

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

24/87

وزارة التعليم و البحث العلمي

Lex

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : *Génie Mécanique*

الدراسة الوطنية المتعددة التخصصات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

**SUJET**

MISE EN MARCHÉ DE LA  
MACHINE D'ESSAIS  
DE TRACTION

Proposé Par :

I. BELHADEF

Etudié par :

F. BOUDEOUAOU

Dirigé par :

I. BELHADEF

PROMOTION : JANVIER 1987

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
مَدَقُ اللَّهِ الْعَظِيمِ

مَدَقُ اللَّهِ الْعَظِيمِ

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

EXTRAITS



A mes Parents , qui se sont sacrifiés afin  
que j'arrive à ce but

A mes Frères: Mahmoud, Kamel, Mohamed, youcef,  
Adelkader.

A mes Soeurs : Soudia, Farida, Fatima.

A ma Grande-Mère.

A mes Nièces : Amina et Fatma Zohra (Souad).

Je dédie ce modeste travail.



# REMERCIEMENTS

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

Je tiens à remercier :

- Monsieur BELHADEF qui a eu l'aimable sollicitude de nous diriger dans nos travaux
- Tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.
- Tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE MECANIQUE

PROMOTEUR : MONSIEUR BELHADEF

ELEVE INGENIEUR : BOUDEOUAOU FARID

وزارة التعليم العالي  
المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

فرع : الهندسة الميكانيكية

الموجه : السيد بلهادف

الطالب المهندس : بودواو فرید

الموضوع : تشغيل آلة اختبار الشد

الملخص : ان عملنا يستهدف اصلاح وتشغيل آلة اختبار الشد الموجودة في مخبر المعالجات الحرارية ، بعد أن انتهينا من عملية التصليح قمنا بتجارب على عينات مسطحة ذات خصائص مستخرجة من جداول المواصفات وهي من طراز 160 . A 03 حسب مواصفات (AFNOR) وذلك قصد تهيئة بعض الأعمال التطبيقية .

S U B J E T : MISE EN MARCHÉ D'UNE MACHINE D'ESSAIS DE TRACTION.

R E S U M E : NOTRE TRAVAIL A POUR OBJECTIF LA REPARATION ET LA MISE EN MARCHÉ DE LA MACHINE D'ESSAIS DE TRACTION EXISTANTE DANS LE LABORATOIRE DE TRAITEMENT THERMIQUE. UNE FOIS REPARATION FAITE, NOUS AVONS PROCÉDÉ A DES ESSAIS SUR DES EPROUVETTES PLATES DU TYPE A 03 - 160 SELON LA NORME AFNOR, AFIN D'ELABORER UN TRAVAIL PRATIQUE POUR LA GRADUATION.

S U B J E C T : STARTING OF TRACTION TRIAL MACHINE.

A B S T R A C T : THE OBJECTIF OF OUR WORK IS A STARTING AND REPARATION OF MACHINE FOR TRACTION TRIAL. WHICH EXIST IN OUR LABORATORY OF THERMAL TRESTMENT. AFTER THE REPAIRING, WE HAVE PROCIED TO SOME TRIALS ON PLATE TEST OF TYPE A 03 - 160 IN THE AFNOR NORM, IN ORDER TO ELABORATE ONE MANIPULATION OF GRADUATION STUDIES.

## Table des matieres.

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

- I. Introduction
- II. Généralités.
  1. But des essais
  2. classification des essais.
- III Etude des principaux Essais.
  1. essais au choc
  2. essais de fatigue
  3. essais de dureté.
  4. essai de traction.
- IV Essai de traction
  1. Condition d'exécution de l'essai
  2. détermination des caractéristiques
  3. éprouvette.
  4. Phénomène de la traction.
  5. calcul des caractéristiques mécaniques.
  6. Machines d'essais.
- V Machine étudiée
  1. Fonctionnement
  2. diagnostic et réparation
  3. Eprouvette utilisée (Nuence).
- VI Essais et Résultats.
  1. Principe et but.
  2. éprouvette.
  3. manipulation
  4. observation et résultats.



VII Proposition d'un travail pratique.

- 1- but et principe de la manipulation
- 2- machine d'essai.
- 3- éprouvette.
- 4- manipulation.
- 5- résultats.

VIII Conclusion.

## I. INTRODUCTION.

Si la connaissance des matériaux d'après leur nature leurs caractéristiques et leur comportement en service, constitue la base de toute technique en construction mécanique, par contre l'essai des métaux est le moyen indispensable pour pouvoir déterminer quantitativement leurs caractéristiques et celle des pièces mécaniques.

Les contraintes appliquées à une pièce mécanique peuvent être réparties en contraintes statiques, contraintes par chocs et contraintes dynamiques.

- Contrainte statique : Le métal est sollicité par une charge constante (traction, compression, torsion, cisaillement, flexion).
- Contrainte par choc : La charge est appliquée très vite en un temps très court.
- Contrainte dynamique : Variation régulièrement répétée de la charge (Variation de grandeur et de sens).

Afin d'obtenir des résultats reproductibles à la suite de mesures répétées et afin de pouvoir conclure à la validité des essais en tout temps et en tout lieu, pour que les contrôles puissent être considérés comme scientifiques, on procède à des essais mécaniques fondamentaux de telle sorte que les éprouvettes spécialement utilisées soient sollicitées par une contrainte mécanique simple.

L'essai de traction qui permet de déterminer :

- La résistance à la traction
- La limite élastique
- L'allongement à la rupture

- La striction à la rupture.

est considéré comme le plus important, puisqu'il permet de donner des valeurs exactes qui sont utilisables comme base de calcul.



## II - GENERALITES

### II.1 But des essais

Les organes qui constituent les machines, les constructions civiles, les ouvrages d'art doivent résister aux efforts auxquels ils sont soumis, sans risque de rupture, de détérioration ou d'usure prématurée.

Les dimensions des pièces ne peuvent être déterminées que si les propriétés des matériaux employés sont connues avec précision.

Ces différentes propriétés du matériau sont définies par des nombres appelés caractéristiques.

Les essais ont pour but la détermination de ces caractéristiques. Les essais sont exécutés dans les laboratoires des usines, et cela nécessite des machines et des outillages spéciaux.

### II.2 Classification des essais.

#### II.2.1 Les essais statiques

Dans tout les essais, les éprouvettes sont soumises à des efforts croissant progressivement et lentement à partir de zéro jusqu'à un maximum correspondant à la rupture.

Les principaux essais statiques sont :

- Les essais de traction.
- Les essais de compression.
- Les essais de cisaillement.

- Les essais de torsion
- Les essais de flexion

### II.2.2. Les essais dynamiques

La plupart des éléments de constructions, en particuliers les organes de machines en mouvement, sont généralement soumis à des charges extrêmement variables pouvant être considérées comme des chocs, lorsque leur variation est importante et quelle à lieu dans un temps court. Les essais dynamiques ont pour effet de placer l'éprouvette à essayer dans des circonstances analogues, ou plus défavorables, que celles subies par l'organe de machine lors de son emploi.

Les principaux essais dynamiques sont:

- Les essais au choc ou essais de résilience
- Les essais d'endurance ou essais de fatigue

### II.2.3. Les essais complémentaires

Ce sont les essais de dureté "d'une importance considérable dans la pratique" et les essais d'usure.

### II.2.4. Les essais de travail.

Les essais correspondent aux diverses applications industrielles et diffèrent suivant la forme et la destination des métaux à contrôler.



Les principaux essais de travail sont:

- Les essais de pliage à froid
- Les essais de pliage à chaud
- Les essais de rabattement et de percage
- Les essais d'emboutissage
- Les essais d'aplatissement

#### II.2.5. Les essais chimiques

Ces essais ont pour but de déterminer exactement la composition qualitative et quantitative des produits employés ou élaborés.

#### II.2.6. Les essais de texture

C'est une étude micrographique et macrographique.



## III. ETUDE DES PRINCIPAUX ESSAIS

On parlera ici que des essais fondamentaux qui définissent les caractéristiques essentielles des matériaux et plus particulièrement des métaux.

### III A. Essais au choc

L'essai au choc est un essai dynamique

#### III A. 1. Généralités.

Les essais au choc ont pour objet de déterminer le travail nécessaire pour rompre une éprouvette de section connue.

L'aptitude que possède un métal à résister au choc s'appelle la résilience que l'on désigne par la lettre K. La résilience est mesurée par le travail de choc nécessaire pour produire la rupture d'une éprouvette de  $1 \text{ cm}^2$  de section.

#### III A. 2. Machines d'essais.

Les machines d'essais utilisées sont:

- Mouton ordinaire
- Mouton de Frémont
- Mouton pendulaire de Charpy

### III. 1.2.1. Mouton ordinaire

Il est constitué d'une masse de douze (12) kilogrammes pouvant tomber d'une hauteur variable, cette masse comporte une partie saillante terminée par un arrondi. (Voir fig. 1 page 7)

Ce mouton est uniquement utilisé pour l'essai des fontes.

### III 1.2.2. Mouton de Frémont.

C'est un mouton ordinaire complété par un système de ressort destiné à enregistrer l'énergie en excès après la rupture de l'éprouvette.

Cette énergie qui est proportionnelle à la flèche prise par le ressort est mesurée par le déplacement d'un curseur sur une règle graduée en joule ou en kilogrammètres. (Voir fig 2 page 7)

### III 1.2.3. Mouton pendulaire de Charpy (Voir fig 3 page 7).

Le pendule est constitué par une masse en acier forgé qui peut osciller autour d'un axe.

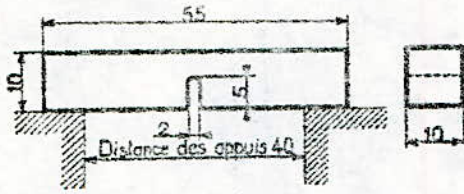
La masse pendulaire à la forme d'un disque, présentant une entaille biseautée ou couteau.

L'éprouvette se place sur le bati, de façon que le plan d'oscillation coïncide avec le plan axial de l'entaille.

Le pendule est remonté puis relâché, il passe entre les jambes du bati, brise l'éprouvette et remonte.

Au moment où le couteau entre en contact avec





Eprouvette entaillée pour essai de choc

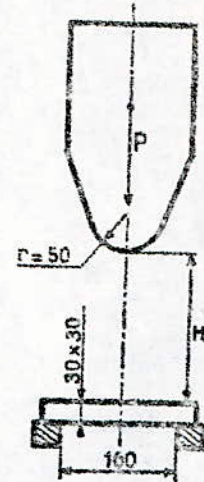


Fig. 1 Schema du mouton ordinaire

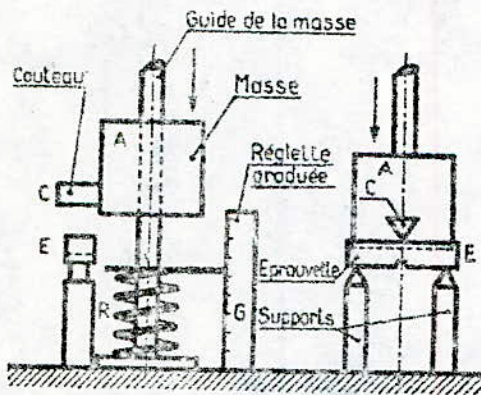


Fig. 2 Mouton de Frémont

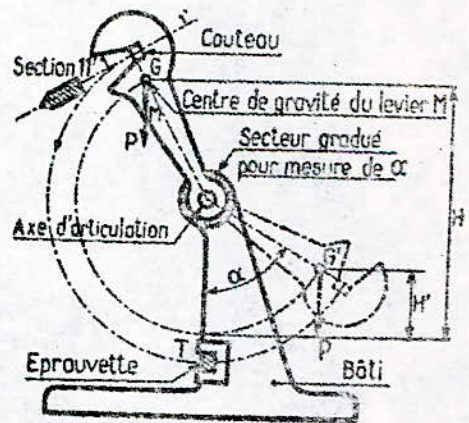


Fig. 3 Mouton pendulaire de Charpy



L'éprouvette l'énergie disponible est  $P \times H$   
Une partie de cette énergie est absorbée par la  
rupture de l'éprouvette, et l'énergie en excès permet  
au pendule de remonter et a pour valeur  $P \times H'$   
donc le travail nécessaire pour briser l'éprouvette est  
 $(P \times H) - (P \times H') = P(H - H')$  et la résilience  $K$  sera

$$K = \frac{P(H - H')}{S} \quad \text{avec } S: \text{ surface en cm}^2$$

### III.2 Essais de fatigue

Les essais usuels de traction, choc, dureté ne  
permettent pas de qualifier les métaux en vue de toutes  
leurs applications.

Les essais sont supposés recevoir des efforts simples  
et constants, or dans la plus part des applications, les  
efforts appliqués sont variables et les percussions  
répétées.

Soumises à ces efforts, certaines pièces se rompent au  
bout d'un temps plus ou moins long, sans que jamais la  
contrainte en un point quelconque n'ait dépassé la  
résistance à la rupture et même la contrainte de limite  
élastique.

Les sollicitations aux efforts en fonction du temps sont:

- Sollicitations alternées

Les efforts changent de sens alternativement  
entre deux valeurs extrêmes  $+F$  et  $-F$  égales et de  
signe contraire.

- Sollicitations répétées

Les efforts sont toujours de même sens et varient de zéro à une valeur maximum puis de ce maximum à zéro.

- Sollicitations ondulées

Les efforts ne changent pas, leur variations à lieu d'une valeur minimum à une valeur maximum.

III 2.1 Machines d'essais.

Les machines les plus employées sont:

- machines aux efforts axiaux
- machines de flexion rotative

III 2.1.1. Machine de traction ondulée axiale: Vibrophore Amster

L'éprouvette est montée entre deux mâchoires l'une est solidaire du bâti et l'autre est fixée au berceau de la machine par l'intermédiaire d'un ressort dont la tension peut être réglée par un écrou.

Un électro-aimant alimenté en courant alternatif peut faire varier la tension du ressort et par suite celle de l'éprouvette.

En faisant varier la tension initiale du ressort, la force d'attraction de l'électro-aimant et la fréquence du courant, on fait varier les conditions de l'essai. (voir fig 5 page 10).



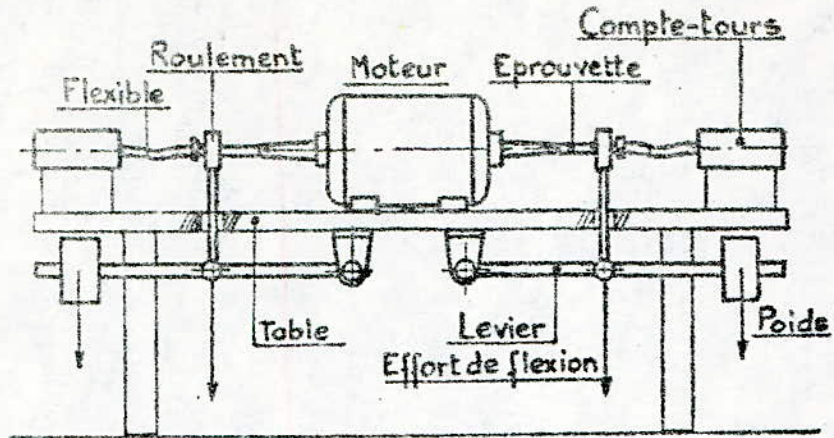


Fig. 4 Schema d'une machine de flexion rotative

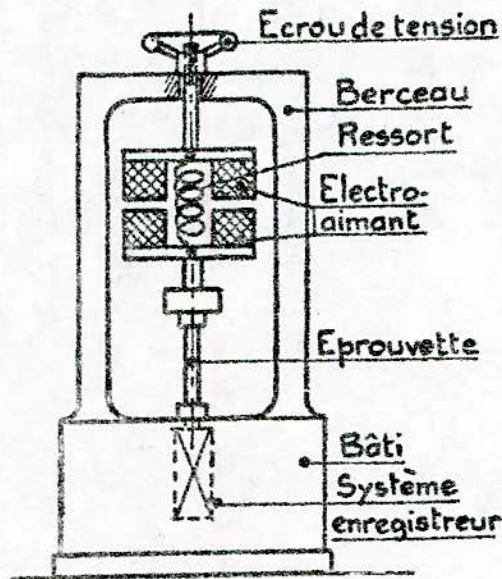


Fig. 5 Schema de principe du Vibrophore Amsler



### II 2. 1.2. Machine de flexion rotative. (Voir fig 4 page 10)

La machine d'essai comprend un moteur électrique à arbre creux. L'éprouvette, emmanchée dans cet arbre par l'intermédiaire d'une portée conique, est soumise, à l'une de ses extrémités, à un effort dont l'intensité peut être réglée en déplaçant plus ou moins l'effort sur le levier. La forme de l'éprouvette est étudiée pour que la rupture se produise en un endroit précis.

Un compte-tours permet d'enregistrer le nombre d'alternances. Lorsque l'éprouvette est cassée, la contrainte correspondante est égale à :

$$F = \frac{M}{\frac{I}{Y}} = \frac{P \times l}{0,1 d^3}$$

### III 3. Essais de dureté.

La dureté est la faculté de résistance qu'offre un corps à sa pénétration par un autre corps. Elle est caractérisée par un nombre qui dépend du genre d'essai exécuté.

#### III 3. 1. Essai à la bille Brinell

Sur une bille d'acier trempé de 10 cm de diamètre, placée sur la pièce à essayer, on exerce le poids d'une masse de 3000 kg (soit 30000 N) passant par le centre de la bille et normal à la surface de la pièce. La bille pénètre d'autant plus que la dureté du métal à essayer est petite. La durée d'application de l'effort est d'environ 15 secondes.

Si la surface de la Calotte sphérique obtenue est  $S \text{ mm}^2$   
le rapport  $HB = \frac{F}{S}$  définit la dureté du métal essayé  
on l'appelle nombre de Brinell.

Dans le système M.K.S.A  $HB = \frac{30000}{S} \text{ N/mm}^2$

Dans le système M.Kp.S  $HB = \frac{3000}{S} \text{ kgf/mm}^2$ .

### III.3.1.1 Appareil d'essai

L'appareil à bille Guillery est la plus simple.

L'effort de  $30000 \text{ N}$  est obtenu grâce à l'action de rondelles Belleville.

La bille de  $10 \text{ mm}$  est montée à l'extrémité d'une vis,  
et la pièce à essayer est placée sur un support à rotule  
soutenu par le paquet de rondelles Belleville.

Un volant permet d'assurer la rotation de la vis par  
l'intermédiaire d'un moyeu et d'une clavette coulissante.  
Comme la vis s'engage dans un écrou fixé au bâti, la bille  
peut être amenée en contact avec la pièce. La pression  
initiale de la bille est limitée et maintenue constante  
pour tous les essais, grâce à un système d'entraînement  
à friction. Le bras de commande étant manœuvré, la  
came produit la rotation du levier autour du point A.

Le couteau b se trouve soulevé; Les rondelles Belleville,  
comprimées exercent leur action sur la pièce et la bille  
pénètre dans le métal.

Pour tenir compte des déformations élastiques, il ya lieu  
de ramener le bras de manœuvre en arrière; de remettre  
en contact la bille avec la pièce en tournant le volant, puis



de comprimer à nouveau les rondelles.  
on répètera cette opération jusqu'à ce que la pièce conserve  
le contact avec la bille quand l'effort dû aux rondelles  
est supprimé. (Voir fig 6 page 15).

### III.3.2. Essai de dureté Rockwell

On utilise comme corps pénétrant une pointe  
de diamant légèrement arrondie dont l'angle au sommet est  
de  $120^\circ$ .

Le diamant est monté sur une pièce métallique, l'ensemble  
porte le nom de cône Brasle (Voir fig 7 page 15).

L'effort exercé varie avec la dureté du métal essayé. Il ne  
dépasse pas 1500 N.

Pour les métaux tendre, une bille d'acier de diamètre  
égal à  $1/16$  ou  $2/16$  de pouce (1,6 ou 3,2 mm) remplace  
la pointe de diamant.

Il y a donc plusieurs nombres caractérisant la dureté Rockwell

- Dureté C : obtenue avec la pointe de diamant.  
la charge est de 150 kgf  $\approx$  1500 N. Symbole: HR<sub>C</sub>.
- Dureté B : obtenue avec une bille de  $\frac{1}{16}$  de pouce  
et une charge de 100 kgf  $\approx$  1000 N. Symbole: HR<sub>B</sub>.
- Dureté E : obtenue avec une bille de  $\frac{2}{16}$  de pouce  
et une charge de 100 kgf  $\approx$  1000 N. Symbole: HR<sub>E</sub>.
- Dureté F : obtenue avec une bille de  $\frac{1}{16}$  de pouce  
et une charge de 60 kgf  $\approx$  600 N. Symbole: HR<sub>F</sub>.



### III.3.2.1. Machine d'essai Rockwell

La pièce étant placée sur le support à vis et la came étant relevée, on souleve la pièce en tournant l'écrou jusqu'à ce que le ressort comprimé exerce une force  $P_0 = 10 \text{ kgf} \approx 100 \text{ N}$ . La couche superficielle de la pièce étant brisée, on libère le contre-poids au moyen de la came : un effort  $P = 100 \text{ kgf} \approx 1000 \text{ N}$  s'exerce alors sur la pointe de diamant ou la bille. Le comparateur à cadran fait connaître la dureté cherchée. (Voir fig 8 page 15).

### III.4. Essai de traction.

L'essai consiste à soumettre une éprouvette à un effort de traction et généralement jusqu'à rupture, en vue de déterminer les différentes caractéristiques mécaniques de cette éprouvette; Sauf spécification contraire, l'essai doit être exécuté à la température ambiante

L'essai de traction nous permet de déterminer :

- La résistance à la rupture.
- La limite élastique.
- L'allongement à la rupture.
- La striction à la rupture.

L'essai de traction est considéré comme le plus important, puisqu'il permet de donner des valeurs exactes qui sont utilisables comme base de calcul

### III.4.1. Machine d'essai de traction

Les éprouvettes sont solidement maintenues

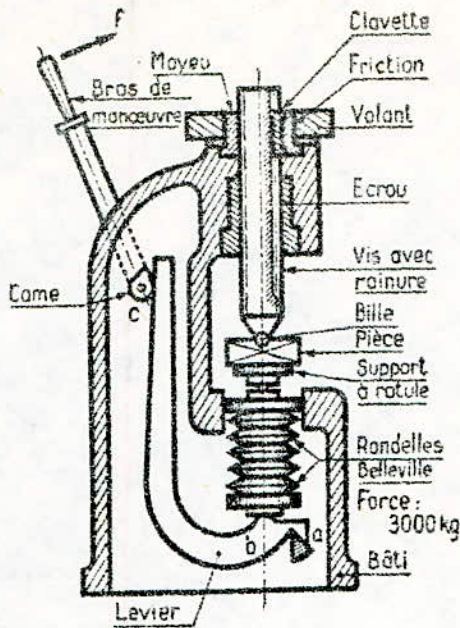


Fig. 6 Appareil à biller Guillery.

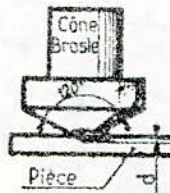


Fig. 7 Cône Brasle à pointe de diamant.

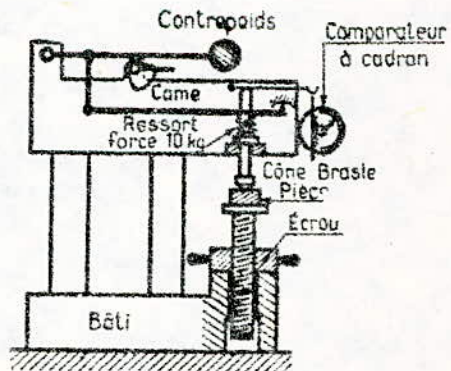


Fig. 8 Schema de principe de La machine Rockwell.

par leurs têtes entre des mâchoires de la machine.

Ces mâchoires, en s'écartant l'une de l'autre, exercent une force de traction suivant l'axe géométrique de l'éprouvette.

Des appareils, adaptés à la machine, permettent de mesurer à chaque instant l'effort de traction ou la charge et l'allongement correspondant de l'éprouvette.

Nous parlerons de l'essai de traction avec plus de détail en chapitre II

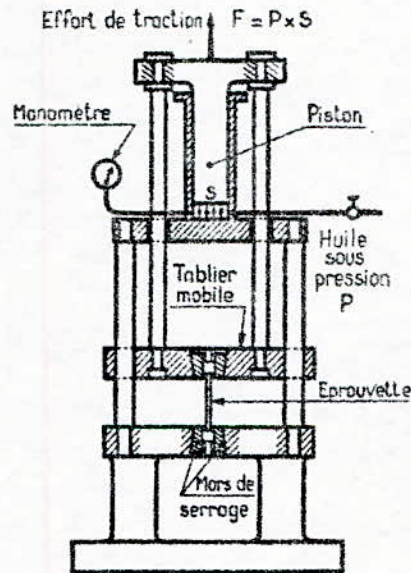


fig. 9 schéma de la machine d'essai de traction



## IV - ESSAI DE TRACTION

Un essai de traction, nous permet de mesurer les qualités d'un métal aux points de vue, élasticité, résistance et plasticité.

### IV 1. Condition d'exécution de l'essai.

#### IV 1.1. Mise en place de l'éprouvette

Les têtes de l'éprouvette doivent être tenues dans les mâchoires de la machine d'essai, de telle manière que la charge soit appliquée suivant l'axe de l'éprouvette et que la sollicitation soit répartie uniformément sur toute la largeur des extrémités.

#### IV 1.2 Vitesse de la machine

Pour tous les métaux, le comportement au cours d'un essai de traction dépend de la vitesse d'application de la charge. (Voir fig 10 page 19)

Par traction rapide nous obtenons des résistances plus élevées et des allongements plus faibles que par traction lente.

Afin d'obtenir des résultats comparables dans le cas des aciers à fort allongement, l'essai de traction devra durer au moins cinq (5) minutes et même mieux dix (10) à vingt (20) minutes.

#### IV 1.2.1 Limite d'élasticité.

Lorsque l'on se propose de déterminer une des limites d'élasticité, la vitesse de mise en charge de

L'éprouvette ne devra pas dépasser 3  $\text{dan}/\text{mm}^2/\text{seconde}$  à partir de la charge spécifique de 5  $\text{dan}/\text{mm}^2$  et jusqu'à ce que la limite d'élasticité soit atteinte.

Pour la détermination de la limite supérieur d'écoulement, de la limite inférieur d'écoulement et de la limite apparente d'élasticité, la longueur entre repère ne doit pas croître de plus de 15% par minutes pendant la déformation plastique.

#### IV 1.2.2 Résistance à la traction

Pour la détermination de la résistance à la traction, la vitesse de séparation des têtes de la machine d'essai, exprimée en pourcent de la longueur calibrée par minute, ne doit, dans le domaine plastique dépasser, en aucun cas et moment, deux fois l'allongement minimal spécifique plus 10.

Remarque : Lorsqu'on essaie des aciers de résistance nominale inférieur à 110  $\text{dan}/\text{mm}^2$  et qu'on ne se propose pas de déterminer leur limite d'élasticité, la vitesse peut, dans le cas du domaine élastique atteindre la limite qui vient d'être fixée pour le domaine plastique.

#### IV 1.2.3 Régularité.

Aussi bien dans le domaine élastique que dans le domaine plastique, la vitesse doit être aussi uniforme que possible et la variation de vitesse de l'un à l'autre doit se faire progressivement et sans à coup.



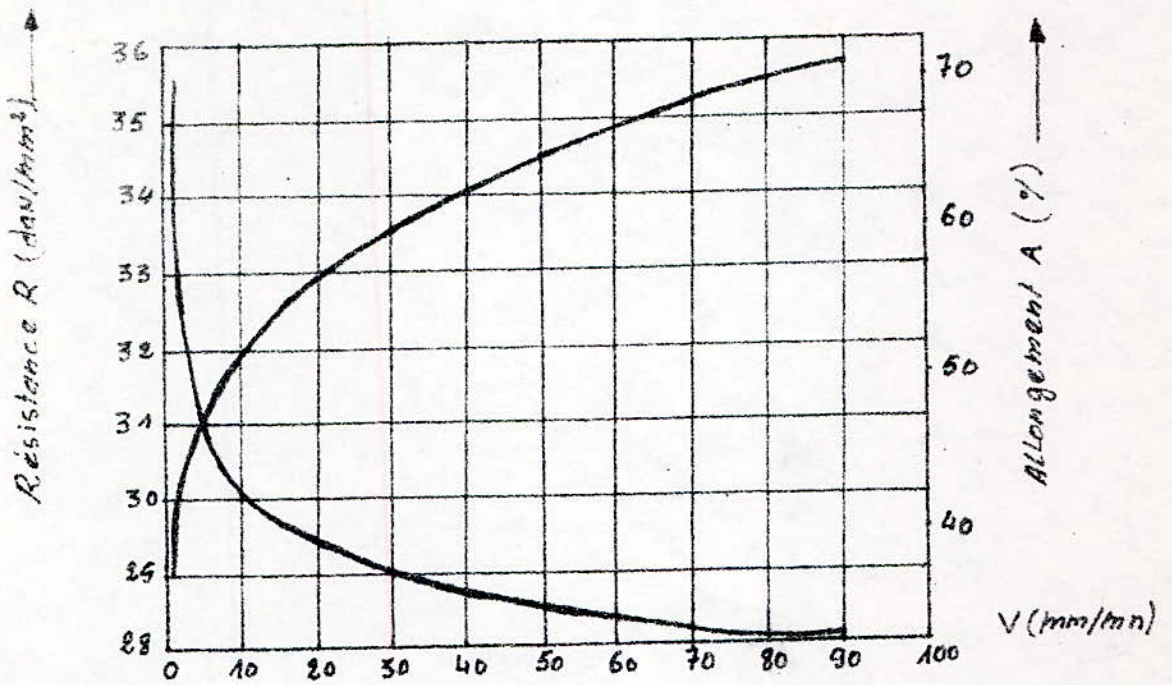


fig 10. Influence de la vitesse de traction sur les valeurs de R et de A dans le cas d'un acier.

#### IV 1.3. Charge

La charge doit être mesurée sans interpolation entre les divisions de la graduation avec une précision compatible avec la norme de produit.

#### IV 1.4 Appareils d'attache

La machine et les appareils d'attache comportent des dispositifs permettant à l'éprouvette de s'orienter librement dans la direction de la traction sans qu'il puisse se produire d'effort de flexion transversal.

#### IV.2. Détermination des caractéristiques.

##### IV 2.1. Détermination de l'allongement.

En général, la mesure de l'allongement se fait sur la longueur entre repères  $L_0$ , qui est marqué avant l'essai à  $\pm 1$  pour cent près.

Les deux fragments de l'éprouvette sont à cet effet soigneusement rapprochés, de manière que leurs axes soient dans le prolongement l'un de l'autre.

La variation de la longueur entre repères est mesurée à 0,25 mm près.

Cette règle se heurte parfois (cas où la cassure est en sifflet) à des difficultés de raccordement des deux fragments de l'éprouvette. La détermination de l'allongement après rupture est alors entachée de quelque incertitude.

Ce mode de détermination n'est valable que si la distance de la section de rupture au repère le plus voisin n'est pas



inferieur à  $1/3$  (Pour Les aciers) à  $1/4$  (Pour tôtes et feuilords en aciers) et à  $1/5$  (Pour Le cuivre et alliages de cuivre) de La longueur entre repere apré rupture pour Les épreuves proportionnelles ( $L_0 = K\sqrt{S_0}$ ) La mesure reste toute fois valable, quelque soit La position de section de rupture, si L'allongement atteint La Valeur spécifique.

IV 2.2. Determination de La Limite d'allongement rémanent et de La Limite conventionnelle d'élasticité.

IV 2.2.1 Methode de determination de La Limite d'allongement rémanent.

La methode par retour de La charge au zéro, pour La détermination de La Limite d'allongement rémanent est La suivante :

Des charges croissantes sont successivement appliquées à l'éprouvette et maintenues chacune pendant dix à douze seconde, après suppression de chacune de ces charges, on mesure l'allongement rémanent pris par l'éprouvette, on arrête l'essai lorsque cet allongement dépasse 0,2 pour cent (ou toute autre Valeurs spécifiées) de La longueur initial.

On determine alors par interpolation entre Les résultats obtenus La charge correspondante à l'allongement rémanent prescrit.

- 24 -

#### IV 2.2.2 Methode de determination de La Limite Conventionnelle d'élasticité.

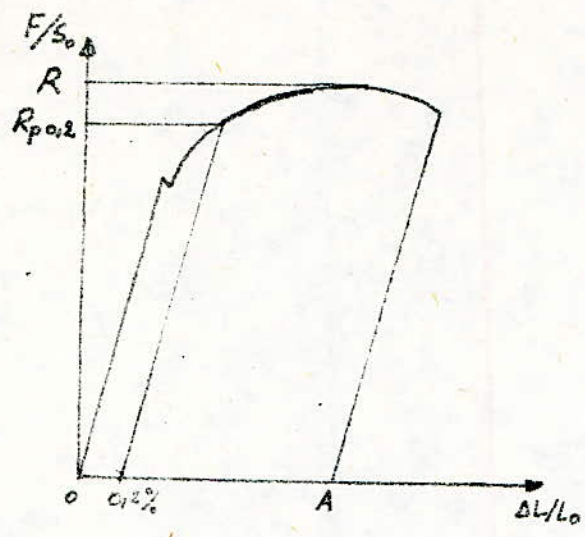
On construit avec La précision convenable La courbe des charges (en ordonnées) en fonction des allongement pourcent (en abscisses).

On trace sur ce diagramme une droite parallèle à La partie rectiligne de La courbe et dont L'écart avec cette partie de La courbe, mesuré sur L'axe des allongement, est égal au pourcentage prescrit de La longueur initiale entre repère. La charge à La Limite conventionnelle d'élasticité correspond à L'intersection de cette droite avec La courbe lorsque La partie rectiligne du diagramme charge-allongement n'est pas définie clairement de facon que La droite parallèle ne peut être tracée avec une certitude suffisante, Le procédé suivant est alors recommandé :

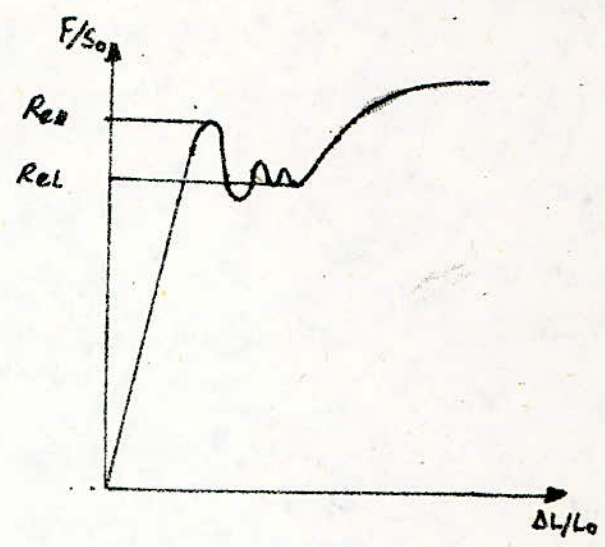
Après que La Limite conventionnelle d'élasticité présumée ait été dépassée, La charge est réduite jusqu'à une valeur à environ 10% de La charge atteinte, puis on croit de nouveau La charge jusqu'à ce quelle dépasse La valeur atteinte initialement.

Pour La détermination de La Limite conventionnelle d'élasticité recherchée, une droite est tracée en travers de La boucle d'hystérésis, on trace ensuite une droite parallèle à cette dernière dont La distance à L'origine de La courbe, mesurée sur L'axe des abscisses est égal à La valeur prescrite de L'allongement non proportionnelle. La charge qui correspond à L'intersection de cette parallèle et de La courbe charge-

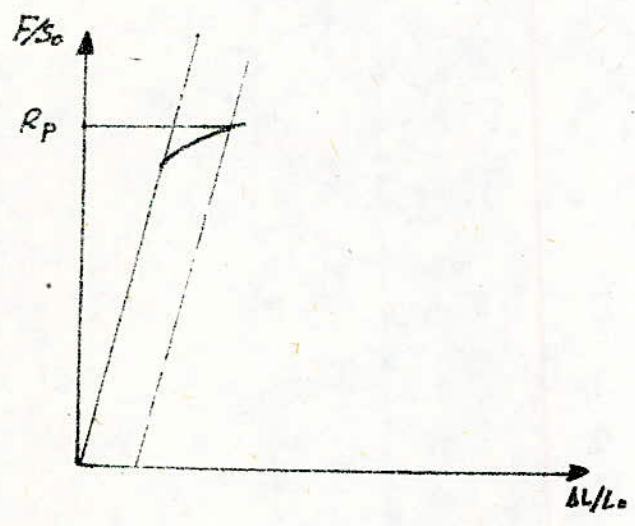




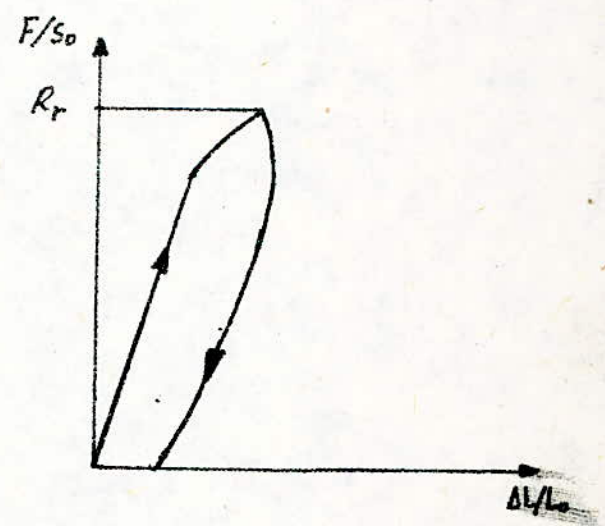
Courbe de traction.



Limite superieur et inferieur d'écoulement.



Limite conventionnelle d'élasticité.



Limite de l'allongement rémanent.

allongement est la limite conventionnelle d'élasticité recherchée.

#### IV 3. Eprouvettes.

##### IV.3.1 Forme générale.

La partie calibrée doit être raccordée par des congés aux têtes d'amarrage, celle-ci pouvant être de toute forme adaptée aux dispositifs de fixation de la machine d'essai.

##### IV 3.2 Forme et dimensions de la partie calibrée.

La section de l'éprouvette peut être circulaire, carrée, rectangulaire, ou dans des cas spéciaux d'une autre forme.

En règle générale, le diamètre de la partie calibrée des éprouvettes cylindriques usinées ne doit pas être inférieur à 4mm.

Pour les éprouvettes en tôle, les têtes d'amarage doivent être plus large que la partie calibrée, la longueur  $L_c$  doit être raccordée à ces têtes par un congé de rayon au moins égal à 20mm. La largeur de ces têtes doit être de 20mm au moins et de 40mm au plus.

##### IV 3.2.1 Dimensions des éprouvette cylindriques.

- Longueur de la partie calibrée.

La longueur de la partie calibrée  $L_c$  doit être comprise entre  $L_0 + \frac{d}{2}$  et  $L_0 + 2d$



- Longueur entre repères

En règle générale, on utilise pour l'essai de traction des éprouvettes satisfaisant à la condition

$$L_0 = k \sqrt{S_0} \quad \text{où } k = \text{est égal à } 5,65 \text{ pour les aciers.}$$

et  $S_0$  : la section initiale de l'éprouvette.

Les éprouvettes à section circulaire ont de préférence les dimensions figurant dans le tableau ci après. Selon la norme NF A 03-154.

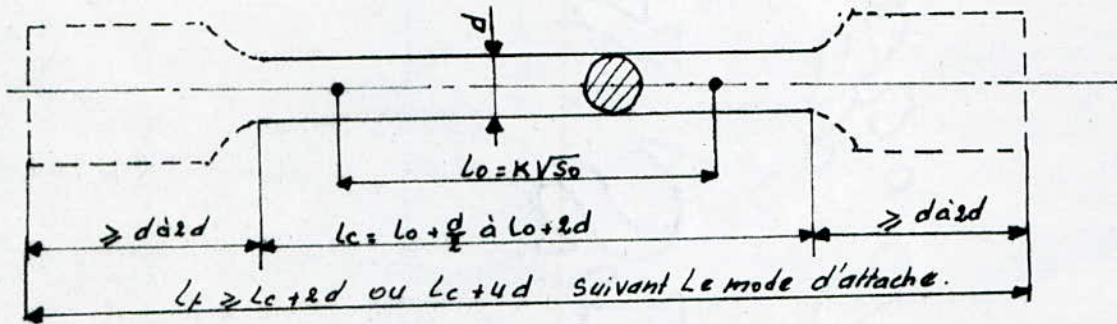
K	Longueur entre repères $L_0 = k \sqrt{S_0}$ mm	Diamètre d mm	Section $S_0$ mm <sup>2</sup>	Longueur calibrée $L_c$ mm	Longueur Totale $L_t$
5,65	$100 \pm 1,0$	$20 \pm 0,105$	314	110 à 140	dépend du mode de fixation dans les attaches de la machine. En principe $L_t \geq L_c + 2d$ $\geq L_c + 4d$
	$50 \pm 0,5$	$10 \pm 0,075$	78,5	55 à 70	

IV 3.2.2 Dimensions des éprouvettes en tôles et feuillards.

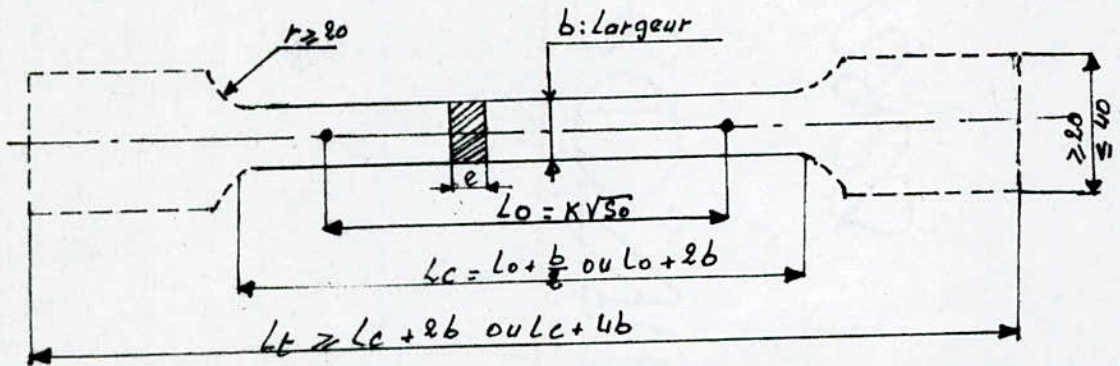
Les éprouvettes en tôle et feuillards ont une épaisseur nominale égale ou supérieure à 0,5 mm et inférieure à 3 mm.

Les éprouvettes en tôles et feuillards ont de préférence les dimensions figurant dans le tableau ci après selon la norme NF A 03-160

Eprouvettes	Epaisseur en millimetres	Largeur en millimetres	Longueur entre repères $L_0$ millimetres	Longueur calibrée $L_c$ millimetres
1	0,5 à 3,0 exclus	20	80	120
2	0,5 à 2,0 inclus	12,5	50	75



Schema d'une éprouvette cylindrique.



Schema d'une éprouvette en tôle.



#### IV 4. Phenomene de La traction.

Suivant le diagramme de l'essai de traction nous remarquons trois parties :

- Une partie rectiligne correspondante à la zone d'élasticité du métal
- Une deuxième partie suit la partie rectiligne qui correspondante à la zone de plasticité du métal
- Une troisième zone qui correspond à la rupture du métal (voir fig 11 page 27)

#### IV 4.1. La déformation élastique.

Dans une première période l'éprouvette soumise à des charges croissantes se déforme élastiquement. On constate que les allongements sont proportionnels aux efforts. " Cette propriété est caractéristique des déformations élastiques "

On appelle déformation élastique une déformation dont l'action sur la forme, la structure et les propriétés d'un corps cesse complètement, lorsque la charge appliquée est supprimée.

La déformation élastique ne provoque pas de modifications permanentes perceptibles de structures et de propriétés du métal.

La charge appliquée ne produit qu'un déplacement relatif et parfaitement réversible des atomes ou le pivotement des blocs de cristal.

Lors de la traction d'un monocristal les atomes s'éloignent

Diagramme des contraintes

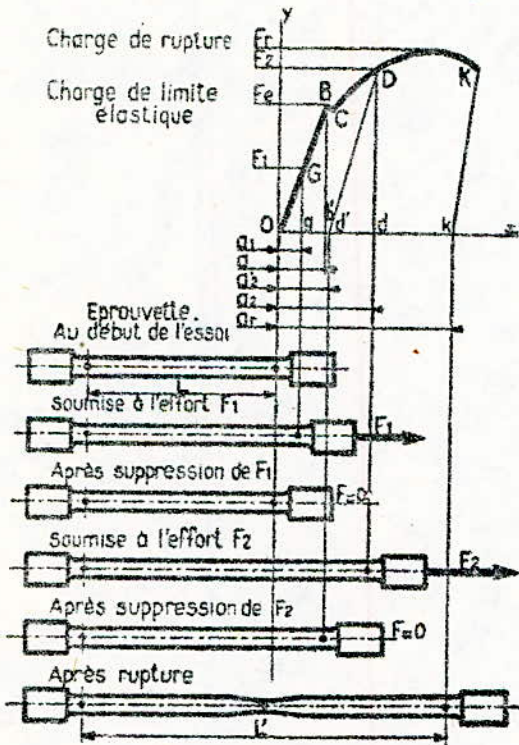
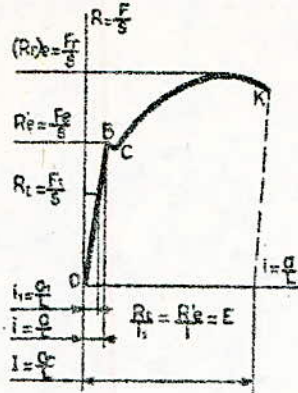


Fig. 11 Diagramme d'essai de traction



Les un des autres et en compression, ils se rapprochent. Un tel écart à partir d'un état d'équilibre compromet le bilan des forces d'attraction et de répulsion électrostatique. C'est pourquoi après la suppression de la charge, les forces d'attraction et de répulsion remettent les atomes déplacés à l'état d'équilibre de départ et les cristaux retrouvent leur forme et leur dimensions initiales.

#### IV.4.2 La déformation plastique.

Dans une seconde période les déformations sont permanentes, la charge augmente jusqu'à un maximum dit "charge maximale à la traction" c'est la caractéristique de la déformation plastique.

Lorsque les contraintes tangentielles dépassent une certaine valeur "la limite d'élasticité", la déformation devient irréversible. La suppression de la charge n'élimine que la composante élastique de la déformation, mais la partie de déformation plastique subsiste.

Dans les cristaux, la déformation élastique peut se produire par glissement ou maclage.

##### IV 4.2.1 Le glissement.

Le glissement est le déplacement des parties isolées d'un cristal l'une par rapport à l'autre qui se produit sous l'effet des contraintes tangentielles, lorsque ces contraintes atteignent une valeur critique déterminée ( $\tau_c$ ) dans le plan et la direction du glissement.

Le glissement résulte du déplacement des dislocations au sein d'un cristal.

Un faible déplacement des atomes au voisinage d'une dislocation entraîne le déplacement des dislocations à une égale distance.

Sous l'action d'une contrainte croissante  $\tau$ , la dislocation s'incurve pour prendre la forme d'une demi-sphère, à cet instant la valeur de la contrainte  $\tau$  est maximale. La dislocation poursuit spontanément sa propagation en formant deux spirales qui se touchent et forment une boucle fermée extérieure et un nouveau secteur de dislocation occupe la position de départ. (voir fig 12 page 30)

La boucle fermée extérieure croît jusqu'à ce qu'elle atteigne la surface extérieure du cristal et produit ainsi un glissement élémentaire.

La nouvelle dislocation sous l'action de la contrainte  $\tau$  commence de nouveau à s'incurver de la même façon que précédemment.

Si la contrainte  $\tau$  agit encore, une source peut produire plusieurs dislocations et prendre fin seulement dans le cas où la boucle se heurte dans son développement contre des obstacles.

Ce mécanisme de formation des dislocations au cours d'une déformation a été découvert en 1950 par FRANC et READ.



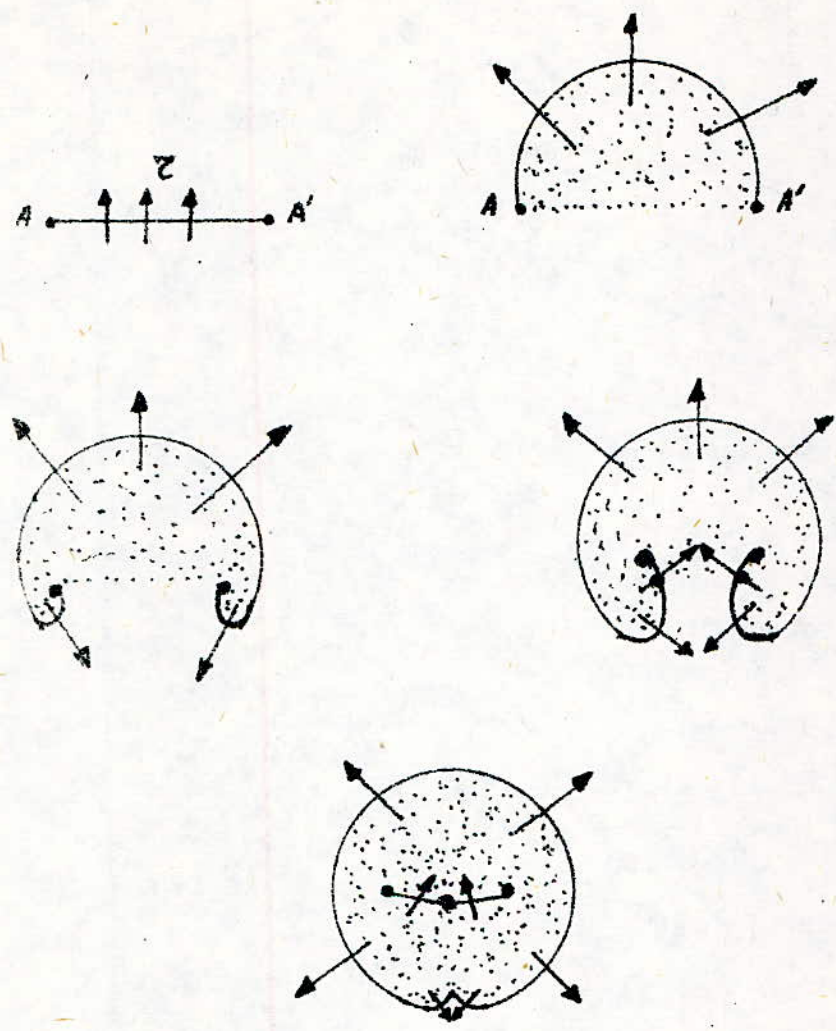


fig 12. Stades successifs du travail d'une source FRANC. READ.

Le glissement dans un réseau cristallin a lieu suivant les plans et les directions de l'empilement le plus compact des atomes où la résistance au déplacement " $\tau_c$ " est minimale alors que la contrainte  $\tau$  est importante. Ceci s'explique par la distance maximale entre les plans atomiques connexes qui rend minimale la liaison entre ces plans.

Plus le nombre de plans et de directions de glissement d'un métal est grand, plus son aptitude à la déformation plastique est élevée.

Les métaux à réseau cubique sont très plastique.

Le glissement dans ces métaux pouvant s'effectuer suivant plusieurs directions.

La plasticité des métaux à réseau hexagonal à empilement compact est plus faible, ils se prêtent donc plus mal au laminage, à l'estampage et à d'autres modes de déformation, que les métaux à réseau cubique.

Dans les métaux à réseau cubique à faces centrées dont font partie Fe, Al, Cu et... , le glissement se produit suivant les plans d'un octaèdre  $[111]$  et dans le sens de la diagonale de la face du cube  $[110]$

Dans un réseau cubique centré dont font partie Fe, W, Mo et... Le glissement s'effectue le plus aisément suivant les plans  $[110]$  et dans le sens de la diagonale spatiale du cube  $[111]$

Dans les métaux à réseau hexagonal à empilement compact



dont font parti Zn, Ba, Mg, etc... ; Le glissement à lieu suivant le plan  $[0001]$  et dans le sens  $[2110]$

#### IV 4.2.2. Le maclage.

On appelle maclage, un mode de déformation, suivant lequel, une partie du cristal se trouve en relation d'orientation avec le reste du cristal.

La séparation entre les deux parties du cristal, au niveau de la macle, est appelée plan de macle.

Le maclage mécanique, c'est celui qui apparaît au cours de la déformation, correspondant à un cisaillement du réseau par rapport au plan de macle. (Voir fig 13 page 33)

Dans ce mode de déformation, chaque atome situé à une distance donnée du plan de macle est l'objet d'une translation constante parallèle au plan de macle et dans une direction dite de maclage.

Ce mode de déformation est très importante dans les métaux à réseau hexagonal compact dont les systèmes de glissement sont peu nombreux.

Au cours de la déformation, la formation des macles est sonore et leur développement est très rapide.

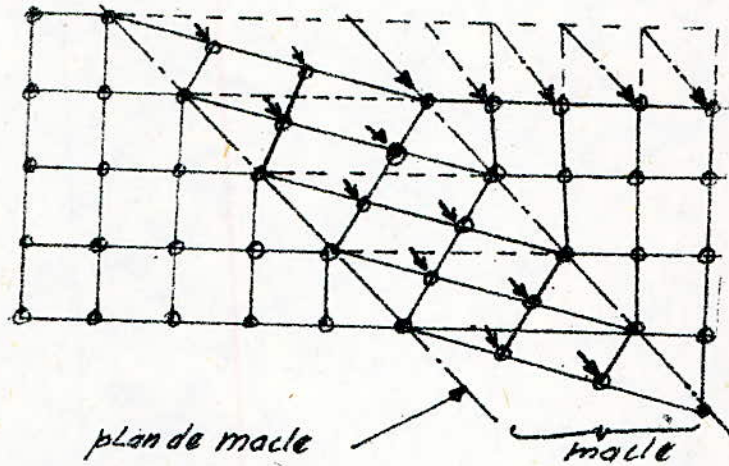


fig 13. Schema d'un maclage.



#### IV 4.3. La rupture.

Enfin l'allongement continue à se produire provoquant une baisse de la charge unitaire.

En un point de l'éprouvette se produit une striction puis il y a rupture

Une rupture en se développant passe par deux étapes dont la première est la naissance d'une fissure et la seconde sa propagation à travers toute la section de l'éprouvette.

Une rupture peut être ductile ou fragile.

Une rupture ductile s'accompagne d'une déformation plastique très importante, dans le cas d'une rupture fragile, la déformation plastique est faible

La rupture ductile est déterminée par la faible vitesse de propagation d'une fissure, pour une rupture fragile cette propagation de la fissure est très rapide.

#### IV 5. Calcul des caractéristiques mécaniques.

##### IV.5.1. Contrainte de la limite élastique "R<sub>e</sub>".

C'est l'effort de la limite élastique  $F_e$  exprimé en newtons divisé par la section initial  $S_0$  de l'éprouvette en millimètres carrés.

$$R_e = \frac{F_e}{S_0} \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{en système M.K.S.A.}$$

$$R_e = \frac{F_e}{S_0} \quad \text{kgf/mm}^2 \quad \text{en système M.K.P.S.}$$

#### IV 5.2. Résistance à la rupture

C'est le quotient de l'effort de rupture  $F_r$  exprimé en newtons par la section initiale  $S_0$  de l'éprouvette en millimètres carrés.

$$R = \frac{F_r}{S_0} \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{en système M.K.S.A.}$$

$$R = \frac{F_r}{S_0} \quad \text{kgf/mm}^2 \quad \text{en système M.Kp.S.}$$

#### IV 5.3 Allongement pour cent A%

L'allongement maximum de rupture  $\alpha_r$  est égale à la différence des longueurs de l'éprouvette après rupture  $L_u$  et avant l'essai  $L_0$

$$\alpha_r = L_u - L_0$$

pour une éprouvette de 100 mm de longueur initiale l'allongement pour cent serait :

$$A\% = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100$$

#### IV 5.4 Module d'élasticité ou module de YOUNG

L'allongement relatif élastique, c'est le quotient de l'allongement de la limite élastique "a" par la longueur initiale de l'éprouvette.

$$i = \frac{a}{L_0}$$

Le module d'élasticité  $E$  est donné par la relation suivante



$$E = \frac{R_e'}{l} \quad \text{avec } R_e' = \frac{F_e}{S_0} \quad \text{et } l = \frac{a}{L_0}$$

$$E = \frac{\frac{F_e}{S_0}}{\frac{a}{L_0}} = \frac{F_e \times L_0}{S_0 \times a}$$

$$E = \frac{F_e \times L_0}{S_0 \times a} \quad \text{N/mm}^2.$$

#### IV 5.5. La striction.

La striction est la réduction localisée des dimensions transversales de l'éprouvette se produisant au cours de l'essai sous l'influence de la charge

Le coefficient de striction "Z" est le rapport de la variation ultime de section transversale produite par l'essai  $S_0 - S_u$  à la section initiale  $S_0$

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0}$$

L'allongement de striction " $Z_u$ " est le rapport de la variation ultime de section transversale produite par l'essai  $S_0 - S_u$  à la section après rupture  $S_u$ . Il est exprimé en pourcentage.

$$Z_u = \frac{S_0 - S_u}{S_u}$$

La section initiale " $S_0$ " est l'air de la section de l'éprouvette avant application de la charge

La section après rupture " $S_u$ " est l'air de la section minimale après reconstitution de l'éprouvette.

#### IV 6. Machines d'essais.

Une machine d'essai est composée d'un bâti, d'un dispositif de mise en marche et un dispositif de mesure des efforts.

La commande des efforts peut être mécanique, ou hydraulique elle peut être fait manuellement ou par un moteur.

Lorsqu'on utilise une commande hydraulique, la mise en marche croît régulièrement avec le temps, tandis qu'avec une commande mécanique c'est l'allongement qui augmente régulièrement, ce qui entraîne au début un accroissement très rapide de la charge.

Lorsque nous voulons obtenir une vitesse d'allongement absolument constante, il y a lieu de choisir une machine à commande et mise en charge mécanique, pour obtenir un allongement régulier.

##### IV 6.1 Machines hydrauliques.

L'effort peut être exercé par un vérin hydraulique ou par un moteur électrique agissant sur une vis attaquant une traverse mobile.

Les machines les plus anciennes étaient généralement hydrauliques l'admission de l'huile dans le vérin se faisait à travers un robinet à pointeau. L'opérateur a aussi la possibilité de régler manuellement le débit et de contrôler approxima-



tivement la vitesse de déplacement de la traverse.  
Dans ces machines, la pression d'huile et donc de l'effort sont mesurés à l'aide d'un dynamomètre à pendule.

Le déplacement de ce pendule est transmis par une crémaillère à aiguille du cadran de mesure des charges, et par ailleurs cette crémaillère est prolongée par une tige qui porte un stylet enregistreur.

Le déplacement de la traverse commande simplement la rotation de l'enregistreur à l'aide d'un fil tendu par un contre-poids.

Ces machines ont le mérite de la simplicité et de la robustesse et elles rendent encore de très grands services dans de nombreux laboratoires. Leur inconvénient principal est le manque de stabilité et de contrôle de la vitesse de déplacement de la traverse, or dans de nombreux essais, il est important d'évaluer correctement l'influence de ce paramètre sur les propriétés mécaniques.

#### IV 6.2. Machines à vis.

On utilise maintenant de plus en plus des machines à vis mues par un moteur électrique. Un système de boîte à vitesses permet de choisir la vitesse de déplacement de la traverse dans une gamme élevée (0,1 mm/mn à 150 mm/mn) et de changer instantanément.

La mesure de la charge se fait à l'aide de cellules placées généralement à la partie supérieure du bâti.

Il s'agit d'anneaux ou de cylindres dynamométriques équipés de jauges de contraintes ou de capteur de déplacement à induction.

Ces cellules ne fonctionnent que dans une gamme de charge donnée (1 à 10 kN) et il faut les démonter si l'on désire travailler dans une autre gamme. Le signal est envoyé sur un enregistreur potentiométrique, la charge commande le déplacement du stylet.

Le déplacement du papier est lié à celui de la traverse. Les systèmes d'amplification procurent une grande souplesse d'enregistrement, on peut aisément choisir les échelles les mieux appropriées, décaler l'origine pour réaliser la fenêtre la meilleure pour la mesure visée.

Il est généralement possible de commander le déplacement du papier de l'enregistreur par un potentiomètre commandé par un extensomètre placé sur l'éprouvette, il est alors possible de piloter la vitesse de déformation de l'éprouvette elle-même, en court-circuitant la déformation parasite de la traverse.



## V MACHINE ETUDIEE.

### V.1 Fonctionnement.

Cette machine est composée d'un bâti, d'un dispositif de mesure des efforts, dont la commande est mécanique, cette commande peut être faite manuellement, ou par un moteur électrique.

La mesure de la charge se fait à l'aide d'un dynamomètre à pendule, le déplacement de ce pendule est transmis par une crémaillère à l'aiguille du cadran des mesures des charges, cette crémaillère est prolongée par une tige qui porte un stylet enregistreur permettant de tracer le graphe.

Le déplacement de la traverse commande la rotation de l'enregistreur à l'aide d'un fil tendu par un contre poids.

Le déplacement de la traverse est commandé par vis

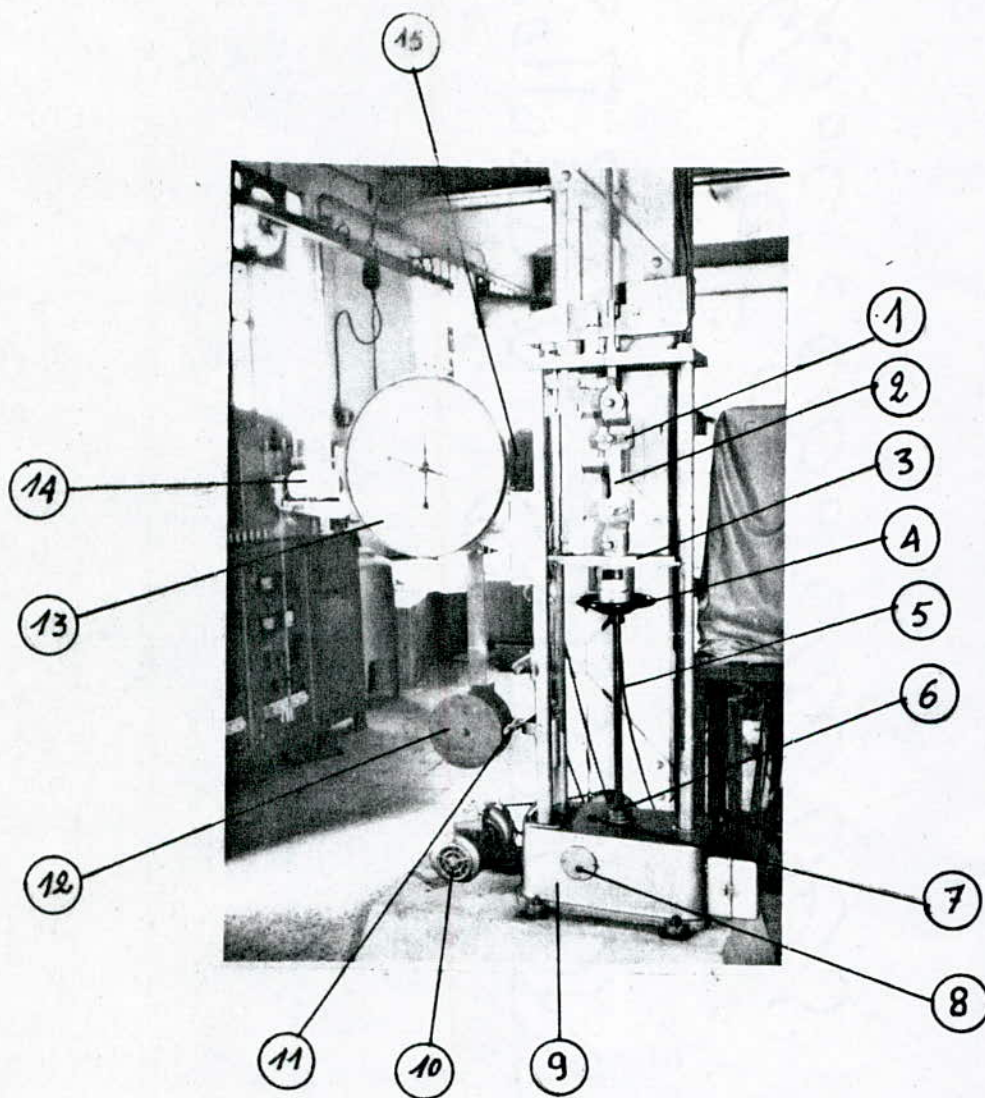
La transmission du mouvement de rotation du moteur vers l'arbre de la machine se fait par chaîne métallique et

l'arbre machine transmet le mouvement à la vis

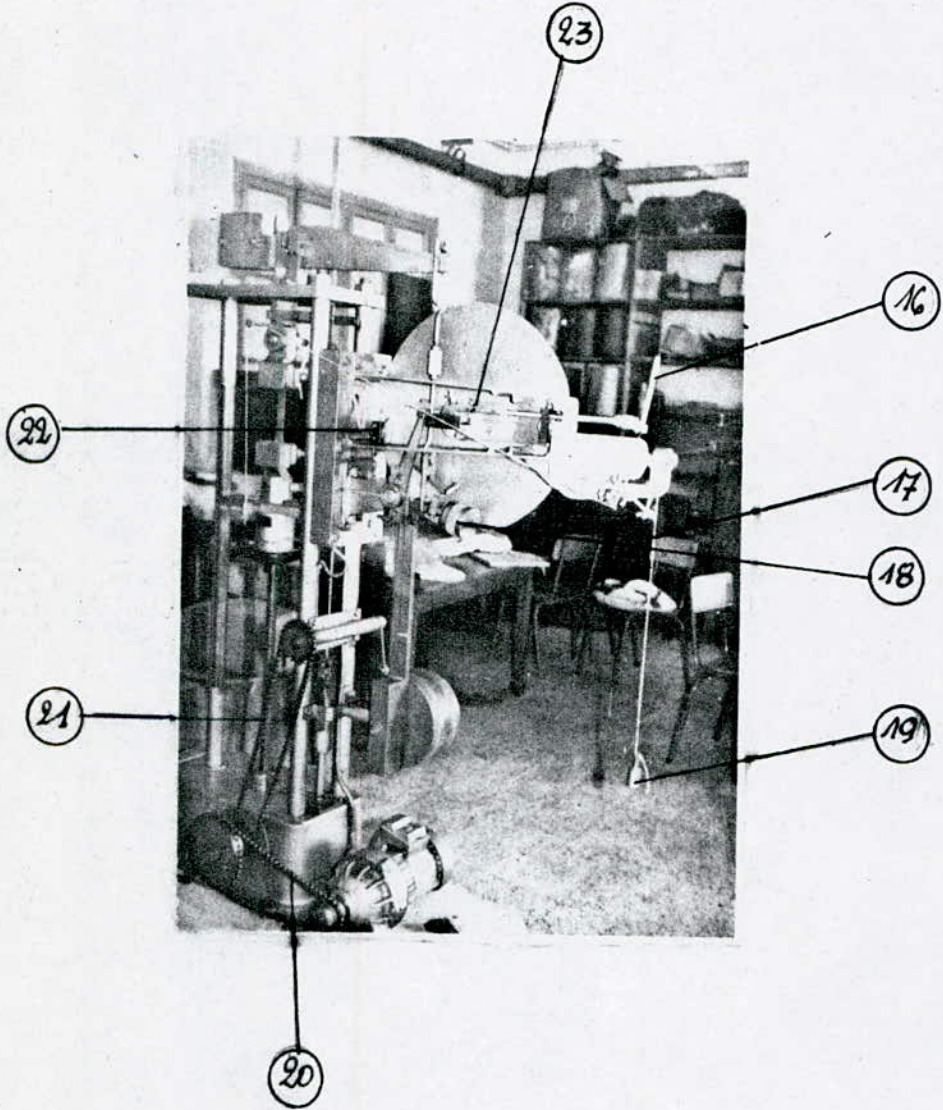
Un dispositif permet l'arrêt de l'application de la charge lorsque celle-ci dépasse 1000 kg (10000 N).

La machine dispose aussi des deux dispositifs délimitant la course de traction et la course de compression respectivement.

Des photos prises après réparation montrent les différents éléments constituant la machine.







Designations:

- ① mors d'attache
- 2: éprouvette
- 3: traverse
- 4: volant
- 5: vis de la machine.
- 6: écrou
- 7: bouchon de remplissage d'huile
- 8: bouchon de vidange
- 9: bâti.
- 10: moteur électrique
- 11: manivelle
- 12: pendule
- 13: cadran
- 14: tambour enregistreur.
- 15: boîte d'interrupteur
- 16: stylet
- 17: fil
- 18: écrou contre poids pour réglage du zéro de l'aiguille
- 19: contre poids du fil.
- 20: chaîne de transmission moteur électrique avec arbre machine
- 21: chaîne de transmission arbre machine manivelle.
- 22: dispositif d'arrêt de l'application de la charge
- 23: crémaillère



## V.2 Diagnostic et réparation.

### V.2.1 Diagnostic.

Après avoir vérifié la machine, nous avons constaté que le système électrique était défectueux et qu'il y avait absence de certains organes.

- 1°) absence du système d'enregistrement
- 2°) moteur électrique défectueux.
- 3°) système de mise en marche défectueux.
- 4°) pendule défectueuse.

### V.2.2 Réparation.

Vu l'état de la machine nous avons procédé en premier lieu au nettoyage, puis à l'usinage des pièces manquantes ainsi qu'à la réparation du système électrique.

#### V.2.2.1 Système d'enregistrement

Le système d'enregistrement comprend un tambour enregistreur, un porte stylet, et un fil avec un contre poids, leur usinage a été réalisé dans notre atelier de mécanique.

##### A. Tambour enregistreur.

Après avoir consulté des machines de traction existantes dans notre école au niveau du département de Génie-civil et dans l'entreprise SONACOME. Le tambour enregistreur doit être léger et de préférence fait en aluminium.

Les moyens existants au niveau de notre école nous ont pas permis de réaliser un tambour en aluminium, alors pour cela nous avons opté pour un tambour en plexiglace.

Les différentes parties constituant du tambour sont:

- Un tube de plexiglace
- deux paliers en plexiglace collés aux extrémités du tube.

Voir schéma. fig 14 page 46.

### B. Porte stylet.

La porte stylet à aussi été réalisé en plexiglace, afin qu'il puisse être léger.

Voir schéma.

### 2.3. Moteur électrique.

Le moteur électrique est un moteur à synchrone triphasé, il peut être branché en triangle pour recevoir 220 volts ou en étoiles pour recevoir 380 volts.

Etant donné que notre réseau est de 380V donc notre moteur doit être branché en étoiles (380V entre phases)

Nous avons trouvé le moteur branché en triangle (220V entre phases) ce qui explique le mauvais fonctionnement du moteur et son échauffement. Pour remédier à cela nous avons branché le moteur en étoile pour avoir 380V entre phases.



-46-

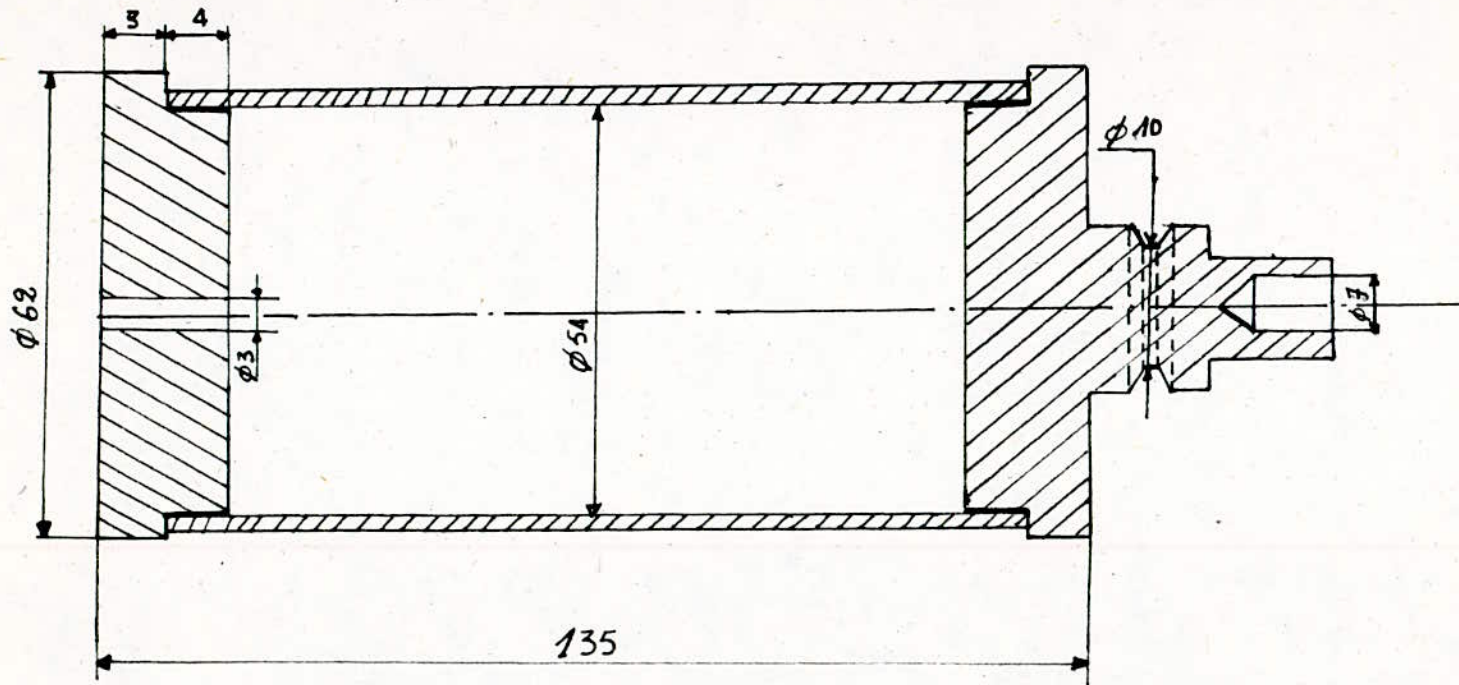
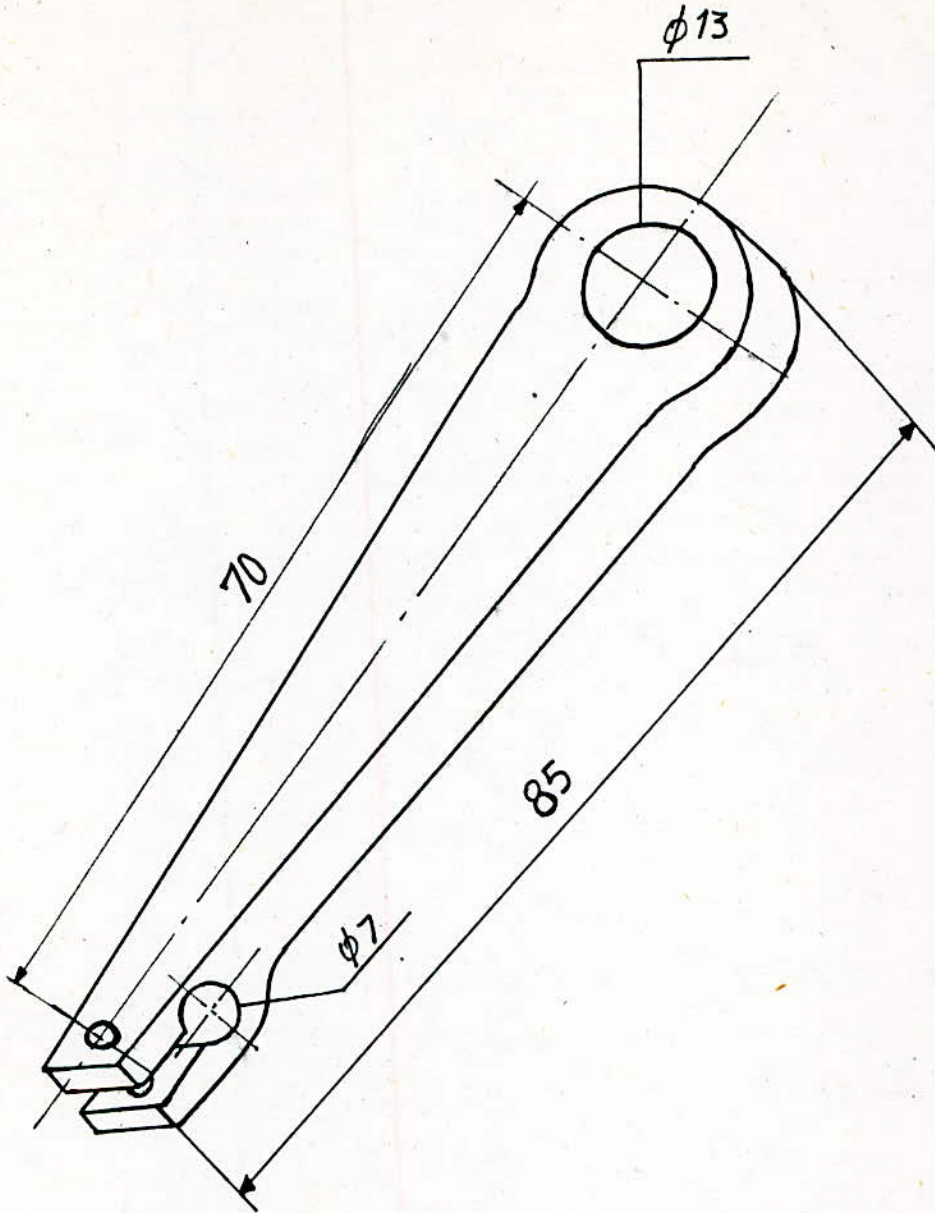


fig. 14 Dessin du tambour enregistreur.

-47-



Vue en perspective du porte stylet



#### V 2.4 Commande électrique.

Nous avions un mauvais contacte pour la mise en marche de la commande, ce qui nous donnait un très mauvais démarrage du moteur et nous étions obligé d'appuyer sur le bouton de mise en marche en permanence, alors nous avons fait appel à l'électricien du département Genie-électrique qui a remédié à ce problème.

Une fois la réparation faite nous avons procédé à la vidange de la machine et du réducteur du moteur électrique, ainsi que le graissage des éléments frottants, puis nous avons fait le remplissage d'huile de la machine ainsi que du réducteur du moteur électrique.

#### V 2.5 pendule.

L'aiguille du cadran marquant les charges ne revenait pas à zéro après application de la charge et que l'aiguille marquait toujours une mesure de 10kg de la charge avant son application.

Nous avons en premier vérifié le système donnant la charge, et nous avons commencé à faire quelque réglage à l'aide de l'écrou contre-poids, ensuite nous avons constaté qu'il fallait un contre poids pour remettre l'aiguille à zéro.

Nous avons placé un léger contre-poid pendu à un fil enroulé l'aiguille, et nous avons fait le réglage à l'aide de l'écrou contre-poids.

I 3.

Nous avons opté pour des éprouvettes en tôles d'acier doux dont sa nuance est inconnue.

Une étude micrographique a été nécessaire afin de connaître approximativement la nuance de l'acier, pour cela nous avons procédé comme suit:

- Nous avons pris un échantillon de la tôle, nous lui avons fait subir un traitement thermique de normalisation c'est à dire nous l'avons mis dans le four pendant une durée de dix (10) minutes, à une température de  $875^{\circ}\text{C}$  puis nous l'avons laissé refroidir dans le four, puis nous lui avons fait un enrobage. et ensuite après lui avoir fait un polissage jusqu'à finition, nous lui avons fait une attaque avec du nital afin que la structure puisse être observée au microscope électronique.

La structure qui apparaît au microscope électronique est donnée par la fig 15 page 50

Les points noir correspondent à la perlite qui constituent environ 12,5% de la structure et le reste est de la ferrite qui constitue 87,5%.

donc approximativement la nuance de l'acier utilisé

est :  $\frac{12,5 \times 0,8}{100} = 10\%$

Nous avons la nuance de l'acier qui CC 10 qui correspond aussi à XC 12



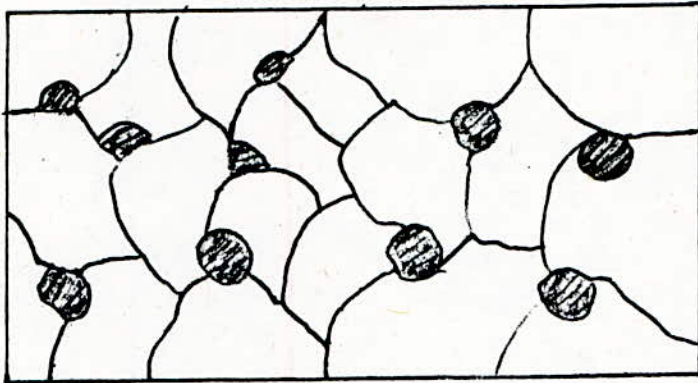


Fig 15 structure vue au  
microscope électronique  
de l'acier

## VI ESSAIS ET RESULTATS.

### VI.1 principe et but.

L'essai consiste à soumettre une éprouvette à un effort de traction jusqu'à rupture afin de déterminer les caractéristiques mécaniques du matériau. Une éprouvette soumise à un effort de traction, avant de se rompre, se déforme élastiquement puis plastiquement comme nous l'avons vu au chapitre IV.

Nous nous proposons de déterminer :

- La résistance à la limite élastique  $R_e$ .
- La résistance à la rupture  $R_m$ .
- L'allongement pourcent  $A\%$ .
- La striction  $Z\%$ .

### VI.2 Eprouvettes.

Les éprouvettes utilisées pour nos essais sont en tôle en acier doux présentant les dimensions selon la norme AFNOR du type NFA 03-160

En règle générale l'éprouvette présente des têtes d'amarrages plus large que la partie calibrée, la longueur calibrée  $L_c$  doit être raccordée à ces têtes par un congé de rayon au moins de 20 mm, la largeur de ces têtes doit être de 20 mm au moins et de 40 mm au plus.

Nos essais se sont portés sur trois types d'éprouvettes présentant les dimensions suivantes.



Dimensions de la première éprouvette.

$b$ : largeur = 12,5 mm

$e$ : épaisseur = 1 mm

$L_0$ : longueur entre repères = 50 mm

$L_c$ : longueur calibrée = 75 mm

$L_t$ : longueur totale = 180 mm

$S_0$ : section initiale = 12,5 mm<sup>2</sup>

Dimensions de la deuxième éprouvette.

$b$ : largeur = 20 mm

$e$ : épaisseur = 1 mm

$L_0$ : longueur entre repères = 80 mm

$L_c$ : longueur calibrée = 120 mm

$L_t$ : longueur totale = 180 mm

$S_0$ : section initiale = 20 mm<sup>2</sup>

Dimensions de la troisième éprouvette

$b$ : largeur = 12,5 mm

$e$ : épaisseur = 1,5 mm

$L_0$ : longueur entre repères = 50 mm

$L_c$ : longueur calibrée = 75 mm

$L_t$ : longueur totale = 180 mm

$S_0$ : section initiale = 18,75 mm<sup>2</sup>

Les éprouvettes utilisées durant nos essais ont été usinées à la fraise puis limées à la lime pour finition dans notre atelier de mécanique.

### VI 3 Manipulation.

L'éprouvette doit être solidement maintenues par ses têtes entre les mâchoires de la machine, de telle sorte que lors de l'application de l'effort les mâchoires s'écartent l'une de l'autre suivant l'axe géométrique de l'éprouvette.

Après avoir bloqué le volant et fait l'accouplement arbre machine arbre moteur électrique pour avoir une commande de l'effort à l'aide du moteur, nous appuyons sur l'interupteur traction.

### VI 4 observation. et résultats.

Durant nos essais nous avons remarqué que la charge augmente sensiblement au début juste après l'application de la charge jusqu'à une valeur puis elle rechutée légèrement, à cet instant l'allongement de l'éprouvette n'était pas visible, la charge augmentée une deuxième fois jusqu'à une valeur maximale, à cet instant l'allongement était visible est nous avons observé une zone de striction sur l'éprouvette, quelques instant après l'apparition de la zone de striction la charge rechutée très légèrement et l'éprouvette se rompt.

Le cadran à aiguilles nous a permis de lire la charge maximum appliquée à l'éprouvette.

Des photos prises durant notre essai nous ont permis d'observer ces trois étapes.



La première photo a été prise quelque instant après l'application de la charge (Voir photo N°1 page 55).

La deuxième photo montre nettement l'allongement pris par l'éprouvette ainsi que l'apparition de la zone de striction.

La troisième photo a été prise lors de la rupture de l'éprouvette. (Voir photo N°3 page 55).

#### VI 4.1. Résultats.

Les résultats obtenus ; nous permettent de calculer.

- La résistance à la limite élastique  $R_e$
- La résistance à la rupture  $R_m$
- L'allongement pourcent  $A\%$ .

Le graphique ainsi obtenu nous permet de connaître la charge de la limite élastique qui correspond à la fin de la droite de la courbe dont la charge est proportionnelle à l'allongement, sachant que le point maximum de la courbe correspond à la charge maximale appliquée à l'éprouvette qui est lue directement sur le cadran à aiguilles.

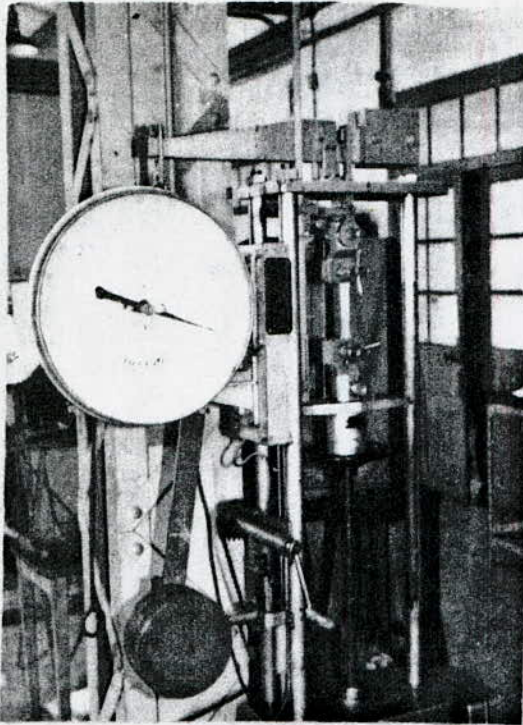
##### VI 4.1.1 Résultats de la première éprouvette.

$$F_{max} = 4420 \text{ N}$$

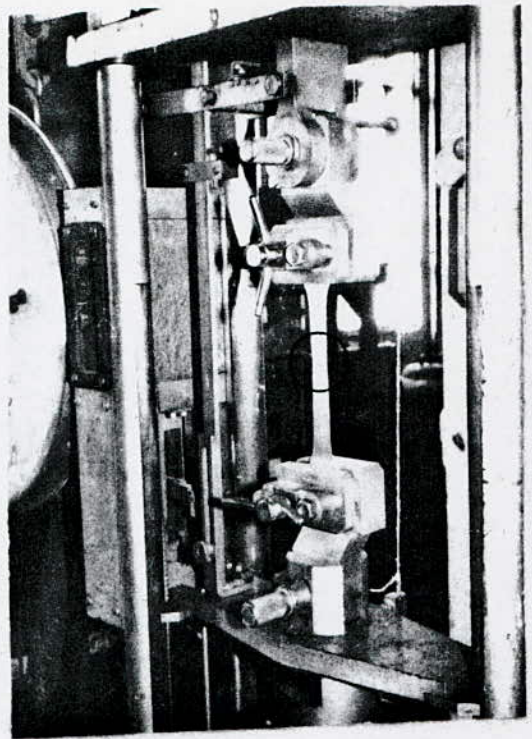
$$F_e = 3603 \text{ N}$$

$$L_u = 63 \text{ mm}$$

$L_u$ : La longueur entre repère après rupture.

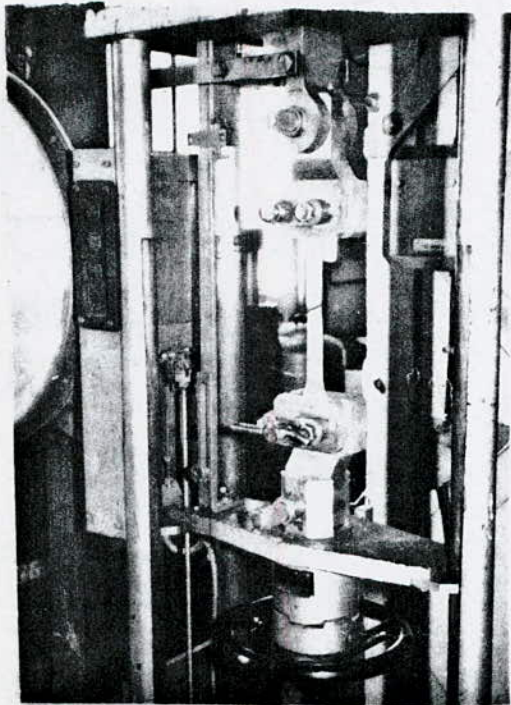


*Photo N° 1*



*Photo N° 2.*

*photos prises  
Lors de l'essai.*



*photo N° 3*



- détermination de la résistance à la limite élastique  $R_e$

sachant que  $R_e = \frac{F_e}{S_0}$

$F_e$  : étant l'effort à la limite élastique

$S_0$  : étant la section initiale de l'éprouvette.

$$R_e = \frac{3603}{12,5} = 288,2 \text{ N/mm}^2$$

- détermination de la résistance à la rupture  $R_m$ .

sachant que  $R_m = \frac{F_m}{S_0}$

$F_m$  : étant l'effort maximum appliqué à l'éprouvette.

$S_0$  : section initiale de l'éprouvette.

$$R_m = \frac{4420}{12,5} = 353,6 \text{ N/mm}^2$$

- détermination de l'allongement pourcent  $A\%$ .

sachant que  $A\% = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100$

$L_u$  : longueur entre repères après rupture.

$L_0$  : longueur entre repères avant l'essai

$$A\% = \frac{63 - 50}{50} \times 100 = 26\%$$

- détermination de l'allongement de la limite élastique "a"

sachant que  $E = \frac{F_e \times L_0}{S_0 \times a}$

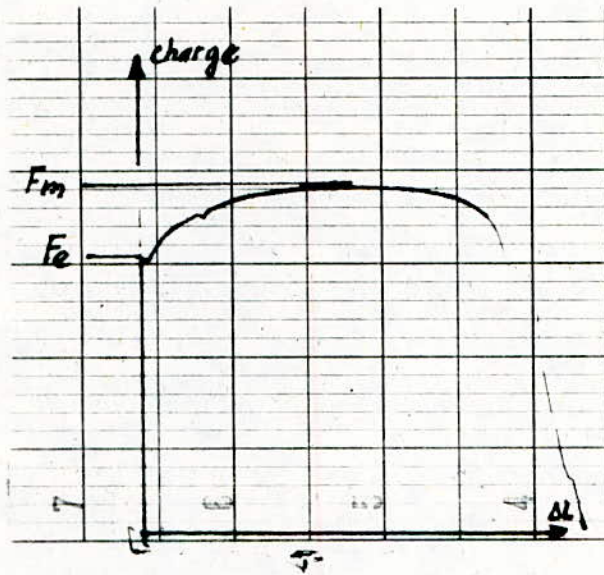


fig 16. graphe de l'essai de traction  
sur la première éprouvette.

$$F_m = 4420 \text{ N.}$$

$F_m$  correspond au point maximum du graphe

$$F_m = 4420 \text{ N} \longrightarrow 46 \text{ mm.}$$

$$F_e \longrightarrow 37,5 \text{ mm.}$$

$$\text{d'où } F_e = \frac{4420 \times 37,5}{46} = 3603 \text{ N.}$$



$E$ : module d'élasticité ou module de young.

$F_e$ : effort de la Limite d'élasticité.

$L_0$ : longueur entre repères avant l'essai

$S_0$ : section initiale de l'éprouvette.

$a$ : allongement de la Limite élastique.

$$E = \frac{F_e \times L_0}{S_0 \times a} \Rightarrow a = \frac{F_e \times L_0}{S_0 \times E}$$

pour les aciers  $E = 200\,000 \text{ N/mm}^2$ .

$$a = \frac{3603 \times 50}{12,5 \times 200\,000} = 0,07 \text{ mm.}$$

VI 4.12 Résultats de la deuxième éprouvette.

$$F_{\max} = 7000 \text{ N}$$

$$F_e = 5570 \text{ N}$$

$$L_u = 104 \text{ mm}$$

- détermination de la résistance à la limite élastique  $R_e$

$$\text{Sachant que } R_e = \frac{F_e}{S_0}$$

$F_e$ : étant l'effort à la limite élastique.

$S_0$ : section initiale de l'éprouvette.

$$R_e = \frac{5570}{20} = 278,5 \text{ N/mm}^2$$

- détermination de la résistance à la rupture  $R_m$ .

$$\text{Sachant que } R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

$F_m$ : charge maximum appliquée à l'éprouvette.

$S_0$ : section initiale de l'éprouvette.

$$R_m = \frac{7000}{20} = 350 \text{ N/mm}^2$$

- détermination de l'allongement pourcent  $A\%$

$$\text{Sachant que } A\% = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100$$

$L_u$ : longueur entre repères après rupture.

$L_0$ : longueur entre repères avant l'essai.

$$A\% = \frac{104 - 80}{80} \times 100 = 30\%$$

- détermination de l'allongement de la limite élastique "a"

$$\text{Sachant que } E = \frac{F_e \times L_0}{S_0 \times a}$$

$$\text{d'où } a = \frac{F_e \times L_0}{S_0 \times E}$$

$E$ : module d'élasticité ou module de Young.

$S_0$ : section initiale de l'éprouvette.

$F_e$ : effort de la limite élastique.

$L_0$ : longueur entre repères avant l'essai.



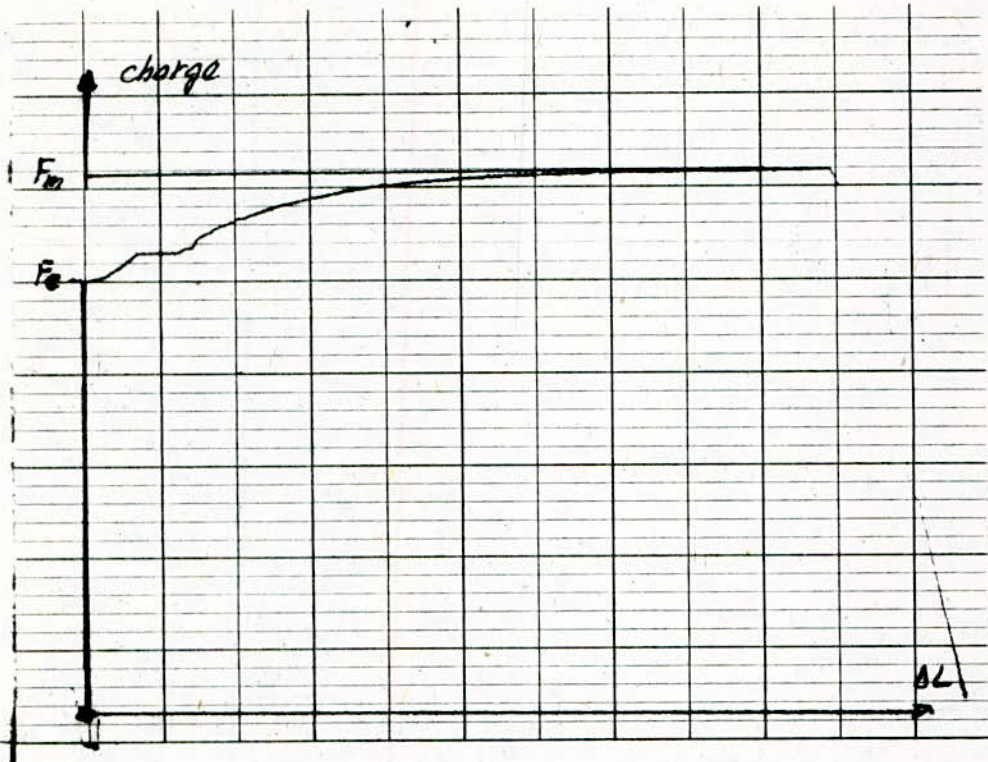


fig: 17. graphe obtenu lors de l'essai de traction sur la deuxième éprouvette.

$$F_m = 7000 \text{ N.}$$

$F_m$ : correspond au point maximum du graphe

$$F_m = 7000 \text{ N} \longrightarrow 71 \text{ mm.}$$

$$F_e \longrightarrow 56,5 \text{ mm.}$$

$$\text{d'où } F_e = \frac{7000 \times 56,5}{71} = 5570 \text{ N.}$$

-61-

Pour les aciers  $E = 200\,000 \text{ N/mm}^2$

$$\alpha = \frac{5570 \times 90}{20 \times 200\,000} = 0,11 \text{ mm.}$$

VI 4.1.3. Résultats de la troisième éprouvette.

$$F_{\max} = 7200 \text{ N}$$

$$F_e = 5250 \text{ N}$$

$$L_u = 65 \text{ mm.}$$

- détermination de la résistance à la limite élastique  $R_e$

$$\text{Sachant que } R_e = \frac{F_e}{S_0}$$

$F_e$ : effort de la limite élastique.

$S_0$ : section initiale de l'éprouvette.

$$R_e = \frac{5250}{18,75} = 280 \text{ N/mm}^2.$$

- détermination de la résistance à la rupture  $R_m$ .

$$\text{Sachant que } R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

$F_m$ : effort maximum appliqué à l'éprouvette

$S_0$ : section initiale de l'éprouvette.

$$R_m = \frac{7200}{18,75} = 384 \text{ N/mm}^2.$$



- détermination de l'allongement pourcent A%.

$$\text{Sachant que } A\% = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100.$$

$L_u$  : longueur entre repères après rupture.

$L_0$  : longueur entre repères avant l'essai.

$$A\% = \frac{65 - 50}{50} \times 100 = 30\%.$$

- détermination de l'allongement de la limite élastique "a".

$$\text{Sachant que } E = \frac{F_{eL_0}}{S_0 \times a}$$

$$\text{d'où } a = \frac{F_{eL_0}}{S_0 \times E}$$

$E$  : module d'élasticité ou module de Young.

$S_0$  : section initiale de l'éprouvette.

$F_e$  : effort de la limite élastique

$L_0$  : longueur entre repères avant l'essai.

$$a = \frac{5250 \times 50}{18,75 \times 200000} = 0,07 \text{ mm}$$

- 63.

Durant nos essais et après calculs nous avons obtenu des résultats comparables, puisque les trois éprouvettes utilisées sont du même type d'aciers.

- Résultats obtenus pour la première éprouvette.

$$R_e = 288,2 \text{ N/mm}^2$$

$$R_m = 353,6 \text{ N/mm}^2$$

$$A\% = 26\%$$

- Résultats obtenus pour la deuxième éprouvette.

$$R_e = 278,5 \text{ N/mm}^2$$

$$R_m = 350 \text{ N/mm}^2$$

$$A\% = 30\%$$

- Résultats obtenus pour la troisième éprouvette.

$$R_e = 280 \text{ N/mm}^2$$

$$R_m = 384 \text{ N/mm}^2$$

$$A\% = 30\%$$



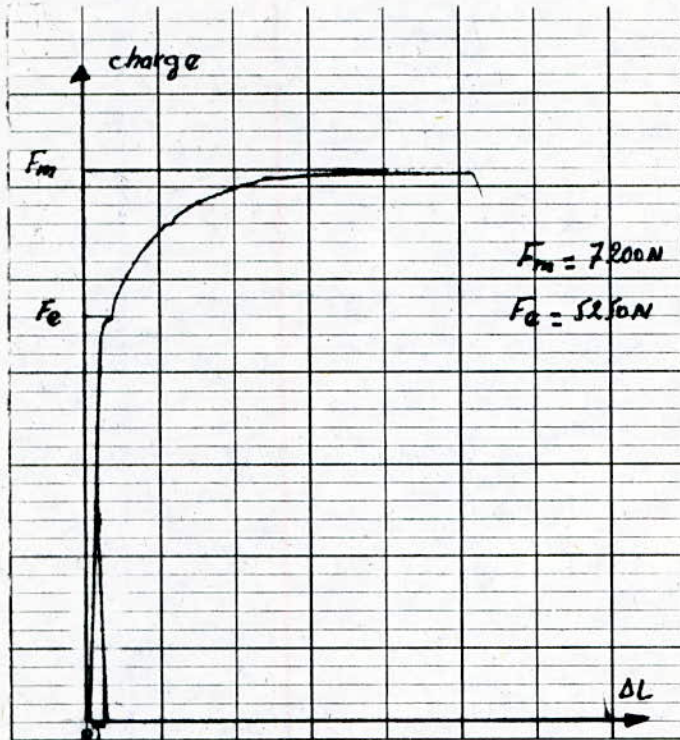


fig: 18 graphe obtenu durant l'essai de traction sur la troisième éprouvette

$$F_m = 7200 \text{ N}$$

$F_m$  correspond au point maximum de la courbe.

$$F_m = 7200 \text{ N} \longrightarrow 72 \text{ mm}$$

$$F_e \longrightarrow 52,5 \text{ mm}$$

$$\text{d'où } F_e = 5250 \text{ N}$$

## VII PROPOSITION D'UN TRAVAIL PRATIQUE.

### VII.1 but et principe de la manipulation.

L'essai consiste à soumettre une éprouvette à un effort de traction jusqu'à rupture afin de déterminer une ou plusieurs caractéristiques mécaniques du matériau.

Une éprouvette soumise à un effort de traction subit les déformations suivantes:

- Une déformation élastique en premier lieu
- Une déformation plastique puis il y a apparition d'une zone de striction qui donne naissance à une rupture.

Nous nous proposons de déterminer:

- La Résistance à la Limite élastique  $R_e$ .
- La résistance à la rupture  $R_m$ .
- L'allongement pour cent  $A\%$ .

Sachant que :

$$* R_e = \frac{F_e}{S_0}$$

$F_e$  : étant l'effort à la limite élastique

$S_0$  : étant la section transversale initiale de l'éprouvette.

$$* R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

$F_m$  : étant la charge maximale appliquée à l'éprouvette

$S_0$  : étant la section transversale initiale de l'éprouvette

$$\epsilon A\% = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100$$

$L_u$  : étant La longueur entre repères apres rupture.

$L_0$  : étant La longueur entre repères avant l'essai.

## VII 2. Machine d'essai.

La machine d'essai est composée d'un bâti, d'un dispositif de mise en marche, d'un dispositif de mesure des efforts et un système d'enregistrement.

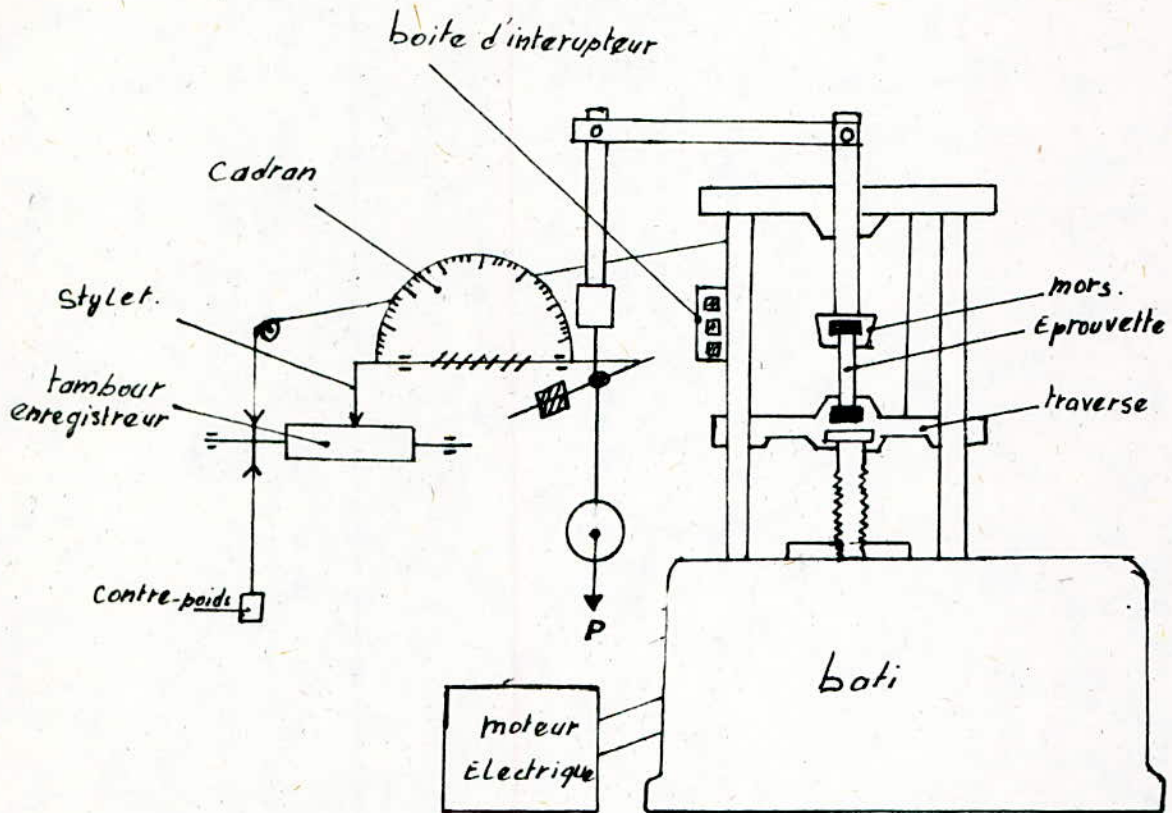
La commande des efforts est mécanique, elle peut se faire manuellement ou par un moteur électrique.

Le déplacement de la traverse commande la rotation du tambour enregistreur par l'intermédiaire d'un fil tendu par un contre poids.

La mesure de la charge se fait à l'aide d'un dynamomètre à pendule, le déplacement de ce pendule est transmis par une crémaillère à l'aiguille du cadran des mesures des charges, cette crémaillère est prolongée par une tige qui porte un stylet enregistreur, qui permet de tracer le graphe.

La charge maximum que nous pouvons appliquer à l'éprouvette est de 1000 kg (10000 N) car si nous dépassons cette charge limite, nous avons un arrêt automatique de la machine. Lorsque la commande de la charge se fait par le moteur électrique.





Schema d'une machine d'essai.

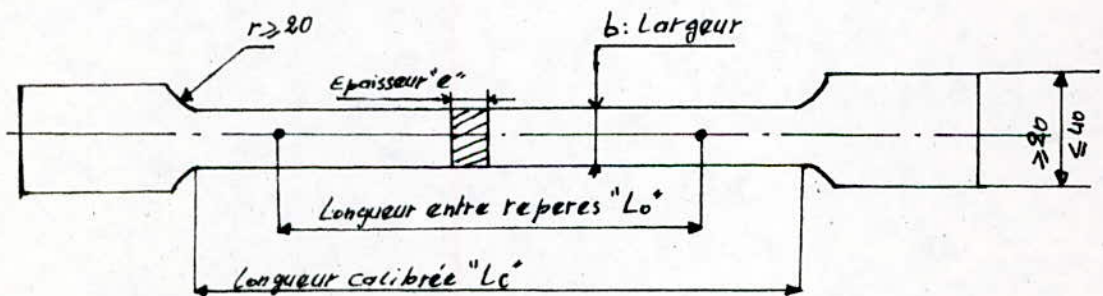
### VII.3. Eprovettes.

Les éprovettes utilisées pour notre essai sont en tôle d'acier doux selon la norme AFNOR du type NFA03.160.

En règle générale, les têtes d'amarrage doivent être plus large que la partie calibrée, la longueur  $L_c$  calibrée doit être raccordée à ces têtes par un congé de rayon au moins de 20mm. La largeur de ces têtes doit être de 20mm au moins et de 40mm au plus.

Les éprovettes les plus utilisées pour l'essai de traction par la norme NFA03.160 ont de préférence les dimensions du tableau suivant:

Eprovettes	Epaisseur en millimetre	Largeur en millimetre	Longueur entre repères $L_0$ millimetre	Longueur calibrée $L_c$ millimetre
1	0,5 à 3,0 exclus	20	80	120
2	0,5 à 2,0 inclus	12,5	50	75



## VII 4. Manipulation

### I<sup>ère</sup> Partie.

La commande de l'effort se fait par moteur électrique, pour cela faite l'accouplement de l'arbre machine avec l'arbre moteur.

- bloquer le volant.
- Fixer une éprouvette entre les mors de la machine, de telle sorte que l'axe de l'éprouvette soit confondu avec l'axe de la vis de la machine.
- Appuyer sur l'interrupteur traction pour avoir la commande de la charge.
- Observer les phénomènes qui apparaissent lors de l'essai.
- Après rupture rapprocher les deux fragments de l'éprouvette de tel sorte que leurs axes soient dans le prolongement l'un de l'autre et mesurer la longueur entre repères après rupture "L<sub>u</sub>".
- Prendre la mesure de la charge maximal donnée par le cadran des mesures des efforts.

### II<sup>ème</sup> Partie.

La commande de l'effort se fait manuellement pour cela faite l'accouplement l'arbre machine avec l'arbre de la manivelle.

- Fixer une éprouvette de même dimensions que celle utilisée pour la première partie.
- Appliquer une charge sur l'éprouvette en tournant la manivelle dans le sens trigonométrique, en essayant



de garder une vitesse uniforme et équivalente à celle donnée par le moteur électrique

- Avant l'application de l'effort prendre un repère de référence à l'aide de la règle de la machine.
- Mesurer l'allongement pris par l'éprouvette.
- Libérer cette charge jusqu'à zéro.
- Remesurer la longueur entre repères.

Les charges à appliquer sont les suivantes.

- 10 kg, 100 kg, 200 kg, 300 kg, 400 kg, 500 kg,
- 600 kg et 700 kg

#### VII.5 Résultats

##### I<sup>ère</sup> partie.

1°) Interpréter le graphe obtenu lors de l'essai.

2°) déterminer :

- la contrainte à la limite élastique sachant que la charge à la limite élastique peut être déterminée du graphe.

- la contrainte à la rupture.

- l'allongement pour cent.

##### II<sup>ème</sup> Partie.

- Interpréter vos résultats.

## VIII CONCLUSION

Ce travail nous a été très bénéfique dans la connaissance des essais de traction sur cette machine. Les résultats obtenus lors de nos essais ont été concluants sachant que nous avons utilisés trois types d'éprouvettes de dimensions différentes et de même type d'acier.

Je ne saurais terminer sans exprimer mon souhait de bien exploiter cette machine par les étudiants des prochaines promotions surtout que le domaine des essais joue un rôle important dans la conception.

# BIBLIOGRAPHIE

1. A. CAMPA. *Technologie professionnelle générale pour les Mécaniciens. Tome II*  
Editions FOUCHER Paris, 1971
2. I LAKHTINE : *Métallographie et traitements thermiques des Métaux*  
3<sup>e</sup> Editions MIR - MOSCOU 1982.
3. AFNOR - B.N.S *recueil de normes françaises. Tome 5 méthodes d'essais*  
3<sup>e</sup> Editions AFNOR 1978.
4. BOUKABACHE. M: *Machine d'essai de 100 kN.*  
*projet de fin d'études E.N.P 1975.*
5. GOUASMI. M. *Machine d'essai de traction de 250 kN.*  
*projet de fin d'études E.N.P. 1975.*



