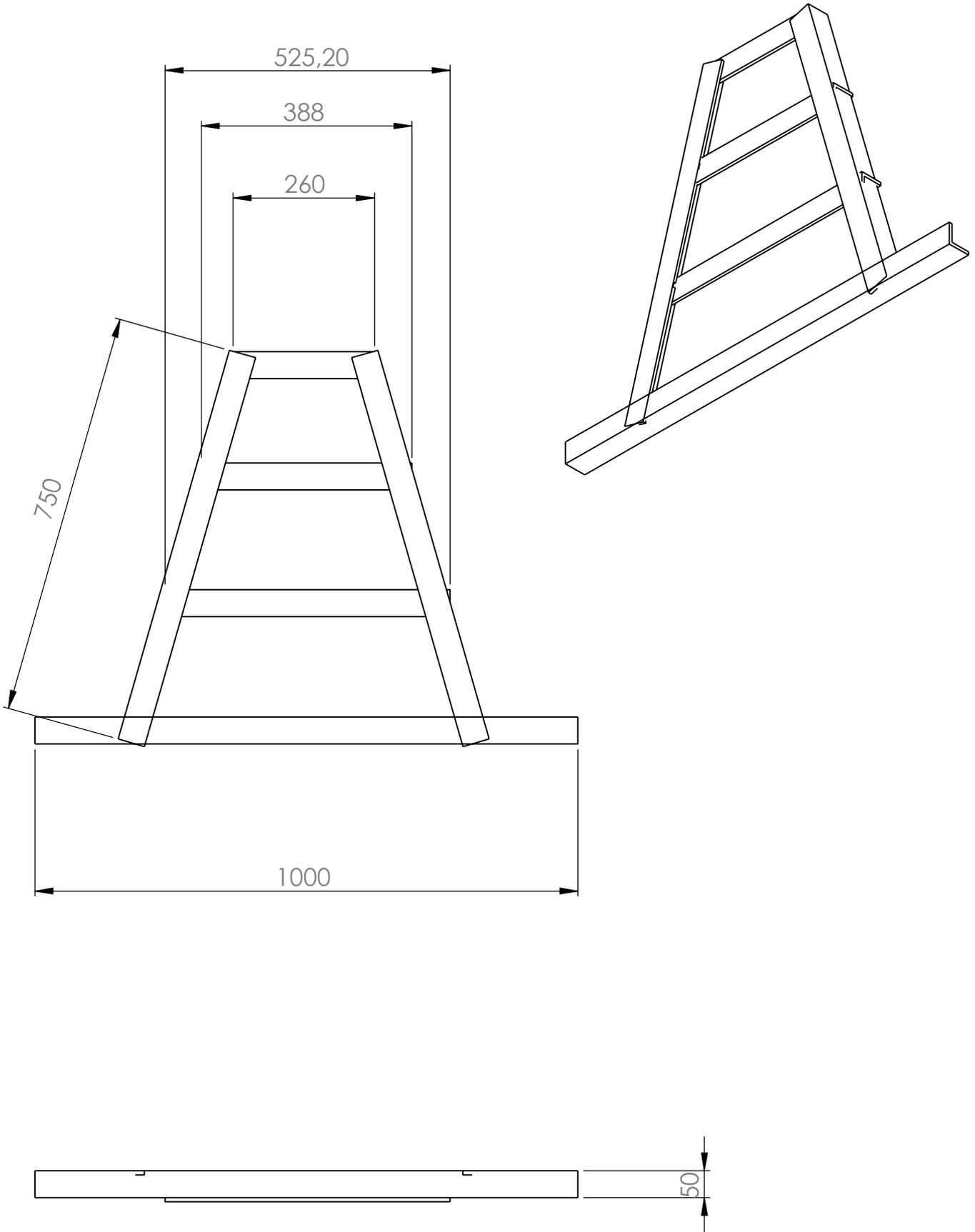
l'enrouleuse de tôles

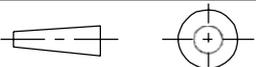


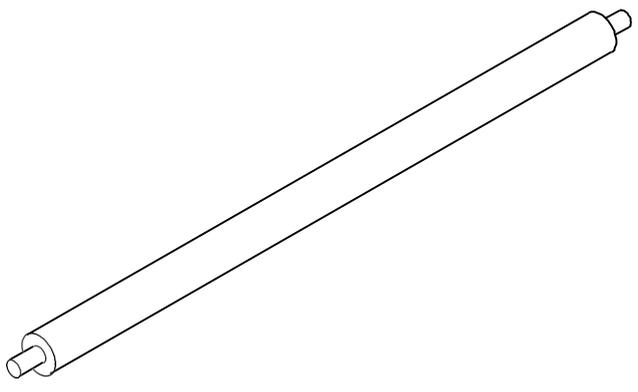
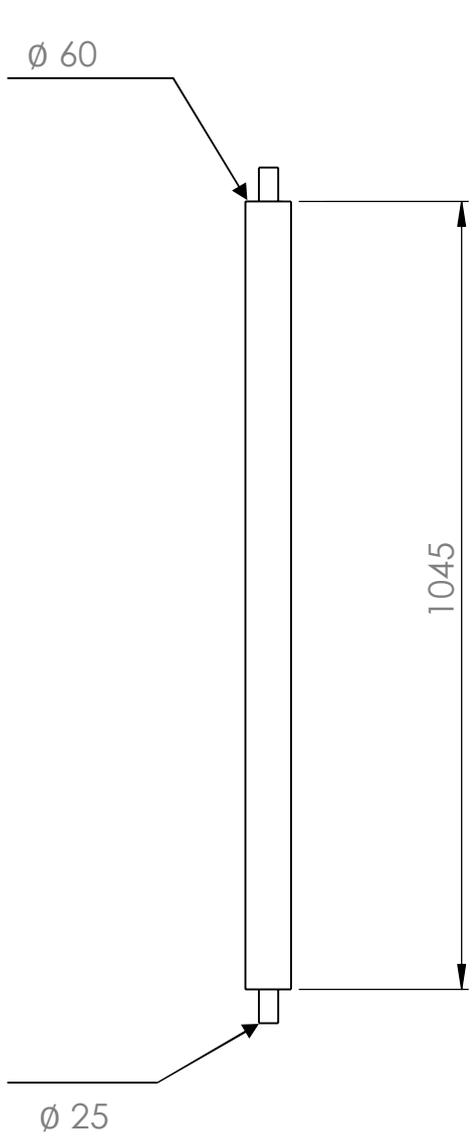
1	2	roue de commande	S185	
2	3	Cylindre	X46Cr13	
3	1	Pièce de fixation N1	S185	
4	2	Pied	S185	
5	4	Fer en L	S185	
6	1	poignée	S185	
7	1	Pièce de fixation N2	S185	

N	R	designation	Matière	Observations
		UNIVERSITY ABOU BAKRE BELKAID TLAMCEN		IIDRA Ichraf
Echelle:		Enrouleuse de tôles mines		PFE M2 ASM
11/08/2020				M.SBAA FETHI M.RAHOU MED



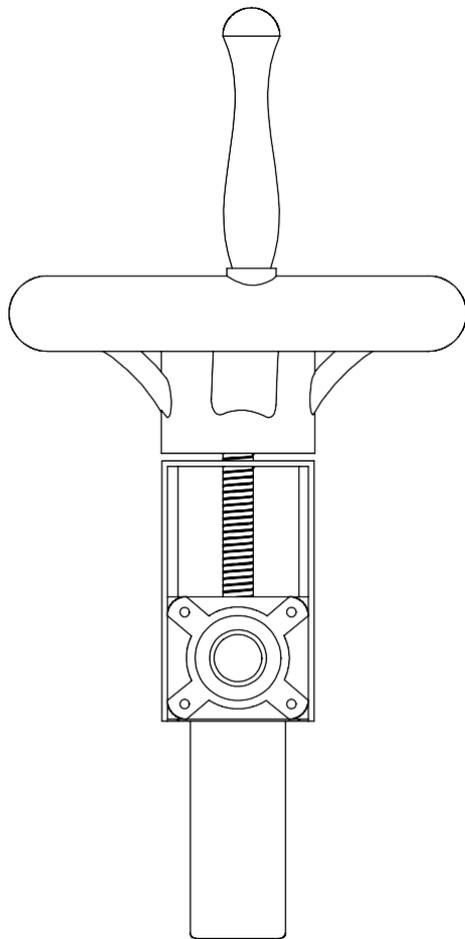
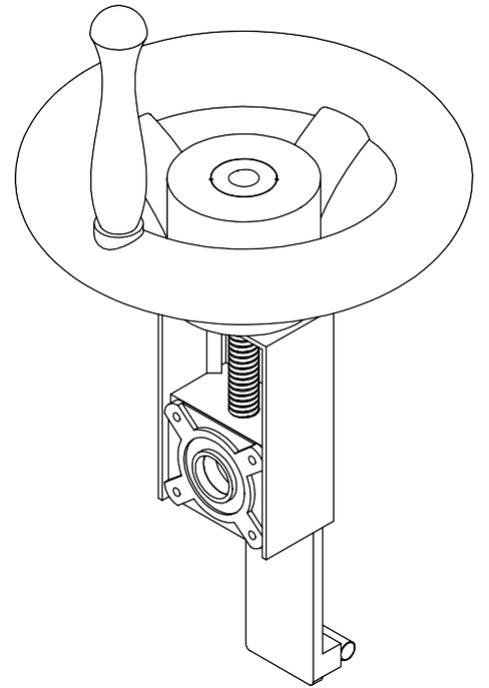
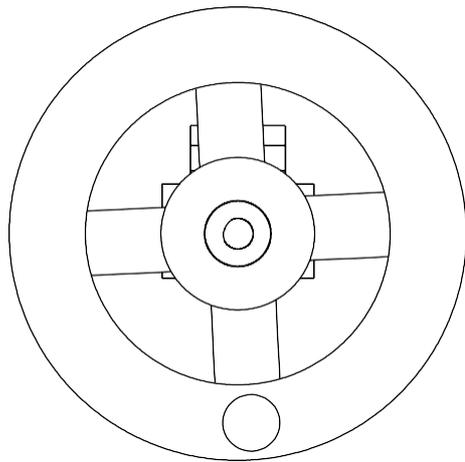


	<p align="center">Université Aboubekr Belkaid Tlemcen</p>	<p align="right">HIDRA Ichraf</p>
<p>Echelle 1:10</p>	<p align="center">Pied</p>	<p align="right">PFE M2 ASM</p>
<p>10/08/2020</p>		<p align="right">SEBAA Fethi RAHOU Med</p>

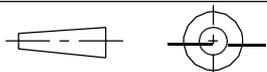


It Gle:±0.5

	<p align="center">Université Abou Bekr BELKAID Tlemcen</p>	<p align="right">HIDRA Ichraf</p>
<p align="center">1: 10</p>	<p align="center">cylindre</p>	<p align="right">PFE M2 ASM</p>
<p>10/08/2020</p>		<p align="right">SEBAA Fethi RAHOU Med</p>



It Gle:±0.5



Université Abou Bekr BELKAID Tlemcen

HIDRA Ichraf

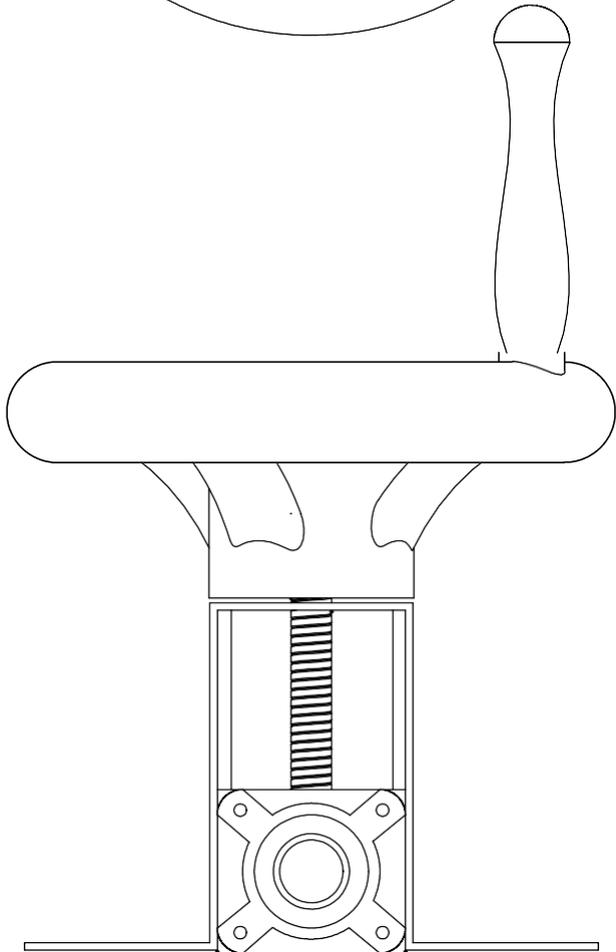
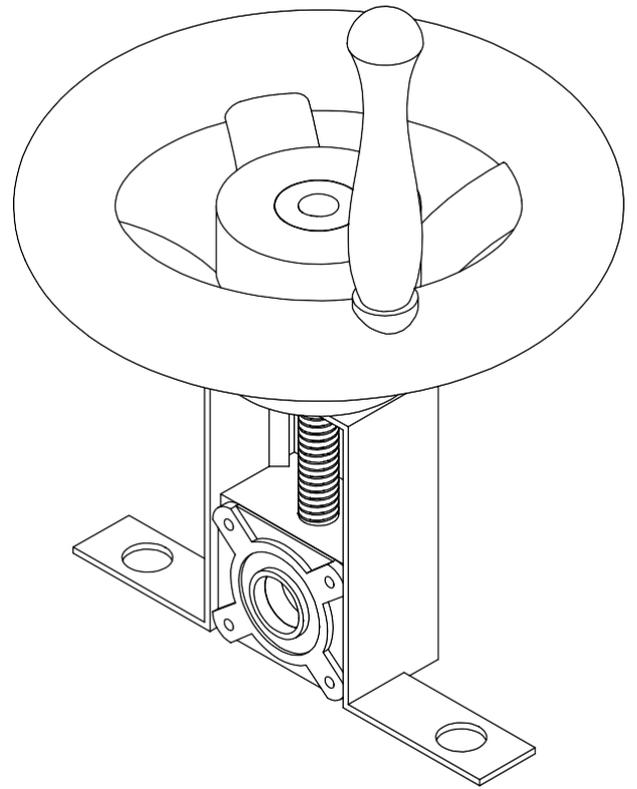
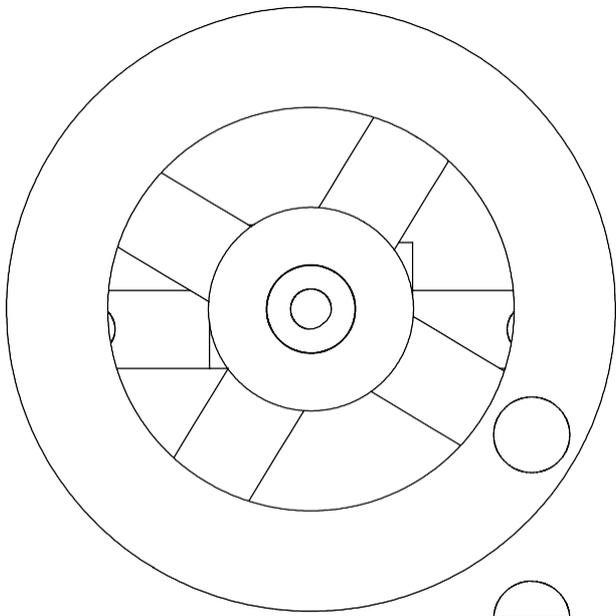
1: 4

Système élévateur N1

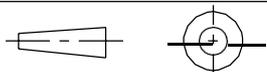
PFE M2 ASM

10/08/2020

**SEBAA Fethi
RAHOU Med**



It Gle:±0.5



Université Abou Bekr BELKAID Tlemcen

HIDRA Ichraf

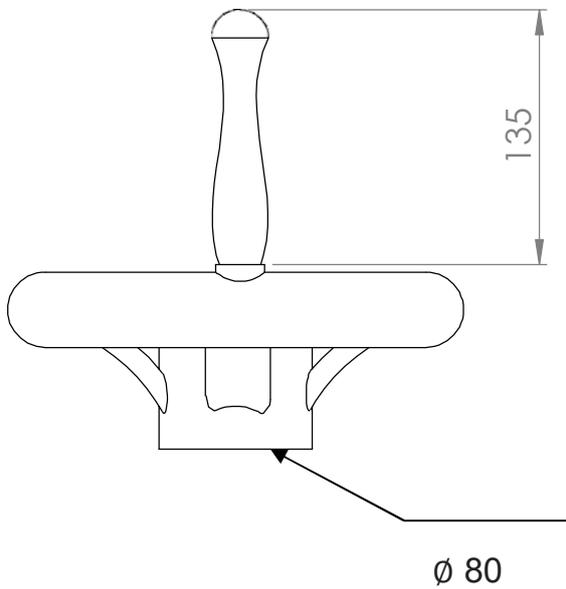
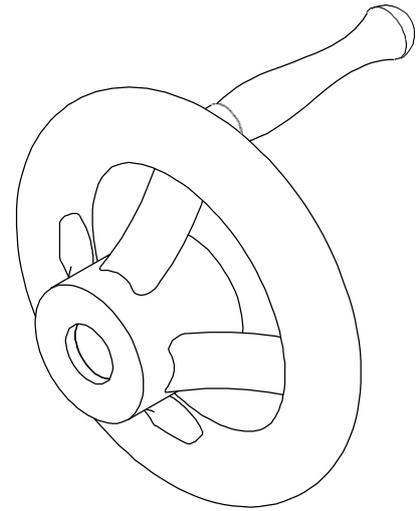
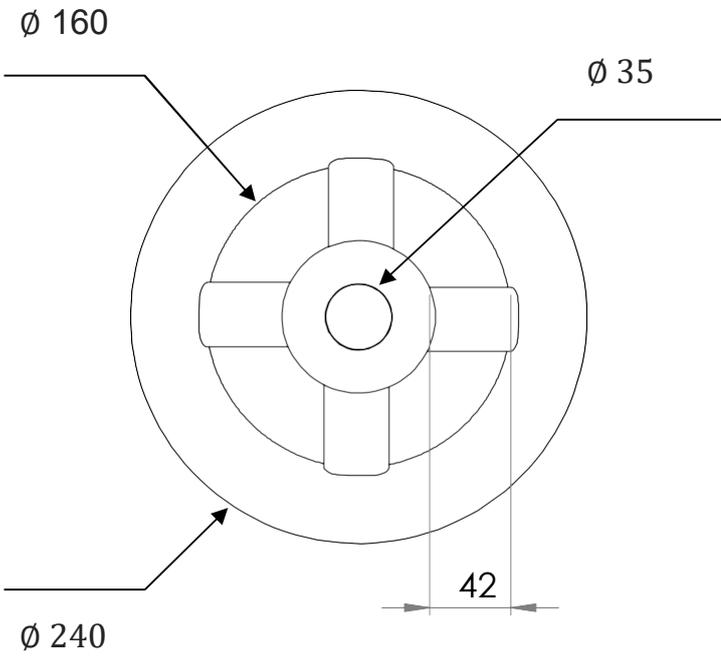
1: 3

Systeme elevateur N2

PFE M2 ASM

10/08/2020

SEBAA Fethi
RAHOU Med



It Gle:±0.5

1: 4
10/08/2020

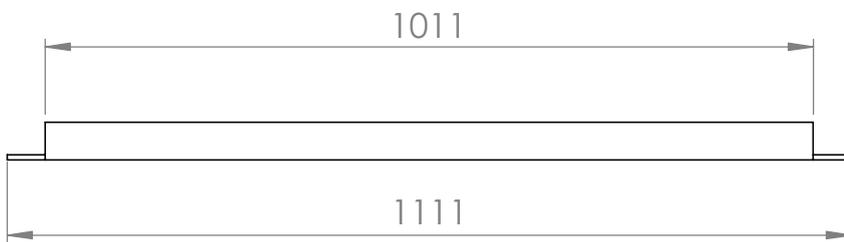
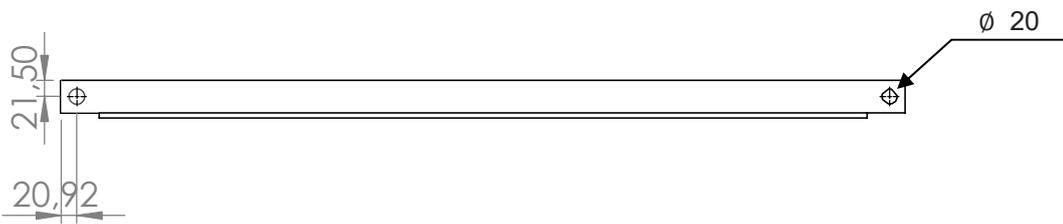
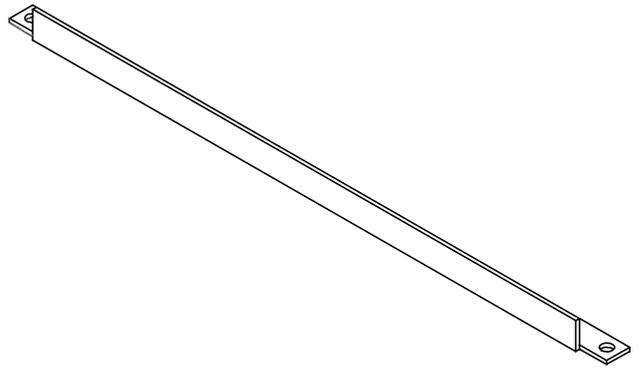
Université Abou Bekr BELKAID Tlemcen

HIDRA Ichraf

Roue de commande

PFE M2 ASM

SEBAA Fethi
RAHOU Med



It Gle:±0.5



Université Abou Bekr BELKAID Tlemcen

HIDRA Ichraf

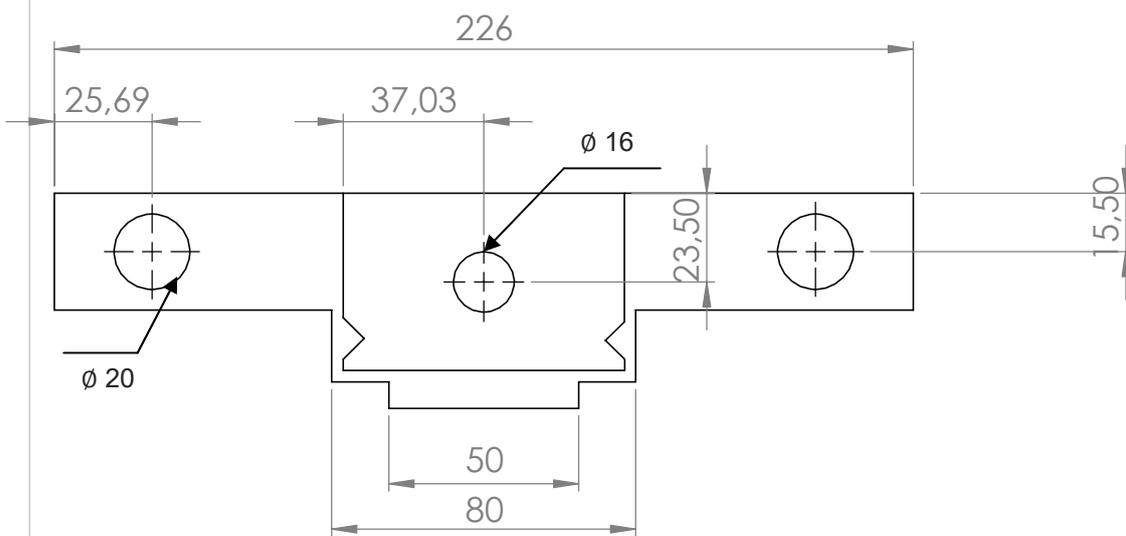
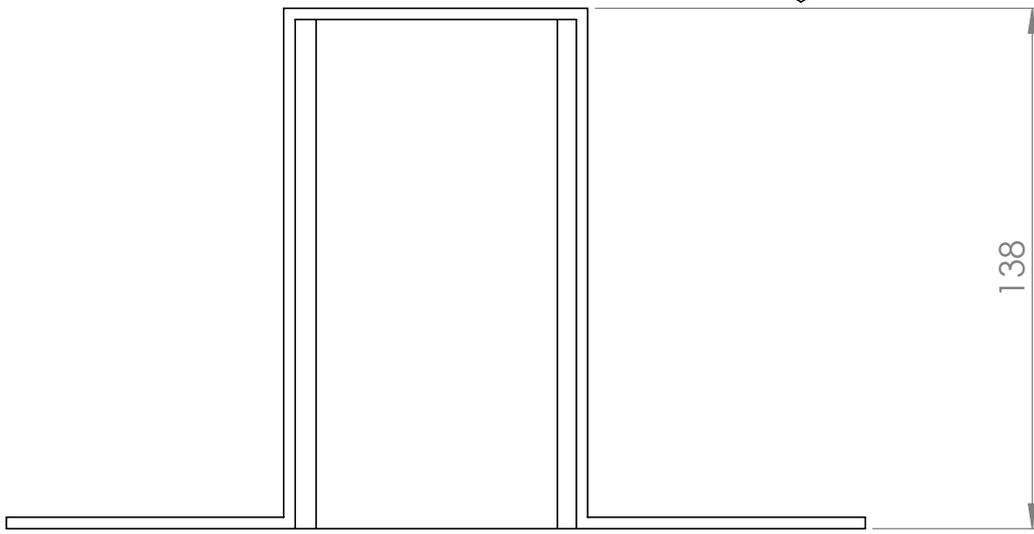
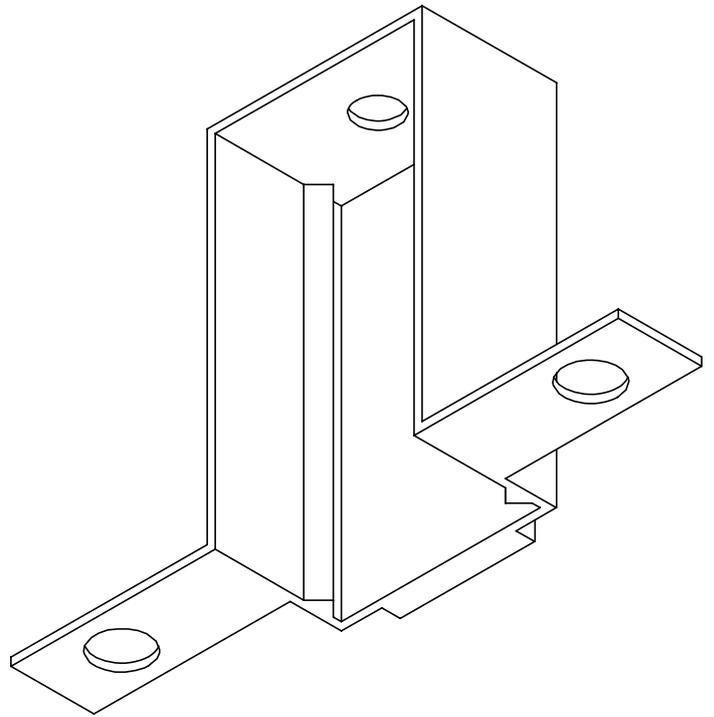
1: 3

PFE M2 ASM

10/08/2020

Fer en L

SEBAA Fethi
RAHOU Med



It Gle:±0.5



Université Abou Bekr BELKAID Tlemcen

HIDRA Ichraf

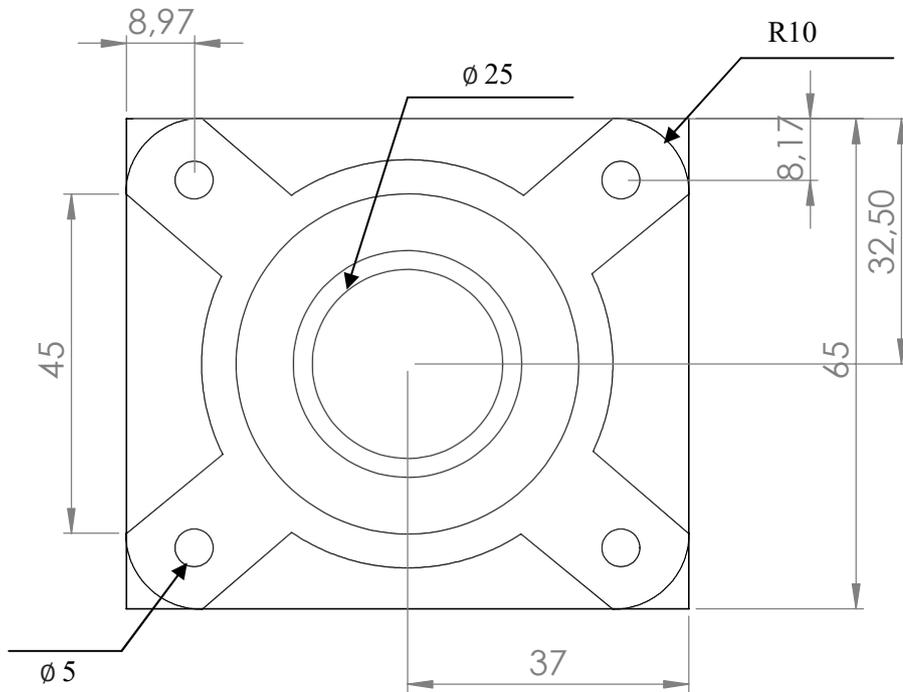
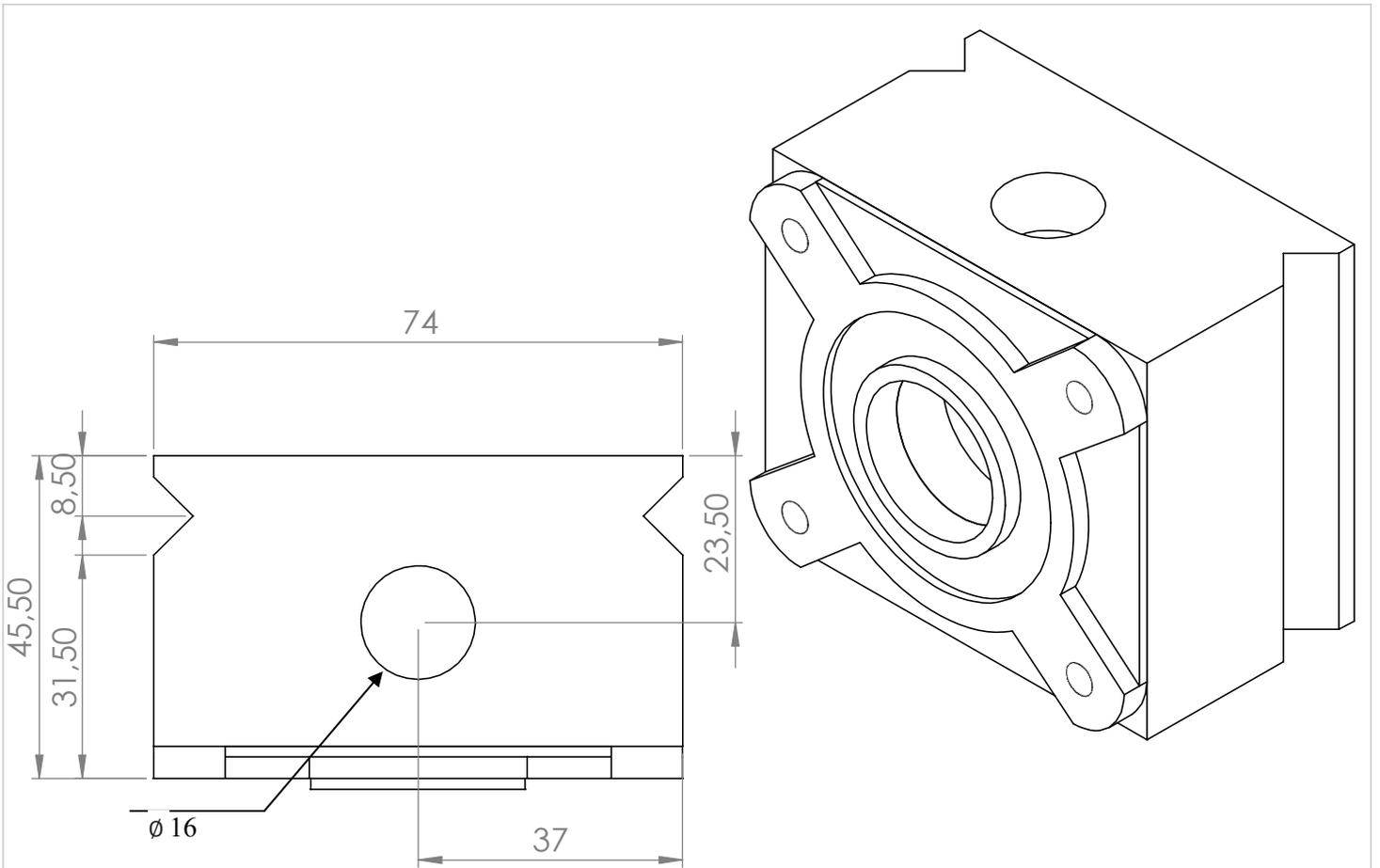
1: 2

Pièce de fixation N1

PFE M2 ASM

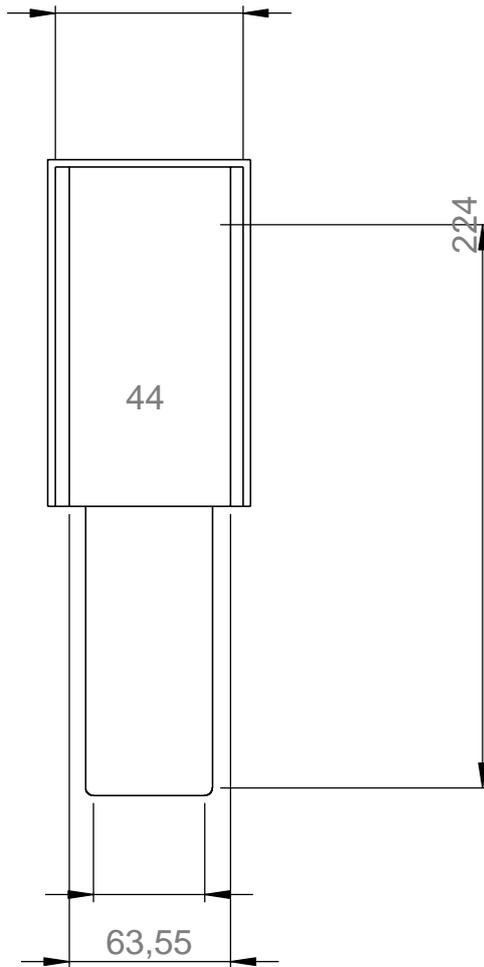
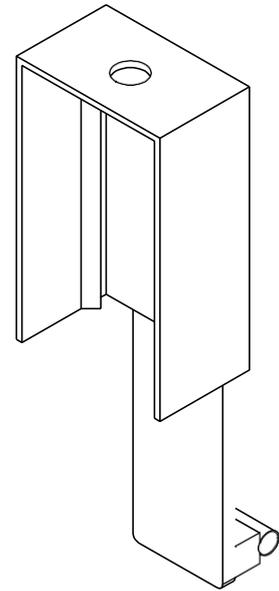
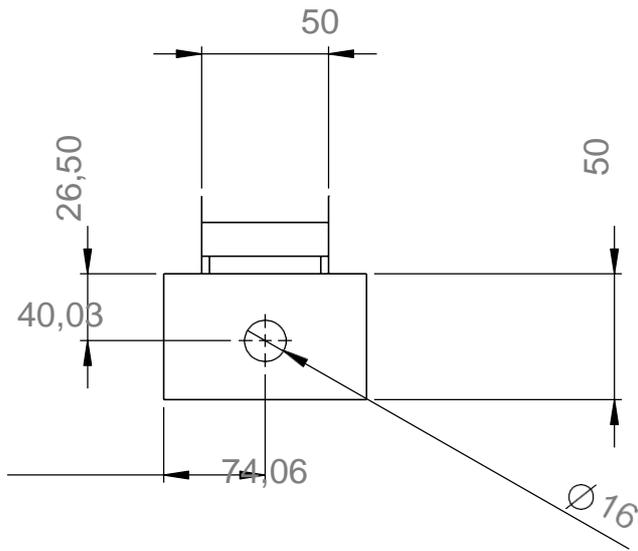
10/08/2020

SEBAA Fethi
RAHOU Med



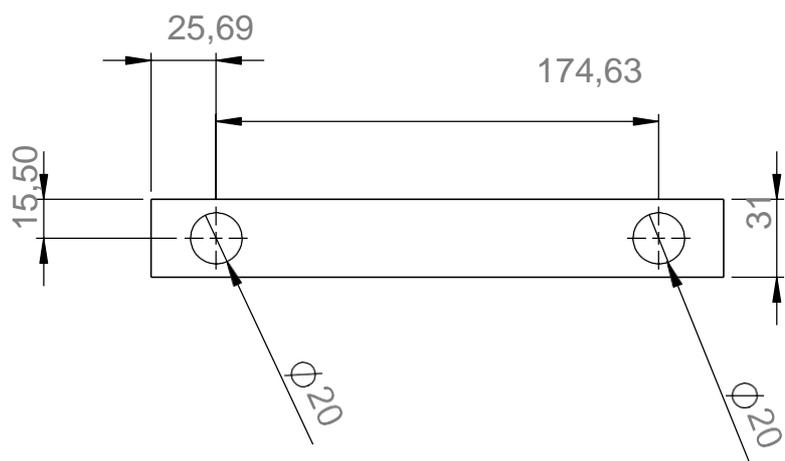
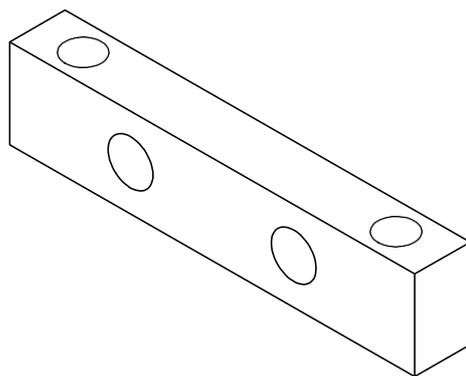
It Gle:±0.5

	<p>Université Abou Bekr BELKAID Tlemcen</p>	<p>HIDRA Ichraf</p>
<p>1: 1</p>	<p>Enroulement</p>	<p>PFE M2 ASM</p>
<p>10/08/2020</p>		<p>SEBAA Fethi RAHOU Med</p>



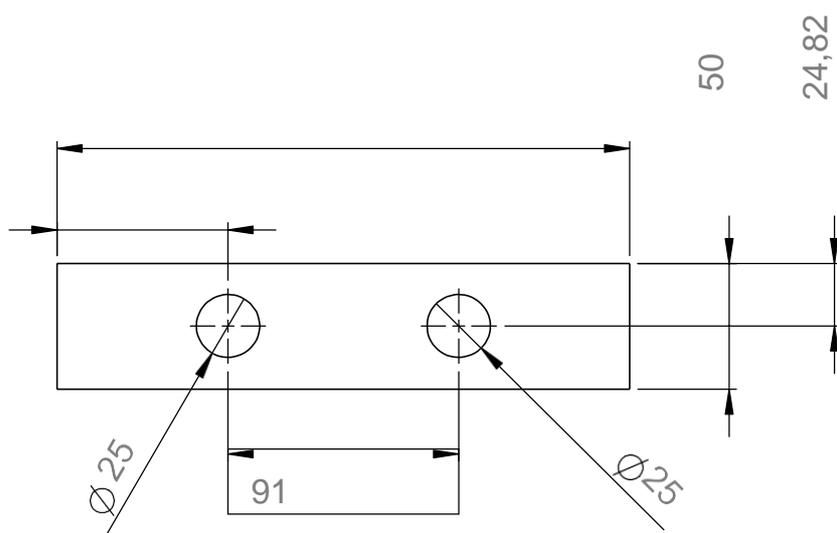
It Gle: ± 0.5

	<p>Université Abou Bekr BELKAID Tlemcen</p>	<p>HIDRA Ichraf</p>
<p>1: 3</p>	<p>Pièce de fixation N2</p>	<p>PFE M2 ASM</p>
<p>10/08/2020</p>		<p>SEBAA Fethi RAHOU Med</p>



226

67,50



It Gle:±0.5

	<p>Université Abou Bekr BELKAID Tlemcen</p>	<p>HIDRA Ichraf</p>
<p>1: 3</p>	<p>Pièce de fixation N3</p>	<p>PFE M2 ASM</p>
<p>10/08/2020</p>		<p>SEBAA Fethi RAHOU Med</p>

2. Descriptif de mode opératoire de soudage (DMOS)

2.1 Définition du DMOS

C'est un document, une procédure qui permet à une entreprise de pouvoir répéter en série des soudures. Sur le DMOS, on retrouve les informations nécessaires pour la préparation avant soudage, les réglages du poste à souder, et les informations sur les matériaux mis en œuvre (métal d'apport et matériaux soudés).

2.2. Qui est concerné par le DMOS et est-il obligatoire

Le responsable du soudage, le soudeur qualifié, le contrôleur et l'inspecteur sont les personnes qui seront concernées par les DMOS. Le DMOS est obligatoire si une entreprise souhaite valider une qualification de mode opératoire de soudage (QMOS) et aussi pour qualifier un soudeur. Le soudeur devra savoir interpréter un DMOS et aussi respecter les consignes pour réaliser la ou les soudures conformément au DMOS.

2.3. Quelques DMOS selon le procédé de soudage à l'électrode enrobé

Dans ce procédé de soudage, on vérifiera:

- Intensité de soudage (en ampères),
- la tension de soudage (en Volts),
- la vitesse d'avance du soudeur (en cm/min),
- la nuance du métal d'apport et son diamètre,
- la nature du courant (continu ou alternatif) et sa polarité.

2.4. Rédiger un DMOS

La rédaction du DMOS est guidée par la norme NF EN 288-2 de 1997 et par l'amendement A1 de 1997. Il est possible de rédiger un DMOS après avoir réalisé des essais de soudage dans les mêmes conditions que celles des futures soudures envisagées. Il est aussi possible de reprendre une ancienne qualification de mode opératoire de soudage déjà obtenue et de l'adapter.

2.5. Les paramètres et indications du DMOS

2.5.1. Valeurs à titre d'information :

- Lieu : Il s'agit du centre où est réalisée la qualification du mode opératoire de soudage.
- Référence : C'est un numéro de référence fourni par l'entreprise.
- Numéro de QMOS
- Constructeur/Fabricant : Entreprise cliente de la QMOS
- Nom du soudeur.
- Examineur ou organisme d'inspection : Personne qui validera la QMOS (APAVE, VERITAS, SOCOTEC...)

2.5.2. Valeurs et paramètres concernant les matériaux et la préparation :

- Mode de préparation du joint soudé et de nettoyage du joint soudé :

Pour la préparation, on utilisera le meulage, le chanfreinage (avec chanfreineuse portative par exemple), le cisailage, l'usinage, le fraisage les procédés de découpe thermique (plasma, oxycoupage, laser) ou non-thermique (jet d'eau, poinçonnage grignotage)

- Mode de nettoyage du joint soudé :

On peut utiliser le meulage, le brossage, le ponçage, le sablage, le grenailage, le dégraissage ou le décapage chimique.

- Spécifications du matériau de base (exemples courants) :

W01 : Aciers non alliés à basse teneur en carbone, aciers faiblement alliés et aciers à grains fins de limite à l'élasticité Re inférieure ou égale à 355 N/mm².

W02 : Aciers résistant au fluage au Chrome et Molybdène (Cr/Mo) et Chrome, Molybdène et Vanadium (Cr/Mo/V).

W03 : Aciers de construction à grains fins, normalisés, trempés et revenus et aciers à traitements thermomécaniques, de limite d'élasticité $Re > 355$ N/mm² ainsi que les aciers aux conditions de soudage similaires contenant 2 à 5 % de Nickel.

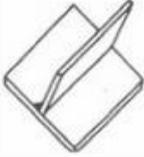
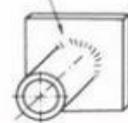
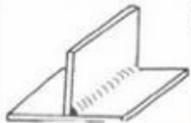
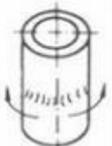
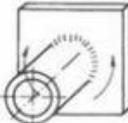
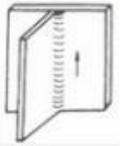
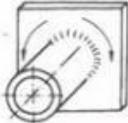
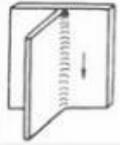
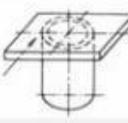
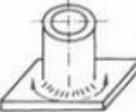
W04 : Aciers ferritiques ou martensitiques contenant 12 à 20 % de Chrome. W11 : Aciers inoxydables austéno-ferritiques et aciers inoxydables austénitiques (Cr/Ni).

2.5.3. Valeurs et paramètres concernant les matériaux et la préparation :

- **Epaisseur du matériau de base :** épaisseur en mm du matériau à souder.
- **Diamètre du matériau de base :** pour une pièce circulaire, rond ou tube, on indique le diamètre en mm à souder.

2.5.4. Informations relatives au joint soudé:

- **Procédé de soudage :** Numéro du procédé de soudage utilisé (ex : 135, 111, 141...).
- **Position de soudage de l'assemblage.**

a) Soudures bout à bout (tôles)	b) Soudures d'angles (tôles) :	c) Soudures bout à bout (tubes)	d) Soudures en angle (tôles)
 PA Plat	 PA Gouttière	 PA (tube en rotation, axe horizontal, soudage à plat)	 PB (tube en rotation, axe horizontal, soudage à plat)
 PC Corniche	 PB Angle à plat	 PC (tube fixe, axe vertical, soudage en corniche)	 PF (tube fixe, axe horizontal, soudage vertical montant)
 PF Verticale en montant	 PF Verticale en montant	 PF (tube fixe, axe horizontal, soudage vertical montant)	 PG (tube fixe, axe horizontal, soudage vertical descendant)
 PG Verticale en descendant	 PG Verticale en descendant	 PG (tube fixe, axe horizontal, soudage vertical descendant)	 PD (tube fixe, axe vertical, soudage angle au plafond)
 PE Plafond	 PD angle au Plafond	 H-L045 (tube fixe, axe incliné, soudage vertical montant)	 PB (tube fixe, axe vertical, soudage angle à plat)
		 J-L045 (tube fixe, axe incliné, soudage vertical montant)	PA (tube en rotation, axe incliné, soudage angle plat)

- Type du joint soudé :

Il s'agit d'une suite de symbolisations qui déterminent avec précision, le type de joint réalisé.
Les variables suivantes seront utilisées:

Codifications pour le type d'assemblage de soudage :

- P : Essai de soudage sur tôle(Plate)
- T : Essai de soudage sur tube(Pipe)
- BW : Essai de soudage bout à bout (Butt Weld)
- FW : Essai de soudage en angle (Fillet Weld)
- P-BW : Essai de soudage sur tôle en bout à bout
- T-BW : Essai de soudage sur tube en bout à bout
- P-FW : Essai de soudage sur tôle en angle
- T-FW : Essai de soudage sur tube en angle

Codifications pour le mode d'assemblage:

- ss : Essai de soudage d'un seul coté (single side welding)
- bs : Essai de soudage de deux cotés (both sides)
- ng : Sans gougeage par meulage (no back gouging/ no back grinding)
- gg : Avec gougeage par meulage (back gouging/ back grinding)
- nb : Essai de soudage sans support envers (welding with no backing)
- mb : Essai de soudage avec support envers (welding with material backing)
- Détail de gougeage ou support envers : A indiquer si existant.

2.5.5. Informations relatives au gaz, métal d'apport et électrodes:

- Métal d'apport : Suivant codification, indiquer le métal d'apport utilisé
- Marque et type du métal d'apport
- Reprise spéciale ou séchage : selon besoin, à indiquer
- Gaz de protection ou flux : Par exemple Ar+CO² (envers et/ou endroit)
- Débit de gaz de protection: Indiquer en litres/min les débits pour la soudure envers et/ou

endroit

- Dimension et type d'électrode non fusible (TIG)
- Angle de la torche

5.3.6. Informations relatives au préchauffage, traitement thermique:

- Température de préchauffage : A indiquer si nécessaire
- Traitement thermique après soudage : A indiquer si nécessaire
- Temps, température et méthode : selon besoin, à indiquer
- Vitesse de montée en température et de refroidissement : selon besoin
- Température entre passes : selon besoin

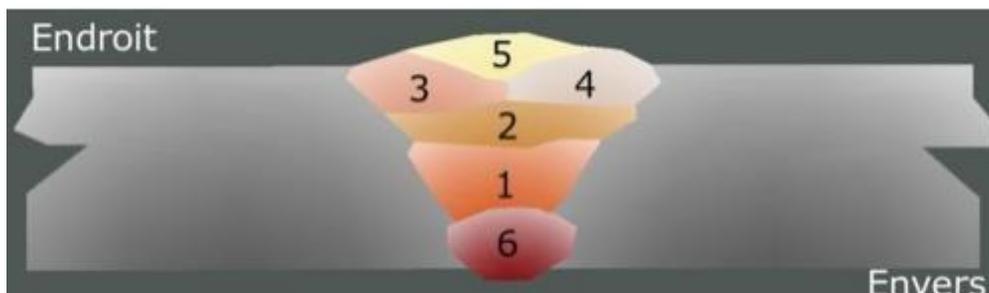
5.3.7. Autres informations

- Par exemple, informations sur un éventuel balayage pendant le soudage. Ou des informations concernant d'éventuels contrôles de soudures.

Schémas du DMOS

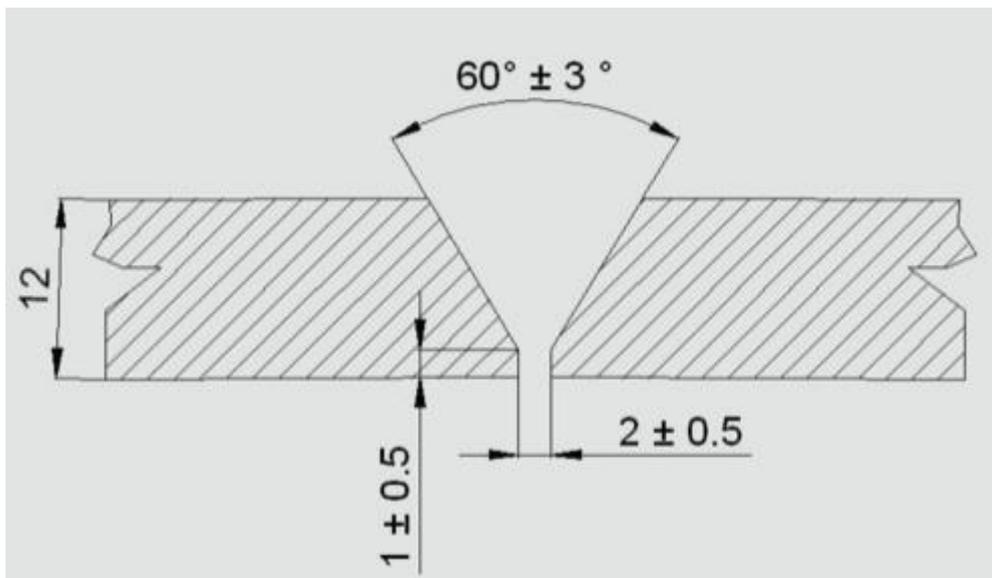
- Dispositions des passes

Ce schéma représentera facilement le nombre de passes, le numéro de la passe, l'empilement, éventuellement la dimension de la pièce soudée et la gorge de la soudure :



-Schéma de la préparation avant soudage

Ce schéma représentera la préparation avant soudure. On notera les dimensions importantes tolérances. Il peut s'agir des épaisseurs des éléments à souder, jeu de soudage, talon, angle du chanfrein

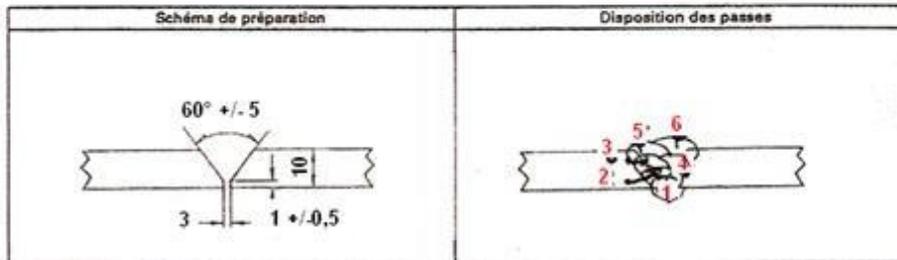


La rédaction des DMOS ou Descriptifs de modes opératoires de soudages sont des documents très prisés par les entreprises de chaudronnerie, tuyauterie, et nucléaire. Elle nécessite des connaissances et une importante expérience du soudage et de ses procédés. Les techniciens ayant ces connaissances sont de ce fait très prisés par les entreprises. Des écoles spécialisées comme l'Institut de soudure permet d'acquérir ces connaissances

**Descriptif de mode opératoire de soudage
du constructeur ou du fabricant (DMOS)**

Code : _____

Lieu : _____ EXAMINATEUR OU ORGANISME D'INSPECTION : _____
 DMOS référence N° : 1
 PV-QMOS N° : _____ Méthode de préparation et nettoyage : _____
 Constructeur ou Fabricant : _____ oxycoupage / meulage
 Nom du soudeur : x y Spécification matériau de base : S355 K2 G3
 Procédé de soudage : 136 Epaisseur du matériau de base (mm) : 10
 Type de joint : BW Diamètre du matériau de base (mm) : _____
 Détails de préparation de joint (Schéma)* : _____ Position de soudage de l'assemblage : PA



Paramètres de soudage :

Passé n°	Procédé	Dimension métal d'apport	Courant A / A 15'	Voltage ± V 2V	Type de courant Polarité	Alimentation en fil Vitesse d'avance*	Energie de soudage *
1	136	φ 1,2	140	19	CC +	15 cm/min	
2			270	28		42 "	
3			290	29		39 "	

Métal d'apport : codification : T46 5 H9 1 H5 Autres Informations : N° Covité 10241501
 marque et type : SAFDUAL 280
 Reprise spéciale ou séchage : _____ par ex. : balayage (largeur maximale) oscillation : _____
 Gaz de protection/flux : endroit : ARCAL 21
 débit de gaz - envers : _____
 endroit : 18 l/min ± 2
 envers : _____
 Type d'électrode de tungstène/Dimension : _____
 Détails de gougeage ou du support envers : _____
 Température de préchauffage : _____
 Température entrepasses : ≤ 250°C
 Traitement thermique après soudage ou vieillissement : _____
 Temps, Température, Méthode : _____
 Vitesses de montée en température et de refroidissement* : _____
 L'assemblage de qualification décrit ci-dessus a été soudé en présence de : _____

Constructeur ou fabricant Nom, date et signature _____ _____	Examineur ou organisme d'inspection Nom, date et signature : _____ _____
---	---

* Si nécessaire

3. Réalisation de l'enrouleuse

3.1. Matières premières

- Les profilés de la forme L ;
- Les boulons de diamètres 12mm (pas 1.75) ;
- Les cylindres (trois cylindres) ;
- Les pinions ;
- Le poignée ;

3.2. Matière requis

- Poste à souder à l'électrode enrobée ;
- Machine de découpe de tôle ;
- Tronçonneuse ;
- Tourelle parallèles 1500 ;
- Fraiseuse universelle FU 1.5 ;
- Perceuse e colonne ;
- Touret à meuler ;

3.2. Etapes de réalisation

La réalisation de cette machine consiste à passer par les étapes suivantes :

3.2.1. Traçage et découpage

A ce stade nous avons tracé et coupé les profilés de la forme L avec la Tronçonneuse pour leur donné les dimensions voulue. Le découpage des métaux peut être réalisé à l'aide d'outils divers comme la meuleuse équipée en tronçonneuse à métaux, la scie à ruban et la tronçonneuse à métaux sur table. Le type de tronçonneuse à métaux à choisir dépend du type de coupe à réaliser.



Figure 3.3.1. Découpage des profilés

3.3.2. Usinage des cylindres

Le Tour et une machine –outil permettant la production de pièce mécanique par enlèvement de copeaux (Usinage).



Figure 3.3.2 Usinage

3.3.3. Perçage de poutrelle

La figure 3.3.3 présente l'opération de perçage des poutrelle permettant la fixation des tôles.



Figure 3.3.3Parcage des trous dans différents matériaux

La réalisation est suspendu car le Covide 19

Conclusion générale

Conclusion générale

Tout au long de la préparation de ce projet de fin d'études au niveau de l'entreprise SOGERHWIT, les connaissances acquises durant notre cursus universitaire ont été mise en valeur avec toutes les difficultés de la conception jusqu'à la fabrication mécano soudée au niveau des différents de l'entreprise.

Le but de ce travail est l'étude et la réalisation d'une enrouleuse de tôles minces épaisseur maxi 2mm. Elle est utilisée comme auto-équipement au niveau de l'atelier de soudage de la faculté de technologie de l'université Tlemcen.

Afin d'atteindre cet objectif, ce travail est regroupé en deux parties. La première partie est consacrée aux différents procédés de soudage et leurs paramètres et précisément le soudage à l'électrode enrobée.

La seconde partie traite l'étude et réalisation de l'enrouleuse de tôle minces, les différents types, le mode de fonctionnement et aussi l'élaboration du dessin d'ensemble et dessins de définition a l'aide de logiciel SOLIDWORKS 2013.

L'enrouleuse a un processus de fabrication qui produit une forme en cylindrique ou conique. Nous permet obtenir des tubes de différents diamètre et possibilité de démontage le cylindre supérieure pour retirer le tube.

En perspective, ce projet sera élargi à l'automatisation de système de roulage par des systèmes électriques ainsi qu'une variété de forme.

ANNEXE

Présentation de l'entreprise

1. Présentation de la société

Historique

- La Société Générale de Travaux Hydrauliques de Tlemcen, par abréviation SOGERHWIT, était une Entreprise Publique Locale dénommée « SOGERWIT. », créée en 1973 par arrêté interministériel. Son Capital Social était fixé à : 1 000.000,00DA.
- Après son passage à l'autonomie et conformément aux dispositions de la décision du Comité Intersectoriel (C.I.S) en date du 13/12/95, SOGERHWIT a été transformée en Entreprise Publique Économique (E.P.E) sous la forme juridique d'une société par Actions (S.P.A.).
- Son Capital Social est fixé à un montant de 10.000.000,00 DA divisé en 1000 Actions d'une valeur nominale de 10.000,00 DA chacune, souscrites intégralement par l'Etat et détenues entièrement par la Société par Actions: HOLDING PUBLIC « BATIMENT ET MATERIAUX DE CONSTRUCTION », Par abréviation BMC.
- Le 22 mai 1997 un transfert de propriété a été exécuté entre le holding public BMC et le holding public régional ouest, où ce dernier devient propriétaire unique de l'EPE/ SPASOGERWIT.
- Le 12 mars 2001, à la suite d'une AGEX, le capital de l'entreprise SOGERHWIT est porté de 10 millions à 100 millions de dinars par l'incorporation des réserves et résultats en instance d'affectation à hauteur de 90 millions de dinars.
- Suite à la résolution n°02 de l'AGEX du 25 mai 2003, la dénomination de l'entreprise est remplacée par le terme « SOGERHWIT».
- L'AGEX du 06 Décembre 2004, fait porter le capital social de la SOGERHWIT à 130 millions de dinars à la suite d'une augmentation de 30 millions de dinars par l'incorporation des primes d'apport, des réserves facultatives et des résultats en instance d'affectation.
- Suite à la résolution n° 03 de l'AGEX du 30/12/2007 le capital d'entreprise SOGERHWIT est porté de 130 millions à 393 millions de Dinars.
- Suite au PV de l'AGEX du 24/09/2012 le capital d'entreprise SOGERHWIT est porté de 393 millions de dinars à 620 millions de Dinars.

Implantation

- Le siège de l'entreprise est situé dans la zone Semi Industrielle ABOU_TACHFINE à quelques quatre (04) KM du centre de la ville de TLEMCEM.
- Le siège de l'entreprise est implanté sur un terrain d'une superficie de 15 609 M2 dont 4 915,13 M2 constituent l'assiette des bâtiments administratifs et d'exploitation.
- Elle dispose également d'un terrain au niveau de la zone industrielle de Tlemcen de 5 000 M2 utilisé pour la production du béton prêt à l'emploi et de stockage de matières premières, et d'un Parc de 3 000 M2 dans la zone industrielle de NAAMA.

Activités de l'Entreprise

L'activité principale de l'entreprise consiste en la réalisation de travaux hydrauliques :

- Assainissement
- Grands travaux d'adduction en eau potable(A.E.P)
- Construction de châteaux d'eau
- Station d'épuration et autres travaux de Génie civil
- Drainage
- Retenues collinaires
- Réalisation des périmètres d'irrigation

D'autres activités secondaires sont également réalisées, à savoir

- La production de divers agglomérés.
- La production du béton prêt à l'emploi.
- La production chaudronnerie et fabrication mécanique.
- Les prestations de matériels de transport et engins de chantier.

Les activités de production sont essentiellement développées pour les besoins propres de l'entreprise.

Effectifs

L'effectif de la société SOGERHWIT dépasse les 1600 employés, toutes catégories socioprofessionnelles confondues.

Système de management de la qualité

L'entreprise a certifié son système de management de la qualité selon le référentiel ISO 9001 version 2015.

Références bibliographiques

- [1] Cours sur le pliage des tôles<<<https://www.rocdacier.com/cours-pliage-toles/>>>, mai 2019
- [2] Différences entre les soudures TIG et MIG/MAG
<<<http://www.sinoconcept.fr/blog/differences-entre-les-soudures-tig-et-migmag/>>>, avril 2019
- [3] Introduction au soudage à l'arc électrique
<<<https://fr.scribd.com/document/231095974/SOUDAGE-GENERALITE>>>, avril 2019
- [4] Klas Weman ,<<PROCÉDÉS DE SOUDAGE >>, Dunod,Paris,2012
- [5] LESOUDAGE,
<<<https://fr.wikibooks.org/wiki/Soudage/G%C3%A9n%C3%A9ralit%C3%A9s> >>, avril 2019
- [6] LE SOUDAGE OXYACÉTYLENIQUE, <<<https://docplayer.fr/20745807-Le-soudage-oxyacetylenique.html>>>,mai 2019
- [7] «LES DIFFERENTS PROCEDES DE SOUDAGE PAR RESISTANCE» centre d'étude wallon d'assemblage et du control des matériaux.
- [8] Soudure par résistance <<<https://poste-a-souder.ooreka.fr/comprendre/soudage-par-resistance>>>,avril 2019
- [9] soudage à l'arc électrique <<<http://www.lyc-de-gaulle-pulversheim.ac-strasbourg.fr/HUMEZ/ASSEMBLAGE/Soudagearc.htm>>>, avril2019
- [10] SD Service <<SOUDAGE PAR RÉSISTANCE>>, édition 2016
- [11] TÔLERIE FINE INDUSTRIELLE<<<https://www.epsilon-tolerie.fr/savoir-faire/parachevement/19-parachevement/45-pliage-de-tole-pliage-de-tole>>>, avril2019
- [12] ETUDE DEL 'ENROULEUSE<<<https://www.rocdacier.com>>>,2020