



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès  
Faculté de Sciences et Techniques de Fès-Saïss  
Département de génie mécanique



Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention de la

## **Licence Sciences et Techniques**

### **Spécialité : Conception et Analyse Mécanique**

Thème :

### **Etude et conception d'un bon de soudage longitudinal des pièces cylindriques**

Lieu :

ZINELEC – FES-

Présenté par :

- BERRAHO Fadoua
- BENRAMDANE Mohammed Youssef

Encadré par :

- M. A. ELBARKANY (FST)
- M. H. BOURASS (ZINELEC)

**Soutenu le 08/06/2016 devant le jury :**

- Pr. A. ELBARKANY
- Pr. I. MOUTAOUAKKIL

## *Remerciements*

C'est avec un grand plaisir que nous réservons ces lignes en signe de gratitude et de reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Nos remerciements s'adressent à *Monsieur le Doyen* de la FST, le corps administratif et professoral, pour les conseils, les directives et les encouragements prodigués le long de notre formation.

Nous exprimons aussi nos profondes et spéciales gratitudees à *Monsieur A. Elbarkany* pour ses aides, ses conseils précieux, ainsi que pour le temps qu'il a bien voulu nous consacrer tout au long de ce stage.

Nous tenons aussi à remercier vivement *Monsieur H. Bourrasse* notre encadrant au sein de ZINELEC qui n'a pas cessé de nous prodiguer ses conseils et ses suggestions pertinentes, et tous les techniciens pour leurs aides et leurs conseils qu'ils nous ont accordés.

# Table des matières :

<b>INTRODUCTION</b> .....	4
<b>CHAPITRE I :Présentation générale de l'organisme d'accueil</b>	
Présentation de l'organisme d'accueil.....	5
I.Présentation de <b>ZINELEC</b> .....	5
1.Domains d'expertise.....	7
2.Champs intervention.....	8
2.1 Eau & environnement.....	8
2.2 Aménagement urbains.....	9
2.3 Energie.....	10
3.Fiche signalétique de <b>ZINELEC</b> .....	10
4.ORGANIGRAMME DE <b>ZINELEC</b> .....	11
4.1 Le bureau des études.....	12
4.2 Le bureau des méthodes.....	12
4.3 Service contrôle.....	13
<b>CHAPITREII : Étude préliminaire du projet</b>	
I. Présentation du sujet :.....	14
1. Etude générale du soudage des pièces cylindriques.....	14
Le soudage MIG- MAG.....	14
Principe du soudage MIG -MAG.....	16
Descriptif du poste à souder MIG-MAG.....	16
La torche du poste à souder MIG-MAG.....	16
Paramètres de soudage.....	17
II- L'analyse fonctionnelle et l'élaboration d'un CDCF.....	18
L'analyse du besoin.....	19
Diagramme de bête-à-corne.....	19
1. La recherche des fonctions.....	20
1.1 La recherche intuitive.....	20
1.1.1.Etude du cycle de vie et de l'environnement.....	20
Etude de la faisabilité.....	21
1.1.2. Identification des interacteurs.....	21
1.1.3.Replacer le produit dans son milieu.....	22
1.2. Identification des fonctions de services :	
1.2.1. Les fonctions d'interaction.....	23
1.2.2. Caractéristiques des interacteurs.....	23
1.2.3. Les fonctions d'adaptations.....	23
2. Ordonner les fonctions.....	24
2.1. L'arbre fonctionnel.....	25

3. Hiérarchiser les fonctions.....	26
3.1. La comparaison des fonctions .....	26
3.2. L’histogramme des fonctions.....	26
II- Cahier des charges fonctionnel .....	27

### **CHAPITRE III :Etude conceptuelle et dimensionnelle**

I - la concrétisation des concepts .....	28
1.Génération des concepts.....	28
1.1. Matrice morphologique .....	28
1.2. Diminution du nombre de combinaisons de concepts possibles.....	29
1.3. Choix de concepts finaux.....	30
1.4. Généralités sur le vérin mécanique à vis .....	31
1.5. Applications .....	31
1.6. Schéma cinématique.....	39
1.7. Avantages des concepts choisis .....	40
<b>Annexe</b> .....	41
<b>CONCLUSION</b> .....	42

## *Introduction :*

Le projet de fin d'études représente une étape très importante qui couronne La formation acquise par les étudiants de F.S.T. Fès.

**ZINELEC** a augmenté sa place dans le marché national. Son plan de travailler en principe est l'électrification du monde rural y compris les villes nationales.

En sachant bien que sans électricité rien ne peut se développer, mais grâce à l'entreprise ZINELEC et son efficacité dans le domaine, plusieurs villes et village sont actuellement en plein développement.

C'est dans ce contexte que se situe notre projet de stage technique intitulé étude et conception d'un mécanisme de soudurelongitudinale pour souder une pièce cylindrique, mouvement linéaire, en se fondant sur la création, la conception de sa fabrication, la connaissance des matériaux, du dessin industriel et du calcul mécanique.

Ce travail s'articule autour de trois chapitres principaux :

- ✓ Le premier est consacré à la présentation de l'entreprise ainsi qu'à une brève description de ses produits.
- ✓ Le deuxième chapitre présente le sujet en élaborant un cahier des charges qui se rapporte à l'étude, à la conception et à la réalisation d'un mécanisme de soudure des tôles en acier sous la forme des cylindres.
- ✓ Le troisième chapitre sera consacré à la génération des concepts, leur concrétisation, ainsi que le dimensionnements et la conception de notre mécanisme.

## Chapitre I



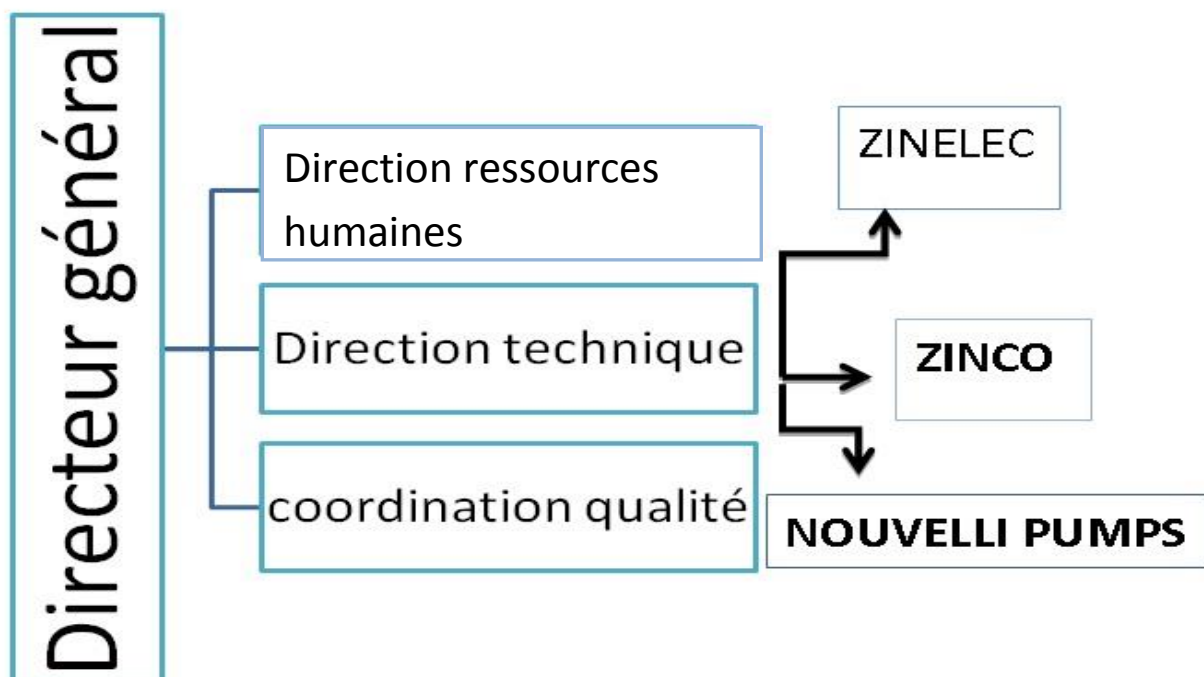
## Présentation de l'organisme d'accueil

### Présentation de l'organisme d'accueil

Dans cette première partie, on va présenter le Groupe **Zine** et ses composants, en décrivant **ZINELEC**, son champ d'activité et son organisation.

### I. Présentation de ZINELEC

Le **GROUPE ZINE** est une société d'un regroupement de trois filières individuelles qui opèrent dans le domaine d'emplacement de matériaux d'eau et d'électricité, l'organigramme du groupe se présente comme suit :



**ZINELEC** a été créée en 1984, elle s'est rapidement imposée comme un des leaders au Maroc dans le domaine de l'ingénierie hydraulique et électrique. Avec de nombreuses références

Les principaux clients sont :

- l'ONE,
- l'ONEP
- Et autres donneurs d'ordre aux exigences techniques pointues, **ZINELEC** a su mettre en place une organisation multi-métiers pour répondre à une large étendue de projets:
  - Éclairage public.
  - Fontainerie et effets d'eau.
  - Postes et ligne d'énergie électrique.
  - Automatismes et réseaux centralisés.
  - Réservoirs surélevés et semi-enterrés.

**ZINELEC** dispose aussi d'une ZINCO de fabrication de poteaux béton et autres articles en béton préfabriqués.

**Certifiée ISO 9001** version 2000, **ZINELEC** exécute tous ses ouvrages en respectant les processus de réalisation, des études à la mise en service. Partenaire de choix des projets structurants du Maroc pays, **ZINELEC** met en œuvre son savoir-faire en s'appuyant sur des valeurs fondamentales : respect et maîtrise des plannings, conformité et qualité de réalisation, optimisation des coûts.



**Figure 1.1** : Représentation d'un soudage électrique

## 1. Domaines d'expertise

**ZINELEC** a adopté une approche intégrée de réalisation de ses projets pour être capable de répondre de manière autonome et réactive aux exigences de ses clients. Pour cela **ZINELEC** est structurée en départements autour des différents métiers de l'entreprise.

### Automatisme

- Systèmes de télégestion et de supervision.
- Automatisation et régulation de procédés industriels.



Figure 1.2 : Représentation d'un câblage électrique.

### Génie civil Industriel

- Ouvrages industriels.
- Ouvrages hydrauliques.



Figure 1.3 : Représentation d'une installation d'un ouvrage hydraulique

### Énergie et Électrique

- Lignes THT/ HT / MT.



- Portes de transformation THT/HT/MT.



**Figure 1.4 :** Représentation d'une installation transformateur THT / HT/MT

## 2. Champs intervention

- Eau & Environnement
- Aménagements urbains
- Énergie

### 2.1 Eau & environnement

- Traitement de la première station au Maroc de défrisassions par échangeurs d'ions à Oulémas.
- Conception et réalisation clés en main d'une station de traitement d'eau potable à Targuis, débit :  $5300\text{m}^3/\text{j}$ .



**Figure 1.5 :** Représentation d'une installation d'un Réservoir d'eau

## 2.2 Aménagement urbains

### *Fontainerie et effets d'eau*

La réalisation de fontaine urbaine constitue une nouvelle application pour ZINELEC mais faisant appel aux métiers historiques de l'entreprise.

Toutes les fontaines projetées par ZINELEC sont conçues avec un souci d'optimisation de l'énergie consommée avec l'utilisation exclusive d'éclairage à LED et des variateurs de vitesse pour le contrôle des effets d'eau.



**Figure 1. 6 :** Représentation d'une fontaine de centre-ville de Fès.

### *Éclairage public et architectural*

Des centres urbains aux routes rurales, des monuments aux piéds publics.

ZINELEC éclaire certains endroits pour les rendre plus agréable et sécurisés



**Figure 1.7 :** les éclairages à Fès

## *Illuminations festives*

L'art de la lumière prend toutes ses formes avec les illuminations festives pour les collectivités locales.

**ZINELEC** propose un large choix de motifs et peut également répondre aux demandes spécifiques avec possibilité de simulation en 2D et 3D.

## 2.3 Energie

Transport et distribution de l'énergie électrique :

Le Transport et la distribution de l'énergie électrique sont des activités historiques de **ZINELEC**, qui a été un acteur majeur des programmes PNER et PERG de l'ONEP ainsi dans d'autres projets d'électrification :

➤ PERG :

Programme d'Electrification Rurale Globale de L 'ONE : « Régions Taounate, Taza, Er-Rachidia, Sidi-Kacem, El-Jadida ... plus d'un millier de villages électrifiés».

➤ Autres projets :


Électrification de lotissements pour le compte des ERAC, Régies et ONE.

Poste 60 /20 kV télé conduit pour le compte de la RADEEF : Génie civil et équipements.

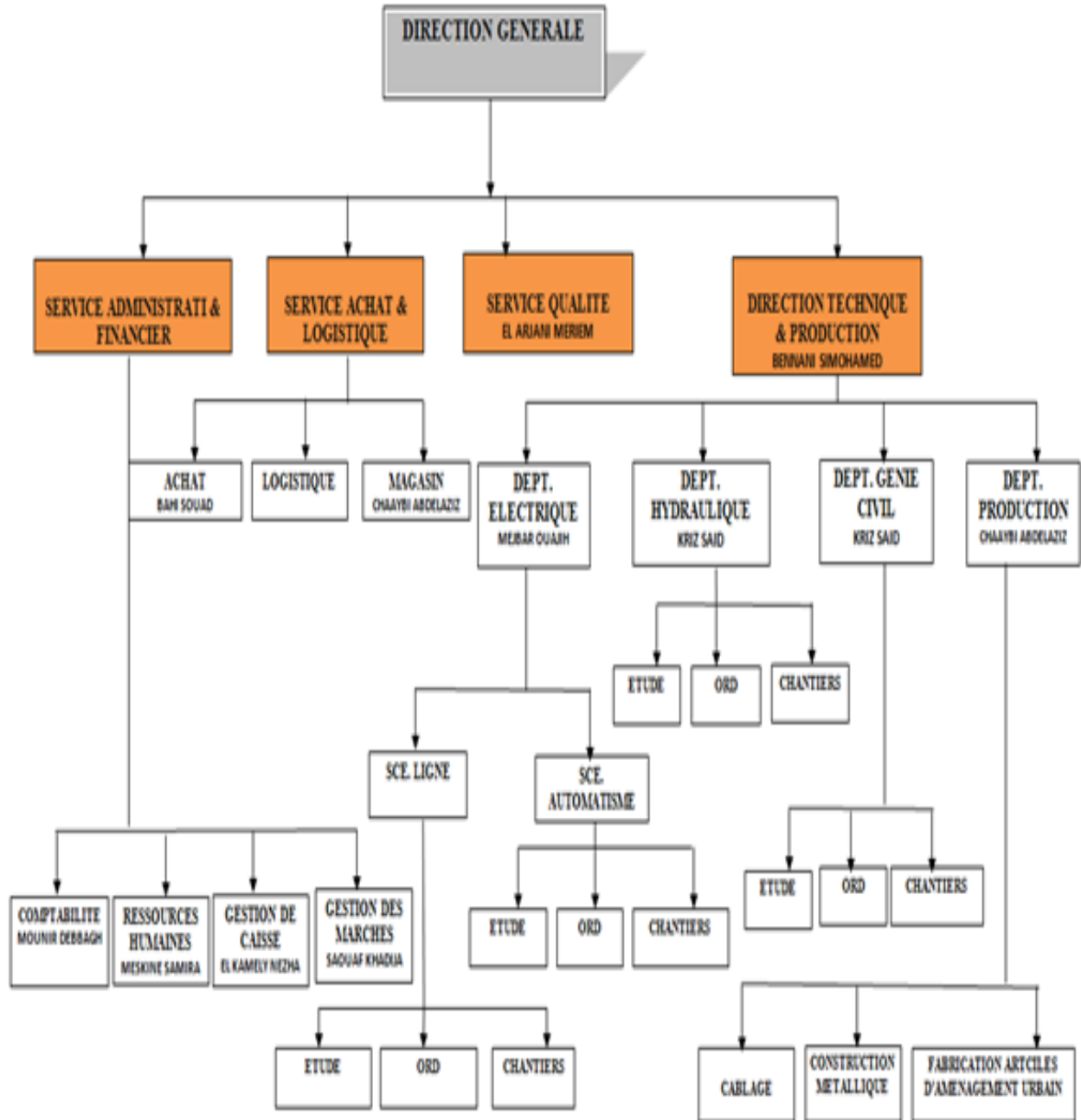
Centrale d'énergie pour Smara.

Gare de péage Khemisset et Bahraoui pour Autoroutes du Maroc.

## 3. Fiche signalétique de Zinelec

<b>Organisme</b>	<b>Zin ÉLECTRIQUE (ZINELEC)</b>
<b>Date de création</b>	<b>Créée en 1984</b>
<b>Forme juridique</b>	<b>S.A.R.L.</b>
<b>Logo</b>	
<b>Siège social</b>	<b>FES</b>

## 4. Organigramme de ZINELEC



La réalisation des projets industriels est toujours basée sur l'étude industrielle commerciale pour éviter au maximum les gaspillages de temps et d'argent, un projet dans une entreprise est une idée qui circule entre trois services :

- ✓ **Bureau d'études**
- ✓ **Bureau des méthodes**

## ✓ Service contrôle

### 4.1 Un bureau d'études

Ce service peut désigner soit un cabinet indépendant, soit un département ou un service au sein d'une administration ou d'une entreprise. Il s'agit d'une structure où sont réalisées des expertises à caractère scientifique et/ou technique, généralement sous la responsabilité d'un ingénieur.

Ces expertises peuvent recouvrir entre au les champs de l'analyse de l'existant (état des lieux) ou bien la conception d'un produit ou l'organisation d'un service. L'activité des bureaux d'études relève du domaine des services : les prestations sont de caractère intellectuel. Un bureau d'étude ne réalise pas directement des travaux ou des fournitures, bien qu'il intervienne en général en amont afin d'effectuer des recommandations préalables, ou en aval pour vérifier la qualité des réalisations.

### 4.2 Le bureau des méthodes

Ou servicedes méthodes dans une entreprise,est l'interface entre la ligne de production et le bureau d'étude. Il est chargé de concevoir et de fournir les outils utiles à la production afin d'améliorer la productivité globale de l'entreprise, d'améliorer les conditions de travail et de fournir les outils d'analyse nécessaires aux études de coûts standard, c'est-à-dire :

- Vérifier, avec le bureau d'étude, la faisabilité et la fabricabilité d'un produit.
- De mettre en œuvre les moyens de production nécessaires (machines et équipements).
- Défini les temps nécessaires à la production.
- Définir les coûts de production.
- Optimiser les temps/coûts de production.

Ce service est en relation directe avec

- **Le bureau d'étude.**
- **La production.**
- **Les achats.**
- **Les commerciaux.**
- **logistique.**

### 4.3. Service contrôle

Ce service a pour rôle de contrôler l'action de mesurer, d'examiner, d'essayer de passer au calibre une ou plusieurs caractéristiques d'un produit ou d'un service et de les comparer aux exigences spécifiées en vue d'établir leur conformité. À chaque stade de pièce, à chaque étape on doit avoir un feu vert pour continuer la production. Avant le conditionnement des produits, un contrôle final unitaire est effectué sur l'ensemble de la production et portant sur la conformité exigée par les constructeurs.

## Chapitre II



## Étude préliminaire du projet

### 1. Problématique

La société **ZINELEC** veut concevoir un mécanisme de soudure dont le but principal est le soudage des pièces cylindriques après avoir plié les tôles, en adoptant la technique du Soudage MIG-MAG (la soudure à l'arc au fil sous protection gazeuse). Le but de l'entreprise par l'adoption de ce mécanisme est la diminution des aides des personnes ainsi que le temps de soudage des pièces cylindriques.

#### 1.1. Objectif

Nous nous sommes vu confier la tâche de mener ce projet, qui a pour objectif d'adapter cette machine aux besoins de l'entreprise, c'est-à-dire en revoir la conception initiale pour l'utiliser pour le soudage en jouant sur la forme et la matière la plus économique au moindre coût. L'objectif majeur de ce projet est de concevoir, fabriquer, tester, documenter, installer et de mettre à disposition de **ZINELEC** un système mécanique, afin d'améliorer la productivité et d'augmenter la cadence à des niveaux acceptables pour répondre aux besoins des futurs projets.

#### 1.2. Etude générale

Dans cette partie on va s'intéresser au soudage des pièces cylindriques qui passent par certaines étapes qu'on résume ci-dessous :

- La société tout d'abord commence par faire les commandes des tôles qui sont généralement en Acier
- L'étape suivante est : plier les tôles dans la plieuse dont en Zinelec se dispose.
- Les pièces maintenant ont pris la forme d'un cylindre et elles doivent être soudées et c'est l'objectif de notre projet, faire la conception d'un mécanisme qui satisfera les besoins de l'entreprise.

#### ✓ Le soudage MIG-MAG

Le soudage **MIG-MAG** (sa désignation est respectivement 131 ou 132/133, et 135 ou 136/138 suivant la norme EN ISO 4063-2011), ou encore *GMAW* selon les normes américaines, 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.



**Figure 2.1** :Soudage à l'arc avec électrode fusible sous flux gazeux

Les acronymes MIG et MAG signifient respectivement *Metalinertgas* et *Metal active gas*. La différence entre les deux procédés tient à la composition du gaz. Le procédé MIG utilise un gaz neutre qui ne réagit pas avec le métal fondu (argon ou argon + hélium), contrairement au procédé MAG (mélange d'argon avec du dioxyde de carbone et de l'hydrogène en proportions



variables selon les métaux à souder). Le gaz est injecté en continu sur l'arc afin d'isoler complètement le métal en fusion de l'air ambiant.

### ✓ Principe du soudage MIG-MAG

La naissance d'un court-circuit fait monter l'intensité du courant et provoque un arc électrique entre un fil servant d'électrode et les pièces à souder. Cet arc électrique génère une importante chaleur jusqu'à **3600 °C** juste au point souhaité au plus court entre le fil et la pièce.

La particularité du poste à souder **MIG-MAG** est la diffusion pendant le soudage d'un gaz de protection sur la zone à souder. Le gaz de protection pouvant être inerte CO<sub>2</sub> ou actif Argon ou Argon + CO<sub>2</sub>

### ✓ Descriptif du poste à souder MIG-MAG

Le poste à souder MIG-MAG est d'abord un transformateur électrique capable de maintenir un début de court-circuit entre un fil électrode et les pièces à souder, mais aussi un diffuseur de gaz sur la zone de soudure.

Un poste à souder MIG-MAG comporte :

- le châssis du poste à souder qui est un transformateur électrique,
- le dévidoir de la bobine de cuivre
- le câble mono-cordon amenant le gaz, le fil à souder et un pôle électrique,
- la bouteille de gaz avec son détendeur et son débitmètre.
- la torche de soudage

### ✓ La torche du poste à souder MIG-MAG

La torche à souder MIG-MAG dispose d'un mécanisme interne faisant avancer le fil à souder automatiquement. Reliée au poste à souder par le mono-cordon, la torche dispense au fur et à mesure du soudage : le fil, le courant d'un pôle électrique et le gaz de protection. Une buse en métal permet de canaliser le flux de gaz précisément sur la zone de soudage.

Le fil à souder va fondre au fur et à mesure que l'arc électrique fait monter sa température ; en fondant, il dépose sur la zone de fusion, son métal qui devient le métal d'apport de la soudure.



**Figure 2.2:** vue en coupe d'une torche de soudage MIG/MAG

### ✓ Paramètres de soudage

- 1) Mesurer l'épaisseur des pièces à souder.
- 2) Choisir un diamètre d'électrode inférieur ou égal à cette épaisseur.
- 3) Régler l'intensité en fonction du diamètre de l'électrode en consultant la notice d'emploi sur le paquet qui vous donne la plage de réglage. On peut utiliser la formule suivante :  

$$I = (\text{DIAMETRE} - 1) \times 50$$
- 4) Affiner ce réglage en fonction de la masse des pièces, de l'écartement des bords et la méthode de soudage utilisée ainsi que de la position à plat.

**Tableau 2.1 :** l'intensité à régler selon l'épaisseur de la pièce à souder et le diamètre de l'électrode

Épaisseur e en mm	Ø 1,6 mm	Ø 2 mm	Ø 2,5 mm	Ø 3,15 mm	Ø 4 mm		
1	25 A	zone de non utilisation					
2	30 A					45 A	65 A
3	—					55 A	70 A
4	—	—	75 A	105 A	140 A		
5	—	—	—	115 A	150 A		
6	—	—	—	—	150 A		
8	—	—	—	—	160 A		
10	—	—	—	—	160 A		

## II- L'analyse fonctionnelle et l'élaboration d'un CDCF

Une fois les besoins et les attentes de la société recensés, il faut chercher des solutions afin de répondre à ceux-ci. Cependant, la transition des besoins et attentes de la société vers une solution concrète relève d'avantage d'un art que d'une science.

L'analyse fonctionnelle repose uniquement sur la méthode RESEAU et sa démarche est composée de cinq principales étapes. Les trois premières étapes visent à formuler le plus précisément possible les fonctions, alors que les deux dernières permettent de les évaluer, tant du point de vue de leur importance que de leur valeur.

La méthode RESEAU :

**R:** Recherche intuitive.

**E:** Examen de l'environnement (méthode des interacteurs).

**S:** Sequential Analysis of Functional Element (SAFE).

**E:** Examen des efforts de mouvement.

**A:** Analyse d'un produit de référence.

**U:** Utilisation des normes et de règlements.

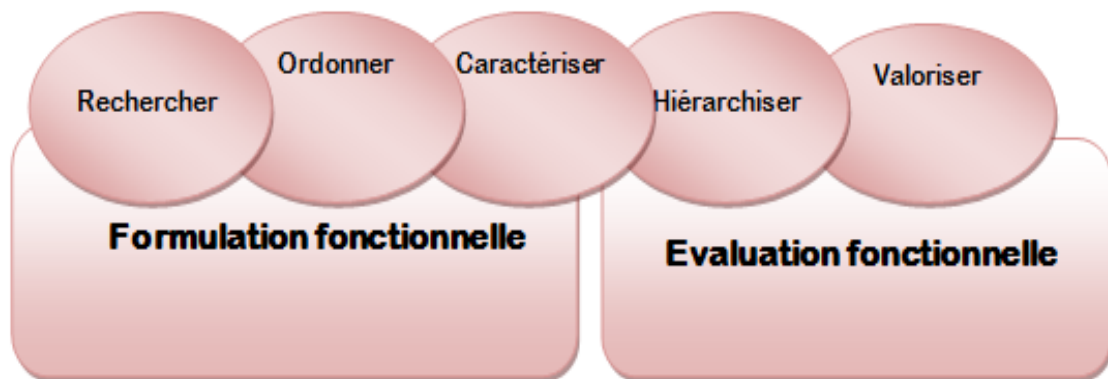


Figure 2.3 : la démarche de la méthode réseau

✓ **Analyse du besoin (AFB) : exprimer le besoin**

Il s'agit d'exprimer avec rigueur le but et les limites de l'étude. Pour cela, il faut expliciter l'exigence fondamentale qui justifie la conception ou la re-conception d'un produit.

✓ **Le diagramme de bête à cornes**

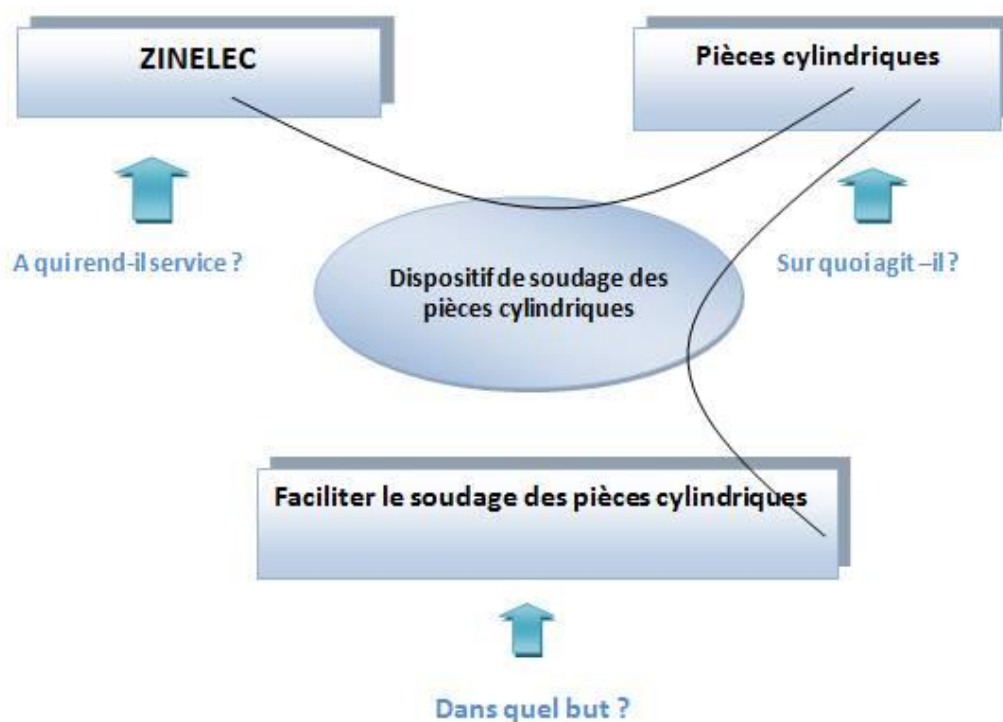


Figure 2.4: diagramme de bête-à-corne.

## 1. La recherche des fonctions

Cette première étape de l'analyse fonctionnelle a pour objectif de formuler toutes les fonctions de notre produit. Il existe plusieurs méthodes pour le faire.

Certaines sont générales, d'autre très spécifique à certains types de produits. Pour notre produit on va utiliser les plus courantes méthodes chez les praticiens de l'analyse fonctionnelle : la recherche intuitive et l'étude du cycle de vie et de l'environnement.

### 1.1. La recherche intuitive:

Comme son nom l'indique, cette méthode fait appel à l'intuition. Un avantage de cette méthode est qu'elle permet de trouver en très peu de temps, de 50% à 60% des fonctions qui nous mène à 60% desolution. Ainsi elle fait un rappel des objectifs, consultation des informations des études préalables, critiques, formulation des fonctions, définition des caractéristiques, et l'inscription d'une première liste des fonctions de CDCF :

**Tableau 2.2 : La recherche intuitive**

Souder les pièces cylindriques	Favoriser la réalisation	Être ergonomique
Déplacer les pièces cylindriques	Être abordable.	Être esthétique
Supporter le poids des pièces cylindriques	Améliorer la productivité	Êtres rigide
S'adapter aux longueurs des pièces cylindriques	—	—
Diminuer les pertes de temps lors du soudage des pièces cylindriques	Se déplacer	Diminuer les aides personnes lors du soudage des pièces cylindriques
S'adapter aux contraintes Liées aux pièces	Stabiliser les pièces sans atteindre leurs déformation	Utiliser des barres fixes pour stabiliser les pièces

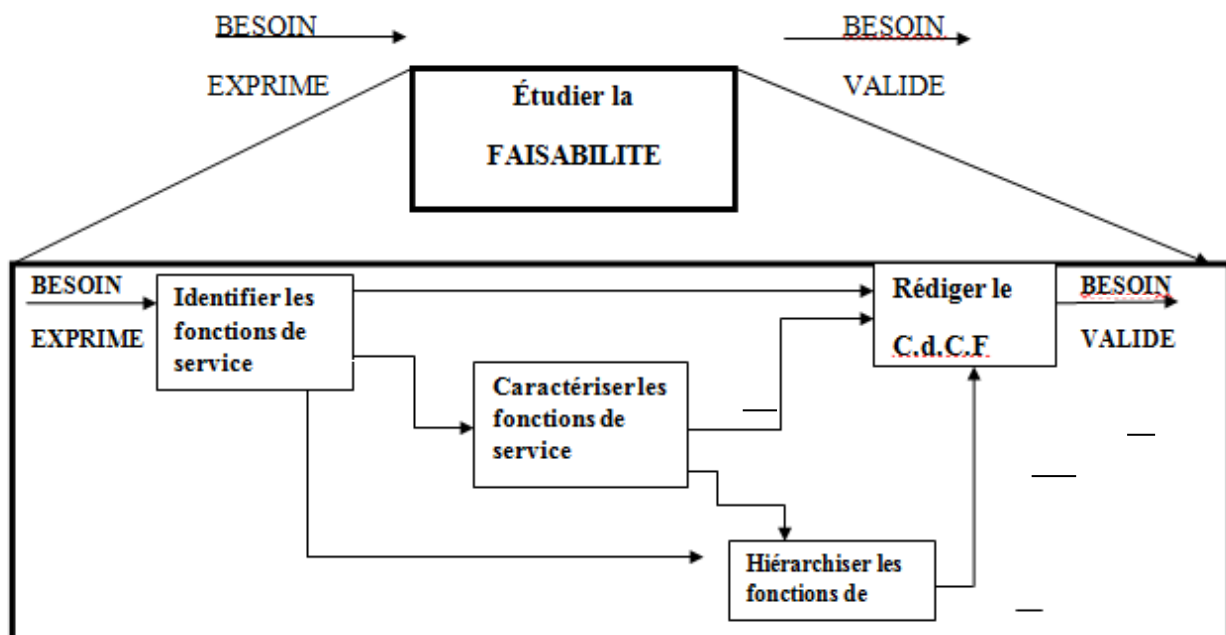
#### 1.1.1 Étude du cycle de vie et de l'environnement

Au cours de sa vie, un produit franchira plusieurs étapes. Il se trouvera alors en interaction avec des lieux, des systèmes et des gens différents. Il devra alors s'adapter à ces contextes, de manière à continuer à rendre les services attendus. L'étude du cycle de vie et de l'environnement est la méthode privilégiée pour identifier l'ensemble des fonctions qui doivent réaliser par notre produit afin de s'adapter à ses interacteurs et fait également découvrir l'ensemble d'influences du milieu environnant sur chaque étape du cycle de vie de notre produit (qui s'entend ici de la naissance industrielle du produit pour se terminer à la fin de son usage). Elle se réalise en quatre principales étapes :

- ✓ **Identification des interacteurs.**
- ✓ **Caractérisation des interacteurs.**
- ✓ **Les fonctions d'adaptation.**
- ✓ **Les fonctions d'interactions**

### Etude de la faisabilité

Qui se fait suivant le schéma ci-dessous



### 1.1.2. Identification des interacteurs

Les interacteurs se sont l'ensemble des éléments d'environnement interne ou externe qui interagissent avec notre produit (Système de soudage)

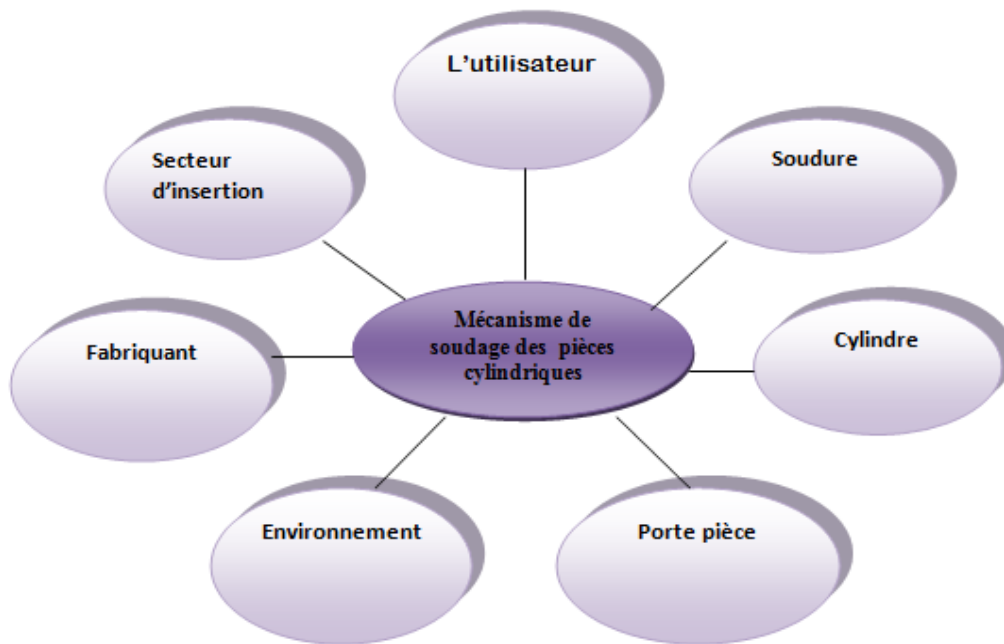


Figure2.6 : Diagramme d'identification des interacteurs

### 1.1.3 Replacer le produit dans son milieu

Il s'agit pour chaque phase du cycle de vie du produit de dresser la liste exhaustive des éléments du milieu environnant (éléments humains, physiques, énergétiques, d'ambiance...) appelés aussi interacteurs qui se trouve en situation d'interagir avec lui. On utilise pour cela un autre outil de la méthode APTE : « **Diagramme de pieuvre** »

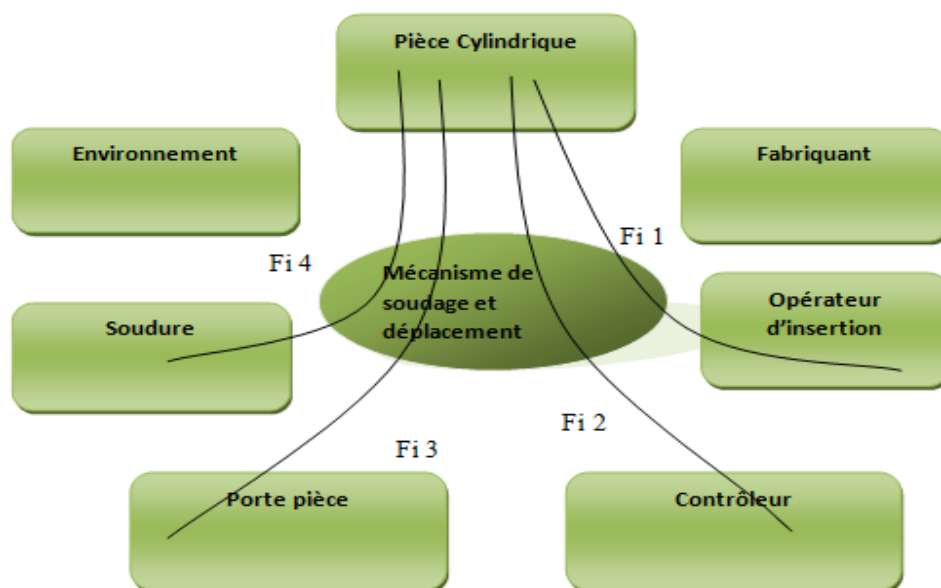


Figure2.7 : diagramme de pieuvre

## 1.2. Identification des fonctions de services

### 1.2.1. Les Fonctions d'interaction

**Fi 1** : Stabiliser les cylindres sur la porte pièce.

**Fi 2** : Permettre à l'utilisateur de souder facilement les cylindres.

**Fi 3** : Supporter le poids des cylindres et assurer la Co-axialité du cylindre avec la torche de la soudure

**Fi 4** : Assurer un bon soudage des pièces cylindriques.

### 1.2.2. Caractéristiques des interacteurs

Après que la quasi-totalité des interacteurs ont été identifiés, on passe maintenant à ressortir leurs caractéristiques. Ceci permet de mieux connaître les interactions et de les prendre en considération de manière optimisée :

**Tableau 2.3** : Les Caractéristiques des interacteurs du système de soudage

<i>Les interacteurs</i>	<i>Caractéristiques</i>
Pièce cylindrique	Longueur, Diamètre, Poids...
Soudure	L'alimentation électrique, Taux de fonctionnement, critères de la torche utilisée pour souder, capacité du poste
Porte pièce	Poids, Forme...
Opérateur d'insertion	Position en travail, Temps perdu dans le déplacement et la mise en position des cylindres à souder

### 1.2.3. Les fonctions d'adaptations

Ce sont les fonctions qui résultent de la méthode des interacteurs et qui permettent à notre produit de s'adapter aux interacteurs :



**Tableau 2.4:** Les fonctions d'adaptation aux interacteurs

L'interacteur	Les fonctions qui doivent réaliser par notre produit pour s'adapter à l'interacteur
Les pièces cylindriques	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Souder le cylindre facilement et rapidement</li> <li>-S'adapter aux dimensionnements des cylindres</li> <li>-Protéger les cylindres</li> </ul>
Porte pièce	-Supporter le poids des pièces à souder
Fabriquant	-Facile à fabriquer
Opérateur de soudage	-Assurer le soudage des cylindres
Opérateur d'insertion	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Assurer l'insertion des cylindres en position d'équilibre</li> <li>-Diminuer le temps perdu (par l'opérateur d'insertion dans le soudage et le déplacement des cylindres)</li> </ul>
Environnement	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Éviter l'encombrement de l'espace</li> <li>-Éviter la pollution des ateliers</li> </ul>

## 2. Ordonner les fonctions

C'est la deuxième étape de l'analyse fonctionnelle. Son but consiste à organiser les fonctions entre elles, qui va nous aider à mieux comprendre le fonctionnement du produit, contribue à faire la synthèse des fonctions et met en lumière une limite claire entre les fonctions les plus générales et celles les plus spécifiques.

Pour notre produit on va utiliser la méthode de l'arbre fonctionnelle qui consiste essentiellement à regrouper les fonctions par famille ou par système en vue de leur donner une structure logique, selon cette méthode, il faut partir de la fonction la plus générale du produit pour aller vers les fonctions les plus spécifiques

## 2.1.L'arbre fonctionnel

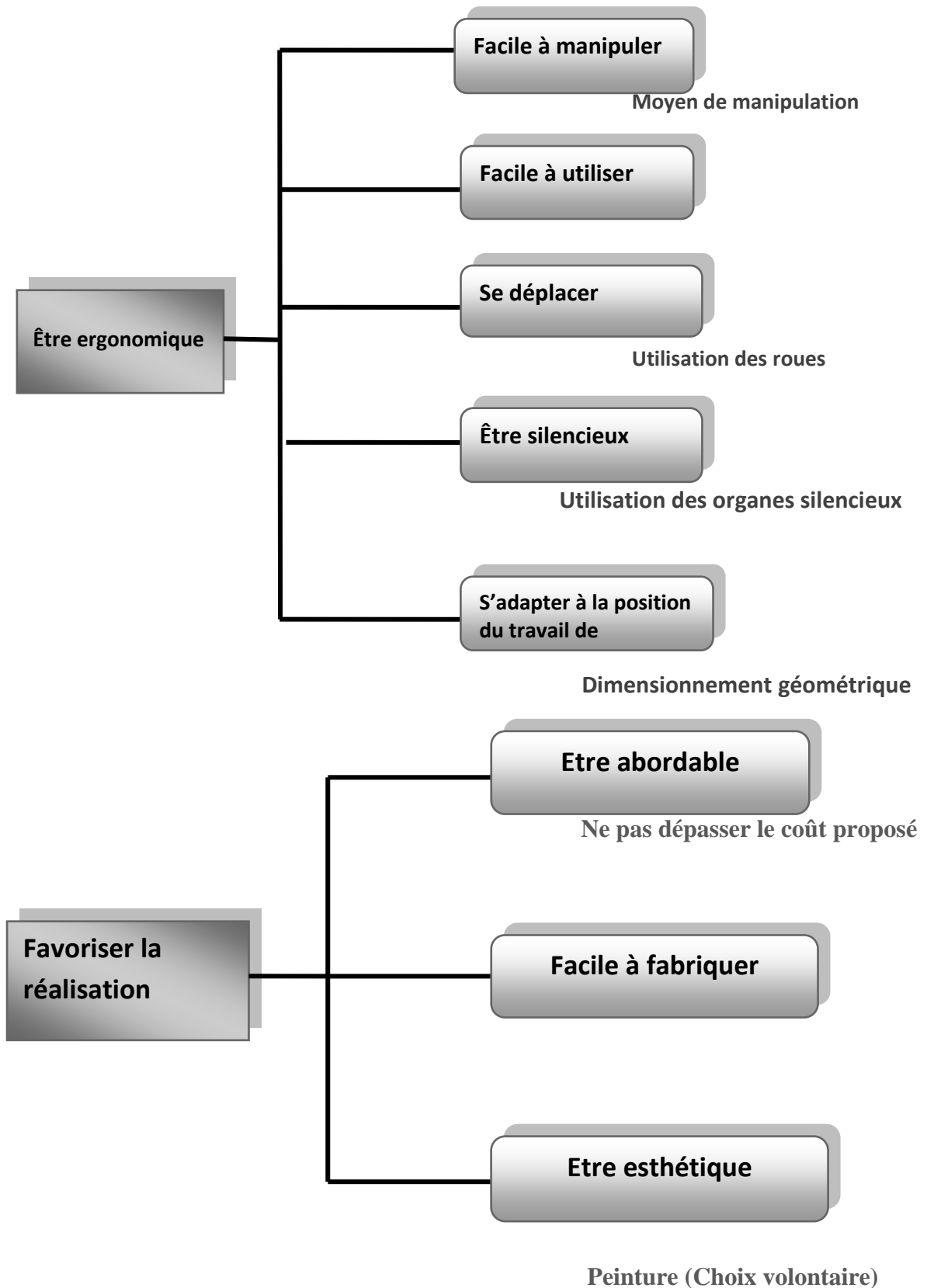


Figure 2.8 : L'arbre fonctionnel

### 3. Hiérarchiser les fonctions

Cette phase permet de quantifier l'importance relative des fonctions de service. Les résultats de cette analyse permettront, lors de la conception de faire coïncider la répartition des coûts avec cette hiérarchisation (il est en effet logique que le coût des solutions technologique adoptées pour remplir une fonction de service soit proportionnelle à l'importance qu'on lui accorde).

#### 3.1 Effectuer la comparaison des fonctions

Le principe est de comparer les fonctions une à une à l'aide d'une matrice et d'attribuer une note en supériorité de 1 à 3 :

Attribuer 3 points si sa valeur est supérieure, 2 points si elle est identique, 1 point si sa valeur est inférieure.

**Tableau 2.5** : la matrice de comparaison

Fonction	Fi 1	Fi 2	Fi 3	Fi 4	points	Total
Fi 1		1	2	3	6	25
Fi 2	3		3	3	9	37.5
Fi 3	2	1		3	6	25
Fi 4	1	1	1		3	12.5
Total					24	100

#### Explication

Pour la fonction Fi 2 est supérieur à Fi 1, Fi 3 et Fi 4, et son point est la somme des notes de comparaison (entre 1 et 3) suivant la colonne et la ligne correspondant à Fi 1, Fi 1 on a  $3+3+3=9$ . Ainsi de suite pour les autres fonctions. On remarque que la fonction Fi 2 est la plus importante par rapport aux autres fonctions.

Les fonctions Fi 1 et Fi 3 sont identiques.

#### 3.2 L'histogramme des fonctions

Il s'agit de rendre significatifs les résultats de la hiérarchisation fonctionnelle en représentant sous forme de graphique les pourcentages attribués à chaque fonction.

On rappelle ici que le but de cette hiérarchisation est d'attribuer un budget pour la réalisation technique de chaque fonction proportionnel à leur importance.

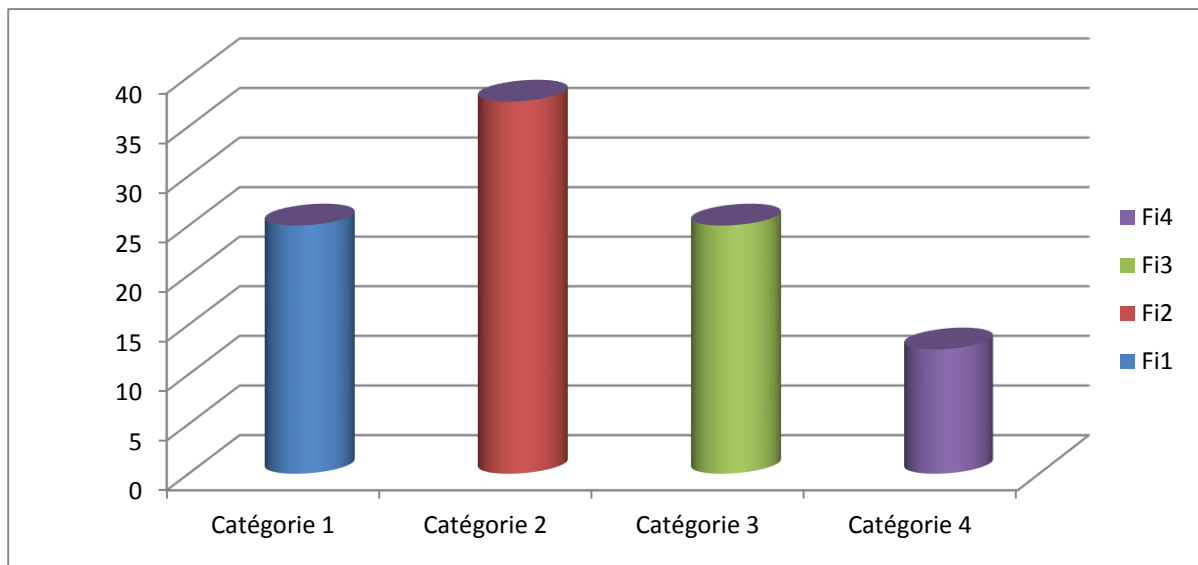


Figure 2.9 :histogramme de comparaison des fonctions

## II- Cahier des charges fonctionnel

Le C.D.C.F est un document par lequel le demandeur exprime son besoin en termes de fonctions de service. Pour chacune d'elles sont définis des critères d'appréciations et leurs niveaux de flexibilité.

Le C.D.C.F a pour objectifs :

- ❖ Diriger la conception de notre système de soudage.
- ❖ Faire le lien entre les besoin de l'entreprise(ZINELEC) et la génération des concepts pour notre système de soudage.
- ❖ Mettre en évidence l'ensemble des fonctions à réaliser par le produit.

La réalisation de notre projet consiste à l'exécution du cahier des charges soit mis correctement

- ❖ Concrétiser le besoin.
- ❖ Choisir les matériaux afin que le système conçu correspondeaux caractéristiques attendues.
- ❖ Dimensionner chaque sous système.
- ❖ La mise en position du mécanisme.
- ❖ Assembler et calculer.

## Chapitre III



# Etude conceptuelle et dimensionnelle

## I - la concrétisation des concepts

### 1. LA GENERATION DES CONCEPTS

Après avoir élaboré le C.D.C.F dans cette partie on va essayer de les exploiter en commençons par la convergence dans la génération des concepts en utilisant la matrice morphologique en essayant de converger vers un concept final par l'analyse des rangées de la matrice morphologique. Par la suite on va enchaîner par la concrétisation de ces concepts.

Vu notre problématique cette phase est sensé de rassembler les concepts pour la résoudre d'une façon optimale, en exploitant les méthodes existant de la créativité.

#### 1.1 Tableau de la matrice morphologique

C'est un outil nécessaire pour nous aider à trouver des concepts pour les diverses fonctions. Il vise à explorer toutes les possibilités existantes.

<b>Fonction</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Fixation des pièces cylindriques sur le porte-pièce</b>	Barres fixes qu'on peut serrer ou desserrer avec des manivelles	_____
<b>Supporter le poids des pièces cylindriques</b>		
<b>Se déplacer</b>	Roues sans freins	Roues avec freins
<b>Pour approcher le porte-cylindre ou bien l'éloigner de la torche de la soudure</b>	Rails coulissants	_____
<b>Déplacement du Bras qui porte la torche</b>	Avec Vérin mécanique à vis	Système courroie
<b>Facile à utiliser S'adapter à la position du travail du contrôleur</b>	2 Châssis avec 4 roues pour chacun	_____
<b>Etre esthétique</b>	Peinture grise pareille aux machines de la société	Choix volontaire

## 1.2. Diminution du nombre de combinaison de concepts possible

Après avoir effectué la matrice morphologique qui nous a mené un nombre de combinaisons de concepts qui vont paralyser notre travail. Alors il est indispensable de trouver une méthode pour gérer tous ces concepts en éliminant ce nombre de combinaisons. Pour cela on a choisi comme méthode **l'analyse des rangés de la matrice morphologique** qui s'avère la plus adéquate pour ce travail.

**Tableau :** tableau de la diminution du nombre de combinaisons du concept

Fonction	1	2	Cause du choix
Fixation des pièces cylindriques sur le porte- pièce	_____	Barres fixes qu'on peut serrer ou desserrer avec des manivelles	Pour éviter la déformation des pièces à souder et assurer la Co axialité
Supporter le poids des pièces cylindriques			
Se déplacer	<del>Roues sans freins</del>	Roues avec freins	pour que le système reste fixe lors du soudage
Pour approcher le porte-cylindre ou bien l'éloigner de la torche de la soudure	_____	Rails coulissants	D'abord pour assurer la Co axialité entre la torche de soudure et la pièce à souder et pour qu'on puisse approcher ou éloigner le cylindre de la torche selon le diamètre de la pièce
Déplacement du Bras qui porte la torche	<del>Système courroie</del>	Avec Vérin mécanique à vis	-Fonctionnent dans toutes les positions. - Pas sensibles à la température sur de grandes durées
Facile à utiliser S'adapter à la position du travail du contrôleur	_____	2 Châssis avec 4 roues pour chacun	Pour éviter la Complexité géométrique
Etre esthétique	<del>Peinture grise pareille aux machines de la société</del>	Choix volontaire	_____

Pour chacune des fonctions (ranger), on analyse les divers concepts en regard de la spécification du produit et on passe à classer les concepts par ordre prioritaire, (le concept le

plus intéressant est placé dans la colonne de gauche, l'autre dans la deuxième colonne, et ainsi de suite. Au cours de cette analyse il se peut de rejeter certains concepts à cause de complexité géométrique, coût élevé ou absence de produit dans le marché.

### 1.3 Choix des concepts finaux

Après la diminution du nombre des concepts des combinaisons. On a précisé les éléments de notre système alors il ne reste qu'à combiner entre eux pour mieux expliquer notre choix :

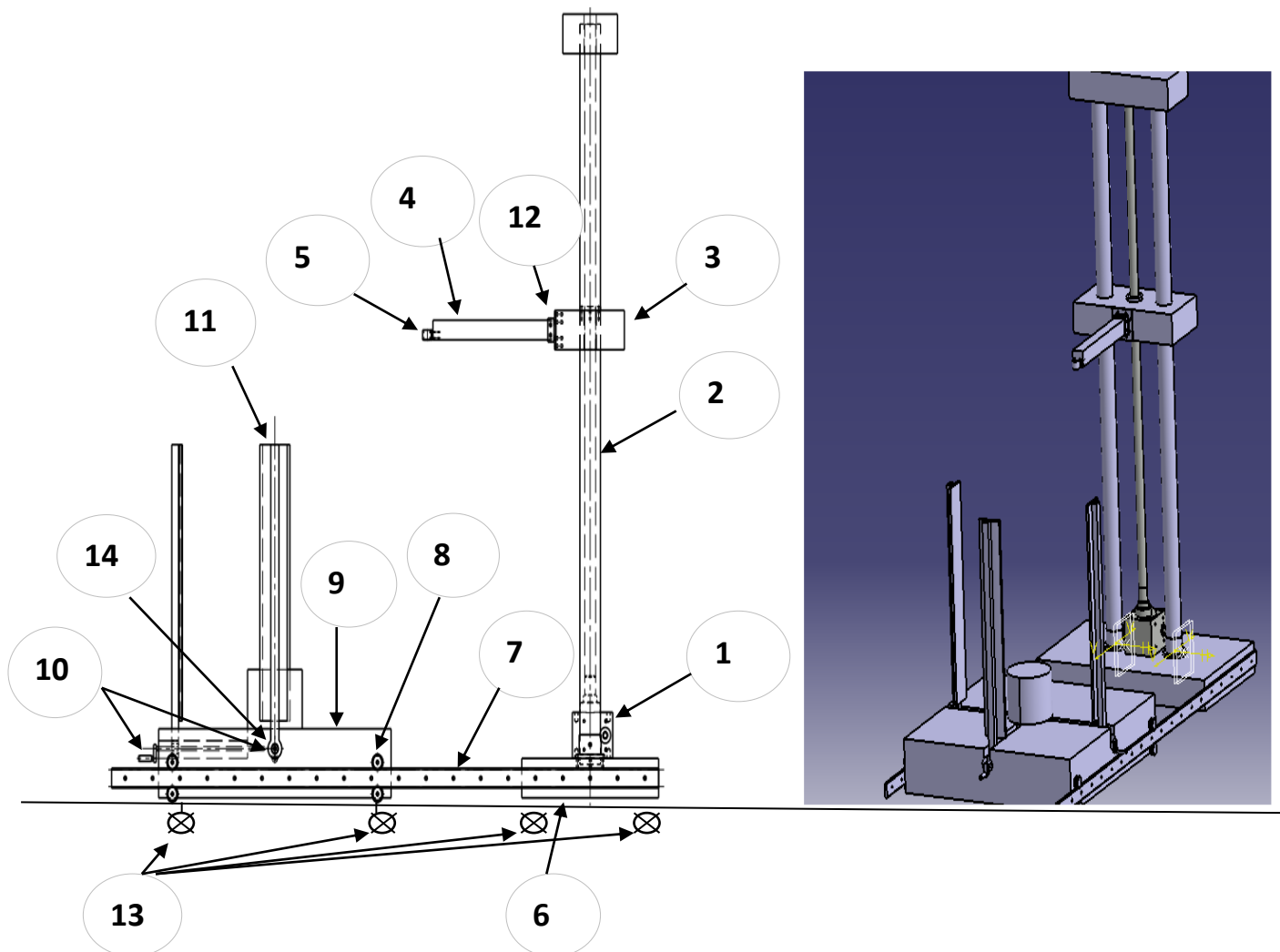


Figure 3.3 : dessin du mécanisme de soudage.

- 1 : Vérin à vis
- 2 : La barre fixe
- 3 : Table de soudure
- 4 : Bras

5 : Support de la torche

6 : Châssis 1

7 : Rails

8 : Roues de glissement

9 : Châssis 2

10 : Manivelles de serrage

11 : plaques de fixation

12 : Support

13 : Roues avec freins

14 : Ecrou

#### **1.4. Généralités sur le vérin mécanique à vis**

Notre système de soudage doit appliquer une force montante pour souder les pièces cylindriques, ce qui nous oblige à utiliser un vérin mécanique à vis pour faciliter le glissement de la table de soudure et pour assurer le soudage en respectant le cahier de charge imposée par la société.

Après plusieurs recherches dans les catalogues internationaux, le vérin suivant est le plus convenable et il répond à la contrainte du cahier de charge.

#### **1.5. Applications**

Les vérins mécaniques à vis sont des composants mécaniques pour la construction des machines et trouvent des applications dans des presses, des tables élévatrices, des plateformes élévatrices, des scènes de théâtre, des plateformes de travail, des installations de levage, des réglages de cylindres de laminoirs, des alimentations de matière, des systèmes de basculement, des tables de montage et des quais de chargement.

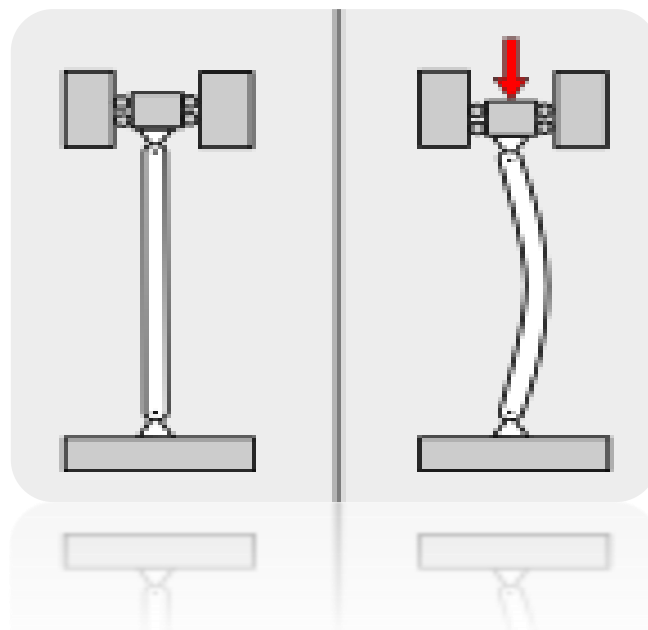




Figure 3.4 : Vérins mécaniques à vis

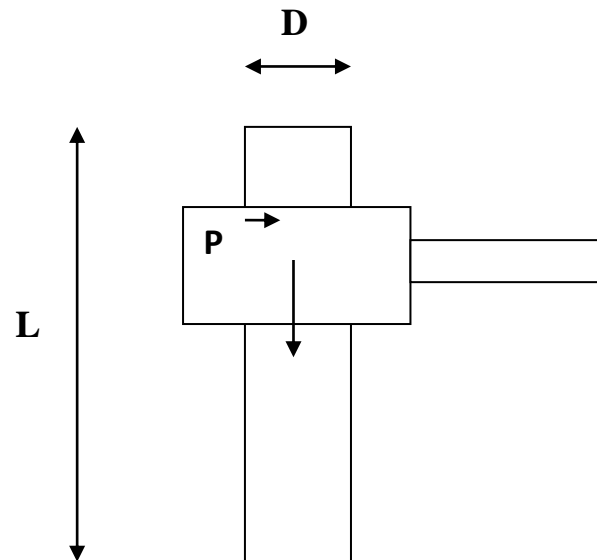
## Le flambage

Le **flambage** ou **flambement** est un phénomène d'instabilité d'une structure qui, soumise à un effort normal de compression, a tendance à fléchir et se déformer dans une direction perpendiculaire à l'axe de compression (passage d'un état de compression à un état de flexion).



Pour notre cas c'est le cas d'une poutre **ENCASTREE A LA BASE ET LIBRE A L'AUTRE EXTREMITE.**

Calcul du flambement au bord de la table de soudure :



La charge critique de flambage théorique est donnée par la formule d'Euler:

$$F = \frac{\pi^2 EI}{4L^2}$$

Avec :

E : Module de Young

I : Moment d'inertie

L : longueur de la barre fixe avec  $L=3246\text{mm}$

On a pour l'acier  $E = 210 \text{ Gpa}$

Vu qu'on a une section circulaire, on aura :

$$I = 4D^2/32 \text{ Avec } D=80\text{cm} = 0,8\text{m}$$

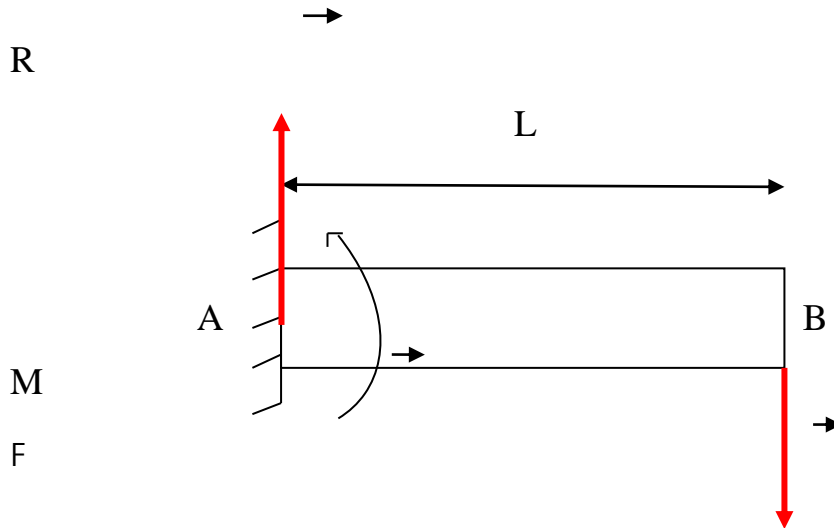
$$I = 0,08\text{N.m}$$

On a  $P= 51,94 \text{ N}$

Et  $F = \pi^2 EI / 4L^2 = 3,93N$

La charge critique du flambage est inférieure à P donc le phénomène de flambement ne va pas se produire, du coup il n'y aura pas de problème lors du soudage.

Nous allons étudier le moment fléchissant et l'effort tranchant du Bras



$\vec{\Sigma F} = 0$  On a  $F = 1,1N$

$R + F = 0$

$R = -F$

On a au point A

$\vec{\Sigma M} = 0$

$M - L \times F = 0$  avec  $L = 900mm$

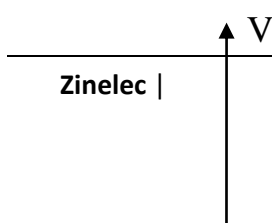
$M = L \times F =$

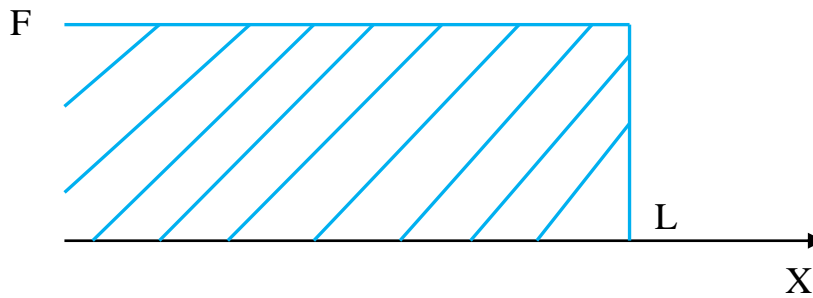
**0 < X < L:**

$V(x) = F$

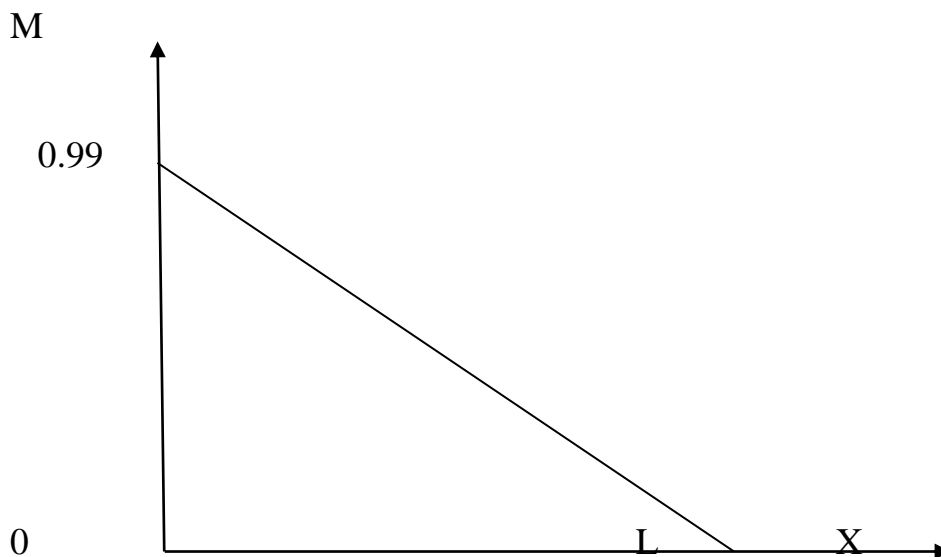
$M(x) = FL - Fx$

✓ **Diagramme des efforts tranchants**





✓ **Diagramme des moments fléchissant**



$$M(x) = 0.99 - 1.1x$$

**La contrainte normale maximale:**

$$\sigma_{\max} = - \frac{M \cdot y_{\max}}{I_z} \text{ avec } I_z = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{100^4}{12} = 8333 \ 333 \text{ mm}^4$$

$$= - 5.94 \cdot 10^{-6} \text{ PA}$$

Donc la poutre aura une compression puisqu'on a la contrainte négative.

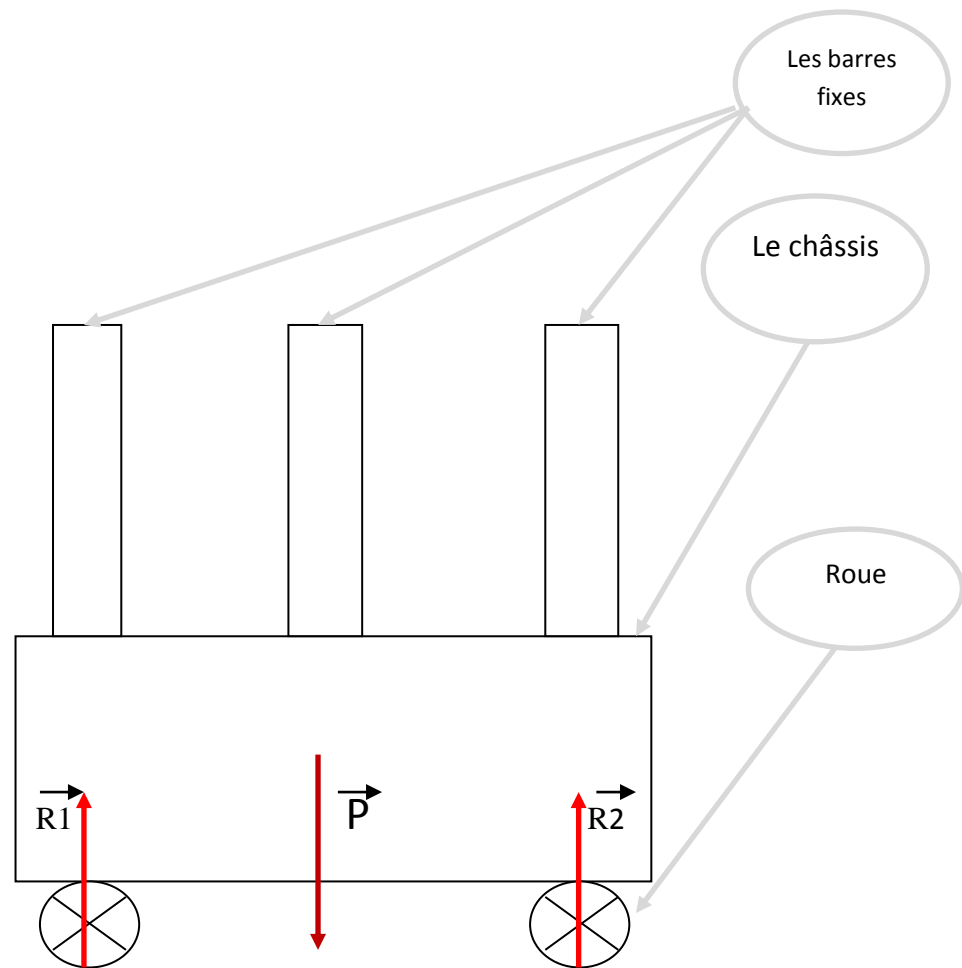
**Le calcul de la flèche maximale :**

$$F(x) = FL^3 / 3EI$$

$$F(x) = 2.095 \cdot 10^{-13} \text{ mm}$$

On remarque que la barre ne subit pas à une flexion car  $F(x)$  tend vers zéro.

**Le calcul des réactions:**



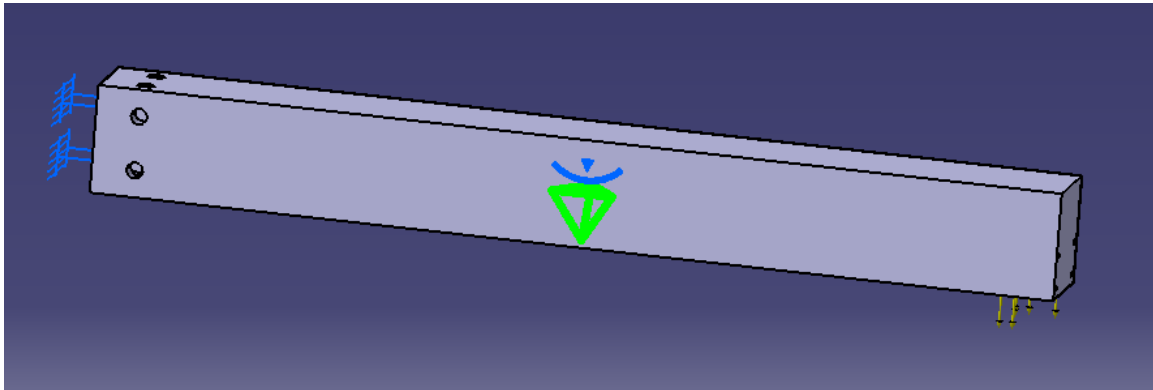
$$\vec{\Sigma} F_{\text{ext}} = 0$$

$$R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = P$$

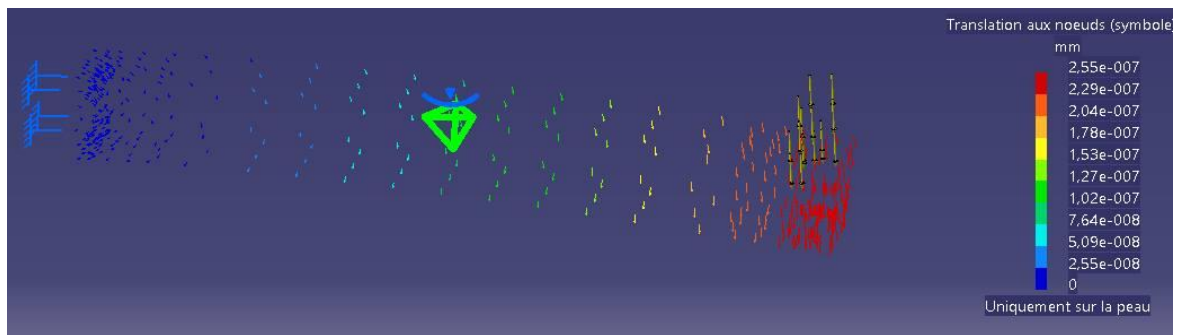
$$R_T = P \quad \text{avec} \quad P = 4666 \text{ N}$$

Donc  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1166,5 \text{ N}$

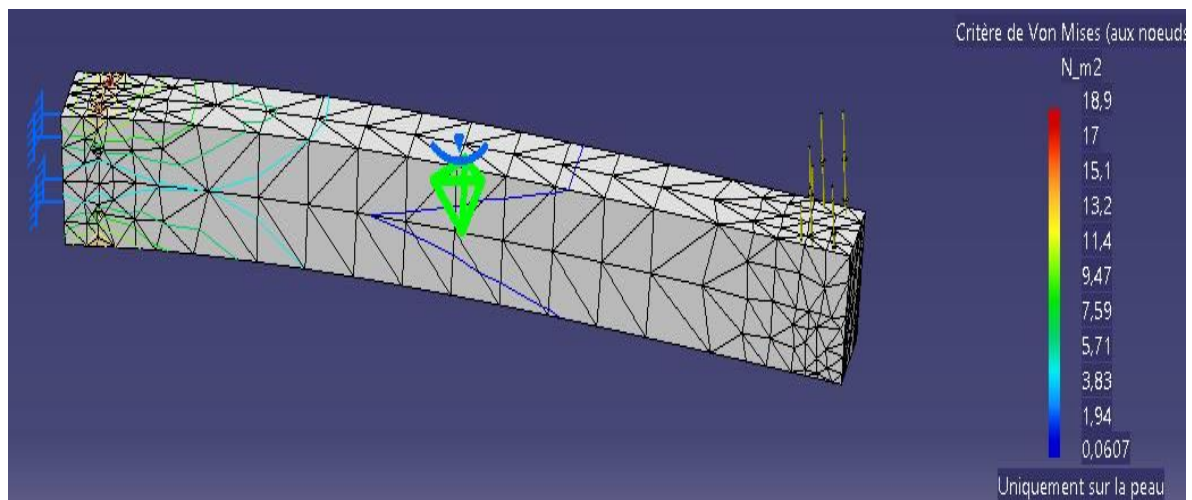
✓ **Les forces appliquées sur CATIA**



### ✓ La flèche sur CATIA

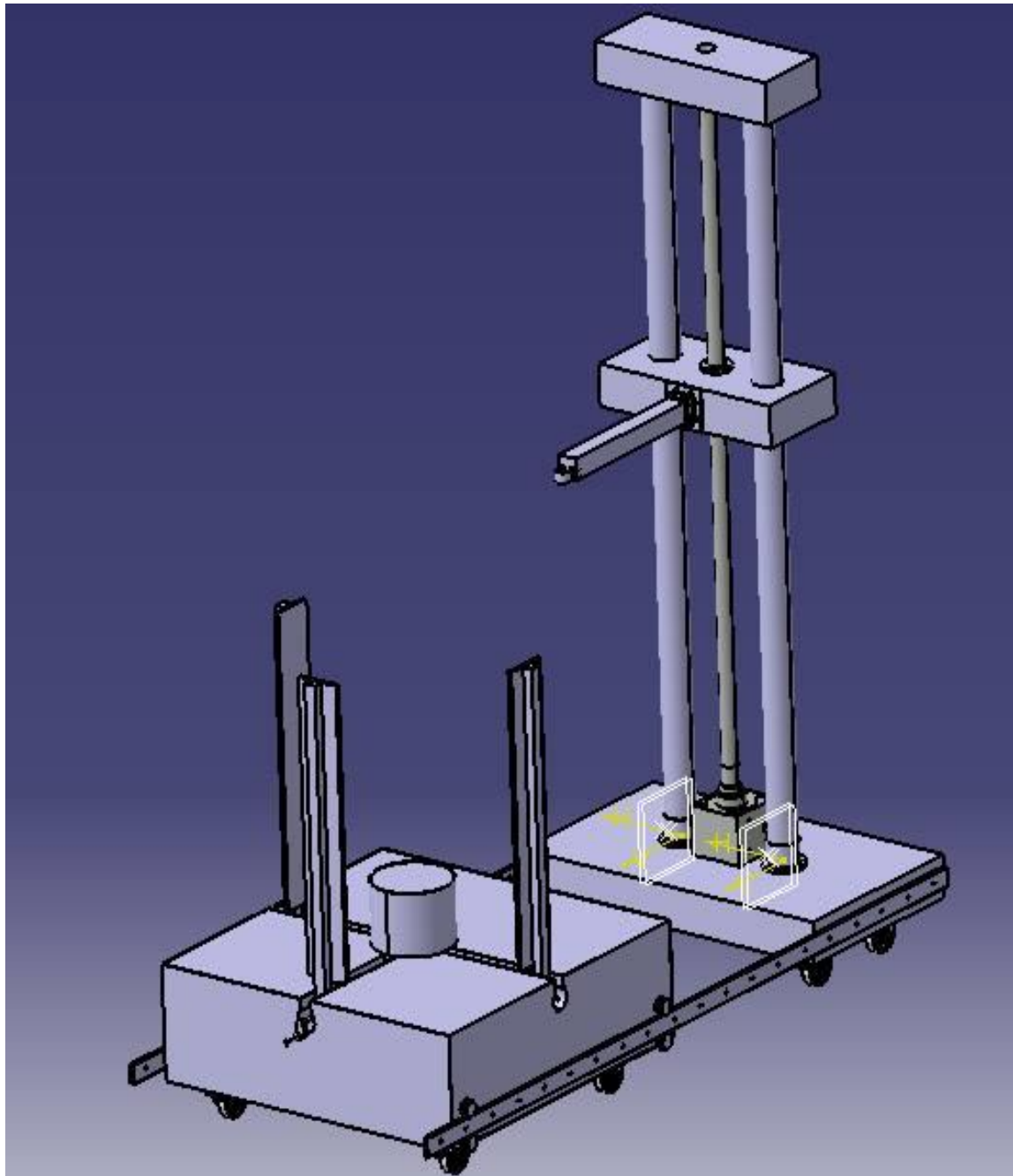


### ✓ Critères de Von Mises sur CATIA



Le critère de Von Mises est un critère permettant de savoir, sous des sollicitations données, si une pièce se déforme plastiquement ou si elle reste dans le domaine élastique.  $Re=18.9$  MPA est une valeur petite pour avoir une déformation, donc notre barre restera dans le domaine élastique.

✓ Le schéma du système



**Figure 3.5 :** Le mécanisme de soudure longitudinale des pièces cylindriques

## 1.6. Le schéma cinématique

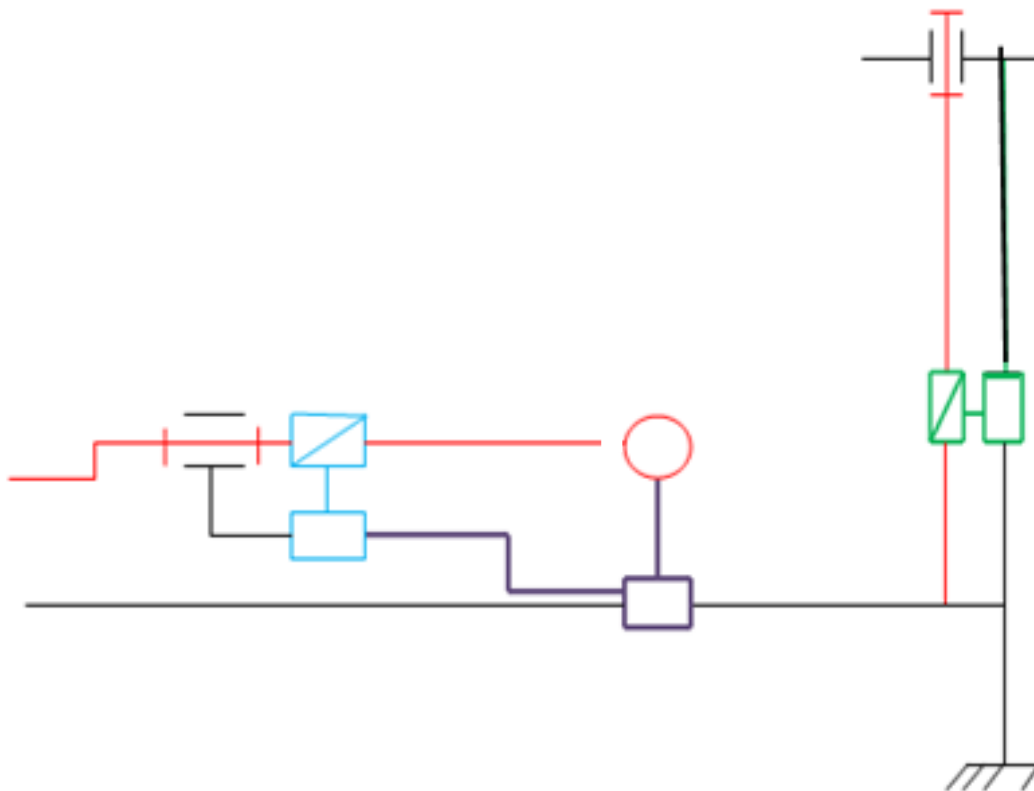


Figure 3.6 : Schéma cinématique du système

### ✓ Les classes d'équivalences

Classe 1 : {6, 7, 2,13}

Classe 2 : {3,4, 5,12}

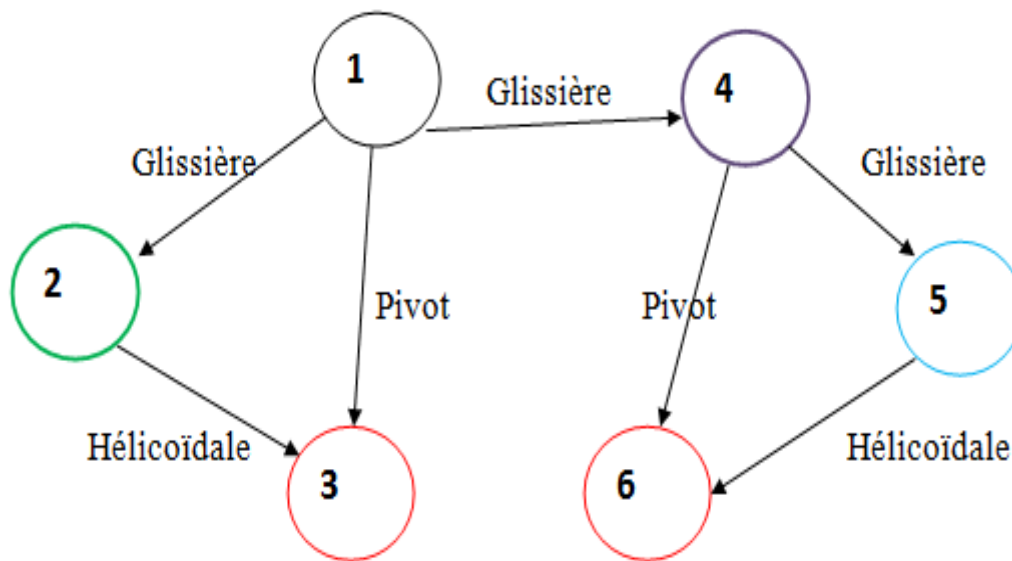
Classe 3 : {1}

Classe 4 : {8,9}

Classe 5 : {13 ,14}

Classe 6 : {10}





**Figure 3.7** : Les classes d'équivalence

## 1.7. Avantages des concepts choisis

- ✓ Elimination d'un certains nombres de liaisons qui vont nous raccorder vers des complexités indésirables, on aura besoin d'une seule glissière, qui va effectuer le glissement du bras qui porte la torche du bas vers le haut et vis versa et des rails coulissants qui vont assurer la Co axialité des pièces avec la torche
- ✓ Diminution du temps de soudage.
- ✓ On aura besoin d'un seul moteur qui va permettre la monte et la descente du Bras qui porte la torche au lieu de 2 (cas du soudage verticalement).
- ✓ Diminution du Coût.

# Annexe

## *Conclusion:*

Ce projet de fin d'étude nous a permis tout d'abord une immersion dans le monde de l'entreprise. On a eu la chance de travailler dans une structure ouverte avec un accès direct à la production.

Le premier défi consistait à s'intégrer le plus rapidement possible avec le personnel de l'entreprise pour bénéficier de sa collaboration, ses conseils et son expertise. Sur le plan technique, on a pu constater que les connaissances qu'on a acquises à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès sont suffisamment riches pour aborder des problèmes concrets dans la conception mécanique.

Ces connaissances nous ont aidés à résoudre des problèmes techniques et organisationnels au niveau de processus du soudage des pièces cylindriques.

Après avoir déterminé les activités inutiles engendrant ce problème, analysé ces activités et proposé des solutions, à l'aide de la démarche de l'analyse fonctionnelle, notre projet est détourné vers la conception d'un mécanisme desoudage des pièces cylindriques ce qui a porté après la réalisation, plusieurs améliorations permettant de s'inscrire dans le registre de la production à valeur ajoutée par la :

- Diminution du temps de réponse et des délais.
- Augmentation de la productivité.
- Augmentation de la capacité de productivité.

Au vu des résultats, nous pouvons dire que nous avons réussi à répondre correctement au cahier des charges qui nous a été proposé, et principalement l'objectif de productivité que nous avons pu atteindre.

Finalement, on pense que cette expérience en entreprise nous a offert une bonne préparation à notre insertion professionnelle car elle fut pour nous une expérience enrichissante et complète qui confortait notre désir d'exercer notre futur métier de « concepteurs » dans le domaine de la mécanique, et on tient à exprimer nos satisfactions d'avoir pu travaillé dans de bonnes conditions matérielles et un environnement agréable.