

18/80

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

«*»

ور م والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

«*»

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

«*»

DEPARTEMENT : GENIE MECANIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

**Essais de fabrication de
reservoirs par soudage à la
molette**

Proposé par :

Mr PAVLOV

Etudié par :

F. ALLAG

1 PLANCHE

Dirigé par :

M- PAVLOV

PROMOTION : JUIN 1986

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



وزارة التعليم والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



DEPARTEMENT : GENIE MECANIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

**Essais de fabrication de
reservoirs par soudage à la
molette**

Proposé par :

Mr PAVLOV

Etudié par :

F. ALLAG

Dirigé par :

Mr. PAVLOV

PROMOTION : JUIN 1986

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مكتبة المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
الطرابلس - ليبيا

Dédicaces

- A mon père et ma mère qui m'ont montré le chemin du savoir.
- à mes frères et sœurs dont je leur souhaite la réussite et le bonheur
 - à ma nièce KARIMA
 - à mes neveux NASSIM, RIMA
 - à toute la famille. notamment à ma grand-mère
 - à tous mes amis notamment à REDJECHTA MABROUK, AÏT ABDELWAHAB DJAMEL, SOUALEM AZZEDDINE ...
 - A tous ceux qui me sont chers et ont souhaité un jour que je sois ainsi

Je dedie Ce modeste travail

- ALLAG FATEH -

Remerciements

Ma reconnaissance et ma gratitude s'adresse, après ALLAH, à :

- Mes parents , Frères et sœurs
- A tous ceux qui ont contribué à ma Formation
- A M^E PAVLOV qui m'a consacré tout son temps Libre
- Aux membres de jury .
- A tous ceux qui m'ont aidé de près et de loin
- A Messieur les responsables de la SNVI (Rouiba), et
aux Techniciens du Laboratoire de la SNVI
- A M^E ZERROUKI

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
DÉPARTEMENT : MÉCANIQUE
PROMOTEUR : PAVLOV
ÉLÈVE INGÉNIEUR : ALLAG FATEH

وزارة التعليم العالي
المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
فرع : الميكانيك
الموجه : بافلوف
الطالب انجندس : علا ق فاتح

الموضوع : تجارب حول صنع الخزانات عن طريق الطحيم بالدرائب
الطحن : يمثل هذا المشروع في دراسة الطرائق التكنولوجية المتعلقة
بصناعة خزانات الوقود للشاحنات والحافلات وقد قُنا باجراء التجارب التي سمحت لنا
بتوضيح مدى تأثير وسائل الطحيم وسك المصفيحة على الخصائص الميكانيكية
لشريط اللحام ونوعيته
وتكمل هذا المشروع بملاحظات عامة حول آلة الطحيم بالدرائب

Sujet: ESSAIS DE FABRICATION DE RESERVOIRS PAR SOUDAGE A LA MOLETTE

Résumé:

Ce projet consiste en une étude des procédés technologiques de fabrication de réservoirs de carburant pour camions et autobus.

Nous avons fait des essais pour mettre en évidence l'influence du régime de soudage et de l'épaisseur de tôle, sur les propriétés mécaniques et la qualité de soudure.

Des observations générales de la machine de soudage à la molette achèveront ce projet.

SUBJECT: TESTS OF TANKS MANUFACTURE BY SEAM WELDING

Abstract:

This project consists of a study of technological processes of motor fuel tanks manufacture for trucks and buses.

We have done these tests in order to show the influence of both the regime of the welding and thickness of the sheet, on mechanical proprieties on the welding quality.

General observations of the welding machine with the seam will end this project.

~ TABLE DES MATIÈRES ~

INTRODUCTION	1
I. Généralités sur le soudage par résistance	4
I.1 Possibilités générales	4
I.2. Principales Technique de soudage et de chauffage par résistance	6
I.3. BUT Du procédé	7
II. Le soudage électrique par résistance	8
II.1 Principe du soudage électrique par résistance	8
II.2. Le soudage à la molette.	8
II.2.1 représentation schématique des différentes phases d'une opération de soudage à la molette.	8
II.2.2 Types de Soudage	9
II.3 Elément constitutifs d'une machine à Souder	10
III. Technologie de fabrication de réservoirs par soudage à la molette	11
IV. METHODES D'EXAMENS des métaux et alliages.	

IV. 1. Généralités .	13
IV. 2 MICROGRAPHIE	13
IV. 2.1 Technique de la micrographie	13
IV. 2.2. EXAMEN MICROGRAPHIQUE et Photographique.	16
IV. 2. 3 Application de la micrographie	16
V. PROPRIÉTÉS MÉCANIQUE DES MÉTAUX. ET DES ALLIAGES.	
V. 1. PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES fondamentales.	17
V. 2 ESSAIS MÉCANIQUES	
VI. METHODES EXPERIMENTALES RÉSULTATS ET Interprétations	22
VI. 1. Observations et résultats obtenus (Par coupe transversale).	25
VI. 2. Analyse de la microstructure	43
VII. CALCUL DU MÉCANISME de rotation	
VII. 1. Machine de Soudage.	52
VII. 2 CALCUL de l'engrenage conique	54
CONCLUSION	57

INTRODUCTION

HISTORIQUE ET DÉVELOPPEMENT DU SOUDAGE PAR RÉSISTANCE

le soudage au feu de Forge et les soudures tendres à l'étain sont les deux procédés d'assemblages par soudage les plus anciens.

leurs origines sont incertaines, mais des découvertes archéologiques faites en Egypte, en Grèce et en Asie, témoignent de l'utilisation, par les artisans de l'antiquité, de ces deux formes d'assemblage.

Des vases métalliques soudés à l'étain, datant du XII^{ème} siècle avant Jésus-Christ, ont été retrouvés dans les ruines troyennes. Le Soudage au feu de Forge, ou soudage à l'état plastique, était déjà employé en Grèce il y a trois mille ans environ, pour la fabrication d'armes, d'outils et d'ustensiles de ménage. Constamment améliorés durant les siècles, ces Techniques furent à peu près les seuls utilisés jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle, et elle subsistent encore de nos jours. Ce n'est qu'au cours du XIX^{ème} siècle et au début du XX^{ème}, que furent découvertes et appliquées les grandes méthodes modernes de Soudage.

En 1877, au cours d'une expérience faite devant son auditoire, le Professeur Elihu Thomson, de l'institut Franklin, découvrit par hasard le principe du Soudage électrique par résistance.

Le principe d'un nouveau mode d'assemblage par soudage électrique était découvert la résistance ohmique formée par le contact de deux pièces métalliques, traversées par un courant électrique, peut donner lieu, dans certaines conditions à un dégagement de chaleur par effet joule, suffisant pour porter les surfaces en contact à la température de soudage.

Cependant ce n'est qu'en 1886 que le professeur Thomson reprit ses expériences sur le soudage par résistance, afin d'en vérifier les possibilités pratiques.

Après cette époque, il perfectionna le procédé et fit couvrir son invention par un brevet.

De la découverte de ce simple procédé, trois grands modes de soudage par résistance devaient prendre naissance dans un avenir plus ou moins éloigné :

- le soudage en bout
- le soudage par points
- le soudage au galet ou à la molette.

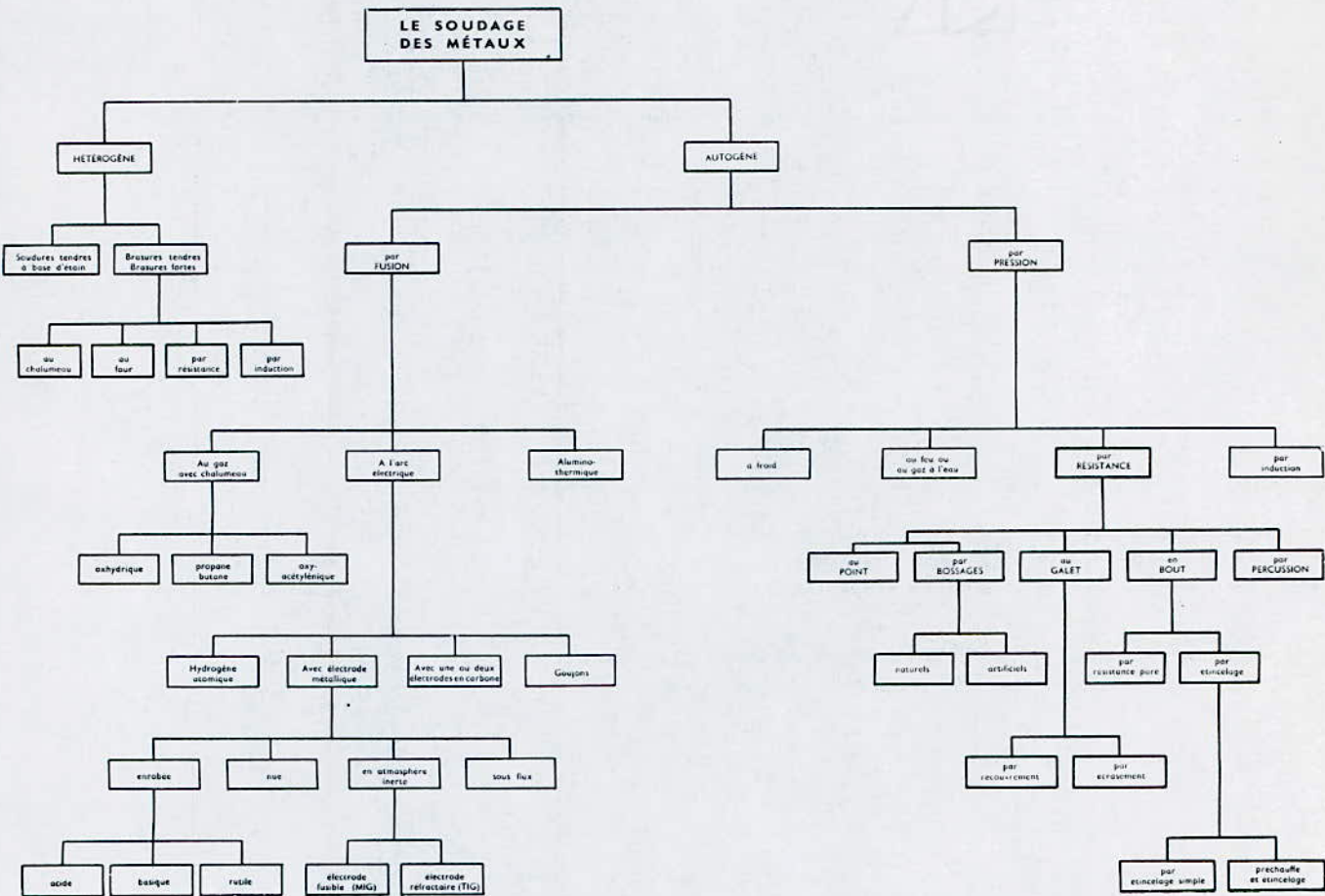
Les techniques de soudage par résistance sont appliquées dans tous les domaines de l'industrie de transformation des métaux et certaines fabrications modernes sont basées entièrement sur l'utilisation de ces procédés.

Nous citons comme exemple que la construction automobile.

Une usine moderne de construction automobile compte des centaines de soudeuses par résistance. La carrosserie et le châssis d'une voiture automobile moyenne comportent quelque 10.000 points de soudure.

Les joints et les ponts-arrières sont soudés en bout par étincelage. Les pots d'échappement et les réservoirs à essence sont soudés au galet. L'importance prise par le soudage par résistance dans toutes les branches de l'activité industrielle s'explique par les raisons suivantes :

- Le procédé est l'un des principaux facteurs techniques de productivité dans le travail des métaux.
- Il offre la possibilité d'assembler des pièces qui par leurs formes particulières ne peuvent être soudées par aucun autre moyen.
- Il garantit l'obtention de joints aux caractéristiques mécaniques et métallurgiques sévèrement déterminées ; La conception des machines permet de les rendre complètement automatiques et de les intégrer dans des chaînes d'assemblage.



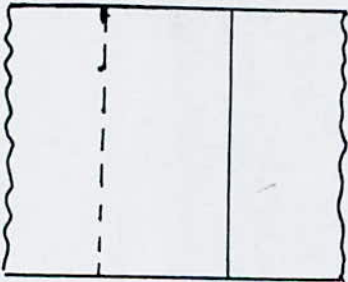
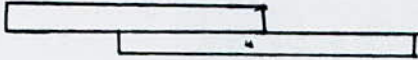
I Généralités sur le Soudage par résistance.

I.1. Possibilités Générales :

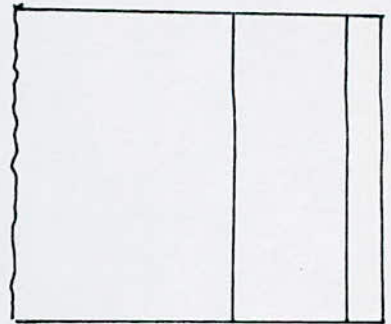
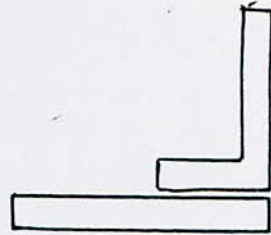
Les types de joints réalisables par ces procédés sont les suivantes :

- Assemblages par recouvrement
- Assemblages bout à bout.
- Assemblages en « T » et en Croix.

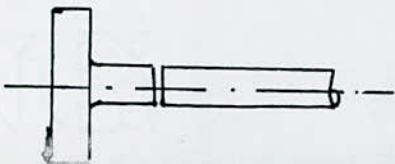
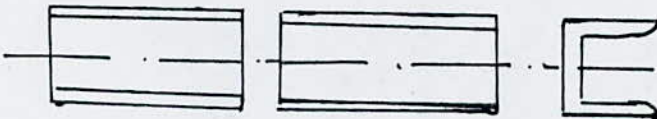
Dans les soudures par recouvrement, les pièces sont superposées à l'endroit de leur assemblage.



Assemblage par recouvrement



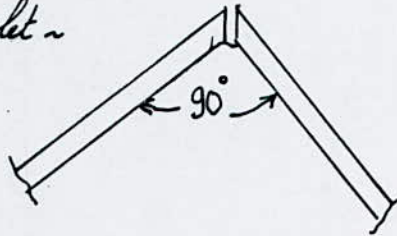
* Dans les soudures bout à bout, la soudure s'étend sur la section entière de deux pièces placées bout à bout, suivant leur axe de symétrie. C'est le cas des soudures dites en rectiligne.



~ Assemblage bout à bout

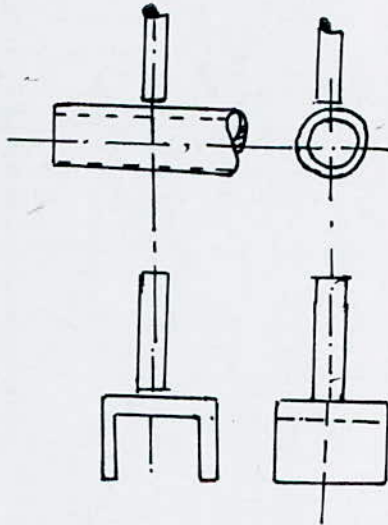
* La soudure en bout de pièces dont les axes forment un certain angle est également possible. C'est le cas des soudures dites en onglet.

~ Assemblage en onglet ~

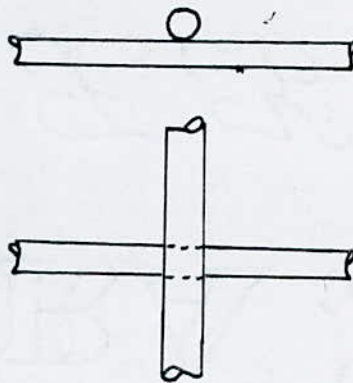


* Dans les soudures en T, les pièces sont assemblées perpendiculairement l'une par rapport à l'autre.

~ Assemblages en T ~

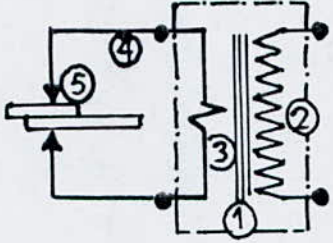
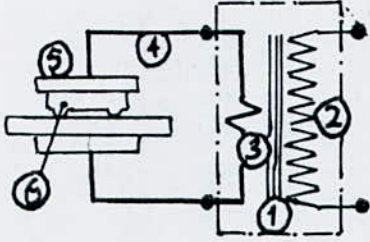
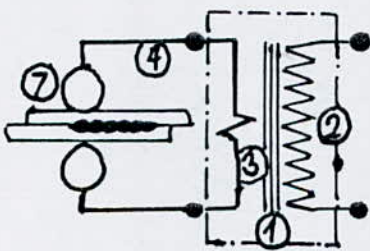


* Assemblages en croix.



I - 2 - Principales Techniques De Soudage Et De Chauffage Par Résistance

Le tableau ci-dessous donne une récapitulation des principales techniques de soudage et de chauffage par résistance avec leurs applications générales.

Procédé	Machine utilisées	Type de joints réalisés
Soudage au point		Assemblage par recouvrement
Soudage par bossage		Assemblages : - par recouvrement - en "T" - en croix
Soudage à la molette		Assemblage : - par recouvrement - bout à bout

Le soudage ^{électrique} par résistance est un procédé de soudage autogène, sans apport de métal, avec application de pression, et utilisant comme source calorifique, l'effet joule d'un courant électrique traversant l'assemblage en un endroit localisé. Une soudure est une union moléculaire intime entre deux pièces. Le soudage est l'opération qui donne lieu à la formation d'une soudure. Une soudeuse est une machine avec laquelle on pratique l'opération de soudage pour obtenir une soudure.

Le transformateur de soudage ①, qui équipe les soudeuses par résistance, est un transformateur électrique de construction spéciale, qui fournit l'énergie

électrique nécessaire au soudage.

Il comporte un circuit primaire (2) relié au réseau d'alimentation électrique et un circuit secondaire (3) très particulier qui en général n'est composé que d'une spire.

Le circuit secondaire extérieur (4), relié au secondaire (3) comprend les conducteurs électriques, amenant le courant de soudage aux électrodes (5), qui elles sont directement en contact sous pression avec les pièces à souder ou à chauffer.

Dans le procédé de soudage à la molette les pièces à assembler sont entraînées par des molette (électrodes (7)) en rotation qui créent dans ces pièces des points de soudure équidistants. Les points de soudure sont ainsi formés par des impulsions de courant suivies de repos. Si les points soudés ainsi réalisés, se superposent, on obtient une soudure dite continue.

Les soudeuses à la molette avec mandrin et les soudeuses multi-molette sont destinées à des applications spéciales.

I.3 BUT DU Procédé: En général, le but du procédé est de réaliser à l'aide d'une ligne continue de soudure, l'assemblage de deux tôles dont l'épaisseur est relativement faible, de façon à obtenir une liaison étanche. Ce procédé est indiqué pour le soudage de réservoirs et fût de tout genre. Il remplace avantageusement le soudage au chalumeau.

II-1 Le Soudage électrique par résistance :

II.1 Principe du Soudage électrique par résistance :

Si l'on serre deux ou plusieurs pièces métalliques, entre 2 électrodes en Cuivre et si l'on fait passer à travers cet ensemble, un courant électrique de forte intensité (10 000 - 30 000 A) il se produit un échauffement par effet joule

$$Q = 0,24n \int_0^t RI^2 dt \text{ proportionnel à la résistance électrique du circuit.}$$

L'échauffement est maximal dans la zone où les deux pièces sont en contact (fig II). Si cet échauffement est suffisant pour porter les pièces à température de fusion, il y a, sous l'action de l'effort exercé par les électrodes interpénétration moléculaire (atomique).

Après interruption des actions, électriques et mécaniques et refroidissement, le lingot de métal fondu s'est solidifié, constituant ainsi une soudure entre deux pièces.

II.2 LE Soudage à la molette:

Le soudage à la molette est un des procédés du soudage électrique par résistance.

Dans ce procédé d'assemblage autogène par recouvrement, on exécute une succession de points de soudage en utilisant, comme électrodes, des disques en alliage-cuivreux (les molettes).

FORMATION D'UNE ligne de points:

II.2.1 représentation schématique des différentes phases d'une opération de Soudage à la molette.

*: n = rendement thermique de l'opération

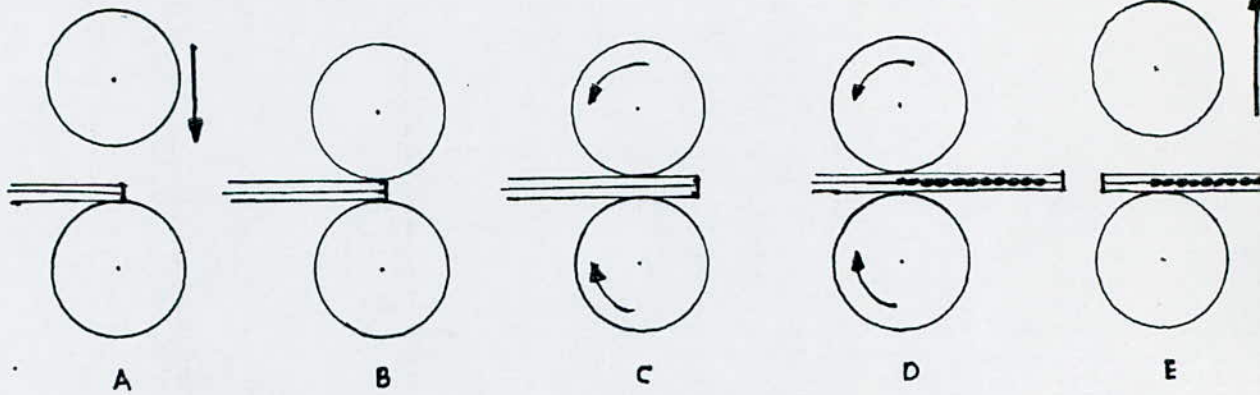


fig. II.

A: élément à souder posés l'un sur l'autre.

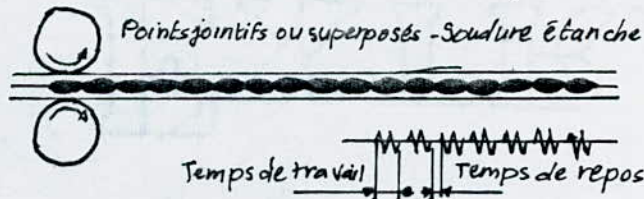
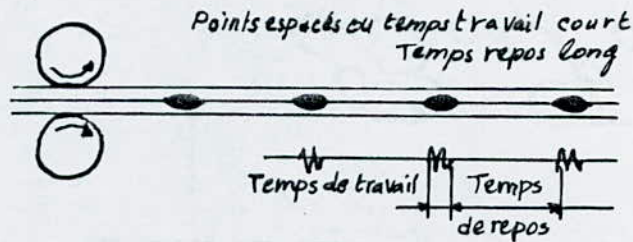
B: Descente de la molette supérieure.

C: Rotation des molettes.

D: Passage du courant électrique de soudage.

E: Fin de l'opération, l'effort de pression cesse, la molette supérieure remonte.

II.2.2 Types de Soudages: d'après régime d'exécution d'assemblage par soudage à la molette.

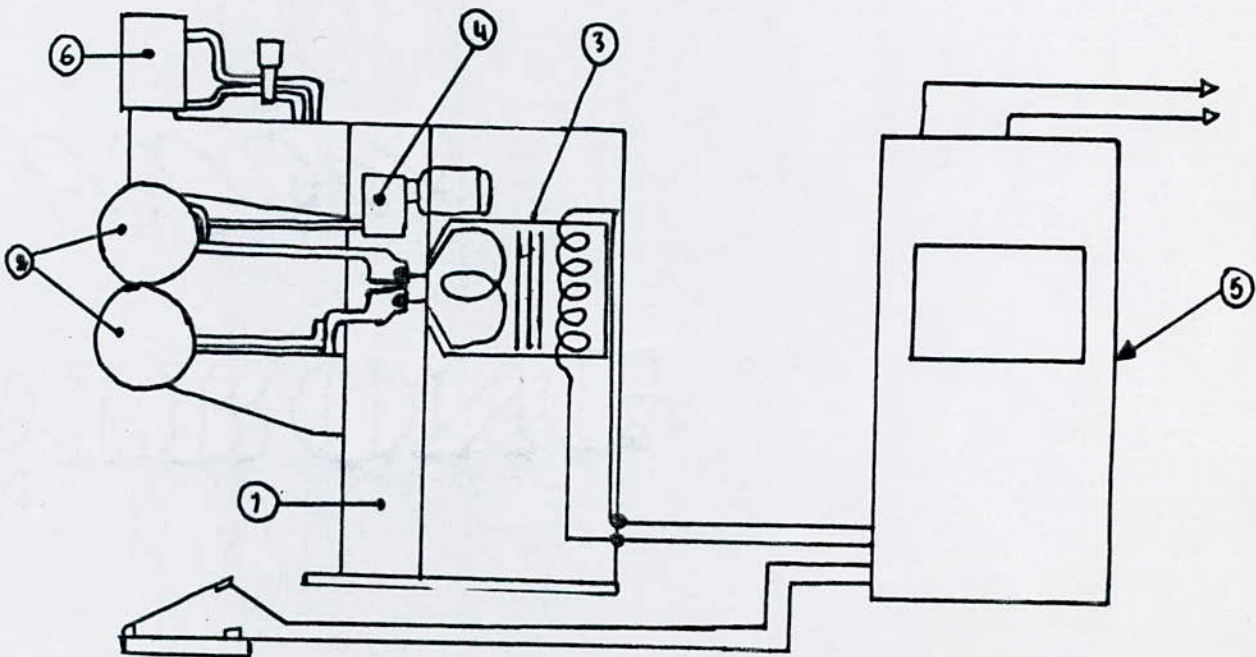


Si la vitesse est grande, la fréquence du réseau produit un effet semblable au cas précédent

II.3 ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UNE MACHINE A SOUDER, à la molette :

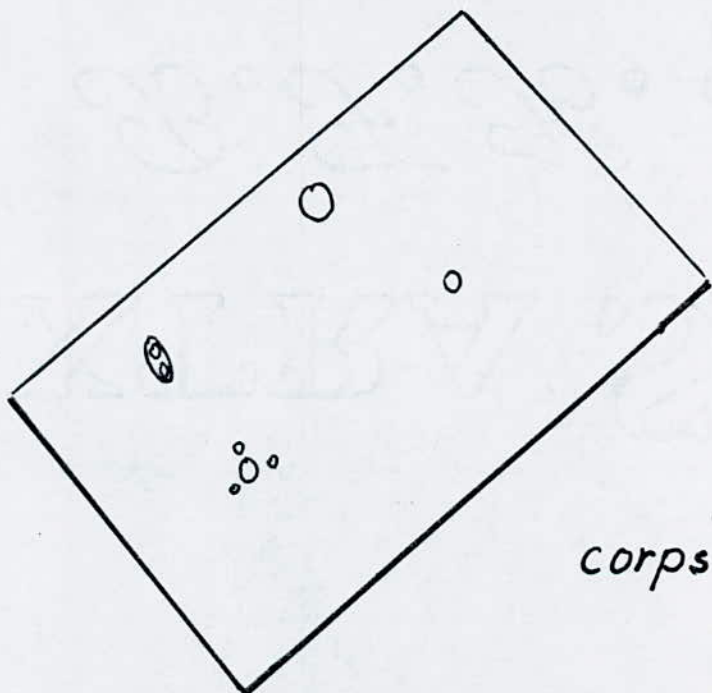
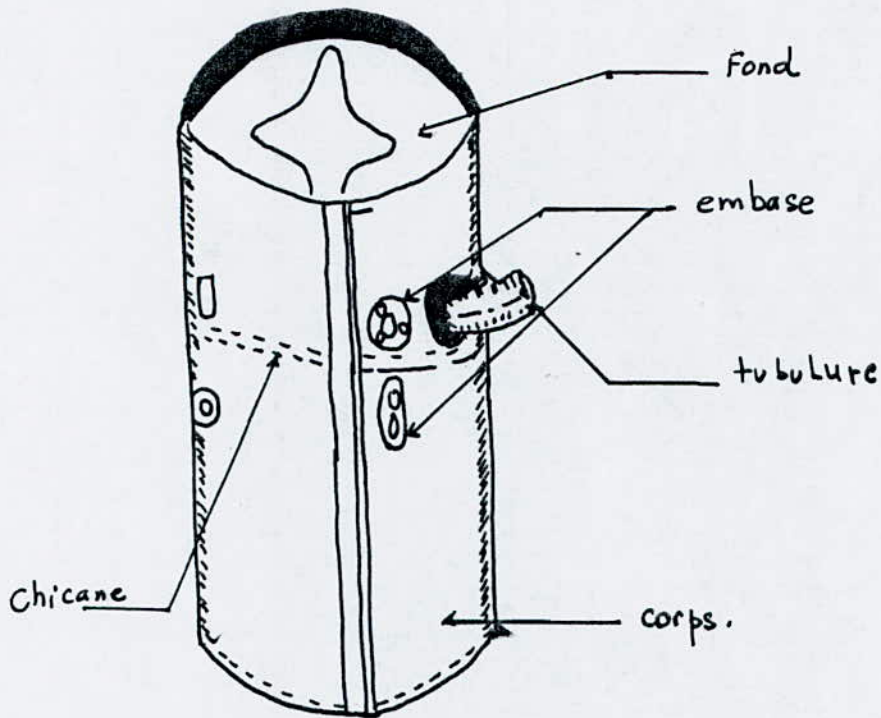
Une machine à souder à la molette comprend, sous sa forme schématique :

- Un transformateur statique, dont le circuit secondaire est relié aux molettes, (3) avec son appareillage d'enclenchement et de coupure.
- Les têtes de Soudage
- les molette de Soudage. (2)
- Un système de mise sous pression des molettes de Soudage, destiné à fournir l'effort de compression localisé sur les pièces à souder. (6)
- Un système (de mise) d'entraînement des molettes de soudage. (4)
- Un système de refroidissement des molettes.
- Un bâti (1)
- Un circuit électrique auxiliaire de commande. (5)
- Un appareillage électronique ayant pour but le réglage du courant de soudage, du temps de soudage et du temps de repos. (5)



III. TECHNOLOGIE DE FABRICATION DE RESERVOIRS
PAR SOUDAGE A LA MOLETTE .

III 1 - Présentation des Reservoirs.





- Fond -

- chicane -

III.2 Différentes Opérations de fabrication de réservoirs.

Opérations :

découpage



machines utilisées :

cis - GUILLOTINE

Poinçonnage



Poinçonneuse

Mise en forme



Plioux.

Opérations de soudage :

- Soudage par points (Embarres).
- Soudure longitudinale du corps à la molette
- Soudure par points (chicanes et fonds).
- Soudure (Etain - tubulaire).
- Soudure arc
- Eprouvage (sous pression).
- Contrôle
- Degrossage et Peinture
- Contrôle.

IV - METHODES D'EXAMEN DES METAUX ET ALLIAGES :

IV.1 - GENERALITES :

Depuis longtemps, les praticiens jugent de la qualité d'un acier d'après l'aspect de sa cassure brute, ce qui suppose l'existence d'une relation entre la structure d'un métal et ses propriétés. Aujourd'hui, de nouvelles méthodes d'examen de plus en plus perfectionnées permettent d'obtenir les renseignements précis sur les matériaux qui constituent les alliages et la façon dont ils sont agencés.

A cet effet, on examine la surface de l'échantillon étudié après un polissage (qui fait disparaître les accidents superficiels dus au mode de prélèvement) que l'on fait suivre d'une attaque par un réactif qui permet de mettre en évidence les constituants de l'alliage.

Selon l'échelle à laquelle l'observation est pratiquée, on distingue :

- 1^o La macrographie où examen à l'œil nu (ou à la loupe).
 - 2^o La micrographie où l'observateur utilise le microscope optique.
- Dans notre étude ce qui nous intéresse c'est la micrographie.

IV.2. MICROGRAPHIE :

IV.2.1 Technique de la Micrographie

a - PRINCIPE DE LA MICROGRAPHIE :

La Metallographie microscopique ou micrographie a pour but de mettre en évidence les constituants des produits métallurgiques (métaux purs, combinaisons, solutions solides, eutectiques et eutectoïdes).

Pour cela, on procède à l'examen au microscope par réflexion d'une surface polie et généralement attaquée.

b - PRELEVEMENT DE L'ECHANTILLON :

Le lieu et le sens du prélèvement dépendent du but à atteindre : le résultat observé ne sera pas le même si l'échantillon vient du cœur ou de la périphérie d'un même lingot ; et en général un seul examen est insuffisant si l'échantillon est enrobé dans une matière plastique.

Le mode de prélèvement ne doit pas provoquer une grande élévation de température, sinon il pourrait y avoir modification de la constitution du métal.

C. POLISSAGE :

Le polissage consiste à rendre la surface plane et brillante de façon à ce qu'elle ne présente aucune rayure susceptible de gêner l'examen ultérieur. Pour cela, on frotte le métal sur des abrasifs de plus en plus fins ; on prolonge l'action de chacun d'eux jusqu'à ce que les raies créés par le produit précédent aient disparu ; cette condition est facile à constater si l'on prend soin de rayer l'échantillon rigoureusement dans un certain sens avec un abrasif, et dans le sens perpendiculaire au suivant. D'une façon générale, il faut prendre soin d'éviter l'échauffement de l'échantillon. L'échantillon est généralement tenu à la main.

Le polissage comporte trois (3) phases :

1) - Dressage : Le dressage a pour but de créer la surface plane d'examen. Il se fait sur meule de carborundum, ou d'émeri ou à la lime ; généralement on passe ensuite rapidement l'échantillon sur une toile émeri à grains très fins. Il est bon d'abattre les angles, si toutefois on n'a pas à observer la périphérie, afin de ne pas déchirer les papiers et feuilles ultérieurement.

2) Dégrossissage : Il s'opère à l'aide d'une série de papiers émeris de plus en plus fins. On utilise une machine où le papier est fixé sur un disque tournant dans un plan horizontal. Cette phase, qui est la plus délicate, permet d'arriver à une surface comparable à un miroir, et à ne laisser que des rayures très fines ; invisibles à l'œil nu, qui disparaîtront dans la dernière phase.

3) Finissage : L'échantillon est poli généralement sur une meule imbibée avec de l'eau qui tient en suspension un abrasif. La meule est généralement formée d'un disque en bois dur sur la face utile duquel on applique d'abord une feuille de zinc, puis du drap. Pour les alliages durs (aciers trempés par exemple), on utilise des meules en feutre comprimé. des meules sont placés sur tournet à axe horizontal ou vertical, et le mouvement est donné par un moteur électrique. L'abrasif est le plus souvent de l'alumine désignée par la durée de décantation de la suspension. On utilise aussi de la pâte diamantée, constituée par des grains de diamant enrobés dans un liant soluble dans l'eau et l'alcool.

d-ATTAQUE

L'attaque a pour but de révéler les joints des cristaux, et de différencier les constituants de l'alliage. La méthode la plus répandue consiste à tremper la face à attaquer dans le réactif choisi pendant un temps convenable, l'attaque a lieu généralement à la température ambiante. Les réactifs utilisés sont des solutions aqueuses ou alcooliques suffisamment diluées afin que l'attaque soit lente.

IV.2.2. EXEMEN MICROGRAPHIQUE ET PHOTOGRAPHIQUE

La fig (a) montre le principe d'un microscope métallographique. En raison de son opacité, l'échantillon est éclairé par réflexion. La fig (b) représente un modèle de microscope d'usage courant dans les laboratoires de métallurgie.

figa:

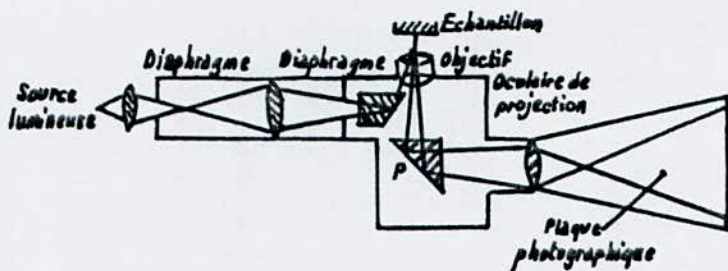
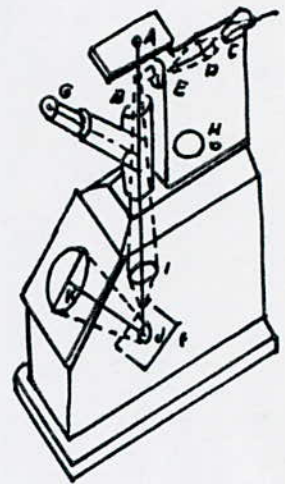


fig b



IV.2.3. Application de la micrographie :

1- Notion de constituant: c'est la généralisation de la micrographie qui a permis de préciser la notion de constituants des alliages métalliques.

2- La micrographie, méthode de Contrôle :

La micrographie fournit au métallurgiste de très nombreux renseignements sur le passé du métal étudié et notamment sur les différents traitements qu'il a subi.

V. PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DES MÉTAUX ET DES ALLIAGES

I.1 Propriétés mécaniques Fondamentales:

De très nombreuses utilisations industrielles des métaux et alliages sont des applications de deux propriétés mécaniques fondamentales :

La PLASTICITÉ et L'ELASTICITÉ, souvent accompagnées d'une dureté et d'une absence de fragilité remarquables.

La plasticité est la propriété qui possède une substance de pouvoir être déformée et de conserver la déformation acquise après suppression de l'effort qui l'a provoquée.

L'élasticité est la propriété qui possède un métal de pouvoir subir une déformation temporaire sous l'action d'un effort approprié et de revenir ensuite à ses dimensions initiales après suppression de cet effort.

I.2 ESSAIS MÉCANIQUES: On distingue :

a) Les essais qui ont pour but de prévoir le comportement du métal dans certaines circonstances d'usinage ou d'emploi (essai de pliage, de tournage, d'emboutissage, etc...). Ils sont extrêmement divers et varient avec les exigences des utilisations éventuelles.

b) des essais mécaniques, proprement dits, qui permettent de déterminer les caractéristiques essentielles des métaux et notamment:

- la plasticité et l'élasticité : essai de traction
- l'absence de fragilité et la résistance au choc : essai de résilience
- la résistance aux efforts de pénétration : essai de dureté.

Le principal intérêt de ces essais étant de fournir des données numériques

au constructeur mécanicien, leurs résultats doivent être reproductibles et comparables entre eux. on a donc été amené à les normaliser, c'est à dire à les effectuer toujours dans les mêmes conditions.

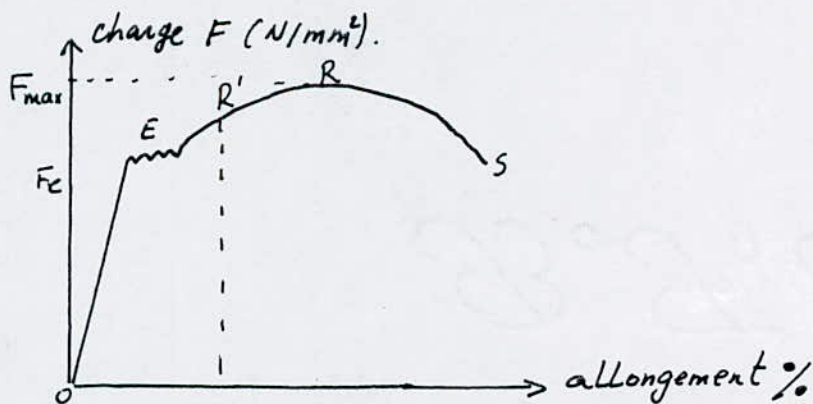
a) sur des échantillons ou éprouvettes de formes et de dimensions rigoureusement spécifiées.

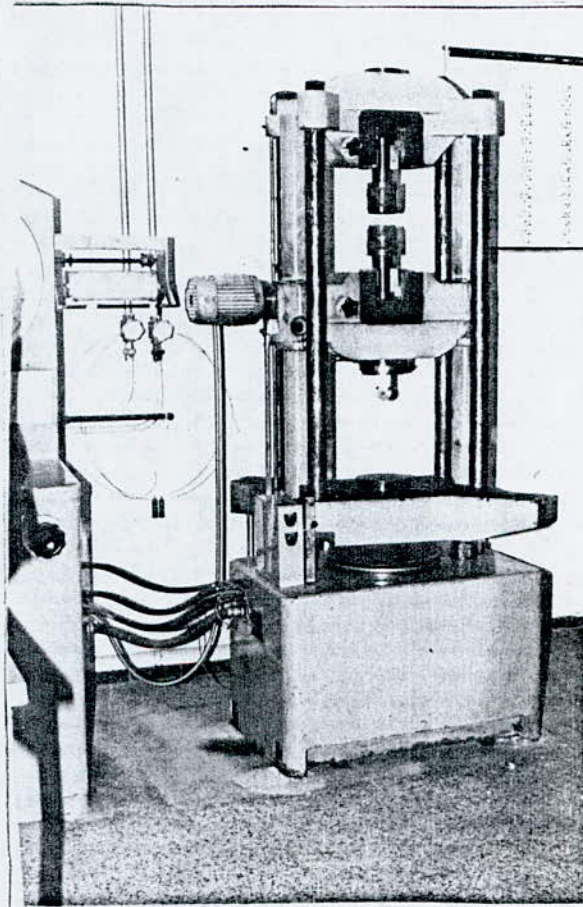
b) avec des appareils conçus spécialement à cet effet et dont les conditions d'emploi sont, elle aussi, bien précises

II.1. ESSAI DE TRACTION: NORME AFNOR.

a- Principe : L'essai consiste à soumettre une éprouvette de forme définie (longueur initiale l_0 ; section initiale S_0) à un effort de traction croissant, dirigé suivant son axe. Un dispositif mécanique enregistre une courbe qui donne à chaque instant la charge totale F en fonction de l'allongement de l'éprouvette (ΔL)

$$F = f(\Delta L).$$





Machine de traction

b. CARACTÉRISTIQUES DÉDUITES DE L'ESSAI DE TRACTION:

L'essai de traction donne les trois caractéristiques suivantes :

1) Résistance à la traction R

cette caractéristique correspond au point R de la courbe de traction.

C'est le quotient de la charge maximale que le métal peut supporter sans se rompre, par la section initiale de l'éprouvette. Elle s'exprime en

$$N/mm^2 \quad R = \frac{F}{S_0}$$

2) Limite d'élasticité R_e .

cette caractéristique correspond au point E de la courbe de traction:

c'est le quotient par la section initiale de l'éprouvette, de la charge maximale que peut supporter le métal sans éprouver de déformation permanente. Elle s'exprime en N/mm^2 .

R_e est évidemment inférieur à R .

3) ALLONGEMENT: C'est l'allongement relatif pourcent de l'éprouvette au moment de la rupture (pt S de la courbe de traction)

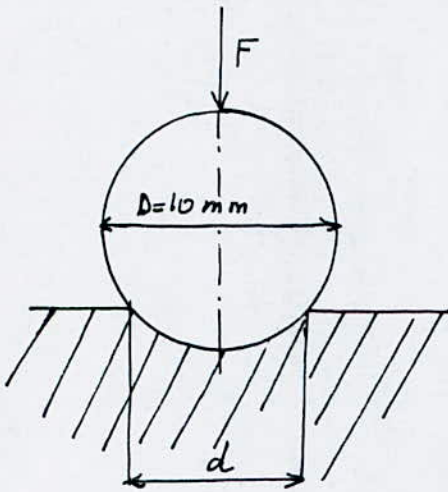
$$A = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100.$$

V.2.2 ESSAI DE DURETÉ: L'essai de dureté consiste généralement à exercer une charge déterminée sur un corps très dur (appelé pénétrateur) placé sur le métal à étudier; plus celui-ci est dur et moins le pénétrateur s'enfonce. Trois (3) méthodes sont les plus répandues elles diffèrent essentiellement par la forme du pénétrateur (fig), et par la définition de la dureté. Ces trois essais sont :

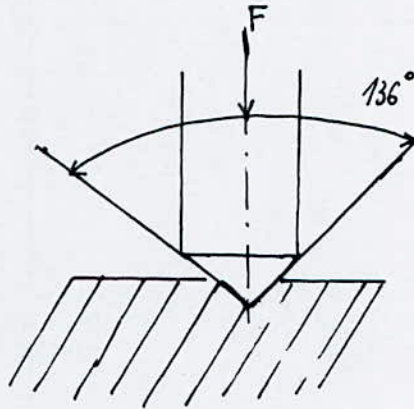
- L'essai BRINELL (symbole HB)

- L'essai ROCKWELL (symbole HRC^{pour le cône}
HRB pour la bille).

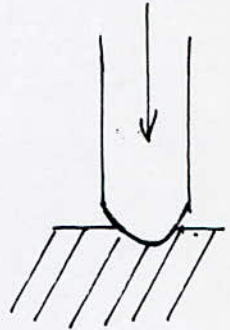
- L'essai VICKERS (symbole HV).



BRINELL



VICKERS



ROCKWELL
C

Pour nos expériences on a utilisé la méthode de Vickers qui utilise comme pénétrateur une pyramide à base carré. La dureté est déterminée par l'empreinte laissée sur la surface mise à l'essai.

VII. METHODES EXPERIMENTALES; RESULTATS Et Interpretations

L'étude des propriétés mécaniques a été réalisée aux moyens d'essais de traction, d'allongement et de dureté. L'étude de la structure a été réalisée grâce à la prise des micrographies des échantillons.

1) Prélèvement des échantillons: les tôles utilisées pour nos essais ont été découpées à l'aide d'une scie mécanique avant d'être soudées par la machine à molette.

2) Préparation des éprouvettes et des échantillons

2-a - Préparation des éprouvettes.

Une fois les tôles sont soudées par différents régimes de la machine, elles ont été usinées au tour en respectant les dimensions normalisées des éprouvettes.

2-b. Préparation des échantillons micrographiques:

2b1: enrobage: Pour l'enrobage des échantillons, nous avons utilisés la résine thermodurcissable. Le polissage des échantillons est exécuté par meule, papier émeri et enfin sur le disque tournant en velour humidifié par lubrifiant et patte diamantée et enfin l'attaque chimique par le Nital.

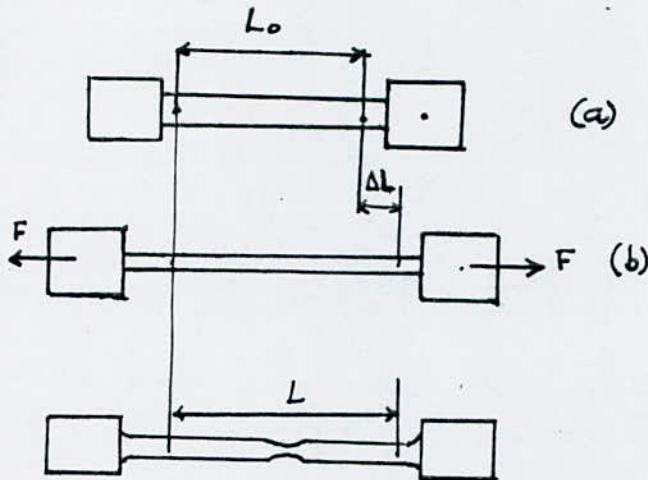
Techniques expérimentales

a) Essai de traction: nous avons utilisé une éprouvette de forme et de dimensions bien déterminées.

b. Mesure de l'allongement: On porte sur la partie calibrée de l'éprouvette des repères distants de 80 mm, après l'essai de traction et la rupture on constitue l'éprouvette et on mesure la nouvelle longueur entre repères.

L'allongement relatif pourcent sera: $A = 100 \frac{\Delta L}{L_0}$

ΔL = L'allongement de la longueur entre repères: $L - L_0$



Eprouvette:

a) initialement

b) en cours d'essai

c) après rupture

donc: $A = 100 \frac{L - L_0}{L_0}$

c. Mesure de la microdureté: Les essais de dureté ont été effectués par la méthode de Vickers en microduremètre.

La charge utilisée est de 300 g.

- Essais des régimes de soudage à la molette

Remarque: Le régime électrique de soudage à SONACOME (CVI - SNVI) est bien défini, on ne peut pas changer la tension et l'intensité du courant.

Pour notre projet on a fait les essais suivants:

1^{er} essai:

• épaisseur: "S" variable

• $V = \text{constant} = 1,3 \frac{\text{m}}{\text{mn}}$; $P = \text{constante} = 2 \text{ bars}$

On a fixé la vitesse v à $1,3 \text{ m/mn}$ et la pression "P" à 2 bars sur 3 tôles d'épaisseurs différentes $\delta (\text{mm}) = 1 ; 1,2 ; 1,5$.

2^{ème} essai: * Pression "P" variable

* $S = \text{cote} = 1,5 \text{ mm}$; $V = \text{cote} = 1,3 \text{ m/mn}$

Pour ce 2^{ème} essai on a pris une tôle d'épaisseur constante ($\delta = 1,5 \text{ mm}$) et on a fixé la vitesse V à $1,3 \text{ m/mn}$, et à chaque fois on fait varier la pression $P (\text{bars}) = 1 ; 1,5 ; 2,5 ; 3 ; 4$

3^e essai: * Vitesse "V" variable

* $S = \text{cote}$; $P = \text{constante}$ $\delta = 1,5 \text{ mm}$; $P = 2 \text{ bars}$

Pour ce dernier essai on a pris une tôle d'épaisseur constante ($\delta = 1,5 \text{ mm}$) et on a fixé la pression "P" à 2 bars, et à chaque fois on fait varier la vitesse "V"

$V (\text{m/mn}) = 0,7 ; 0,18 ; 1,35 ; 1,45$

VI 1 Observations et résultats obtenus (par coupe Transversale).

Etude du Changement de la dureté en Fonction des efforts.

Tableau des valeurs ^{hors des essais} obtenues : avec : $v = 1,3 \frac{m}{mn}$; $S = 1,5 mm$

$P_1 = 1 \text{ bars}$:

zone non soudee'

opération	1	2	3	4	HV _{moyenn}
HV	107	114	119	120	115,17

zone intermédiaire

opération	1	2	3	4	HV _{moy}
HV	150	155	155	165	156,25

zone soudee'

opération	1	2	3	4	HV _{moy}
HV	184	191	198	198	192,75

$P_2 = 1,5 \text{ bars}$:

zone non soudee'

opération	1	2	3	4	HV _{moy}
HV	114	117	120	132	120,75

zone Intermédiaire

opération	1	2	3	4	HV _{moy}
HV	160	162	174	170	166,5

zone soudee'

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	191	198	209	210	202

$P_3 = 2,5$ bars:

zone non soudee'

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	120	120	110	130	120

zone intermediaire

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	165	165	174	184	177

zone soudee'

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	210	227	247	252	234.

$P_4 = 3$ bars:

zone soudee'

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	110	120	136	138	126

zone intermediaire

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	177	177	196	198	187,11

zone soudee'

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	210	232	232	258	233

* $P_5 = 4$ bars:

zone non
bondée

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	122	126	130	140	129,50

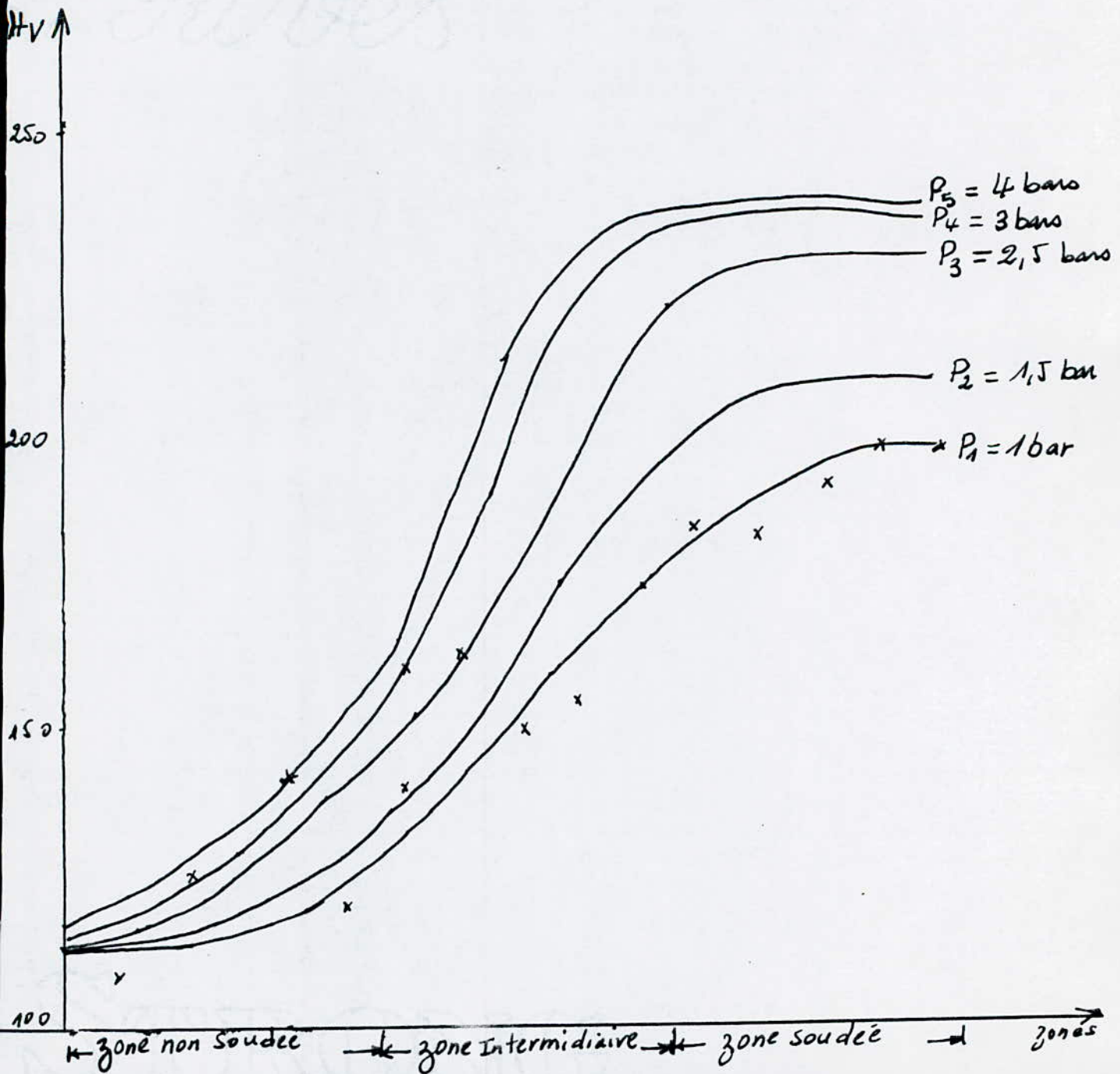
zone intermédiaire

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	177	192	198	202	192,25

zone rodée

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	214	240	241	236	232,75

- Coupe transversale -



Etude du Changement de la dureté en fonction de la vitesse

$V_1 = 0,7 \text{ m/min}$

zone non soudee'

operation	1	2	3	4	HV _{moy}
HV	117	117	120	110	116

zone intermediaire

operation	1	2	3	4	HV _{moy}
HV	191	210	223	227	212,75

zone soudee'

operation	1	2	3	4	HV _{moy}
HV.	227	236	227	223	228,25

$V_2 = 1,18 \text{ m/min}$

zone non soudee'

operation	1	2	3	4	HV _{moy}
HV	112	120	120	128	119

zone intermediaire

operation	1	2	3	4	HV _{moy}
HV	206	214	214	218	213

zone soudee'

operation	1	2	3	4	HV _{moy}
HV	227	260	278	275	259,25

$V_3 = 1,35 \text{ m/m}$

zone non sondée

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	114	112	118	130	118,5

zone intermédiaire

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	206	214	223	232	218,75

zone sondée

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	263	260	263	266	263

$V_4 = 1,45 \text{ m/m}$

zone non sondée

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	114	119	120	130	120,75

zone intermédiaire

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	191	214	223	227	213,75

zone sondée

operation	1	2	3	4	HV moy.
HV	241	276	300	270	271,5

$V_5 = 1,57 \text{ m/m}$

zone non sondée

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	115	117	130	130	123

zone intermédiaire

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	184	191	206	223	201

zone sondée

operation	1	2	3	4	HV moy
HV	275	275	270	280	275

● Etude du Changement de la dureté en Fonction de l'épaisseur δ (mm). Sous Une Charge de 300 g.

$\delta_1 = 1,2 \text{ mm}$:

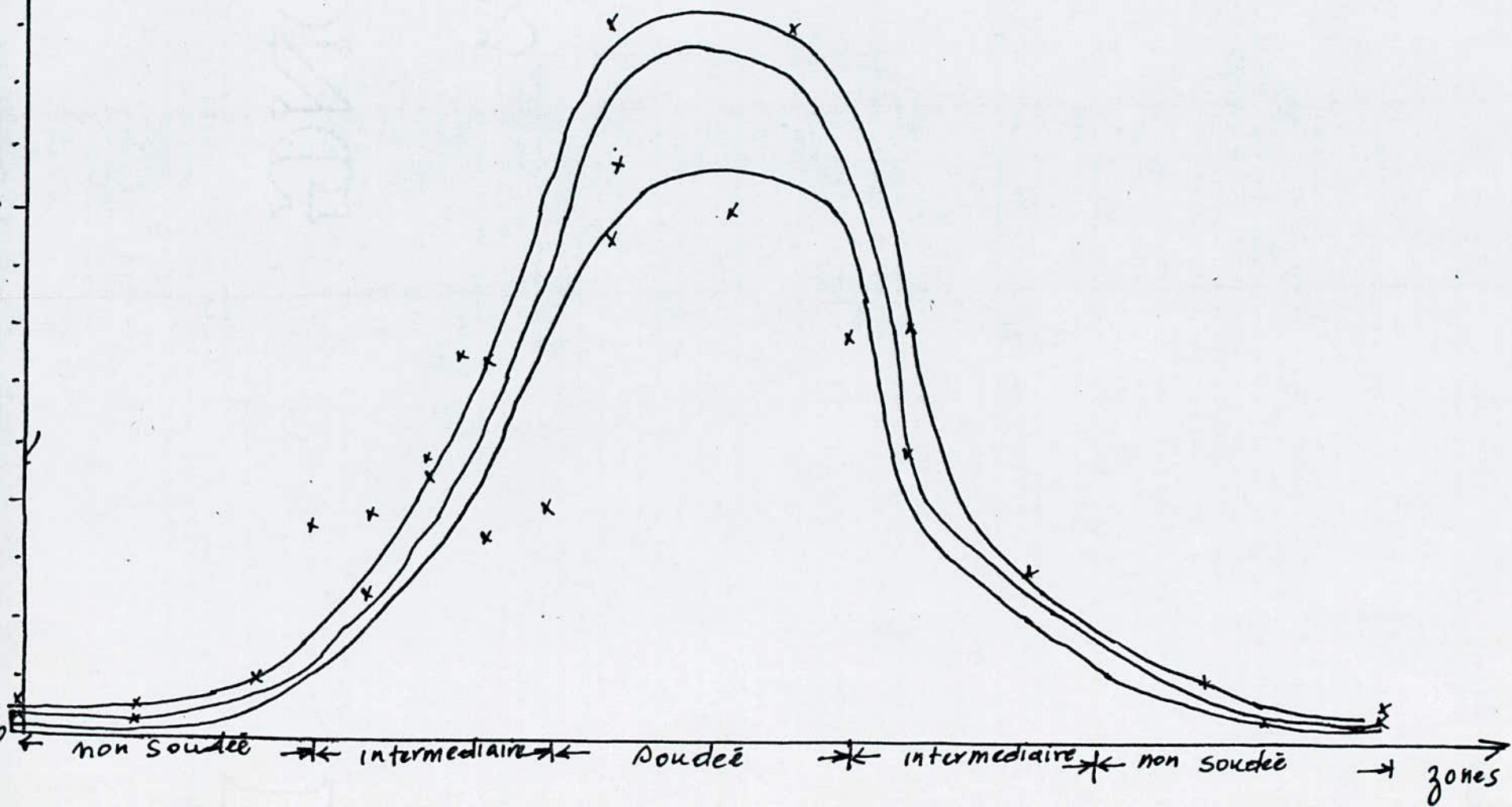
$\delta_2 = 1,5 \text{ mm}$

Zones	dureté HV	dureté moy HV moy	Zones	HV	HV moy
Non soudée	132 132 147 140	137,75	Non soudée	140 132 132 140	136
zone intermédiaire	160 170 210 250	197,5	Intermédiaire	187 199 200 200	194
zone soudée	396 348 365 348	364,25	Soudée	280 290 320 365	313,75
Intermédiaire	260 195 190 180	196,25	Intermédiaire	220 200 190 170	195
Non Soudée	150 147 130 130	139,25	Non soudée	150 145 145 135	143

$\delta_3 = 2\text{mm}$:

Zones	durée' HV	durée HV moy
Non Soudé	140 122 120 130	128
Intermédiaire	180 180 190 206	191,6
Soudé	281 294 300 290	291
Intermédiaire	200 200 198 182	191,75
Non Soudé	135 150 130 130	136,25

Hv



observation et résultat obtenus: (par coupe longitudinale).

ETUDE DU CHANGEMENT DE LA DURETE EN FONCTION DES EFFORTS.

Tableau des valeurs obtenus hors des essais:

P (bar)	HV moyenne
1	163,08
1,5	170,33
2,5	176,5
3	182,5
4	199,67.

$$HV = f(P).$$

ETUDE DU CHANGEMENT DE LA DURETE EN FONCTION DE LA VITESSE.

V (m/min)	Dureté' moyenne HV
0,70	200
1,18	202,33
1,35	225
1,45	227,4
1,57	240,8.

$$HV = f(V).$$

coupe longitudinale

Fig. 8

$$H_v = f(P).$$

Hv.

0,5

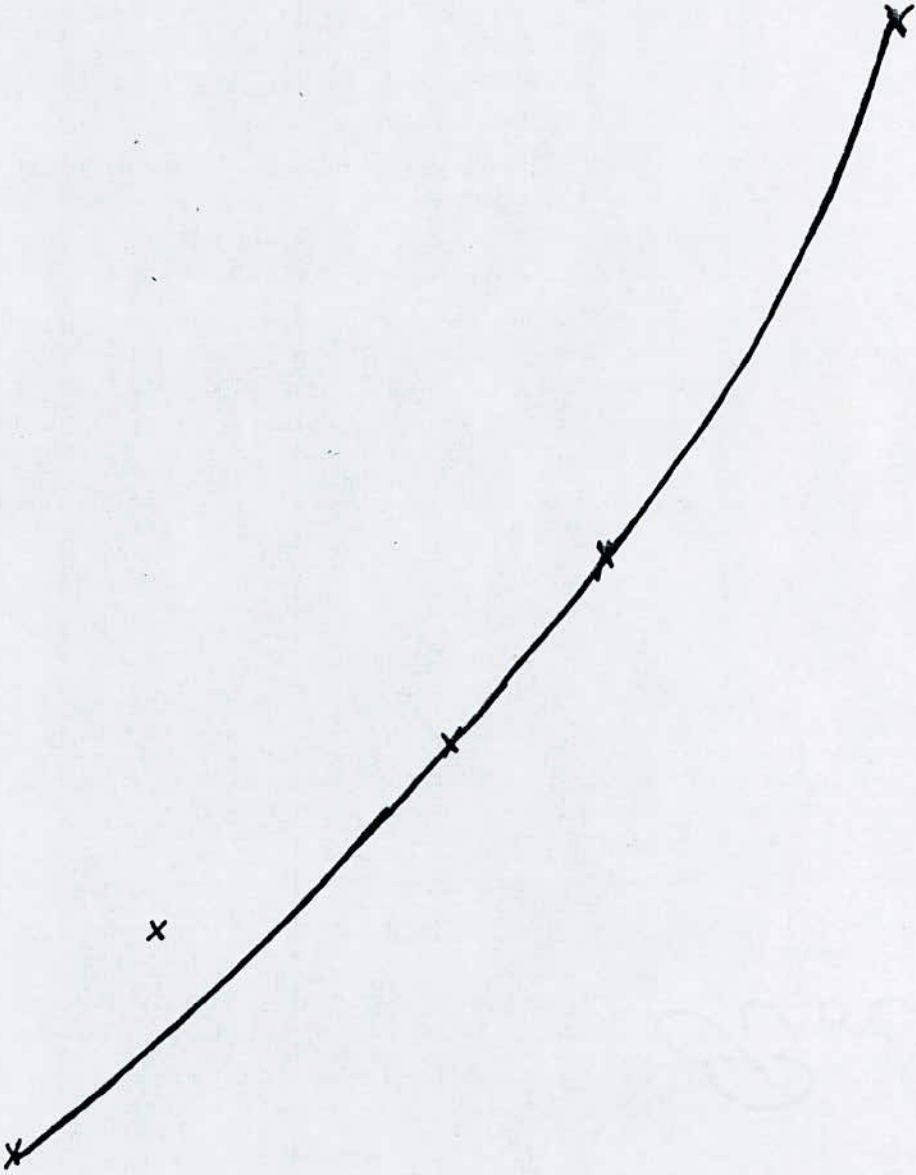
1

2

3

4

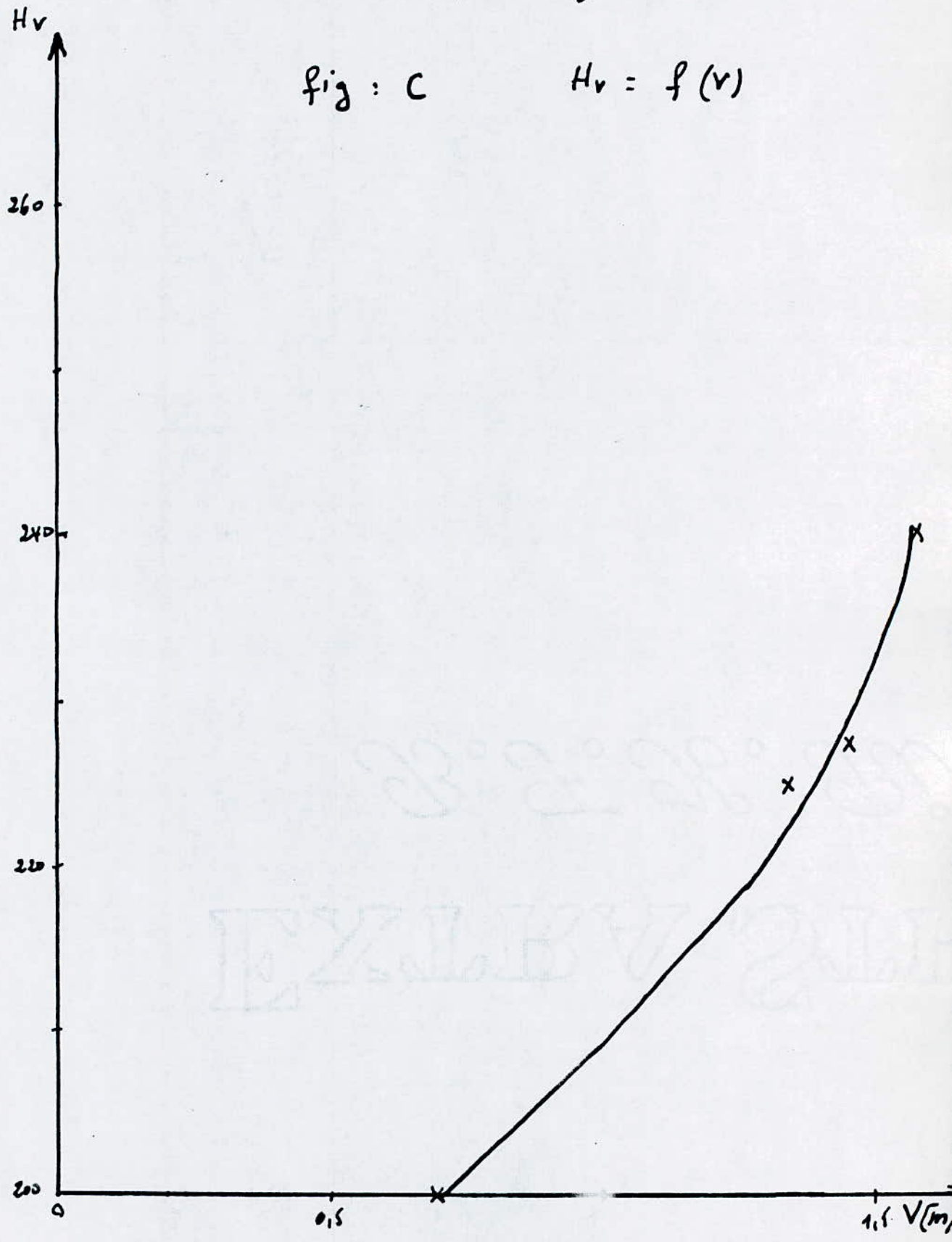
P (ba)



coupe longitudinale

fig : C

$$H_v = f(v)$$



ETUDE DU CHANGEMENT DE LA DURETÉ EN FONCTION DE L'ÉPAISSEUR δ .

des tableaux ci-dessous résument les valeurs obtenues au cours des essais.
Coupe longitudinale sous une charge 300g.

épaisseur δ (m).	essais	dureté HV	Dureté moyenne HV.
1,2	1	241	241
	2	240	
	3	238	
	4	245	
1,5	1	222	220
	2	221	
	3	225	
	4	212	
2	1	217	217
	2	215	
	3	216	
	4	220	

Interprétation: Influence de l'épaisseur

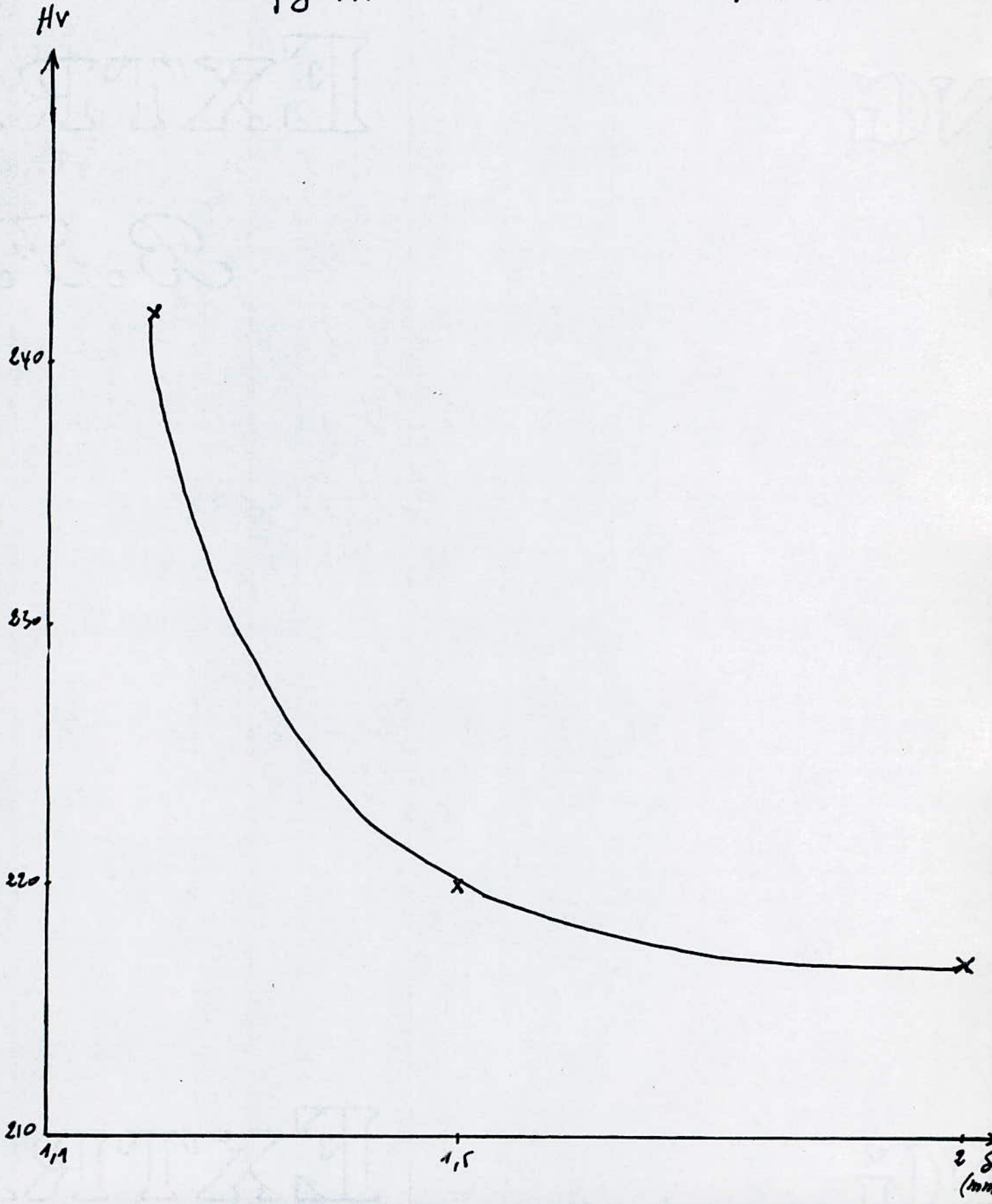
la fig A donne le changement de la dureté en fonction de δ on remarque que l'↑ de δ provoque la ↓ de la dureté cela est dûe au diminution de la vitesse de refroidissement parce que la masse du métal qui se refroidit augmente.

Influence des efforts: La fig B donne le changement de la dureté en fonction des efforts. on remarque la cristallisation du métal sous certaines pression provoque l'↑ de la dureté. Evidement ce phénomène est expliqué par le changement de la structure.

- 38 -
coupe longitudinale.

fig: A.

$$Hv = f(s)$$



On peut remarquer que la même position nous l'avons déjà obtenue pour la section transversale.

* Influence de la vitesse de rotation de la molette:

La fig (c) nous présente l'↑ de la dureté en fonction de la vitesse de rotation de la molette nous devons remarquer certaines augmentations de la dureté (de 200 à 240 HV) avec l'↑ de la vitesse pendant le soudage les zones de contact du métal soudé avec la molette ; chaque augmentation de la vitesse de sortie des zones de soudage c'à d on augmente immédiatement la vitesse de refroidissement des tôles soudées.

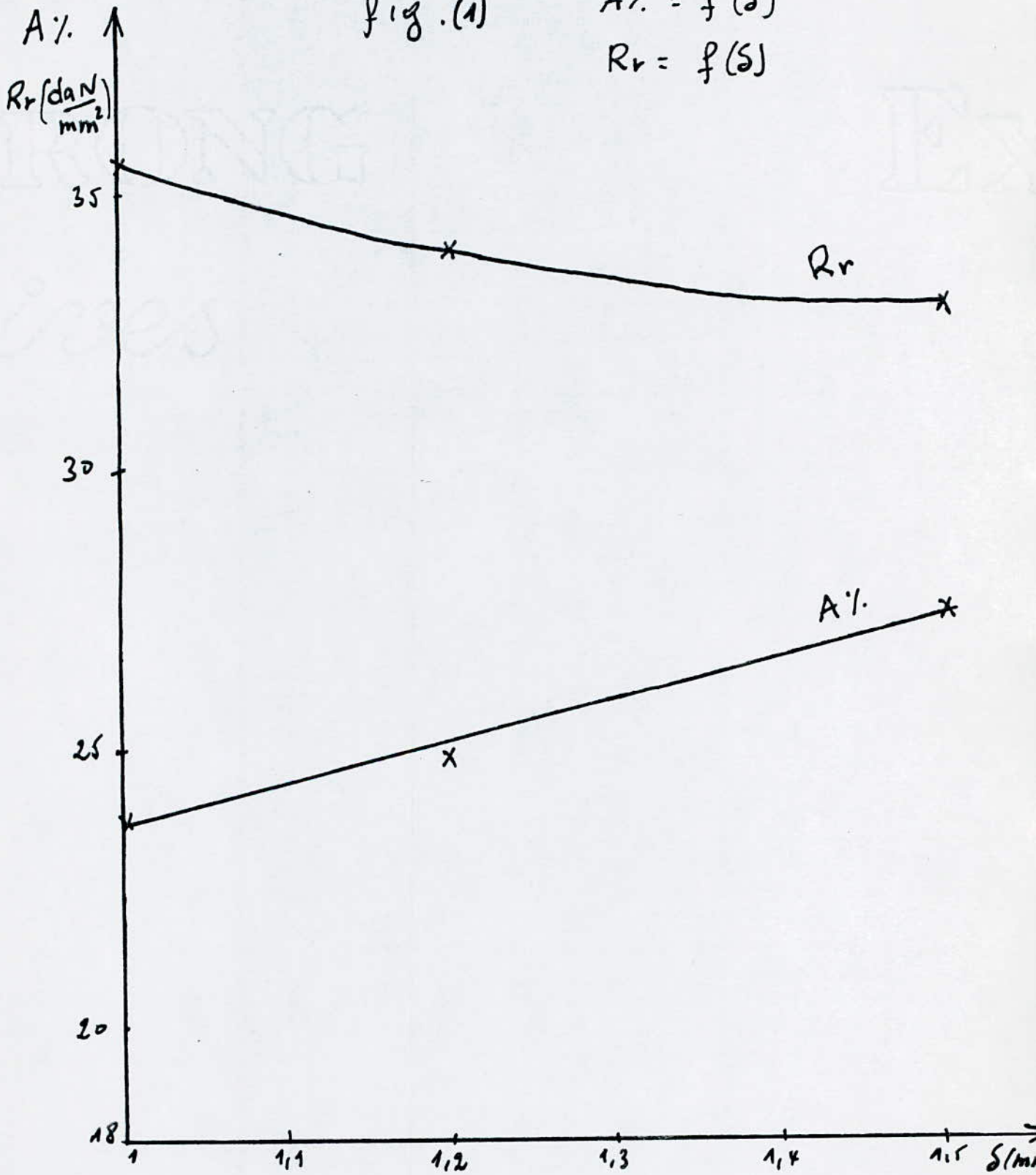
* Essai des résistances à la rupture et l'allongement en fonction de l'épaisseur des tôles: tableau obtenu hors des essais :

N° de l'éprouvette	1	2	3
Épaisseur δ (mm)	1	1,2	1,5
Longueur de l'éprouvette L (mm)	20	20	20
Section initiale $S_0 = \delta L$ (mm ²)	20	24	30
Charge de rupture C_r (daN)	710	816	990
Résistance à la rupture $R_r = \frac{C_r}{S_0}$ (daN/mm ²)	35,5	34	33
Longueur initiale entre repère l_0 (mm)	80	80	80
Longueur finale entre repère l_1 (mm)	99	100	102
Allongement A%	23,75	25	27,5

fig. (1)

$$A\% = f(S)$$

$$R_r = f(S)$$



Interprétation des courbes : * R_r en fonction de l'épaisseur des tôles
 * $A\%$ en fonction de l'épaisseur des tôles

do. fig(2) nous donne le changement des propriétés mécaniques en fonction d'épaisseur des tôles.

On remarque que certaines augmentations d'allongement et diminution de la résistance de la rupture avec augmentation de l'allongement s'explique par la diminution de l'état écrouis tôle à $\delta = 1\text{mm}$ plus écrouis que celle de $\delta = 2\text{mm}$.

Essai des Résistances à la rupture et de l'allongement en fonction de la vitesse de rotation des molettes

TABLEAU N° 1

Efforts (bars).	1,0	1,5	2,5	3,0	4,0
épaisseur δ (mm)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
longueur de l'éprouvette L (mm).	20	20	20	20	20
section initiale $S_0 = \delta L$ (mm ²).	30	30	30	30	30
charge de rupture (dans) Cr.	1190	1160	1150	1120	1050
Résistance à la rupture R_r dans/mm ²	39,66	38,66	38,34	37,34	35,00
longueur initiale entre repère l_0 en mm	80	80	80	80	80
longueur finale entre repère l_1 (mm)	105	107	110	112	113
Allongement $A\%$.	31,25	33,75	37,50	40,00	41,25

Interprétation du Tableau n° 1:

Changement des R_r et $A\%$: pendant le changement de régime de soudage nous indique que le régime de soudage essayé donne le changement des propriétés mécaniques dans un niveau de Tolérance des propriétés mécaniques, pour les aciers d'après renseignements techniques c'èd changement du régime ne change pas sensiblement R_r et $A\%$, cela nous donne la capacité d'↑ la vitesse qui signifie l'augmentation du η (rendement).

Essai des Résistances à la Rupture et de l'allongement en Fonction de la Vitesse de Rotation des molettes.

TABLEAU N° 2.

Vitesse (m/mn).	0,7	1,18	1,35	1,45
épaisseur δ (mm)	1,5	1,5	1,5	1,5
largeur de l'éprouvette L (mm)	20	20	20	20
section initiale $S_0 = \delta L$ (mm ²)	30	30	30	30
charge de rupture R_r (daN)	1020	1080	1130	1180
Résistance à la rupture R_r daN/mm ²	34,00	36,00	37,66	39,34
longueur initiale entre repère L_0 (mm)	80	80	80	80
longueur finale entre repère L_1 (mm)	110	114	116	116
Allongement $A\%$	37,50	42,50	45,00	45,00

VI.2. Analyse de la microstructure

A) Influence d'épaisseur des pièces à souder :

(voir photo A)

Métal de base: Le changement d'épaisseur de 1 à 2 mm est relié à certains changements de la structure notamment l'augmentation de degré de déformation c'est à dire la diminution d'épaisseur provoque la diminution des dimensions des grains et l'obtention de certaines fibrosités.

zone intermédiaire (voir photo B).

Dans cette zone il existe le même changement de la structure.

Pour les tôles d'épaisseur $\delta = 2 \text{ mm}$ on obtient de gros grains.

pour $\delta = 1 \text{ mm}$ la dimension des grains est alors plus petite.

métal soudé (voir photo C) :

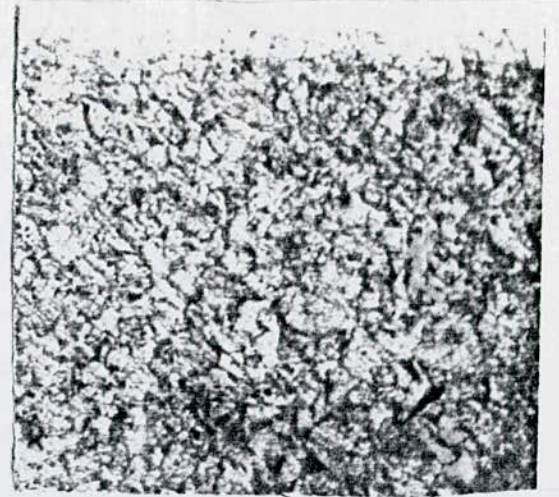
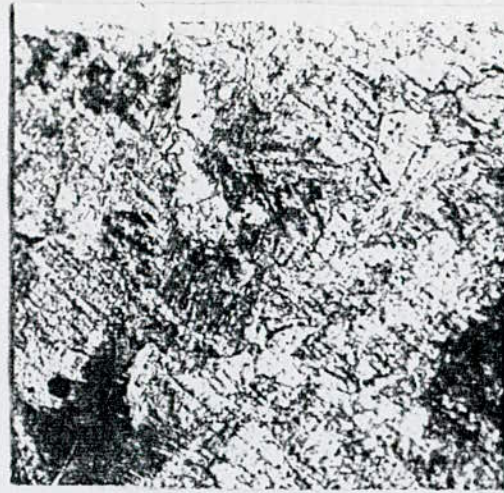
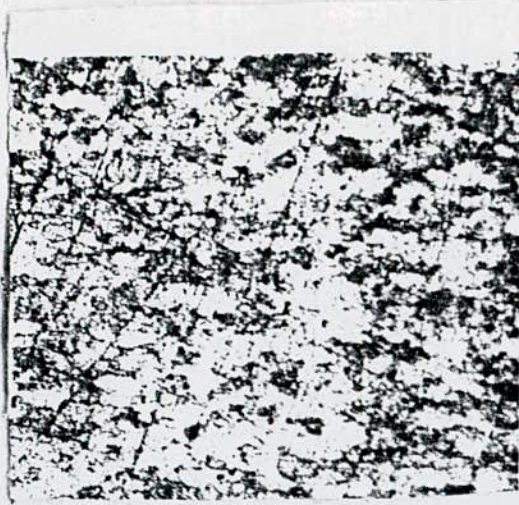
Dans cette zone on remarque l'obtention de la même structure à peu près car les régimes de soudage et les nuances ne changent pas.

B) Influence des efforts entre 1 et 4 bars.

zone intermédiaire (voir photo D).

zone soudée (voir photo E).

Nous avons étudié l'influence des efforts dans une zone intermédiaire et soudée. On peut citer que l'augmentation des efforts provoque la diminution des dimensions des grains dans une zone intermédiaire et soudée; cela est dû à l'effet de formation de structure (Cristallisation) sous 1 pression importante.



zone non soudée

zone soudée

zone intermédiaire

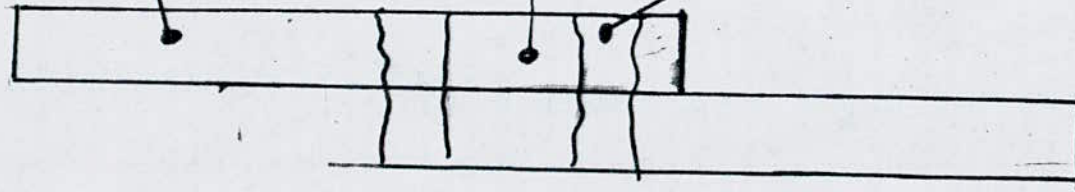
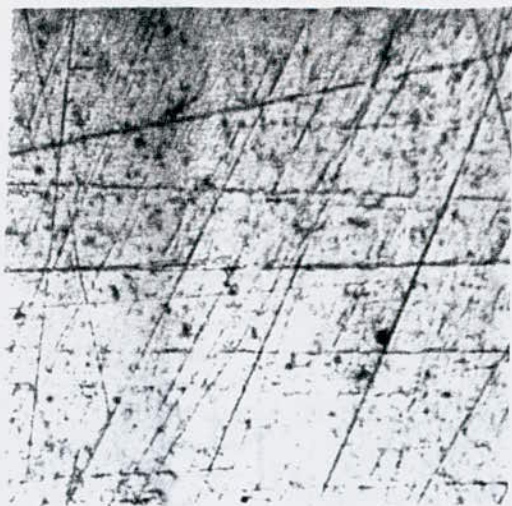


Photo . 0

44



$\delta = 1 \text{ mm}$



$\delta = 1,5 \text{ mm}$



$\delta = 2 \text{ mm}$

photo. A. - métal de base -

- 45 -



$\delta = 1 \text{ mm}$



$\delta = 1,5 \text{ mm}$

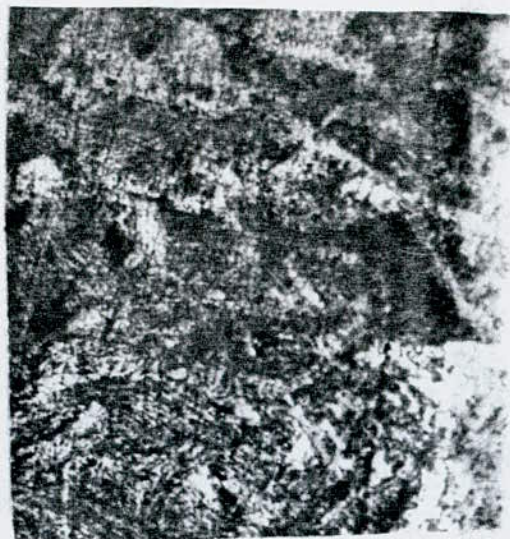


$\delta = 2 \text{ mm}$

Photo -B-

zones intermédiaires

-45-



$\delta = 1 \text{ mm}$



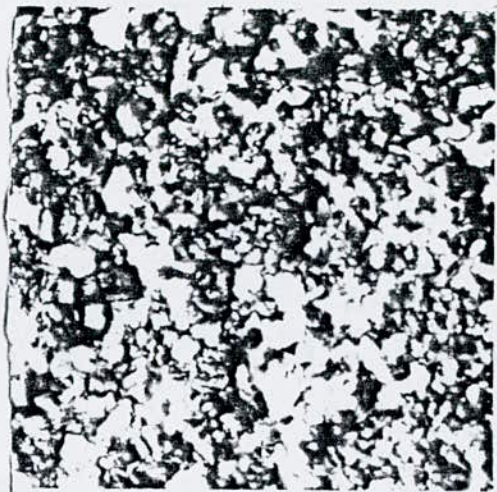
$\delta = 1,5 \text{ mm}$



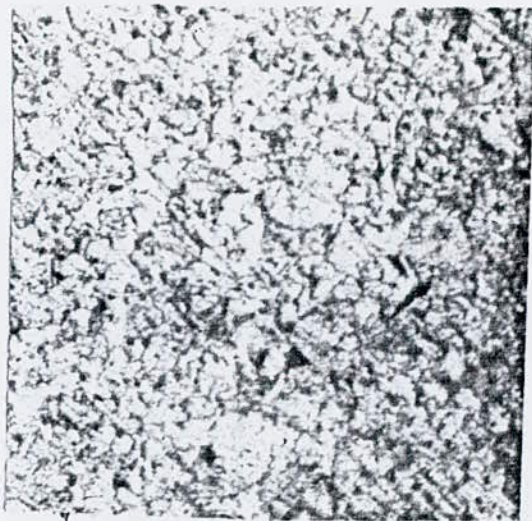
$\delta = 2 \text{ mm}$

Photo. C. - zone soudée -

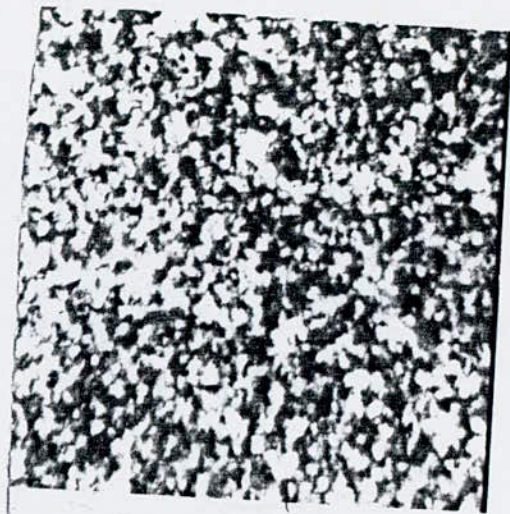
- 46' -



$P = 1 \text{ bar}$

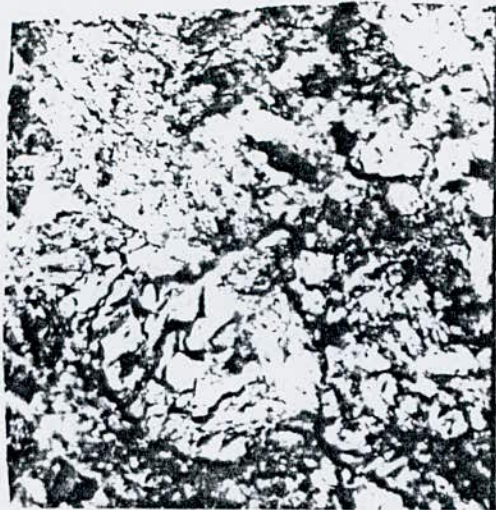


$P = 2 \text{ bars}$

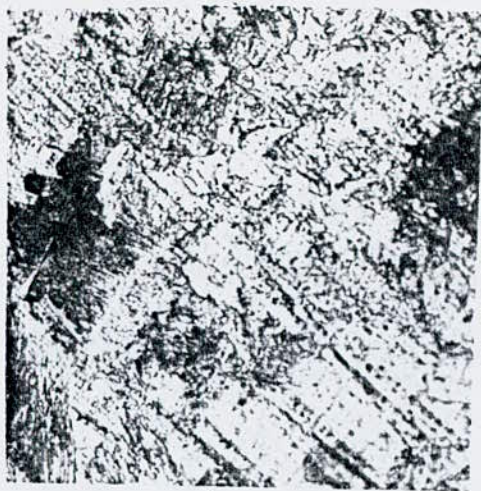


$P = 4 \text{ bars}$

Photo - D. zones Intermédiaires



1 bar

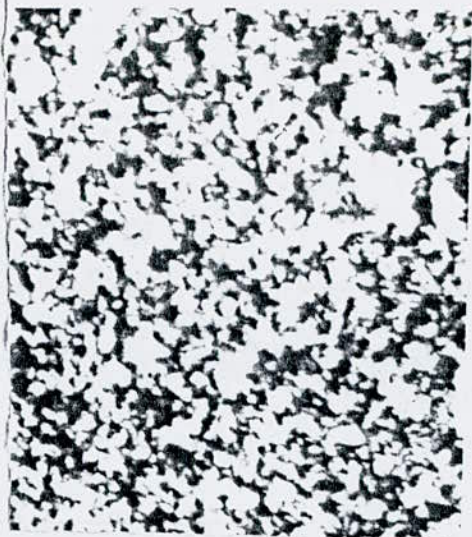


2 bars

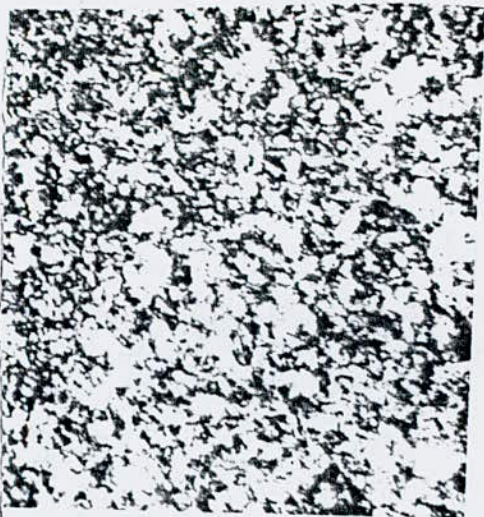


4 bars

Photo. E. zones rouillées.



$$V = 0,7 \text{ m/mn}$$



$$V = 1,35 \text{ m/mn}$$



$$V = 1,57 \text{ m/mn}$$

Photo - F. zones intermédiaires

-49-

C) Influence des vitesses (photo F).

d'étude de l'influence de la vitesse montre que l'augmentation de la vitesse de 0,7 à 1,57 m/min provoque certaine diminution des grains dans une zone intermédiaire et partiellement dans une zone soudée, d'après l'augmentation de la vitesse de refroidissement du métal chauffé. (zone intermédiaire) et soudée (cristallisation primaire) c'est à dire passage du métal ^{liquide} au solide.

VII CALCUL DU MÉCANISME DE ROTATION.

VII.1 MACHINE DE SOUDAGE :

On effectue le soudage pour les aciers à faible % de Carbone avec une épaisseur δ de 0,5 à 3 mm. de l'atris de machine en acier soudé
→ ① sur le batis on fixe ② leviers ⑦ et ⑧ en acier sur le levier ⑩, on fixe le système pneumatique pour effectuer les efforts des électrodes ⑪ et compris système de rotation des électrodes ⑨ la 2^{ème} électrode ⑧ est fixée sur le levier ⑦, au milieu du corps de la machine on a placé un transformateur de soudage ④ ainsi un système automatique de soudage ②, un contacteur ⑥, une transmission électromécanique des rotations de molette ③, un interrupteur automatique ⑤ : le Moment de rotation de la molette supérieure est obtenu du réducteur de l'arbre et du système d'engrenage conique qui est fixé à la position ⑨

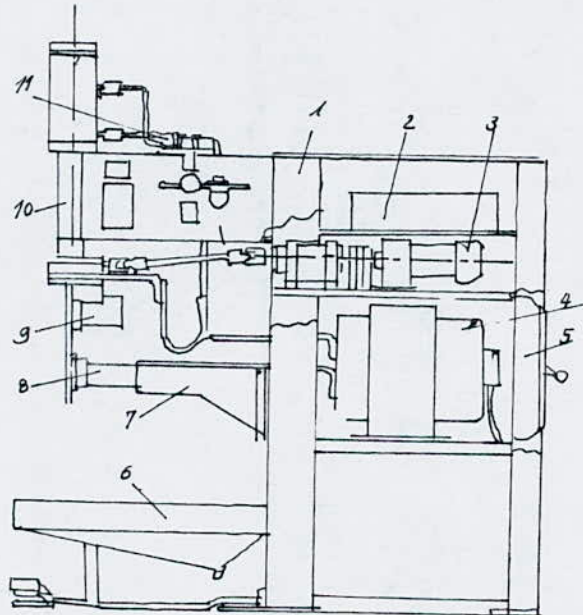


schéma cinématique général

1. électro-moteur

2+3. réducteur à vis sans fin

4+6 - accouplement par arbre

5+7 - engrenage conique

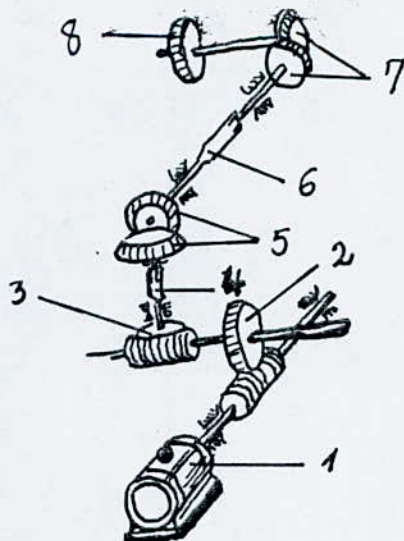
8. molette.

$$I_{1-2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1800}{180} = 10$$

$$I_{3-4} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{180}{18} = 10$$

$$I_{5-6} = \frac{n_5}{n_6} = \frac{18}{6} = 3$$

$$I_{7-8} = \frac{n_7}{n_8} = \frac{6}{2} = 3$$



CALCUL DE L'ENGRENAGE CONIQUE.

rapport de transmission $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{6}{2} = 3$

nombre de dents (z)

$z_1 = 19 ; z_2 = 57$

avec $m_n = 2 \text{ mm}$

Le pas: $P = \pi m = \pi \times 2 = 6,28 \text{ mm.}$

Diamètre primitif: "d"

$d_1 = m z_1 = 2 \times 19 = 38 \text{ mm}$

$d_2 = m z_2 = 2 \times 57 = 114 \text{ mm}$

Angle primitif "δ":

$\delta_1 = \arctg\left(\frac{z_1}{z_2}\right) = \arctg\frac{19}{57} = 18^\circ,43$

$\delta_2 = 90^\circ - \delta_1 = 71,57$

La Saillie (ha):

$h_a = m_n = 2 \text{ mm}$

Le creux: "hf" $h_f = 1,25 m_n = 2,5 \text{ mm.}$

hauteur de dent: "h" $h = h_a + h_f = 2,25 m = 2 \times 2,25 = 4,5 \text{ mm.}$

Diamètre de tête: "da"

$d_{a1} = d_1 + 2 m \cos \delta_1 = 38 + 2 \times 2 \times \cos 18^\circ,43 \approx 42 \text{ mm.}$

$d_{a2} = d_2 + 2 m \cos \delta_2 = 114 + 2 \times 2 \cos 71,57 = 115,26 \text{ mm.}$

Diamètre de pieds « dp ».

$d_{p1} = d_1 - 2,5 m \cos \delta_1 = 38 - 2,5 \times 2 \times \cos 18^\circ,43 = 33,26 \text{ mm}$

$d_{p2} = d_2 - 2,5 m \cos \delta_2 = 114 - 2,5 \times 2 \cos 71,57 = 112,42 \text{ mm.}$

Angle de Saillie. θ_a .

$$\theta_a = \text{Arc tg } \frac{2 \sin \delta_1}{z_1} = \text{Arc tg } \frac{2 \sin 18,43}{19} = 1,91^\circ$$

Angle de Creux. - θ_f .

$$\theta_f = \text{arc tg } \frac{2,5 \sin \delta_1}{z_1} = \text{Arc tg } \frac{2,5 \sin 18,43}{19} = 2,38^\circ$$

Angle de tête « δ_a »

$$\delta_{a1} = \delta_1 + \theta_a = 18,43 + 1,91 = 20,34$$

$$\delta_{a2} = \delta_2 + \theta_a = 71,57 + 1,91 = 73,48$$

Angle de Pied δ_f :

$$\delta_{f1} = \delta_1 - \theta_f = 18,43 - 2,38 = 16,05$$

$$\delta_{f2} = \delta_2 - \theta_f = 71,57 - 2,38 = 69,19$$

Angle de Pression: " α " $\alpha = 20^\circ$

Génératrice primitive $R = \frac{d_1}{2 \sin \delta_1} = \frac{38}{2 \sin 18,43} = 60$

ou bien:

$$R = \frac{d_2}{2 \sin \delta_2} = \frac{114}{2 \sin 71,57} = 60$$

nombre de dents virtuels « z_v »

$$z_{v1} = \frac{z_1}{\cos \delta_1} = \frac{19}{\cos 18,43} = 20,03 \approx 20$$

$$z_{v2} = \frac{z_2}{\cos \delta_2} = \frac{57}{\cos 71,57} = 180$$

Saillie réduite « y »

$$y_1 = \frac{h_a}{m} = 1 = y_2$$

Rapport de transmission $i_{c1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{57}{19} = 3$.

longueur de la dent "b"

$$\frac{1}{4} L \leq b \leq \frac{1}{3} L$$

on prend $b = 19 \text{ mm}$

degré d'épaisseur - ψ_r

$$\psi_r = \frac{R}{b} = \frac{60}{19} = 3,16$$

Rapport de conduite apparent "Ex"

$E_x = 1,55$ pour $z_1 = 19$ tableau IV 5 (HENRIOT)

module moyen "mm"

$$m_m = m \left(R - \frac{b}{2} \right) / R = 2 \left(60 - \frac{19}{2} \right) / 60 = 1,68 \text{ mm}$$

Diamètre moyen - d_m

$$d_{m1} = d_1 \left(1 - \frac{b}{2R} \right) = 38 \left(1 - \frac{19}{2 \times 60} \right) = 31,99 \approx 32 \text{ mm}$$

$$d_{m2} = d_2 \left(1 - \frac{b}{2R} \right) = 114 \left(1 - \frac{19}{2 \times 60} \right) = 95,97 \approx 96 \text{ mm}$$

Conclusion:

Pendant l'étude de ce projet nous avons examiné l'influence du régime de soudage et l'épaisseur sur la structure et les propriétés mécaniques des pièces soudées par soudage à la molette.

Dans notre travail nous avons observé le soudage par résistance pour obtenir un assemblage avec bonne étanchéité. La position très nécessaire pour les réservoirs à carburant.

On a changé lors d'essais les efforts de serrage par la molette, la vitesse de rotation de la molette et l'épaisseur des tôles (1 à 2 mm)

Les essais micrographiques et de la dureté indiquent que l'augmentation de la vitesse, ainsi que celle des efforts et la diminution d'épaisseur de tôle, provoquent certaine augmentation de la dureté de soudure d'après diminution des dimensions des grains.

Les mesures de résistance à la rupture et l'allongement des assemblages soudés nous indiquent pourtant l'obtention des propriétés mécaniques au niveau des renseignements techniques c'est à dire le changement de régime et d'épaisseur des tôles ne provoque pas la diminution des propriétés mécaniques, cela nous donne capacité de faire la proposition de diminution d'épaisseur des tôles et l'augmentation de la vitesse de soudage pour gagner le métal, le temps technologique et le rendement η .

Nous avons présenté aussi une étude de machine de Soudage par résistance à la molette. nous pensons que les résultats de ce projet peuvent être utilisés en Pratique.

Enfin ce projet nous a beaucoup aidé à compléter notre formation d'ingénieur mécanicien.

~ TABLE DES symboles utilisés ~

η = rendement thermique de l'opération

Q = quantité de chaleur dégagée, en calories

R = résistance électrique, en ohms

I = intensité du courant, en ampère

t = temps de passage du courant, en secondes

F = charge totale

L_0 = longueur initiale

S_0 = section initiale

ΔL = Allongement de l'éprouvette.

R_r = Résistance à la traction

R_e = Limite d'élasticité

A = Allongement

HB = dureté Brille.

HV : : Vickers

HRC ou HRB : dureté ROCKWELL

S = épaisseur de la tôle

V = vitesse linéaire des molettes.

P = pression.

I = rapport de transmission

n = vitesse de rotation

Z = nombre de dents

m_n : module

P : pas

d : diamètre.

δ : Angle primitif

h_a : saillie

f_f = creux

h = hauteur de dent

d_a : diamètre de tête

d_f : diamètre de pied

α_a : angle de saillie

α_f : " " creux

α_a : " " tête

α_f : " " pied

α : " " pression

R : génératrice primitive

Z_v : nbre de dents virtuel

y : saillie réduite

b = largeur de la dent

ψ_r = degré d'épaisseur

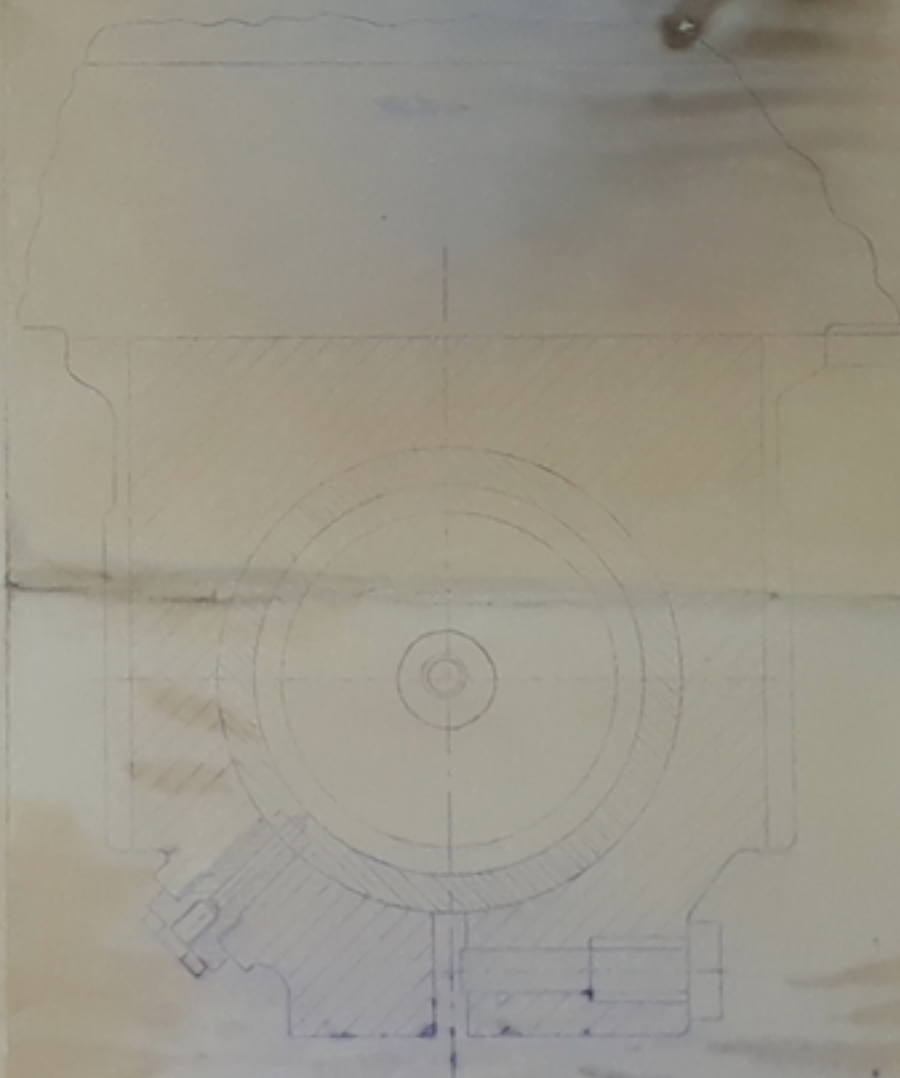
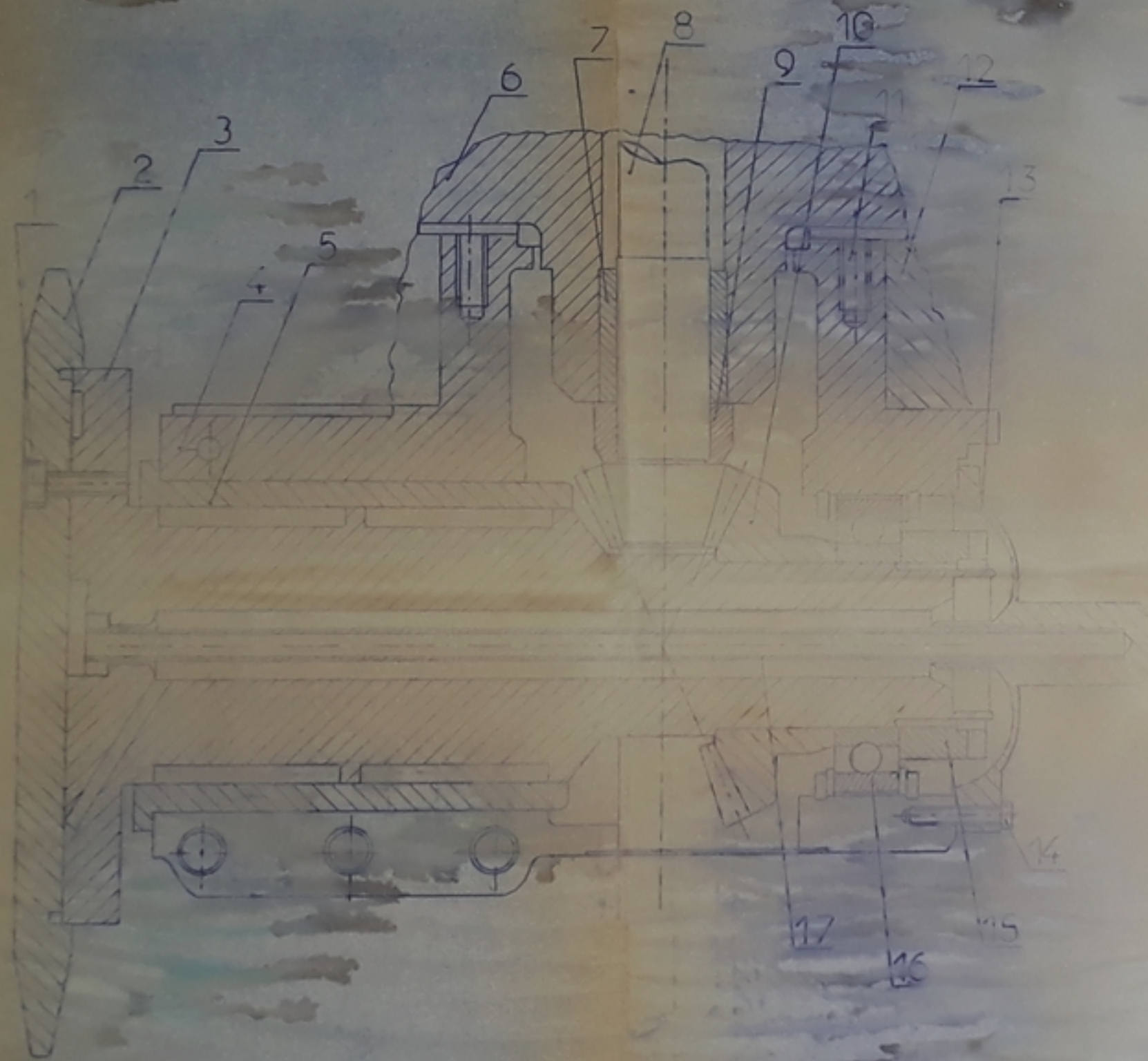
ϵ_a : rapport de conduite apparent

m_m : module moyen

d_m : diamètre moyen.

BIBLIOGRAPHIE

1. Metallurgie et traitement thermique des métaux
I. Lakhtine
2. Cours de métallurgie G. Hilly ; C. CHAUSSIN
3. Traité théorique et pratique des engrenages
G. HENRIOT
4. Encyclopedie des Sciences industrielles Mécaniques
Quillet
5. le soudage par résistance G.E. LHEUREUX
E.J. BELOTTE
6. Machines à souder à la molette . Revue
7. Guide du dessinateur industriel . A. Chevalier



17	TUBE DE REFROIDIS		
16	ROULEMENTS 5802		
15	ECROU		
14	VIS M5		
13	COUVERCLE	A 24	
12	ORGANE DE MACHINE	A 24	
11	VIS M8		
10	ENGRENA CONIQUE	42C4	
9	DOUILLE	A42	
8	ARBRE	42C4	
7	DOUILLE	A 42	
6	ORGANE DE REDUCT	F1 24	
5	DOUILLE	A 42	
4	ORGANE DE MOLETTE	F1 24	
3	ARBRE DE MOLETTE	XC32	
2	MOLETTE	CUCA	
1	VIS M6		

Rq N° dessin DESIGNATION Nb Matière Observations
 ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
 Mécanisme de rotation de la molette
 FNPA

