

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur

et de la recherche scientifique

Université Abderrahmane MIRA BEJAIA

Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : construction mécanique

Par:

MEBROUK Amazigh

KADI Ahmed

MOUZAI Seyfeddine

Thème

**Caractérisation des paramètres physico-chimique d'un alliage utilisé dans le tapis à
chaîne de CEVITALE pour le balayage de charge.**

Soutenu le 10/10/2021 devant le jury composé de :

Pr. KHALAFOUI. Youcef

Président

Mr. AMARI. Djamel

Encadreur

M^{me} .AKILAL. Naima

Examinatrice

Année Universitaire 2020-2021

REMERCIEMENT

Nous remercions tout d'abord Dieu, le tout puissant de nous avoir accordé santé, courage, patience et foi pour accomplir ce modeste travail.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce à la participation de plusieurs personnes à qui nous voudrions adresser toute notre reconnaissance.

Nous voudrions tout d'abord adresser toute notre gratitude à notre

Promoteur, AMARI Djamel pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils et ses encouragements.

Nos remerciement vont également à

M^{me} AKILAL Naima pour l'honneur qu'elle nous fait de présider notre jury et M_r KHELFAOUI Youcef d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous tenons à remercier M_r MEBROUK Kamel le directeur générale de la production de sucre chez CEVITALE et leurs personnels

Particulièrement Khlifa Nabil ingénieure

de génie mécanique.

Nous tenons à formuler notre gratitude et nos profondes reconnaissances à l'égard de nos parents pour leurs indéfectibles soutiens durant tout notre cursus

A faire de n'oublier personne, nos vifs remerciements s'adressent à tous ceux qui nous ont aidées à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mes parents, mon *cher papa* et ma *chère maman*.

Ce travail vous doit beaucoup... Qu'il soit pour
vous le témoignage de mon infinie reconnaissance
pour votre sacrifice, votre peine endurée
et votre grand amour.

A mes *sœurs* et mes *frères* qui m'ont aidé à surmonter
toutes les difficultés rencontrées au cours de mes
années d'études avec leur patience et leur
encouragement.

A tous mes *amis* qui m'ont encouragé et soutenu et
en particulier *Said, Darid et Yanis*

A mes deux binômes *Amazigh* et *Seif Eddine*

KADI. Ahmed

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mes parents, mon *cher papa* et ma *chère maman*.

Ce travail vous doit beaucoup... Qu'il soit pour
vous le témoignage de mon infinie reconnaissance
pour votre sacrifice, votre peine enduré
et votre grand amour.

A mes *sœurs* qui m'ont aidé à surmonter toutes les
difficultés rencontrées au cours de mes années
d'études avec leur patience et leur encouragement.

A tous mes *amis* qui m'ont encouragé et soutenu et
en particulier *BETTAR*, Zet la *chambre A316*
targaouzamore.

A mes deux binômes *Ahmed* et *Seif Eddine*

MEBROUK, Amazigh

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail a :

*A mes cheres parents pour leur soutiens, leur patience
leur encouragement durant mon Parcours scolaire.*

*A mes chères seours Samira, Nouria, Faiza,
Samiha, Nassima et mes chères frère Sefien et
Fahed et leur enfant, particulièrement Younes et
nassim.*

*A mes très chers amis Lyes, Amir, Djamel dinne,
Louhab, Housseem, Amer, Oussama.*

A Ahmed et Amazigh chères amis

Avant d'être binôme.

*Et a l'ensemble des étudiants de la promotion master
LMD/2020-2021. A vous mes amis de la résidence
universitaires Bejaia particulièrement pépinière.*

A tous ceux qui m'aiment.

MOUZAI Seyfeddine

TABLE DES MATIERES

Sommaire

- Listes des figures.
- Liste des tableaux.
- Liste des abréviations.
- Introduction générale.

Chapitre I

Généralités sur les Aciers de construction

Introduction.....	3
I.1 Définition de l'acier.....	3
I.1.1 Classifications des aciers.....	3
I.2.1 Aciers de construction d'usage général (aciers au carbone)	3
I.3 Microstructure des aciers.....	6
I.4 Propriétés mécaniques.....	8
I.4.1 Essai de dureté.....	8
I.4.1.1 Dureté Brinell (symbole HB)	9
I.4.1.2 Dureté Vickers (symbole HV)	10
I.4.1.3 Dureté Rockwell (symbole HR)	10
I.4.2 Micro dureté HV.....	11
I.4.3 La résilience.....	12
I.4.4 La tractions.....	13
I.5 Traitements thermiques des aciers.....	14
I.6 Types de traitement thermique.....	16
I.6.1 La Trempe.....	16

TABLE DES MATIERES

I.6.2 Le Revenu.....	16
I.6.3 Recuit	17
I.7 les transformations de phases à l'état solide des aciers.....	17
I.7.1 Transformation perlitique.....	17
I.7.2 Transformation martensitique.....	18
I.7.3 Transformation intermédiaire (bainitique).....	18
I.8 phénomènes liés aux traitements thermiques.....	19
I.9 Utilisation l'acier construction.....	19

Chapitre II

Techniques Expérimentales

Introduction.....	21
II.1 Présentation du principe de fonctionnement de CEVITAL	21
II.1.1 le Convoyeur à chaîne Redler.....	21
II.1.2 fonctionnement de convoyeur.....	22
II.1.3 Raclette a Redler.....	23
II.2 Préparation des échantillons	23
II.2.1 Découpage	24
II.2.2 Fraisage	26
II.3 Observation métallographique	27
II.3.1 Préparation de surface	27
II.3.2 Polissage mécanique	27

TABLE DES MATIERES

II.3.3 Attaque chimique.....	28
II.3.4 Microscopie optique.....	28
II.4 Essais mécaniques	29
II.4.1 L'essai de dureté.....	30
II.4.1.1 Essai de Brinell.....	30
II.4.1.2 Principe de l'essai de pénétration.....	31
II.4.2 l'essai de résilience.....	32
II.4.2.1 principe de l'essai de résilience	33
II.5 traitements thermiques.....	33
II.5.1 Trempe	34
II.5.2 Revenu.....	34

Chapitre III

Résultats et Discussion

Introduction.....	36
III.1 Résultats microscopique.....	36
III.1.1 Les photos du microscopie optique avec des différents objectif (X20, X40, X60), avons les traitements thermique.....	36
III.1.2 Discussion sur les structures obtenues.....	39
III.2 Résultats sur l'essai mécanique	39
III.2.1 Examen de dureté Brinell	3
III.2.2 Discussion sur les résultats duretés.....	40

TABLE DES MATIERES

III.2.3 Résultats de l'essai de résilience.....	41
III.2.4 Discussion des résultats de l'essai de résilience.....	42
III.3 Résultats microscopique après traitements thermiques	42
III.3.1 Les photos du microscopie optique avec des différents objectifs après traitements thermiques.....	42
III.3.2 Discussion sur les microstructures obtenues.....	45
III.4 Résultats sur l'essai mécanique après les traitements thermiques	46
III.4.1 Résultats de l'essai dureté apert les traitements thermiques sur la température 350°C et 550°C.....	46
III.4.2 Discussion sur les résultats de duretés après les traitements thermiques.....	47
III.4.5 Résultats de l'essai de résilience après les traitements thermiques Pour T 350C° et T 550C.....	48
III.4.6 Discussion des résultats de l'essai de résilience après les traitements thermiques.....	49

Conclusion générale.

Référence bibliographique.

Les annexes.

- ❖ Histoire de CEVITAL.
- ❖ Dessin technique sur tapis à chaîne en CEVITAL avec (SolidWorks)
- ❖ Tableur de couverture (HB), (HV), (HBR).

LISTE DES FIGURES

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 : Diagramme Fer – Carbone.....	5
Figure I.2 : Microstructure d'un acier hypo eutectoïde.....	7
Figure I.3 : Structure perlitique.....	7
Figure I.4 : Microstructure d'un acier hypereutectoïde.....	8
Figure I.5 : Schéma de l'essai Brinell.....	9
Figure I.6 : Principe de la dureté Vickers.....	10
Figure I.7 : Principe de la dureté Rockwell.....	10
Figure I.8 : Mesure de dureté.....	12
Figure I.9 : Schémas de pendule Charpy.....	13
Figure I.10 : Essai de traction et courbe caractéristique.....	14
Figure I.11 : Cycle de traitements thermiques classique.....	15

Chapitre II

Figure II.1 : Convoyeur Redler.....	21
Figure II.2 : Schémas de fonctionnement d'un tapis à chaîne Redler.....	22
Figure II.3 Raclette à Redler.....	23
Figure II.4 : Dessin d'une éprouvette en V.	24
Figure II.5 : Scie à métaux utilisée.....	25

LISTE DES FIGURES

Figure II.6 : Découpage de pièce (raclette d'un tapis chaîne on CEVITAL).....	25
Figure II.7 : Découpage des échantillons.....	26
Figure II.8 : Machine de fraisage utilisé.....	26
Figure II.9 : Machine de polissage utilisée.....	27
Figure II.10 : Microscope optique utilisé.....	29
Figure II.11 : Machine dureté utilisé.....	30
Figure II.12 : Opérante d'essai dureté.....	31
Figure II.13 : Machine de résilience utilisée.....	32
Figure II.14 : Schémas de l'essai Charpy.....	33
Figure II.15 : Four de traitements thermiques utilisés.....	34
Figure II.116 : L'échantillon apte traitements thermiques utilisée.....	35

Chapitre III

Figure III.1 : Photos de microscopie optique avec un objectif X20.....	36
Figure III.2 : Photos de microscopie optique avec un objectif X20	37
Figure III.3 : Photos du microscope optique avec un objectif X40.....	37
Figure III.4 : Photos du microscope optique avec un objectif X40.....	38
Figure III.5 : Photos du microscope optique avec un objectif X60.....	38
Figure III.6 : Photos du microscope optique avec un objectif X60.....	39
Figure III.7 : Histogramme de la dureté en fonction de nombre d'essais réalisés pour notre échantillon.....	41

LISTE DES FIGURES

- Figure III.8** : Photos du microscope traitée à température 350°C (X20).....42
- Figure III.9** : Photos du microscope traitée à température 550°C (X20).....43
- Figure III.10** : Photos du microscope traitée à température 350°C (X40).....43
- Figure III.11** : Photos du microscope traitée à température 550°C (X40).....44
- Figure III.12** : Photos du microscope traitée à température 350°C (X60).....44
- Figure III.13** : Photos du microscope traitée à température 550°C (X60).....45
- Figure III.14** : Histogramme de la dureté Brinell après les traitements thermiques en fonction de nombre essais réalisés à T = 350°C et à T = 550°C.....47

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1: Compositions typiques des aciers.....6

Chapitre II

Tableau II.1 : Dimensions des éprouvettes en V24

Chapitre III

Tableau III.1 : Résultats obtenus par l'essai dureté pour notre matériau40

Tableau III.2 : Résultats obtenus par l'essai de résilience pour notre matériau.....42

Tableau III.3 : Résultats obtenus par l'essai de la dureté après les traitements thermique.....46

Tableau III.4 : Résultats obtenus par l'essai de résilience après les traitements thermique..... 48

Liste des abréviations

A% = Allongement à la rupture.

Fe = Fer.

C = Carbone.

Mn = Magnésium.

Cr = Carme.

Ni = Nital.

F = Force [N].

D = Diamètre [mm].

H = hâture [mm].

HB = Dureté Brinell.

HV = Dureté Vickers.

HR = Dureté Rockwell.

m = masse [kg].

W = énergie en joule [J].

Re = Résistance élastique.

Rm = Résistance maximale.

T = Température.

LISTE DES ABREVIATIONS

t = temps.

B.T.P = Bâtiment Travaux Publics.

CEVITAL = coésite industriel.

V = L'entaille de l'éprouvette.

PC = Portable Computer.

ZHV 10 = nom de microscopie.

X (20, 40,60) = objet de microscopie.

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Les convoyeurs représentent un moyen efficace de circulation des charges. Ce système est fréquemment utilisé dans le transport de matériaux entre les points spécifiques sur un chemin fixe. Il Ya une grande variété de convoyeurs (par exemple, convoyeur à chaîne, a rouleaux, a bande...), qui se différencie en fonction des caractéristiques des charges à déplacer, le déplacement à effectuer ainsi que le domaine d'utilisation, dans la fabrication de convoyeurs est de choisir les mesure, la forme et matériaux (l'acier, aluminium, polymère...cet) pour sa structure solide et résistance .concernant les matériaux, l'acier est le métal préféré pour sa résistance au poids et à la température et l'avantage d'être moins cher que l'inox ou l'aluminium. L'acier présente certains inconvénients tel que la corrosion et la perte des propriétés mécaniques en fonction de la durée de fonctionnement.

Dans notre mémoire, nous avons traité les causes de rupture des raclettes, en acier de construction, d'un convoyeur à chaine par une caractérisation physico-chimique et mécanique de cet acier.

Cet acier est utilisé dans une raclette du convoyeur pour un balayage de sucre roue.

- Dans le premier chapitre de l'étude nous présentons des généralités sur l'acier de construction, la caractérisation mécanique des matériaux, les traitements thermiques.
- Dans le deuxième chapitre nous avons réalisé des éprouvette et échantillons de notre matériau et nous l'avons soumis à différentes sollicitations puis nous avons fait le traitement thermique de ce dernier.
- Dans le dernier chapitre nous avons collecté tous les résultats et discussions de notre travail.

Chapitre I

Généralités sur les Aciers
de construction

I Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter les généralités des aciers construction, les propriétés physique et chimique et caractérisation par essais mécaniques constituent une étape indispensable permettant de prendre de connaissance des propriétés des matériaux et de les destiner à des usages bien définis. Effectués en laboratoire ou sur le terrain, ils apportent des renseignements relativement précis et fiables sur les performances d'un matériau. Parmi ces essais, on recourt souvent à l'essai de dureté, de résilience... etc.

I.1 Définition de l'acier

L'acier est un alliage fer carbone, contenant moins de 2% de carbone. Il peut être répertorié selon cette teneur en carbone qui fixe son niveau de dureté maximale à l'état trempé. Un acier de haute teneur en carbone sera employé pour ça grande dureté alors qu'un acier de teneur plus faible est moins dur et plus malléable. Il contient généralement des petites quantités d'autres éléments que le fer et le carbone incorporé volontairement ou non, au cours de son élaboration. On peut également ajouter des quantités plus importantes d'éléments d'alliage il est considéré comme un acier allié [1,2].

I.2 Classifications des aciers

De fait nombre élevé d'éléments ajoutés au fer et de la gamme étendue de leur teneur, on dénote un très grand nombre de nuances différentes.

On peut classer les divers types d'alliages à base de fer selon leur composition chimique ou selon leur domaine d'application. L'adoption de cette dernière nous permet de recenser quatre familles d'aciers:

- Les aciers de traitements thermiques, alliés ou non ;
- Les aciers d'outils ;
- Les aciers inoxydables ;
- Les aciers au carbone de construction d'usage général.

I.2.1 Aciers de construction d'usage général (aciers au carbone)

Dans les groupes des aciers de construction, on trouve les aciers au carbone et les aciers faiblement alliés, destinés à la fabrication des éléments de machines, utilisés dans la construction des ouvrages d'art et des édifices. La teneur en carbone dans ce groupe d'aciers ne dépasse pas 0,5 à 0,6 %.

Un acier de construction doit posséder en plus des bonnes propriétés mécaniques, de bonnes propriétés technologiques telles que se prêter bien au formage (laminage, forgeage, emboutissage, ...etc.), à l'usinage, au soudage, avoir une pénétration de trempe élevée et une faible aptitude aux déformations et aux tapures de trempe.

Ils sont moins purifiés et contiennent donc plus de soufre, de phosphore et certaines autres inclusions non métalliques. Ils sont employés pour des pièces peu importantes tels que les fers marchands, laminés à chaud (poutres, barres, cornières, tôles, ...).

Ils sont très employés aussi dans la fabrication des éléments de machines peu importantes (axes, arbres, pignons, doigts de chenilles, bagues, boulons, écrous), les propriétés mécaniques d'un acier ordinaire peuvent être sensiblement améliorées par un traitement thermique (généralement une trempe à l'eau après chauffage). Ainsi après trempe à l'eau, la limite élastique des tôles laminées s'accroît légèrement sans que la plasticité ne se dégrade (Allongement à la rupture $A\% = I5$ à 26%).

Pour les constructions soudées, on utilise essentiellement les aciers calmés et semi-calmés à faible teneur en Mn et Si. Les aciers prévus à cet effet doivent avoir une faible aptitude au vieillissement thermique.

A l'état normalisé, la résistance de ces aciers est plus grande que celle des aciers à bas carbone, alors que la plasticité est plus basse. A l'état recuit, ces aciers se prêtent bien à l'usinage. L'acier à 0,45 % C est souvent utilisé pour les roues dentées et les arbres. Les aciers contenant entre 0,6 et 0,85 % C possèdent une résistance et une limite élastique plus grandes et une tenue à la l'usure plus élevée. Ils s'emploient après trempe et revenu, normalisation et revenu, ainsi qu'après trempe superficielle pour la fabrication des ressorts, tiges, rondelles, cylindres de laminoirs, etc.

Les aciers au carbone de qualité, contiennent du manganèse (0,7 à 1) %, ce qui permet d'améliorer la résistance en augmentant la pénétration de trempe et de réduire légèrement la plasticité.

Les aciers contenant entre 0,6 et 0,85 % C possèdent une résistance et une limite Les aciers à teneur moyenne en carbone (0,3 à 0,5)%, s'emploient après une normalisation, une amélioration et une trempe superficielle pour des pièces très variées dans la construction mécanique (vilebrequins, bielles, pignons, tiges...etc.).

A l'état normalisé, la résistance de ces aciers est plus grande que celle des aciers à bas carbone, ces aciers se prêtent bien à l'usinage [3].

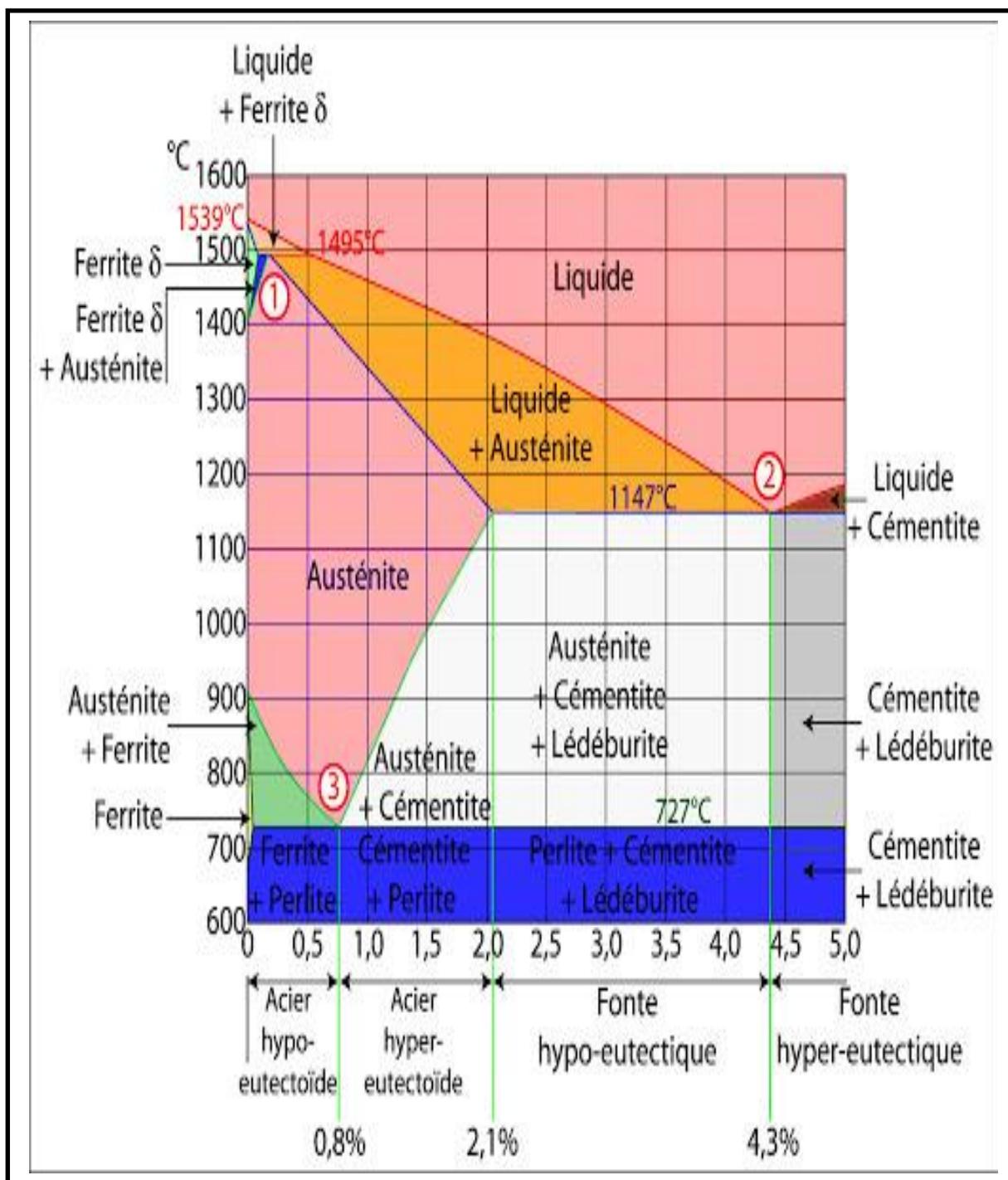


Figure I.1 : Diagramme Fer-Carbone [4,5].

Tableau I.1: Compositions typiques des aciers [6].

Métal	Composition typique (m%)	Utilisation
Acier doux à faible teneur en carbone	Fe + 0,04 – 0,3 %C (+ - 0,8 Mn)	Faibles Contraintes (aciers de construction, bonne soudabilité)
Acier à moyenne teneur en carbone	Fe+0,3- 0,7 %C(+0,8 Mn)	Contrainte moyennes (pièces mécanique, boulons, écrous, arbres, engrenage)
Acier à forte teneur en Carbone	Fe + 0,7- 1,7 %C (+0,8Mn)	Forte contraintes (ressort, outils de coupe, de filage)
Acier faiblement allié	Fe + 0,2 %C 0,8Mn Cr 2Ni	Forte contraintes : réservoirs de pression, aéronautique
Acier fortement allié (inoxydable)	Fe + 0,1C 0,5 Mn18Cr 8 Ni	Usage à haute température et anticorrosion, usines chimique.

I.3 Microstructure des aciers

On distingue trois types d'aciers, selon la teneur en carbone:

- L'acier du type hypo eutectoïde : (% C compris entre 0,002% et 0,85%) formé de perlite (ferrite α + cémentite Fe_3C), caractérisé par une structure en lamelles enveloppée dans une phase ferritique [7].

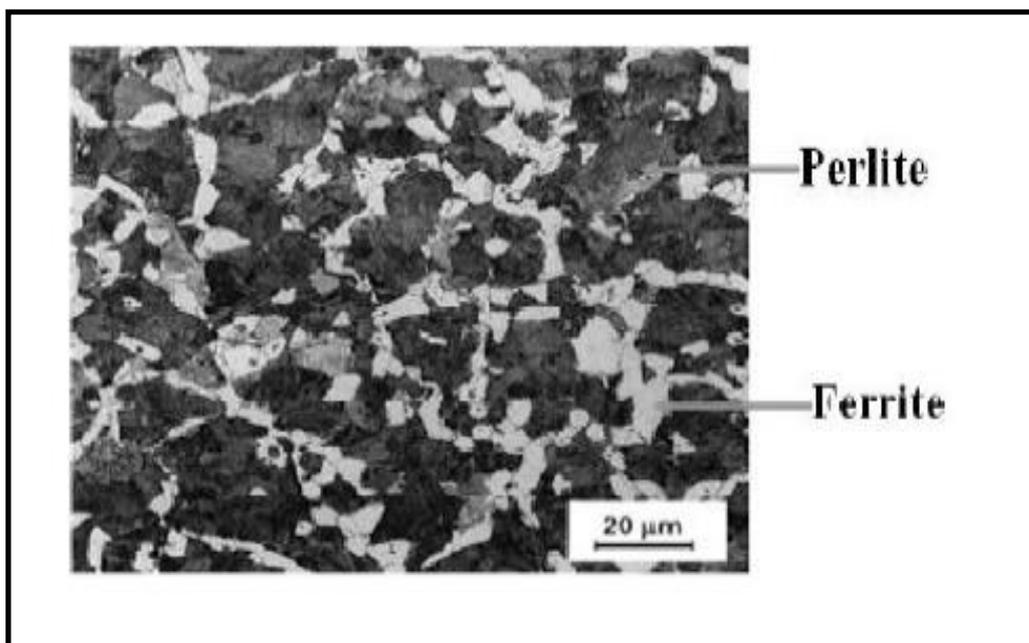


Figure I.2: Microstructure d'un acier hypo eutectoïde [7].

- L'acier du type eutectoïde (%C = 0,85%) formé de 100% perlite (ferrite α + cémentite Fe_3C) caractérisée par une structure en lamelles. [7]

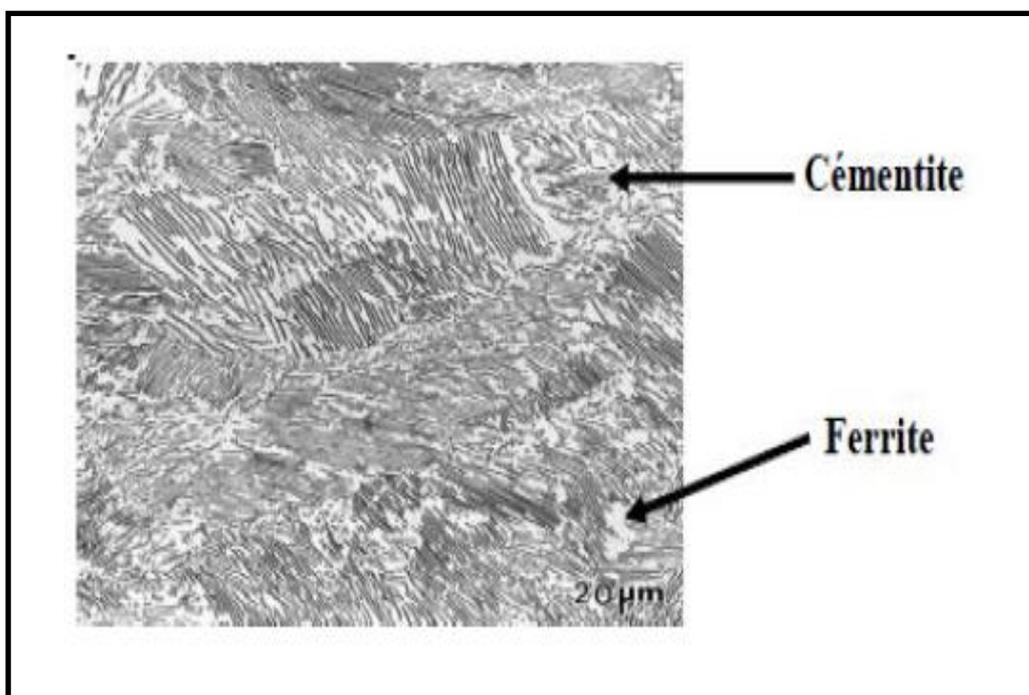


Figure I.3 : Structure perlitique. [7]

- L'acier du type hyper eutectoïde (%C = 0.85% - 2.1%) formé de perlite (ferrite α + cémentite Fe_3C), caractérisée par une structure en lamelles enveloppée dans la cémentite.[7]

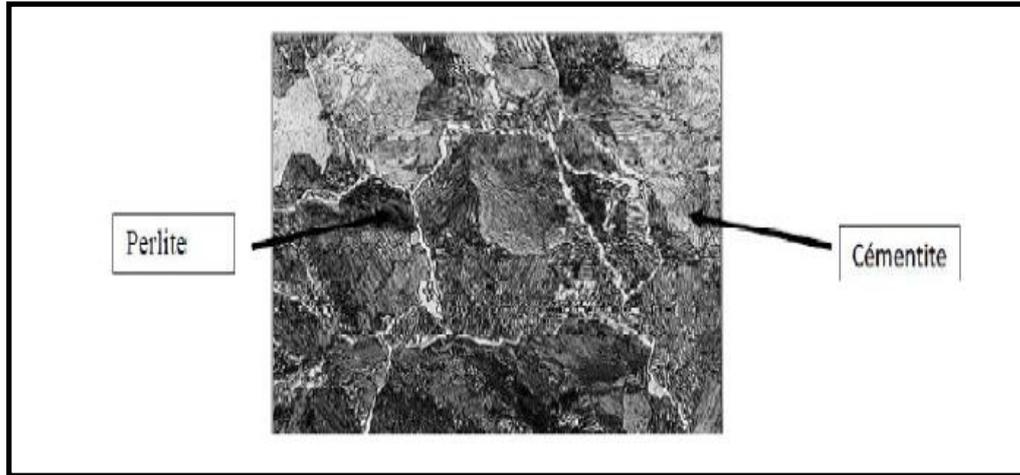


Figure I.4: Microstructure d'un acier hyper eutectoïde [7].

I.4 Propriétés mécaniques

Les caractéristiques mécaniques de l'acier qui font l'objet de garanties dans les normes de produit ou qui attestent la conformité d'une fabrication sont déterminées suivant des processus normalisés.

I.4.1 Essai de dureté

Les essais de dureté sont d'une grande utilité pour le métallurgiste à cause de leur simplicité et de leur caractère destructif. Mais il faut bien noter que la dureté n'est pas une propriété simple des matériaux métalliques. La dureté caractérise la résistance à la déformation et les valeurs obtenues permettent certains classements. Cependant, le processus opératoire doit être très précis pour assurer la reproductibilité et la fidélité des résultats. C'est ce qui explique le grand nombre de normes dans ce domaine, pour les essais proprement dits, les machines d'essais et l'étalon [8,9].

I.4.1.1 Dureté Brinell (symbole HB)

Il consiste à imprimer dans la pièce à essayer une bille en acier ou en carbure de tungstène de diamètre D sous une charge F , et à mesurer le diamètre d de l'empreinte laissée sur la surface après enlèvement de la charge [8].

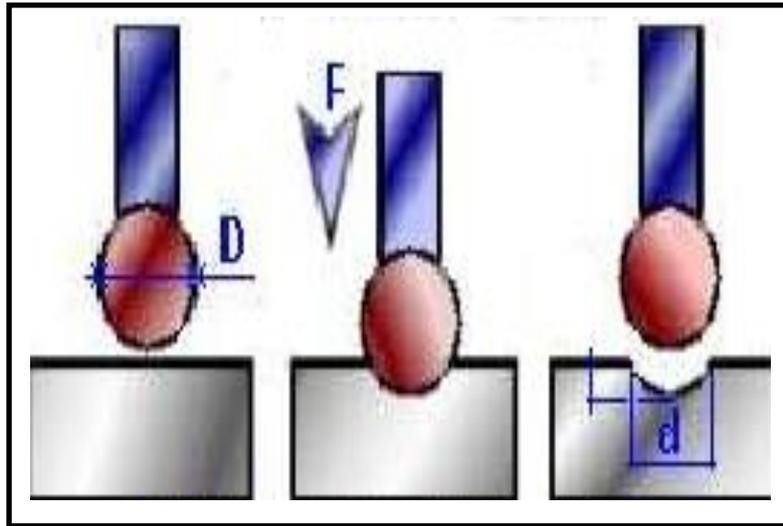


Figure I.5 : Schéma de l'essai Brinell [8].

$$HB = 0,102 \cdot \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

F : force appliqué.

HB : dureté Brinell.

D : le diamètre de la bille.

d : moyenne de l'empreinte.

II.4.1.2 Dureté Vickers (symbole HV)

Il consiste à imprimer dans la pièce à essayer un pénétrateur en forme de pyramide droite, à base carrée, d'angle au sommet 136° , sous une charge F , et à mesurer la diagonale « d » de l'empreinte laissée sur la surface après enlèvement de la charge [9].

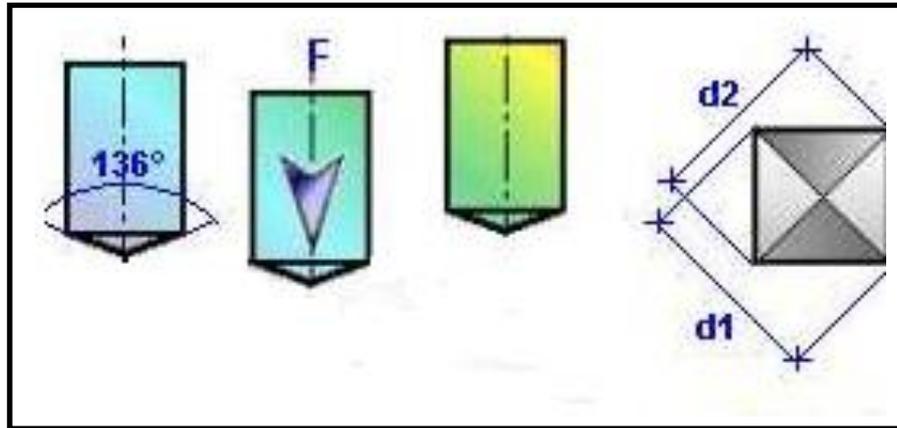


Figure I.6 : principe de la dureté Vickers [9].

I.4.1.3 Dureté Rockwell (symbole HR)

Il consiste à imprimer, en deux temps, dans la couche superficielle de la pièce à essayer, un pénétrateur normalisé (cône en diamant ou d'une bille en acier trempé) et à mesurer l'accroissement rémanent « e » de la profondeur de pénétration [9].

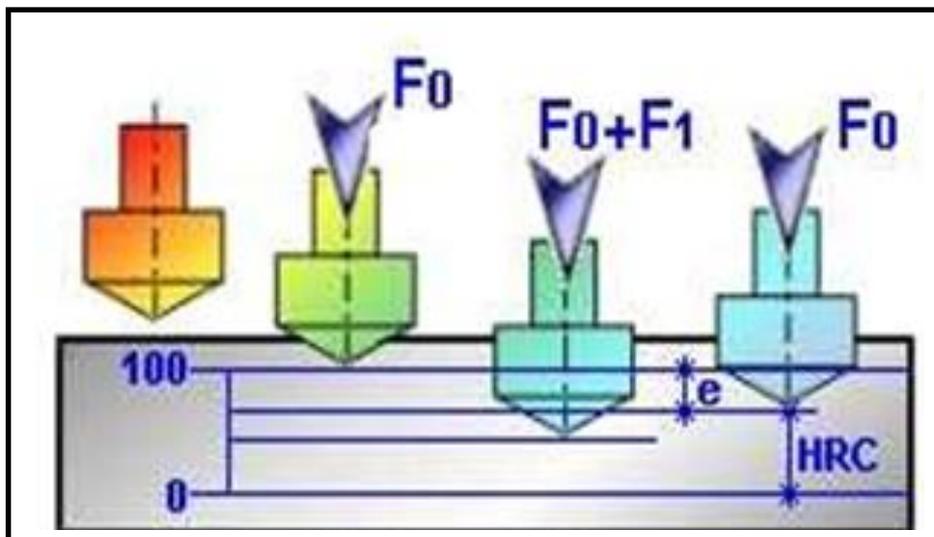


Figure I.7 : Principe de la dureté Rockwell [9].

HR : dureté Rockwell.

F₁ : force appliqué.

F₀ : pré charge.

e : profondeur de l’empreinte.

I.4.2 Micro dureté HV

La méthode consiste à polir la surface ensuite à l’attaquer chimiquement pour voir les différentes phases en présence. La machine de mesure est munie d’un microscope et d’un micro-indenteur. On choisit la phase à mesurer par le microscope, un pénétrateur en diamant en forme de pyramide pénètre dans la phase et forme une empreinte dans la région voulue. En mesurant la longueur des diagonales d_1 et d_2 de l’empreinte, la dureté HV est donnée selon la formule suivante [10].

$$\mathbf{HV} = \mathbf{0.189} \times \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{D}^2}$$
$$\mathbf{D} = \frac{\mathbf{d_1} + \mathbf{d_2}}{\mathbf{2}}$$

HV : dureté Vickers.

F : force appliqué.

D : moyenne des diagonales de l’empreinte.



Figure I.8 : la mesure de dureté HV [10].

I.4.3 La résilience

La résilience d'un matériau est une propriété mécanique qui traduit l'aptitude du matériau à absorber de l'énergie après un choc mécanique.

La mesure de la force résiduelle pour la rupture d'un matériau est une notion introduite pour la première fois en 1897 par l'américain Russel.

Ce chercheur inventa en 1896 une machine d'En 1901, un pendule Charpy du nom de son inventeur Georges Charpy, a été proposé. Il a introduit une méthode simple et efficace pour calculer la résilience des matériaux, en particulier les métaux, et contrairement à Russel il a tenu compte de la présence de l'entaille, et la considéra comme fondamentale et standardisa sa forme [11].

$$K = m \cdot g \cdot (h_0 - h_1)$$

m = masse du mouton-pendule [kg]

g = Accélération de la pesanteur. [$m \cdot s^{-2}$] (9.80665)

h_0 = hauteur du mouton-pendule à sa position de départ [m]

h_1 = hauteur du mouton-pendule à sa position d'arrivée [m]

La graduation de la machine permet généralement d'obtenir directement la valeur de l'énergie en Joule [12].

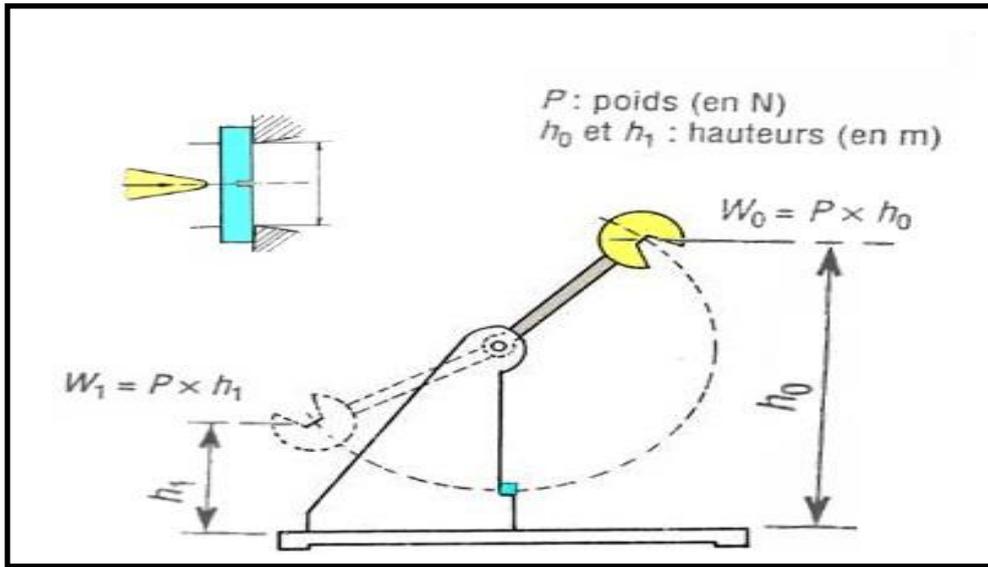


Figure I.9 : Schéma de pendule Charpy [11].

I.4.4 La traction

Cette essai consiste à placer une petite barre (éprouvette) du matériau à étudier entre les mâchoires d'une machine de traction qui étire l'éprouvette dans le sens uni axial, jusqu'à sa rupture et permet de déterminer ainsi, l'ensemble des propriétés mécaniques du matériau considéré [13,14] :

- déterminer le comportement élastique d'un matériau ;
- mesurer le degré de résistance à la rupture d'un matériau ;
- allongement à la rupture ;
- le coefficient de striction $Z\%$;
- le coefficient d'écroutissage ;
- la résistance mécanique.

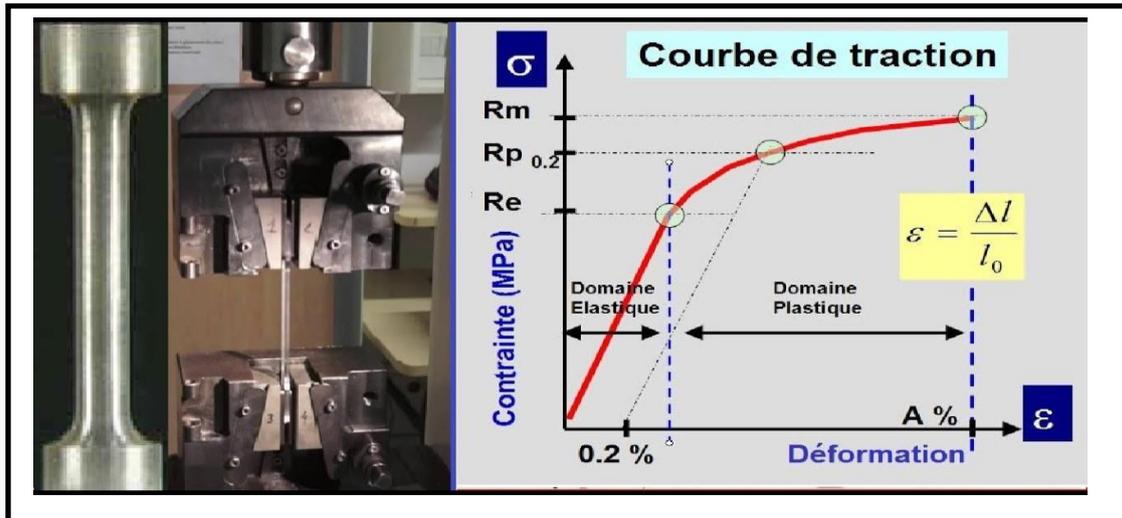


Figure I.10 : Essai de traction et courbe caractéristique [13,14].

$$\sigma = E \times \varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0}$$

σ = contrainte.

ε = allongement.

E = module de Young.

I.5 Traitement thermique des aciers

Les traitements thermiques sont constitués par un certain nombre d'opérations combinées de chauffage et de refroidissement ayant pour but :

- d'améliorer les caractéristiques mécaniques (R_e , R_m , $Z\%$, $A\%$,...etc.) des aciers et les rendre plus favorables à une utilisation industrielle donnée ;
- permettant à des pièces de mieux résister à l'usure ou aux chocs ;
- de régénérer un métal qui présente un grain grossier (affiner les grains, homogénéiser la structure) cas des aciers ayant subi le forgeage ;

- de supprimer les tensions internes (écrouissage) des aciers avant subit une déformation plastique à froid (emboutissage, fluotournage).

En dehors du recuit de recristallisation qui permet de supprimer l'écrouissage, les traitements thermiques ne s'appliquent pas aux métaux purs, mais seulement à quelques alliages pour lesquels on recherche principalement une augmentation de la limite élastique et une diminution de la fragilité. En générale les traitements thermiques ne changent pas la composition chimique de l'alliage [15,16].

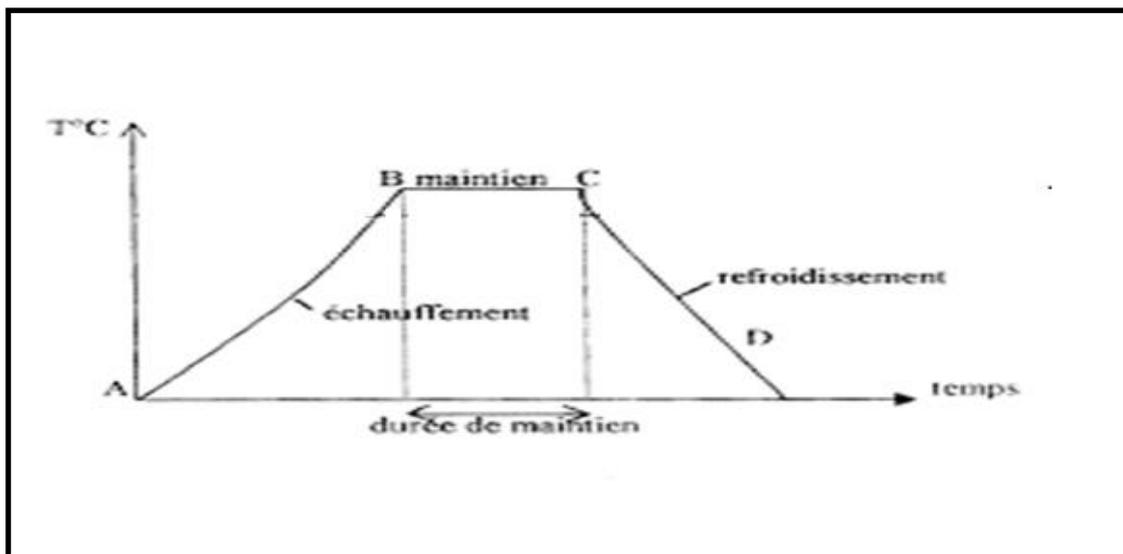


Figure I.11: Cycle de traitement thermique classique [15,16].

Le schéma d'un traitement thermique comporte les domaines suivants :

- domaine AB : Echauffement à températures supérieures aux températures de Transformation ;
- Domaine BC : Maintient à une température définie ;
- Domaine CD : Refroidissement avec une vitesse donnée ;

I.6 Type de traitement thermique

I.6.1 La Trempe

La trempe consiste un refroidissement rapide d'un acier austénites et pour le but de donner à l'acier la plus grande dureté possible par formation de la martensite ou de la perlite fine.

Avant la trempe, la mise en solution de l'ensemble des éléments chimiques et constituants de l'acier par le traitement d'austénitisation est impérative. La température d'austénitisation, aussi appelée "température de trempe", dépend de la teneur en carbone de l'acier; elle doit être située dans le domaine austénitique du diagramme Fe-C. [15]

I.6.2 Revenu

Un acier trempé est dur, mais généralement beaucoup trop fragile pour être utilisé directement. Le revenu consiste à chauffer une pièce qui vient d'être trempée à une température inférieure au point de transformation, à la maintenir à cette température, puis à la refroidir généralement à l'air, parfois à l'eau. Le revenu a pour but d'éliminer les contraintes résiduelles provenant de la trempe et d'augmenter la ténacité. L'augmentation de la ténacité s'obtient malheureusement toujours plus ou moins au détriment de la dureté et de la limite d'élasticité. Les contraintes résiduelles se forment en raison des grandes différences de température entre le cœur et la surface de la pièce lors de la trempe. La dilatation thermique provoque des contraintes qui dépassent la limite d'écoulement plastique et parfois même la résistance à la rupture (fissures de trempe).

D'autres contraintes résiduelles, qui varient fortement d'un grain à l'autre, prennent naissance lors de la transformation martensitique et ont pour origine le changement de la forme (cisaillement des atomes le long des plans cristallographiques) et le changement de volume qu'entraîne cette transformation.

Le revenu permet de transformer graduellement l'état martensitique - métastable - vers un état d'équilibre, caractérisé par la coexistence de ferrite et de cémentite. L'augmentation de la température permet la germination et la croissance de la cémentite et, le cas échéant, des carbures. La martensite s'appauvrit ainsi en carbone et sa maille cristalline se transforme continuellement dans la maille cc de la ferrite. Les distorsions du réseau cristallin,

caractéristiques pour les microstructures martensitiques, et avec eux les contraintes résiduelles, à l'origine de la fragilité, sont relâchées. Les propriétés mécaniques que l'on obtient après un revenu de 30 min sont représentées dans le diagramme de revenu et qui est normalement fourni par le fabricant de l'acier [17].

I.6.3 Recuit

Le recuit a pour but d'adoucir les acier en éliminant les effets des étapes intérieures de leur cycle de fabrication (écrouissage ou trempe), ainsi que les effets hétérogénéités de structure imputables a leur élaboration (forgeage, laminage, soudage) les recuits permettent en outre de retrouver les structures d'équilibre des aciers [18].

I.7 Les transformations de phases à l'état solide des aciers

Le traitement thermique de l'acier commence lorsqu'il est porté à haute température dans un domaine austénitique. L'austénite possède alors deux caractéristiques intéressantes :

- Composition et l'homogénéité de la composition ;
- La grosseur du grain.

Au refroidissement, l'austénite se transforme en ferrite et carbure. En ajustant les conditions de refroidissement, en particulier la vitesse, il est possible de contrôler la structure microscopique, autrement dit le mode de répartition des carbures dur dans la matrice ferritique douce. La décomposition de l'austénite ne commence pas instantanément lorsque la température atteint celle qui, au bout d'un temps de maintien suffisant, entraîne sa décomposition isotherme [19].

I.7.1 Transformation perlitique

Au cours d'un refroidissement lent, à la vitesse de 2 à 3 °C / mn, l'austénite se transforme en ferrite et en carbure lamellaire [19].

A haute température, l'austénite homogène présente une distribution embryonnaire caractéristique. Le franchissement de la température de transformation entraîne une évolution

de cette distribution pendant laquelle on n'observe aucune transformation, le temps nécessaire pour atteindre ce nouvel état est appelé temps d'incubation.

A température 200 légèrement (pour un acier proche de la composition eutectoïde), l'énergie motrice de la transformation est négligeable est-il s'ensuit une faible vitesse de réaction qu'on observe après temps d'incubation important.

A température 400, c'est-à-dire vers 500°C, l'énergie motrice de la transformation devient très importante, mais l'abaissement de la température ralentit considérablement, la vitesse de diffusion du carbone qui apparaît Comme le facteur contrôlant la transformation et expliquant l'importance du temps d'incubation.

Vers 600 °C, l'énergie motrice et la vitesse de diffusion ont des valeurs telles que la formation de la perlite se manifeste après un très court temps d'incubation.

Pour un acier hypo eutectoïdes, la transformation commence par l'apparition de la ferrite aux joints des grains austénitiques; simultanément, l'austénite restante s'enrichit en carbone jusqu'à atteindre la composition eutectoïde.

La perlite apparaît sous forme de colonies ou l'agrégat ferrite –cémentite progresse, sans relation d'orientation cristallographique avec le grain d'austénite mère.

I.7.2 Transformation martensitique

Cette phase cristallise dans le système quadratique. On peut la considérer comme une solution solide de carbone dans le réseau distordu de la ferrite. Cette distorsion est la caractéristique d'un acier refroidi rapidement depuis la température de l'austénitisation.

La martensite possède une grande dureté ($HV = 700$ à 900), mais présente l'inconvénient d'être très fragile. Elle est ferromagnétique comme la ferrite.

La martensite peut se présenter sous différentes morphologies : massive ou aciculaire. Cette dernière forme est de loin la plus répandue dans le cas des aciers faiblement alliés [19].

I.7.3 Transformation intermédiaire (bainitique)

Mélange de fines plaquettes de carbures Fe_3C et $(Fe_2 4C)$ dans une matrice de ferrite. Accompagne souvent la martensite dans les aciers trempés .moins dur, mais moins fragile que la martensite.

La transformation perlitique est contrôlée par un mécanisme de diffusion, alors que la transformation martensitique procède par cisaillement et en absence de diffusion.

La transformation bainitique est intermédiaire entre les deux précédentes, puisque le mécanisme mis en jeu est mixte : on observe simultanément un phénomène de cisaillement de l'austénite en ferrite, et une diffusion à courte distance du carbone [20].

I.8 phénomènes liés aux traitements thermiques

Les traitements thermiques peuvent entraîner divers incidents par fois indésirable dont les plus connus sont [21] :

- Surchauffe : un chauffage effectué à de très hautes températures ou pendant de durées prolongées engendre un grossissement exagéré des grains, appelé surchauffe.
- Ce phénomène est généralement accompagné d'une dégradation des propriétés mécaniques et contraintes propres provoquées par les gradients de températures au chauffage et au refroidissement, entre les divers points de la pièce.
- tasures (fissures) : elles se forment le plus souvent au cours de la trempe. Pour parer à ce défaut ; on recommande lors de l'élaboration des pièces, d'éviter les saillies, les angles vifs, les raccordements brusques.
- déformation et gauchissements : concernent surtout les pièces trempées à cause d'un refroidissement non homogène
- au début, seules les couches externes se refroidissent et donc se transforment en martensite, ce qui provoque des contraintes de traction sur le cœur de la pièce qui est encore plastique, puis les couches internes se transforment à leur tour. La dilatation correspondante, peut exercer sur les couches superficielles plus froides donc peu plastiques un effort de traction de cœur étant en état de compression.
- les contraintes propres peuvent dépasser la limite élastique et induire des déformations permanentes qui se traduisent par des déformations externes des pièces.

I.9 Utilisation des aciers construction

Le secteur automobile est le second marché, derrière le bâtiment, pour l'emploi de l'acier sous toutes ses formes. En effet, on retrouve le matériau phare dans la carrosserie, le moteur, la direction, le châssis, ou encore dans la carcasse du pneu. Les statistiques dévoilent que l'acier représente plus de la moitié du poids d'une voiture finie.

A l'heure actuelle le monde du bâtiment est le premier domaine dans lequel on utilise l'acier.

Ce dernier est présent à tous les stades, que ce soit pour les tuyaux de transport d'eau et de gaz, la consolidation du béton, ou encore le squelette de bâtiments tels que les musées, les écoles, les usines, les maisons... l'acier dans le B.T.P., est l'élément incontournable en raison de sa solidité et de sa grande malléabilité [22].

Par exemple: L'inox, acier allié au nickel et au chrome, est très utilisé pour les couverts ou les casseroles. Les boîtes de conserve, les tubes de rouge à lèvres, les pots de peinture ou encore les aérosols sont quant à eux fabriqués à partir de feuilles d'acier. Dans le domaine médical les propriétés de l'acier, sont notamment sous forme inox. Neutre par rapport au tissu humain, ce dernier est ainsi utilisé pour les prothèses, les aiguilles, ou encore les bistouris servant à opérer.

Chapitre II

Techniques Expérimentales

II. Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter le matériau étudiés raclette d'un tapis à chaîne, le mode de préparation des échantillons, les investigations expérimentales utilisées pour l'élaboration des aciers étudiés et les techniques et les équipements utilisés. On décrira les différentes conditions des expérimentations réalisées et la méthodologie concernant l'obtention, les zones formées lors de ces traitements et leurs structures ; le comportement mécanique la dureté et résilience. L'étude de caractérisation sera réalisée à l'aide de méthodes expérimentales appropriées. Les couches formées lors de ces traitements seront identifiées par l'analyse métallographique à l'aide d'un microscope optique et le comportement de la dureté et résilience des échantillons avant et après traitement thermique.

II.1 Présentation du principe de fonctionnement d'un tapis à chaîne de CEVITAL

II.1.1 Le Convoyeur à chaîne Redler

Le convoyeur à chaîne ou REDLER est idéal pour transporter sans problèmes et sur de longues distances tout type de produit en granulés (céréales, graines, copeaux de bois, grignons, etc.), que ce soit à l'horizontale ou avec des inclinaisons prononcées. Il est fabriqué de façon modulaire et est facile à monter et à entretenir. Son système moteur peut être à actionnement direct ou à chaîne selon les caractéristiques techniques requises.

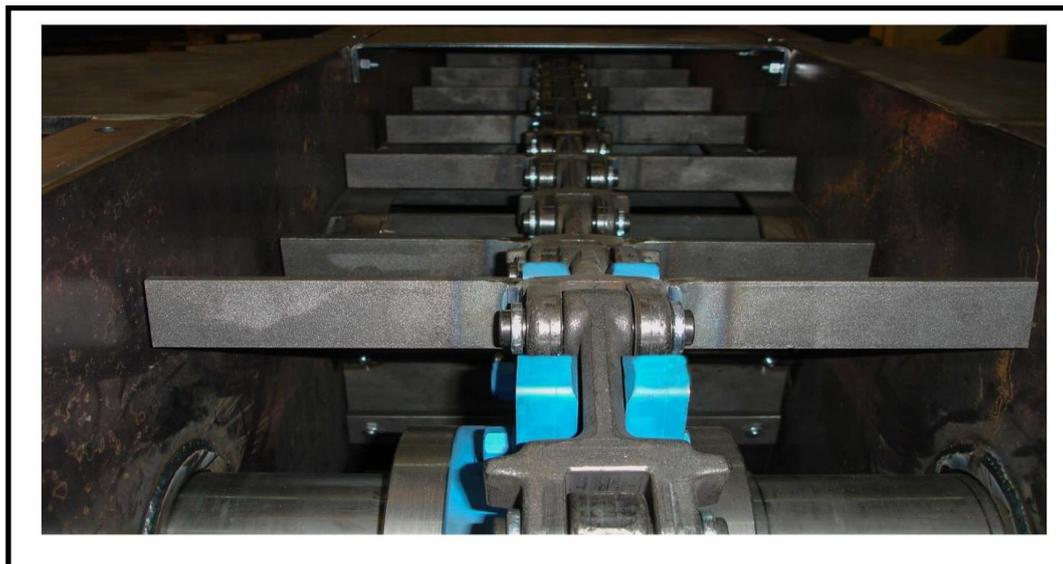


Figure II.1 : Convoyeur Redler.

II.1.2 Fonctionnement de convoyeur

La matière première arrive dans le silo pour être distribuée sur le tapis. Ce dernier a le même concept que le tapis roulant classique, il nous permet de déplacer sur des distances courtes tout type de granulés par poussage.

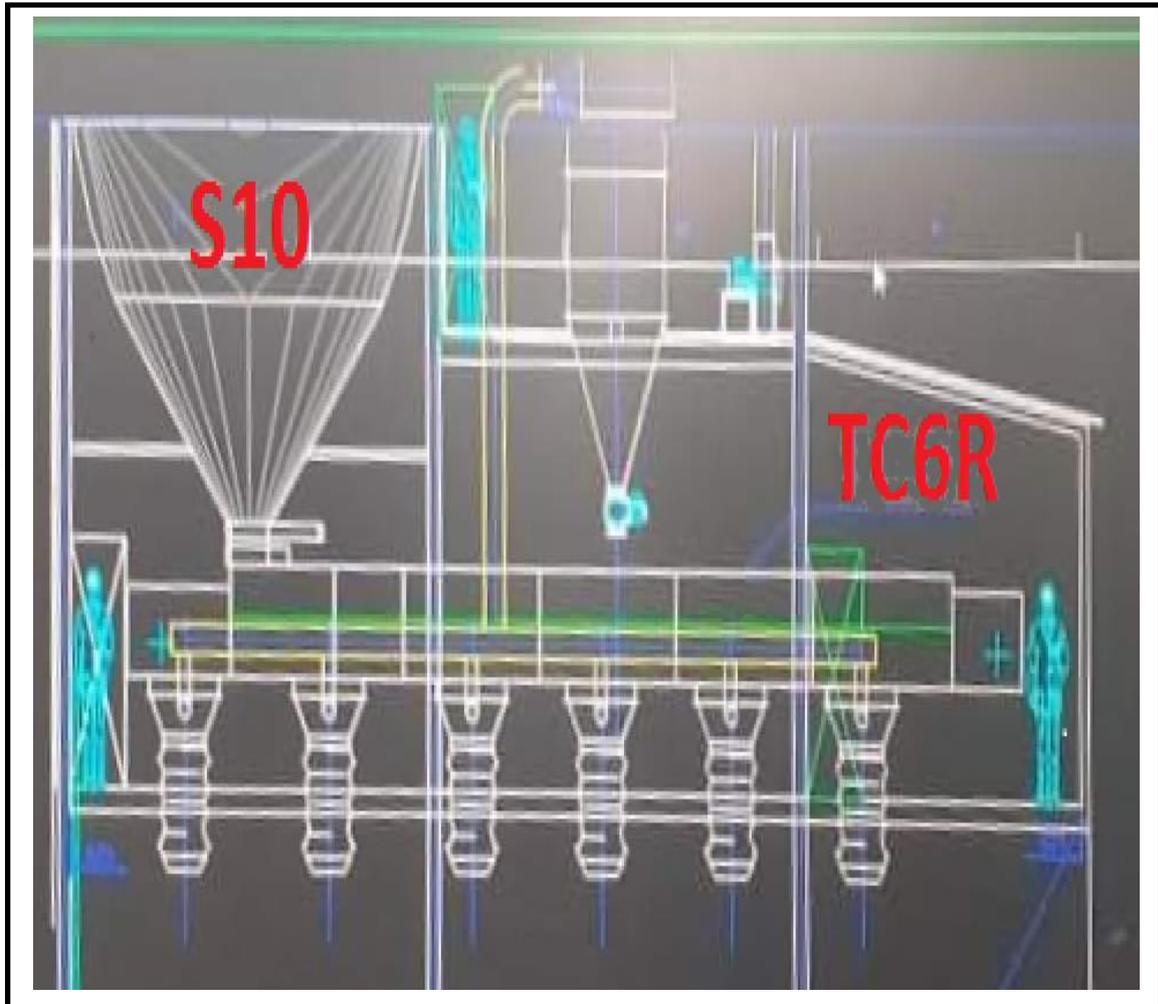


Figure II.2: Schémas de fonctionnement d'un tapis à chaîne Redler.

T : tapis ;

C : chaîne ;

6 : numéro de tapis ;

R : référence et type de tapis a chaîne (REDLER) ;

S10 : matricule de silo.

II.1.3 Raclette a Redler

Son design étanche permet d'empêcher toute fuite de produit et protège ce dernier de la pluie et des phénomènes climatiques externes. Son transport s'effectue par chaînes d'entraînement simple ou double selon l'application

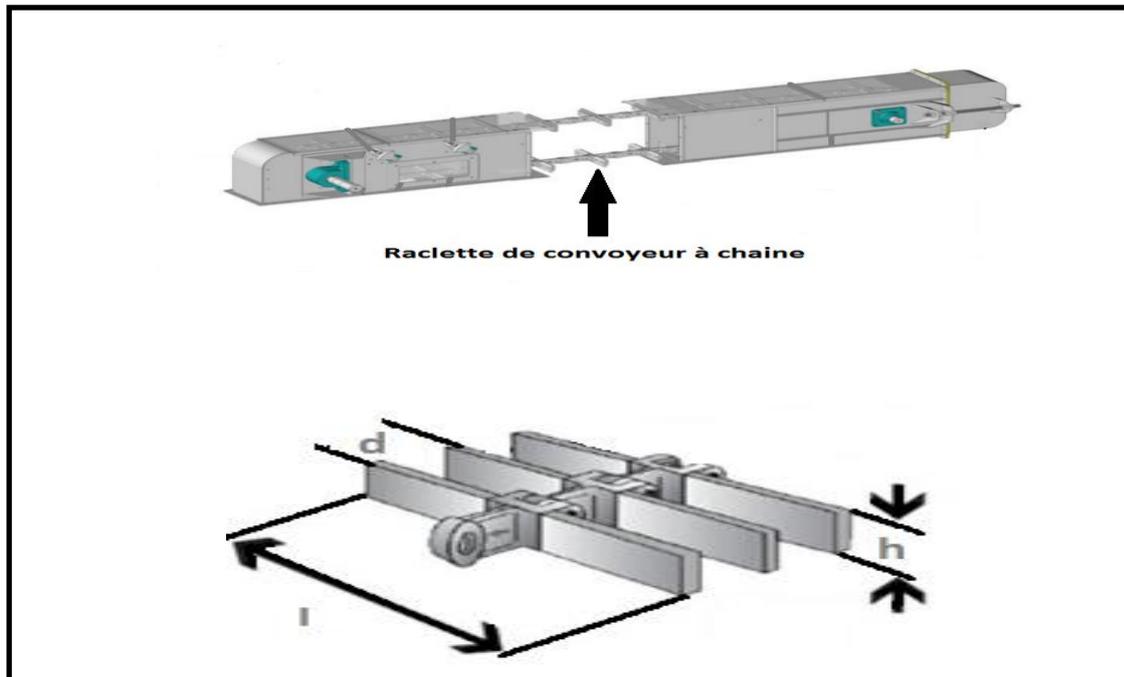


Figure II.3 Raclette à Redler.

d : 1000 mm

h : 44 mm.

L : 400 mm.

e : 9 mm

II.2 Préparation des échantillons

Au cours du processus d'élaboration de nos échantillons (acier en raclette d'un tapis à chaîne on CEVITAL), nous avons découpé des échantillons pour la métallographie et pour l'essai de dureté Brinell, ainsi des éprouvettes pour l'essai de résilience.

Nous avons préparé des éprouvettes de résilience selon les dimensions suivantes :

Tableau II.1 : Dimensions des éprouvettes en V.

Dimensions en mm Epreuve en V	
Longueur	55 mm
Hauteur (épaisseur)	08 mm
Largeur	10 mm
Hauteur éprouvette à fond d'entaille	2 mm
Angle à fond d'entaille	0,25 mm
Angle de l'entaille	45°

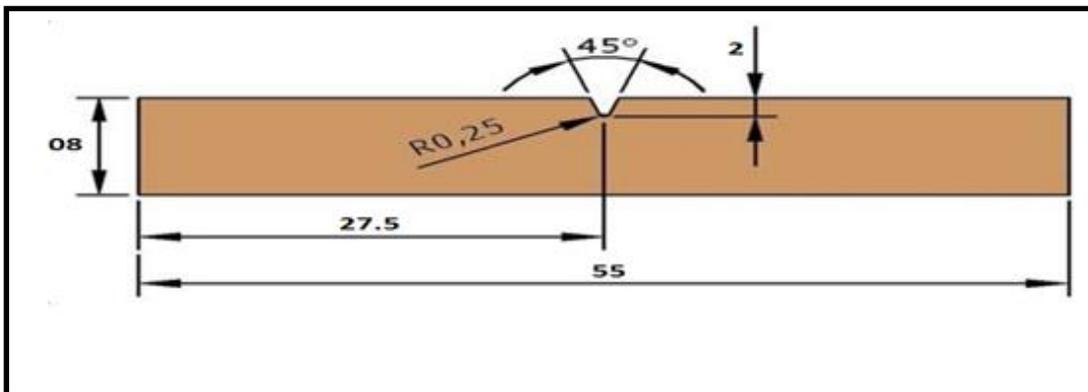


Figure II.4 : Dessin d'une éprouvette en V.

II.2.1 Découpage

On effectue un découpage avec la machine de cisailage des métaux l'aide de lubrifiant (pour éviter tout échauffement du matériau). On a découpé notre matériau sur trois parties avec une scie à métaux, figure II.5.



Figure II.5 : Scie à métaux utilisée.

On a extrait quatre parties, figure II.6 :

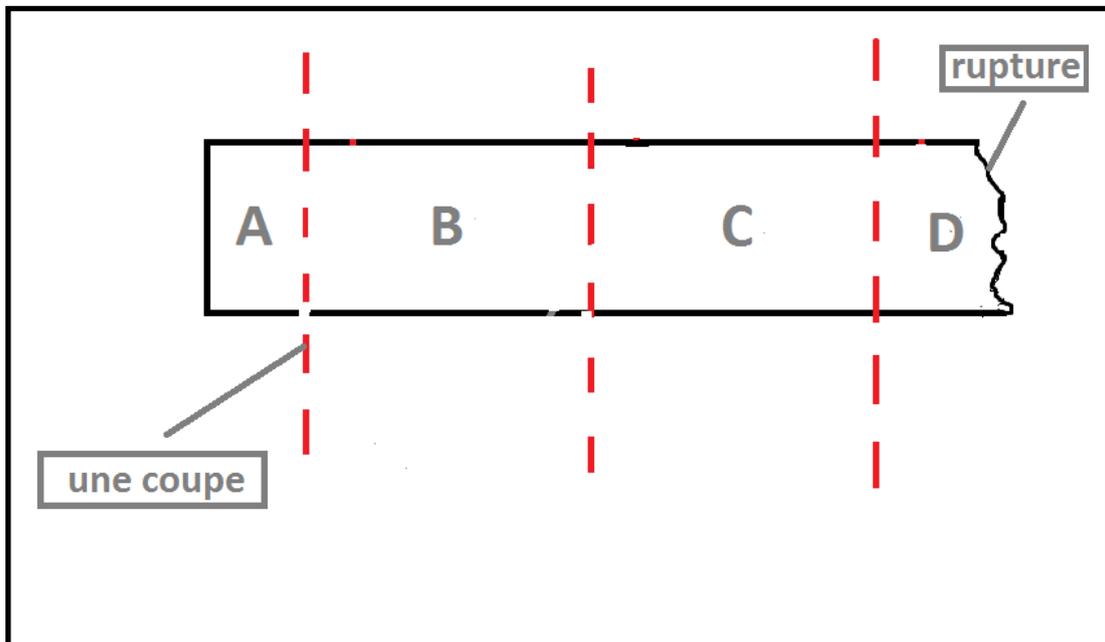


Figure II.6 : Le découpage de pièce (raclette d'un tapis chaîne on CEVITAL)

Après on a choisi la partie (B) et (C) pour un autre découpage horizontal 11 mm.

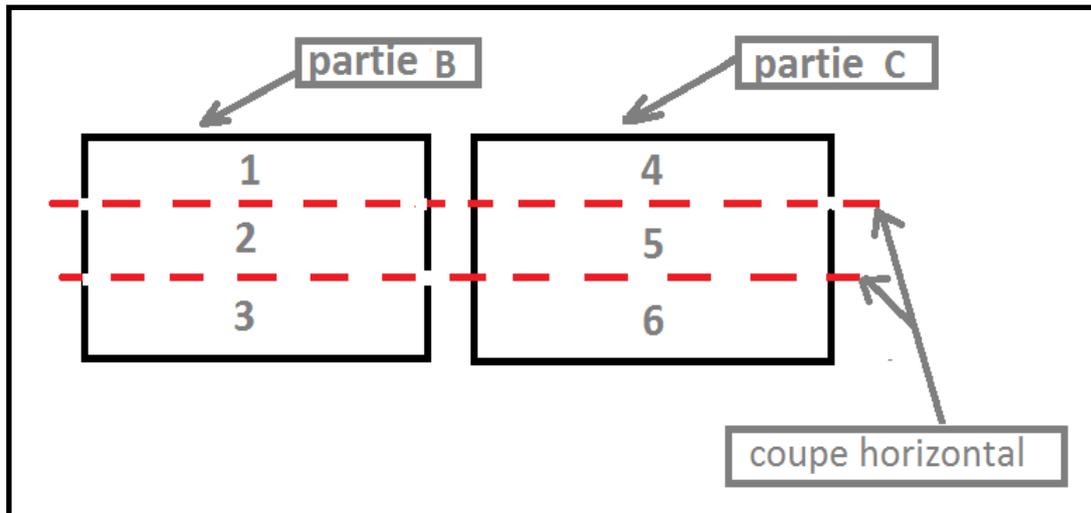


Figure II.7 : Découpage des échantillons.

II.2.2 Fraisage

On a frisé les morceaux (1.2.3.4.5.6) avec un outil : pastille masser 2525 M12 avec une vitesse de coupe 500 tr/m pour des bons états de surface et mesure.

Par suite on a réalisé l'entallée en (V) avec un outil fabriqué.



Figure II.8 : Machine de fraisage utilisée [22].

II.3 Observation métallographique

II.3.1 Préparation de surfasse

On a découpé la partie (A) (figure II.6), en des petits morceaux de surface 1.5 à 2 cm².

II.3.2 Polissage mécanique

Le traitement de polissage réalisé sur les pièces est un polissage mécanique manuel figure II.9. Le polissage proprement dit a pour buts principaux l'obtention d'une surface plane de rugosité minimale, mais également l'élimination de la couche superficielle de l'échantillon dont la microstructure pourrait être non-représentative du matériau (couches d'oxydes ou écrouissage provenant de la découpe...). Le polissage est l'action de polir, de rendre uni et luisant par le frottement. Il est une composante de la finition des pièces mécaniques par laquelle on s'attache non seulement à respecter les cotes imposées, mais en plus à obtenir un bel aspect, un fini ou un état de surface de haute qualité. Pour ce type de préparation, les échantillons ont subi un polissage mécanique à l'aide de polissage mécanique à l'aide du sablage à l'unité d'algal et ceci avant de les introduire dans le four de traitement [23].



Figure II.9 : Machine de polissage utilisée.

Les échantillons sont polis à l'aide du papier abrasif à finesse croissantes (180, 220, 320, 400, 600 800 et 1000, 2000,2500). Les chiffres correspondent au nombre de grains par unité de surfaces (grains/cm²).

II.3.3 Attaque chimique

L'attaque des échantillons met en évidence la morphologie des grains, les défauts ou irrégularités de la surface, les sous-structures, les précipités, les inclusions, etc. La méthode d'attaque utilisée est l'attaque chimique qui provoque une dissolution différentielle des cristaux suivant leur orientation, des phases suivant leur nature ou une attaque spécifique aux joints de grains. Pour révéler la structure des couches intérieures des pièces d'aciers, dans ce travail, L'attaque est effectuée pendant un temps fixés (10 seconds) par une solution Nital dont la composition chimique comporte l'acide nitrique de 4% et alcool éthanol 96%.

II.3.4 Microscopie optique

Le microscope optique est un instrument d'optique muni d'un objectif et d'un oculaire qui permet de grossir l'image d'un objet de petites dimensions (grossissement) et de séparer les détails de cette image afin qu'il soit observable à l'œil nu. Il est utilisé en métallurgie et en métallographie pour examiner la structure d'un métal ou d'un alliage.

L'avantage de la microscopie optique, outre sa grande facilité d'utilisation, est de permettre l'observation de grandes surfaces et de collecter ainsi une information globale sur l'aspect de la surface observée. Mais compte tenu de sa faible résolution, il n'est pas possible de l'utiliser pour une observation fine d'objets rugueux de petite taille.

L'analyse métallographique des faciès des échantillons est effectuée à l'aide du a microscope type "Toupview" indiqué dans la (Figure II.10) ce type d'appareil permet l'observation des échantillons, avec un grandissement qui varie de 5 à 1000. Les micrographies ont été acquises numériquement à l'aide d'une caméra. Les images sont observées et enregistré aussi à l'aide d'un PC connecté.

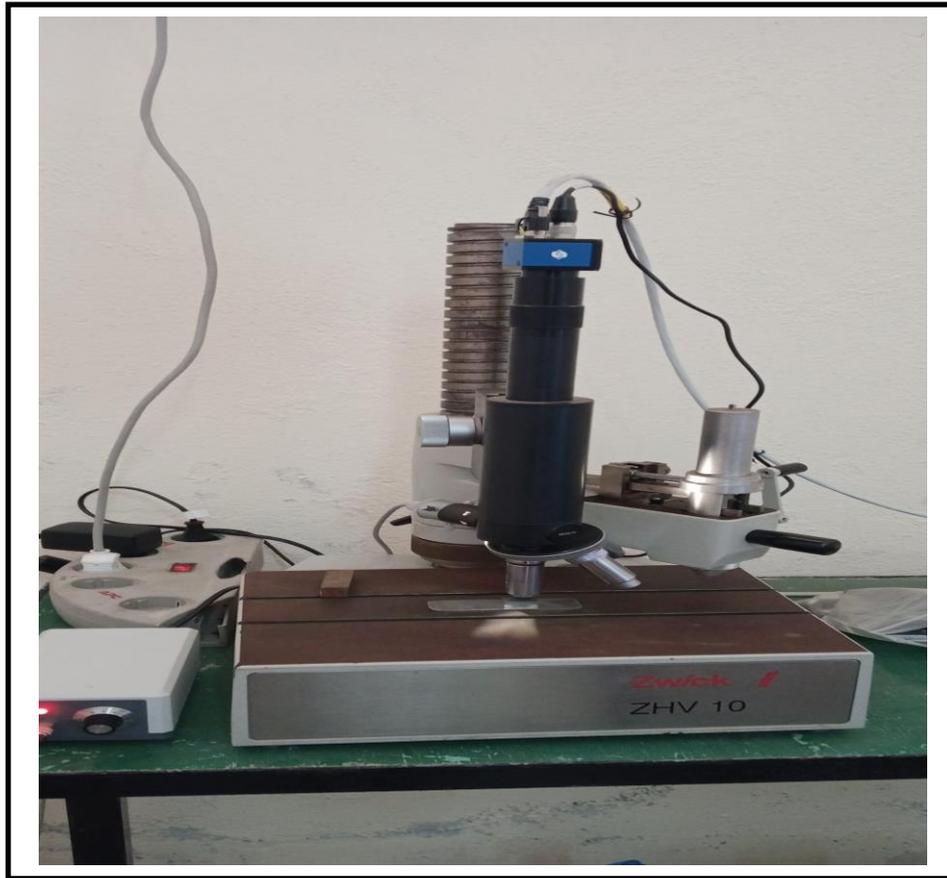


Figure II.10 : Microscope optique utilisé ZHV 10.

II.4 Essais mécaniques

Les essais mécaniques ont pour but de définir des diverses caractéristiques des matériaux qui permettent :

De comparer les matériaux entre eux ;

De le choisir en fonction des sollicitations mécanique subies par les pièces ;

De vérifier que le matériau livre correspond à celui qui était demandé.

Parmi les nombreux essais, notre étude ne portera que sur les essais fondamentaux qui sont :

- L'essai de dureté.
- L'essai au résilience (Charpy).

II.4.1 L'essai de dureté

La dureté est la mesure de la résistance d'un matériau à la pénétration. Cette dernière est fonction de plusieurs facteurs dont les principaux sont :

La déformation élastique et plastique, le frottement pénétrateur-surface indentée, la géométrie de pénétrateur, ses propriétés mécaniques et la charge qui y est impliquée, ont résumé dans le principe de Brinell. Le pénétrateur est soit une bille en acier trempé, soit un cône en diamant, (cône pour notre étude) et la charge d'essai peut prendre plusieurs valeurs.

La dureté définie à partir de la différence de profondeur de pénétration après application de la charge. Le pénétrateur est appliqué sur la surface de la pièce avec un pré charge F_0 . Il descend alors à un niveau qui sert d'origine aux mesures de profondeur.

II.4.1.1 Essai de brinell

L'essai consiste à imprimer dans la pièce à essayer une bille en acier ou carbure de tungstène de diamètre D sous une charge F , et mesurer le diamètre de l'empreinte laissée sur la surface après enlèvement de la charge.



Figure II.11 : Machine de dureté utilisée.

$$HB = 0,102 \cdot \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{(D^2 + d^2)})}$$

II.4.1.2 Principe de l'essai de pénétration

L'essai consiste à enfoncer un pénétrateur dans le métal à essayer. La charge est constante et on mesure la dimension de l'empreinte. L'empreinte est d'autant plus grande que le métal est mou [13]. Voir la figure II.12.



Figure II.12 : Empreinte de l'essai de dureté Brinell.

La dureté H s'exprime par le rapport de la force sur la surface de l'empreinte :

$$H = \frac{F}{S}$$

Les essais les plus classiques sont les essais BRINELL, VICKERS et ROCKWELL.

II.4.2 l'essai de résilience

Cet essai est destiné à mesurer l'énergie nécessaire en choc mécanique. On utilise un mouton pendule muni à son extrémité d'un couteau qui permet de développer une énergie cédée au moment du choc. Cette énergie est généralement de 300 joules, (cas des normes européennes) L'énergie absorbée est obtenue en comparant la différence d'énergie potentielle entre le départ du pendule et la fin de l'essai. La machine est munie d'index permettant de connaître la hauteur du pendule au départ ainsi que la position la plus haute que le pendule atteindra après la rupture de l'éprouvette. L'énergie obtenue, en négligeant les frottements.

Le pendule mouton de Charpy est conçu pour répondre à la demande grandissante d'essai D'impact et de choc précis et reproductible sur une vaste gamme de matériaux. Il est utilisé pour déterminer la caractéristique de résistance de métaux, polymères, composites et autres matériaux pour la recherche et le développement et le contrôle qualité.

Il permet de réaliser des essais Charpy selon les normes intentionnelles. Les systèmes non instrumentés fournissent des valeurs d'énergie absorbée. En instrumentant le mouton pendule, on peut obtenir des valeurs plus précises et fiable.



Figure II.13 : Machine de résilience utilisée.

II.4.2.1 principe de l'essai de résilience

L'essai de choc (essai de résilience) consiste à calculer l'énergie W (en joules) absorbée lors de la rupture d'une éprouvette préalablement entaillée en son milieu. Cette résilience se définit par la lettre K (Joules/ cm^2). Le calcul est fait en utilisant la relation [II]. L'essai est réalisé sur une machine appelée mouton pendule rotatif.

$$K = m \cdot g \cdot (H - H')$$

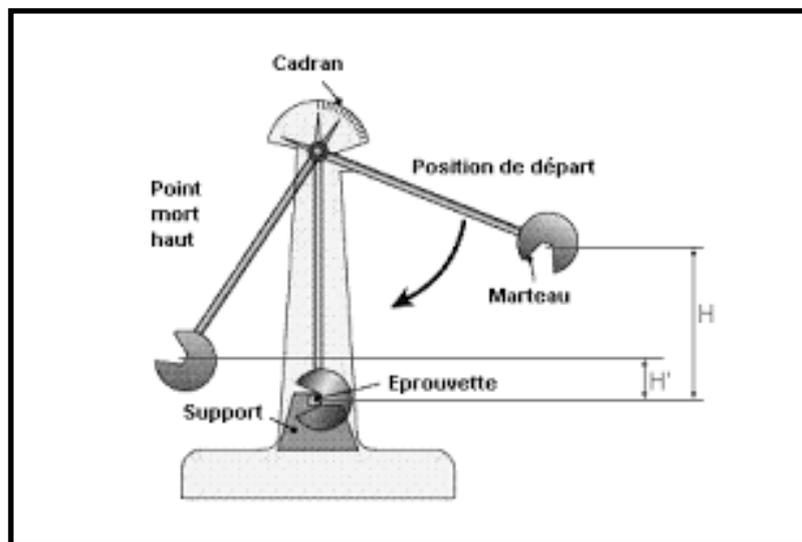


Figure II.14 : Schémas de l'essai Charpy.

II.5 Traitements thermiques

Techniquement, un traitement thermique est défini par la variation de la température du matériau en fonction du temps.

D'une façon générale, les traitements thermiques ne modifient pas la composition chimique de l'alliage, mais ils permettent de modifier (en général améliorer) les caractéristiques des matériaux :

- Résistance à l'usure.
- Résistance à la corrosion.
- Résistances mécaniques, telles que la dureté (H), la résistance à la traction (R_m), la résilience (K) et l'allongement (A).

Les traitements thermiques appliqués sur les échantillons sont la trempe puis revenu.

Donc on a mis les échantillons dans un four électrique dont la température maximale est 860°C.



Figure II.15 : Four de traitements thermiques utilisés.

II.5.1 Trempe

Nous avons chauffé le four à 860 C°, et nous avons attendu la stabilisation de la température, puis nous avons introduit les échantillons à l'intérieur du four pendant 35 minutes. Après nous avons pris les échantillons et les avons trempés dans l'eau.

II.5.2 Revenu

Ensuite nous avons réparti les échantillons en deux parties, nous avons abaissé la température du four à 550°C pour la première partie, et à 350°C pour la deuxième partie des échantillons pendant une heure. A l'écoulement de cette durée nous avons trempé les échantillons dans l'eau.

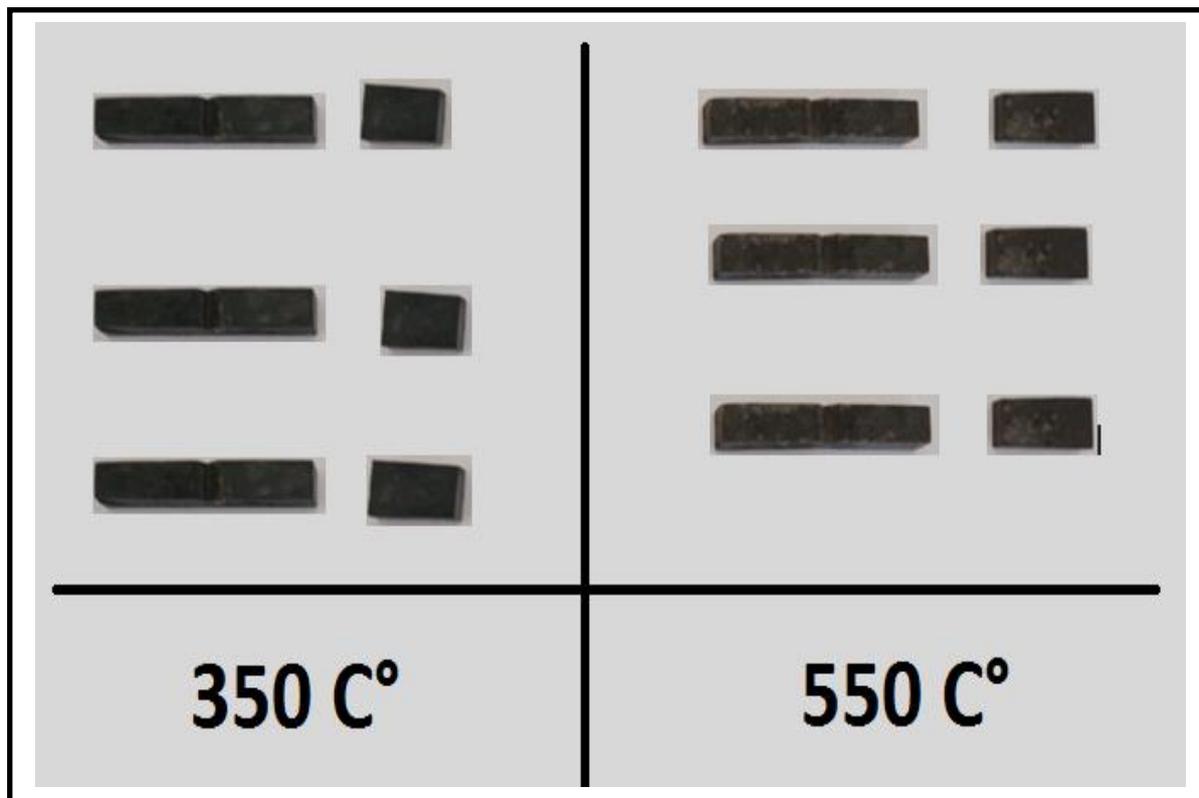


Figure II.16 : Echantillons après traitements thermiques utilisés.

Chapitre III

Résultats et Discussion

III. Introduction

Dans ce chapitre, seront présentés les résultats obtenus et leurs interprétations. Dans un premier temps, nous présentons et discuterons les résultats apportés par l'analyse métallographique. Nous examinerons ensuite les résultats obtenus par la dureté et résiliasse appliquée sur les différents échantillons de notre matériau avant et après traitements thermique.

III.1 Résultats microscopique

III.1.1 Les photos du microscope optique avec des différents objectif (X20, X40, X60), avons les traitements thermiques

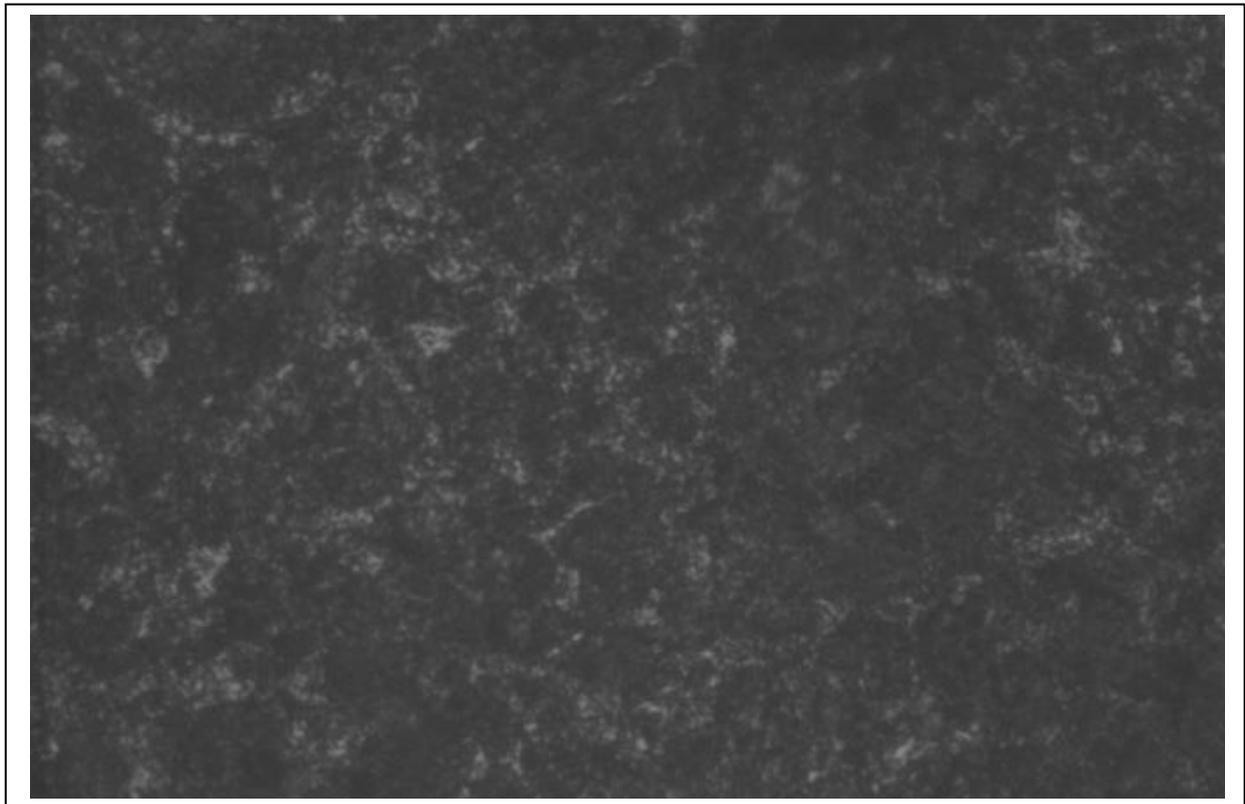


Figure III.1 : Photos du microscope optique avec un objectif X20.

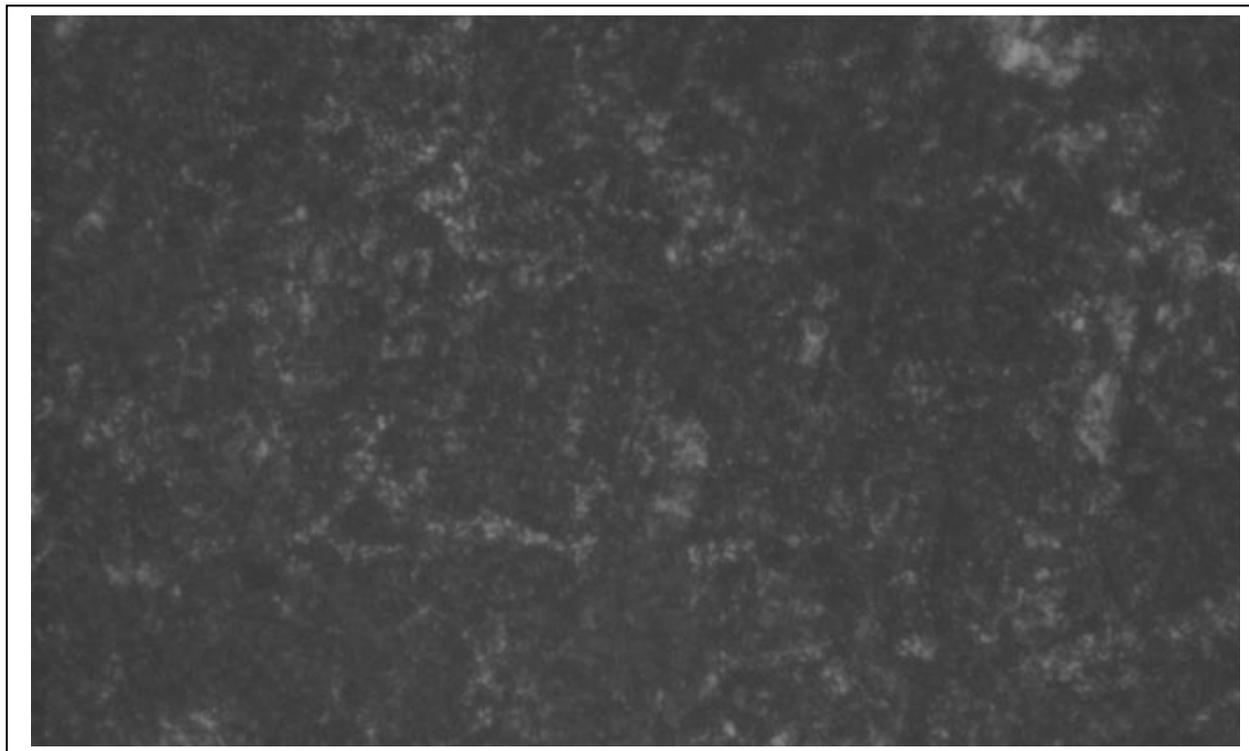


Figure III.2 : Photos du microscope optique avec un objectif X20

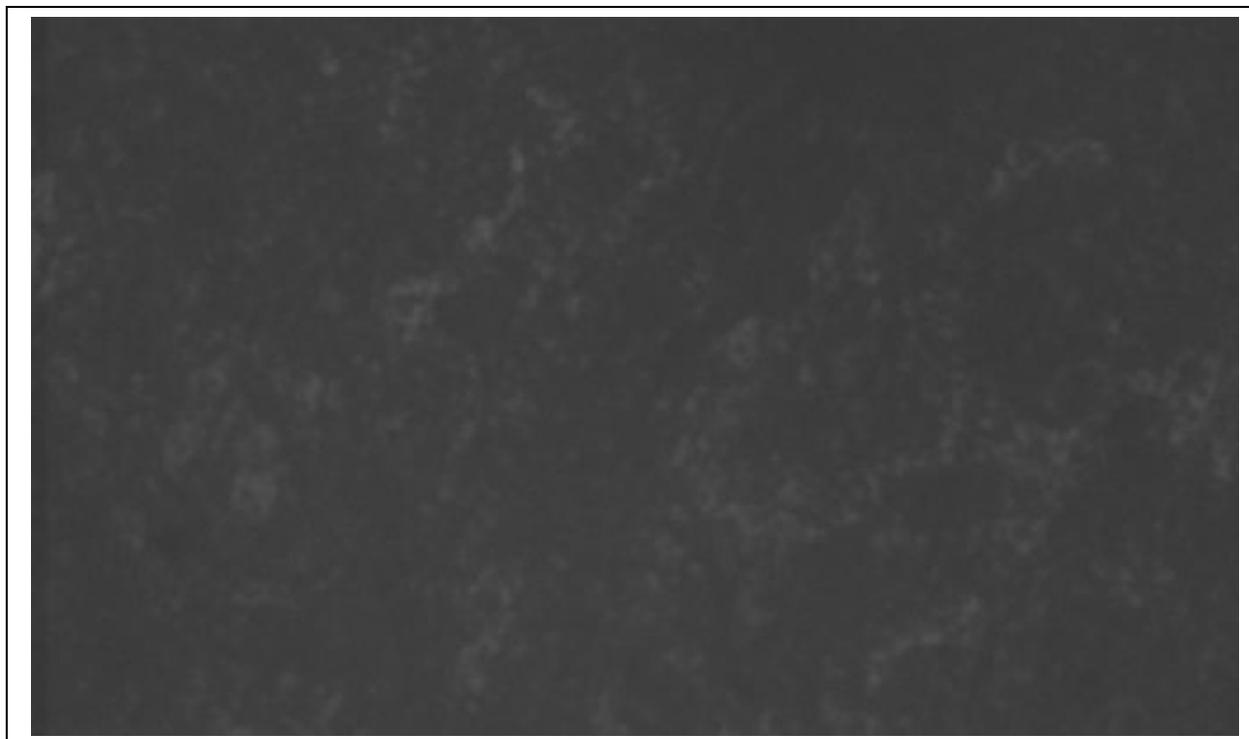


Figure III.3 : Photos du microscope optique avec un objectif X40.

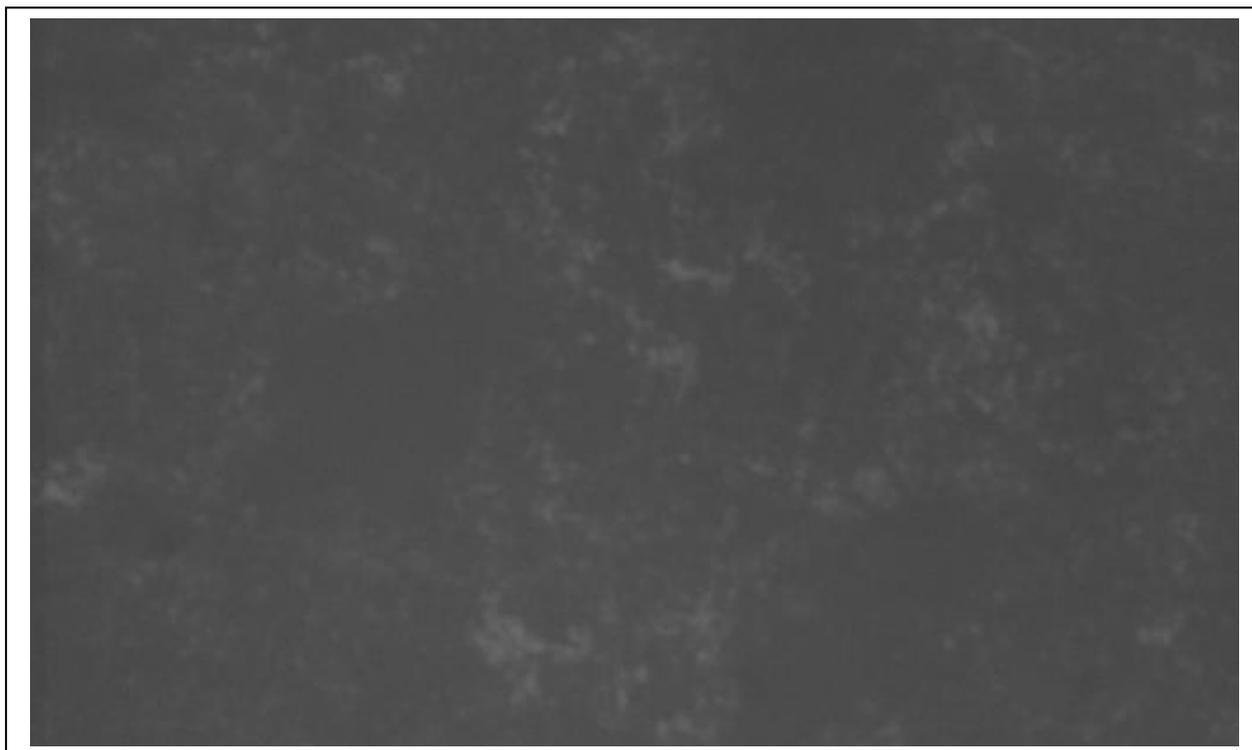


Figure III.4: Photos du microscope optique avec un objectif X40.

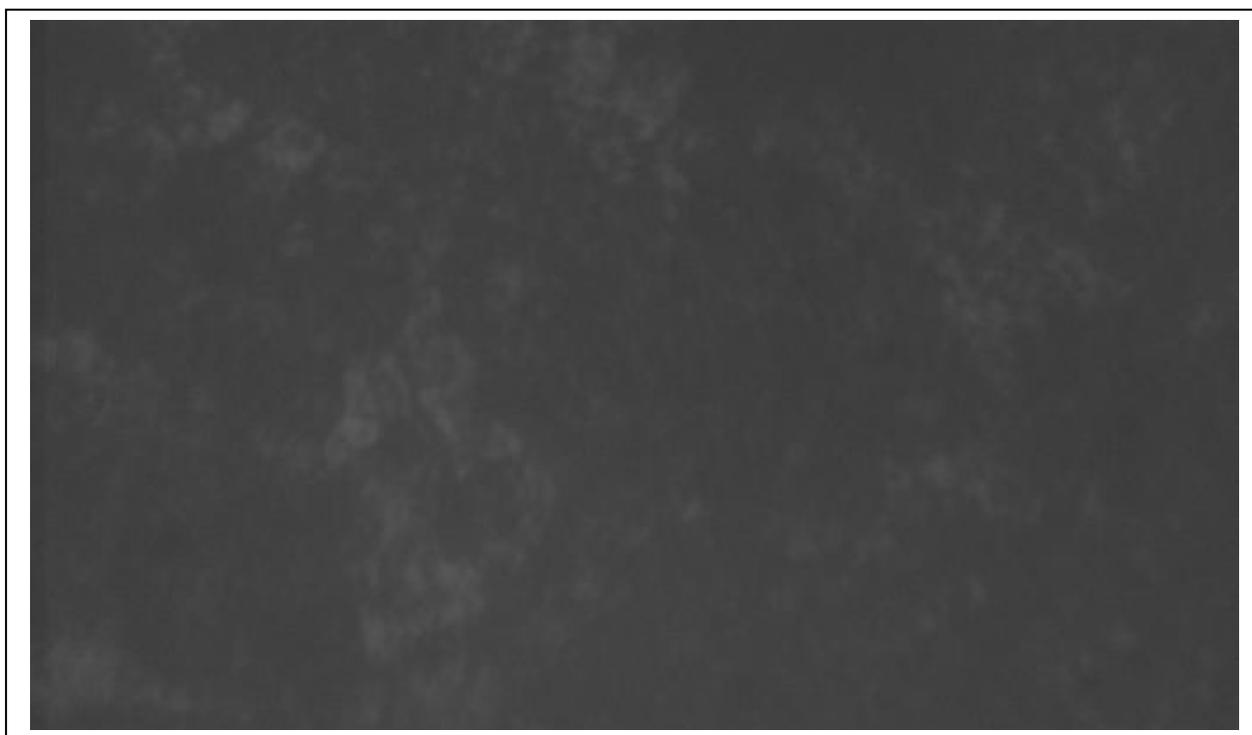


Figure III.5: Photos du microscope optique avec un objectif X60.

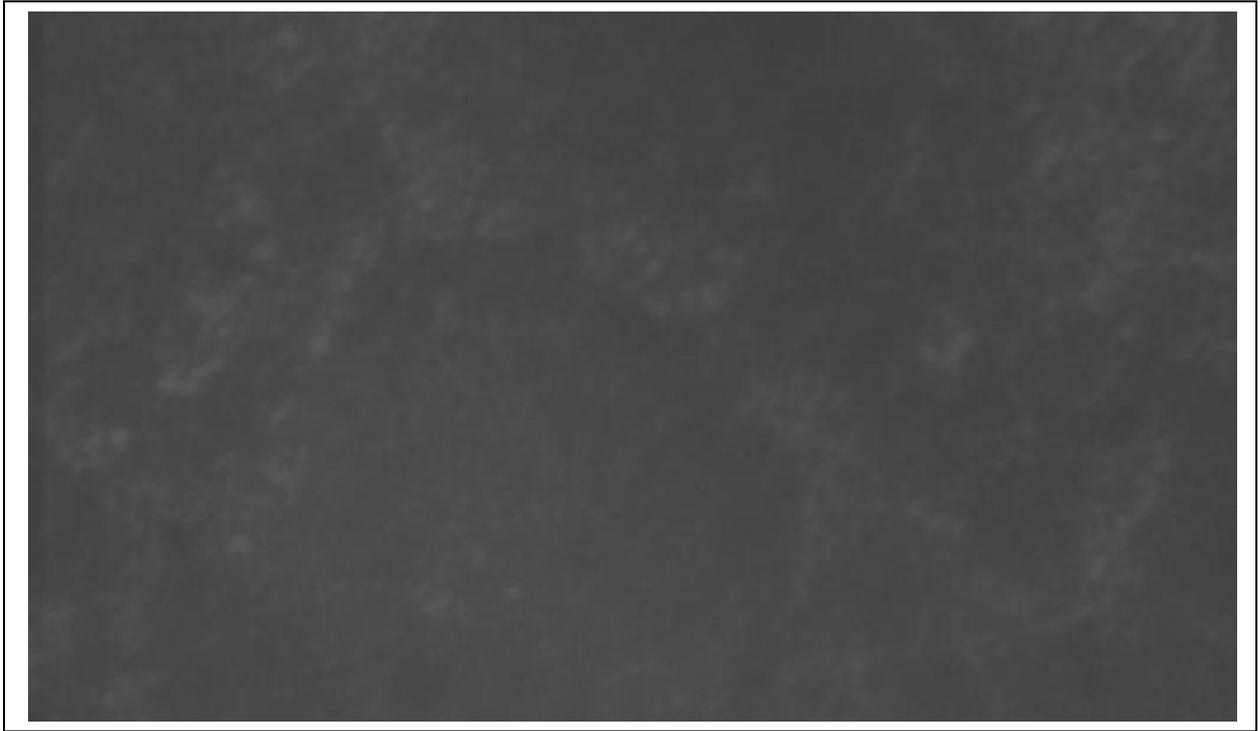


Figure III.6: Photos du microscope optique avec un objectif X60.

III.1.2 Discussion sur les structures obtenues

Nous voyons dans les figures III.1,2 ; figure III.3,4 et figure III.5,6 qu'il y a des plages de ferrite et de perlite fine homogène.

II.2 Résultats sur l'essai mécanique

III.2.1 Examen de dureté Brinell

La mesure de la dureté par un balayage sur différents points de la surface des échantillons est représentée dans le tableau ci-dessous, à partir de la méthode Brinell (HB) et couverture ver (HV) et (HRC) :

$$HB = 0,102 \cdot \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

✓ $F = 187,5 \text{ N}$.

✓ $D = 2,5 \text{ mm}$

Tableau III.1 : Résultats obtenus par l'essai de dureté de pour notre matériau.

Essai	d (mm)	HB	HV (convertie)	HRC (convertie)
Essai (1)	1.04	211	221	16.25
Essai (2)	1.02	219	230	18.25
Essai (3)	1.03	215	224	15

En moyenne, la dureté d'échantillons :

$$\mathbf{HB} = \frac{\mathbf{HB}_1 + \mathbf{HB}_2 + \mathbf{HB}_3}{\mathbf{3}}$$

HB=215.

HV=225.

HRC=16,5

III.2.2 Discussion sur les résultats duretés

Nous remarquons que notre acier a une dureté relativement homogène (pas de variation importante entre les différentes zones balayées) car sa structure est ferrite-perlitique homogène.

D'après la figure ci-dessous nous remarquons que notre échantillon il y a presque la même dureté

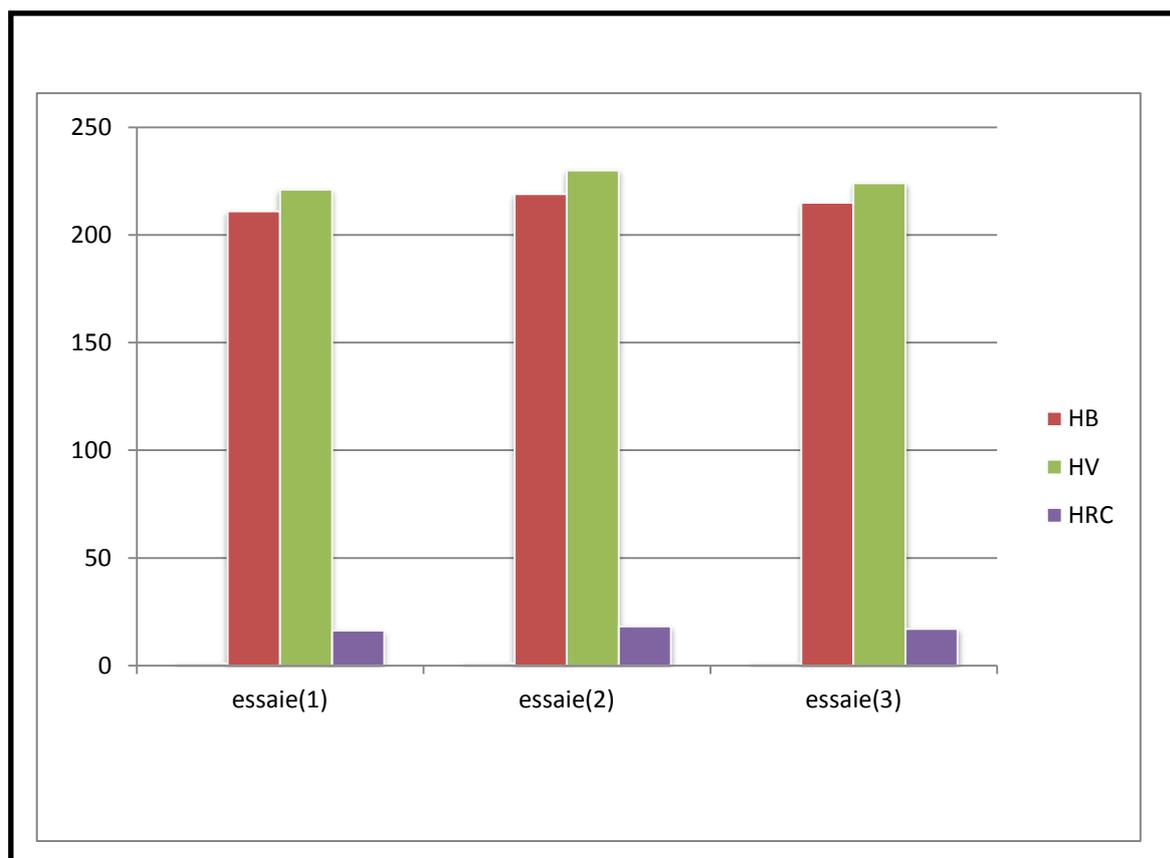


Figure III.7 : Histogramme de la dureté en fonction du nombre d'essais réalisés pour notre échantillon.

III.2.3 Résultats de l'essai de résilience

Les résultats obtenus sont dans le tableau ci-dessous, sachant que la profondeur de l'entaille en (V) égale à :

$$H = 0,2 \text{ cm}$$

Tableau III.2 : Résultats obtenus par l'essai de résilience pour notre matériau.

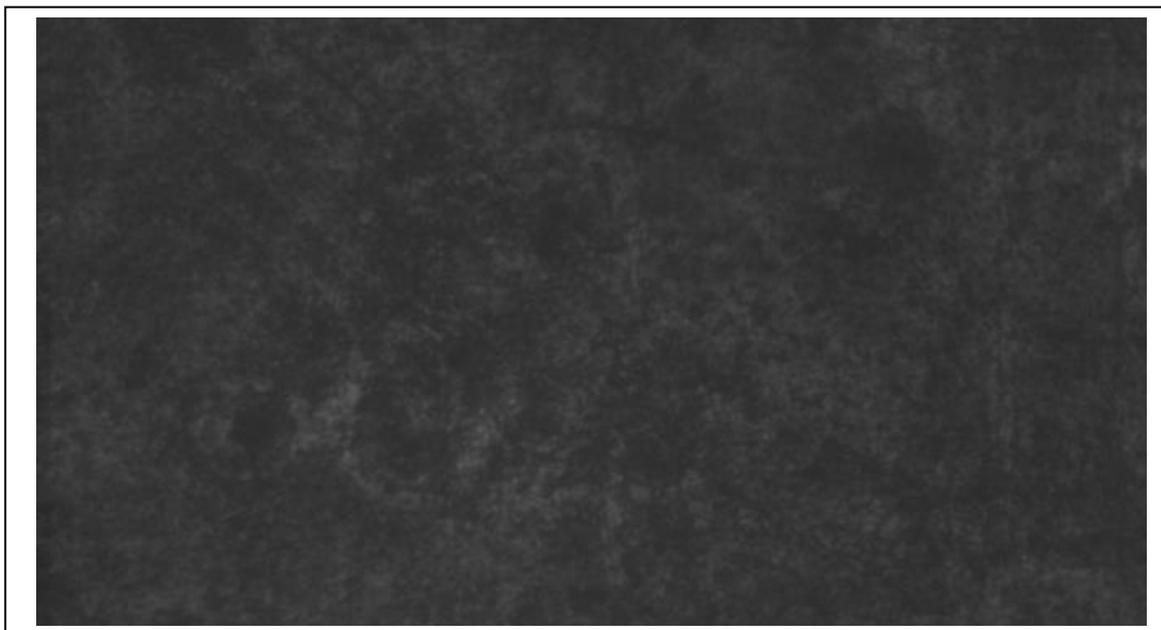
Essai	Energies W (J)	K_{CV} (J/cm²)
Essai (1)	28	46.5
Essai (2)	24	40
Essai (3)	21	35

III.2.4 Discussion des résultats de l'essai de résilience

D'après les résultats obtenus nous remarquons qu'il n'y a pas une grande différence sur l'énergie absorbée à la rupture pour notre matériau selon l'essai qu'on a effectué.

III.3 Résultats sur la microscopie obtenue après traitement thermique

III.3.1 Les photos du microscopie optique avec des différents objectifs après traitements thermiques

**Figure III.8** : Photos du microscope traitée à température 350°C (X20).

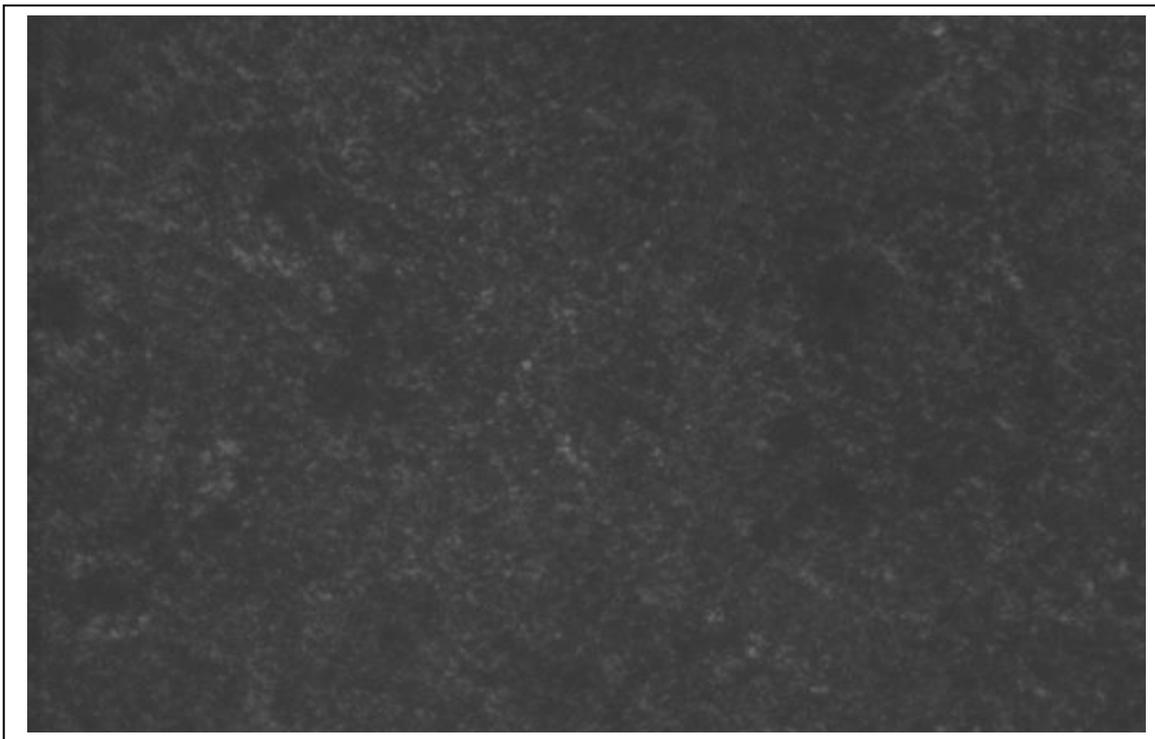


Figure III.9 : Photos du microscope traitée à température 550°C (X20).

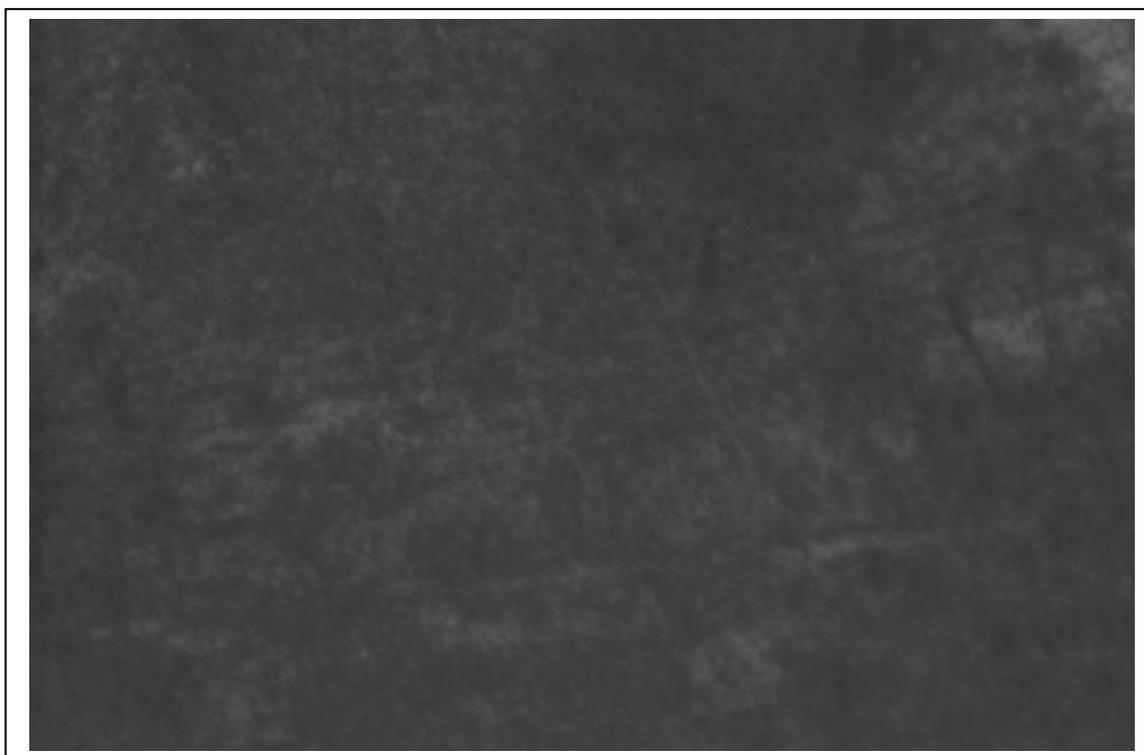


Figure III.10 : Photos du microscope traitée à température 350°C (X40).

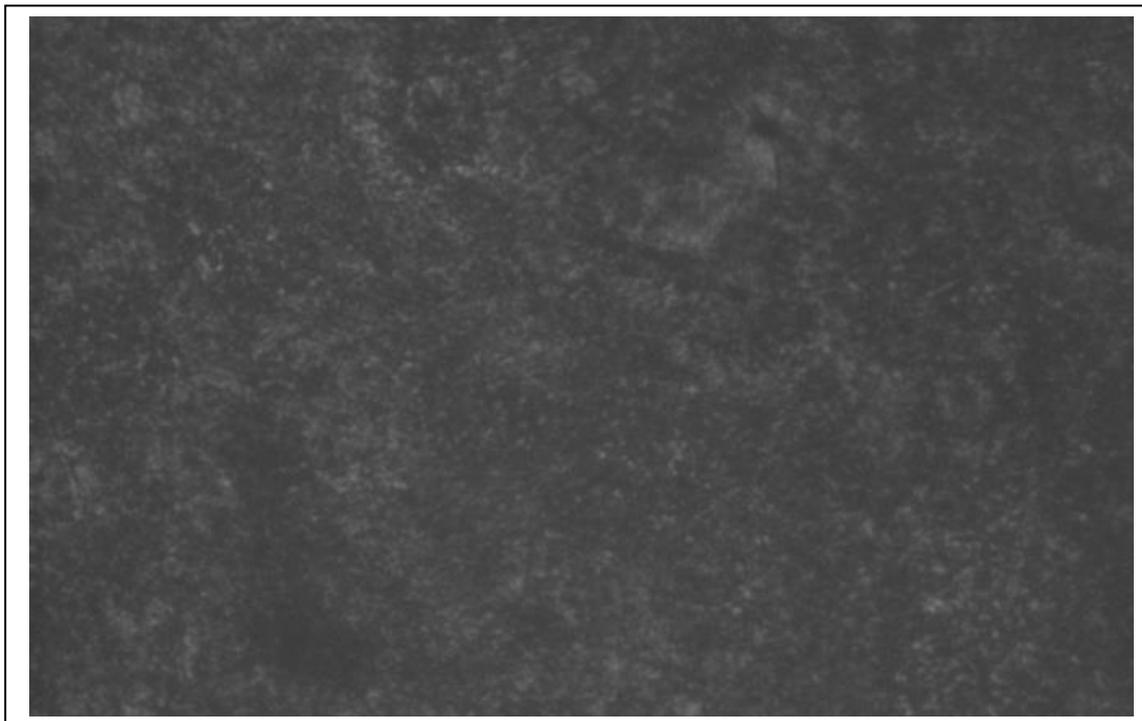


Figure III.11 : Photos du microscope traitée à température 550°C (X40).

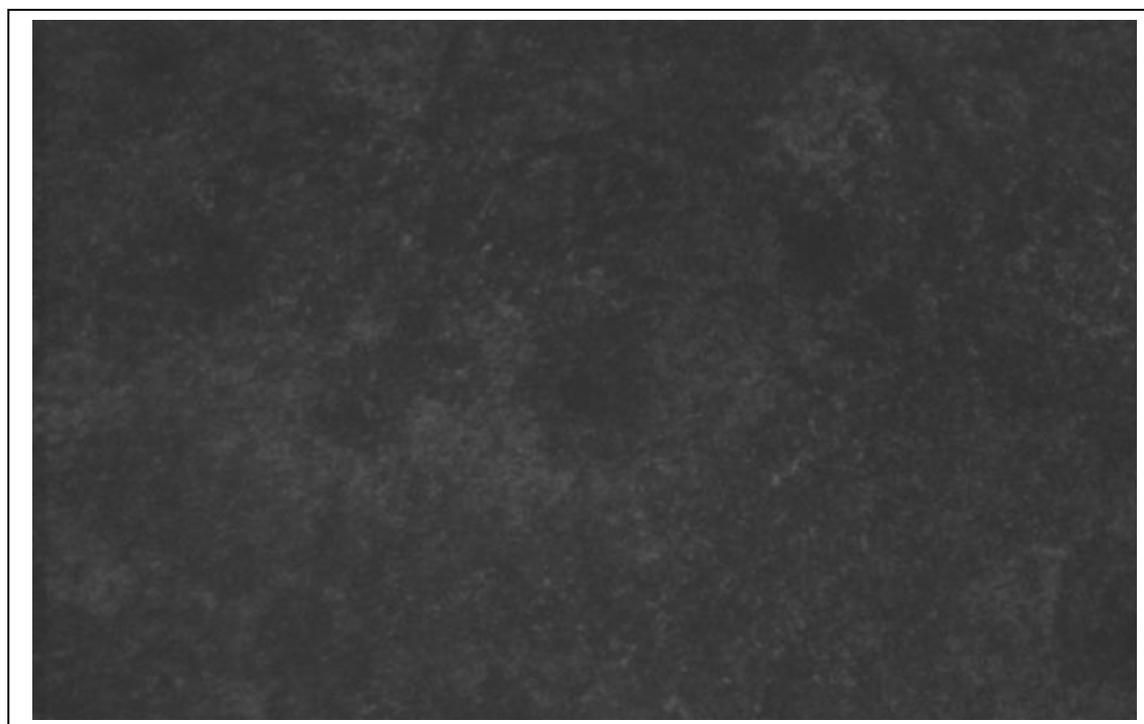


Figure III.12 : Photos du microscope traitée à température 350°C (X60).

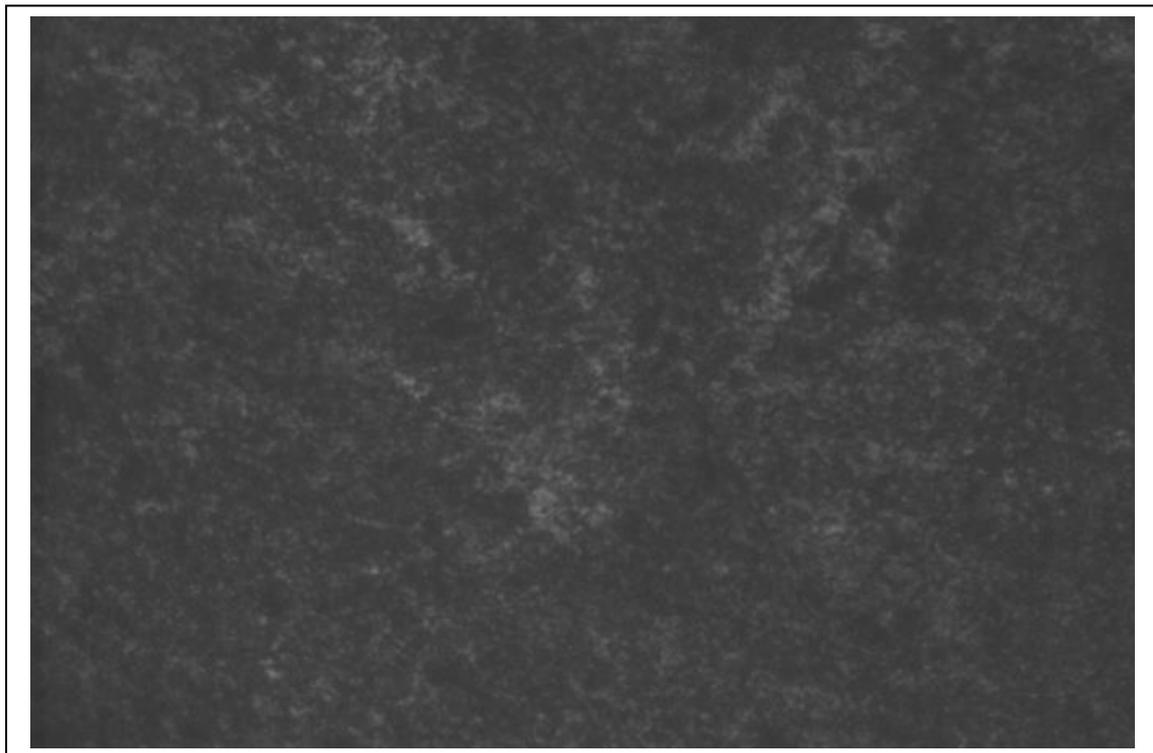


Figure III.13 : Photos du microscope traitée à température 550°C (X60).

III.3.2 Discussion sur les microstructures obtenues

Nous remarquons que l'échantillon à température 350°C représente une structure ferrite-perlitique non homogène tandis que l'échantillon à température 550°C a une structure ferrite-perlitique homogène.

Nous remarquons aussi que l'aciéra température 350°C contient des plages perlitiques beaucoup plus que la ferrite.

III.4 Résultats sur l’essai mécanique après traitements thermiques

III.4.1 Résultats de l’essai dureté après les traitements thermiques sur la température 350 °C et 550°C

A 350°C présence de durcissement microstructural, probablement qu’ il a eu une précipitation de carbures. Par contre, à 550°C il y a une diminution de la dureté HB car il y a une formation d’une microstructure ferrito-perlitique stable et homogène.

Tableau III.3 : Résultats obtenus par l’essai de la dureté après les traitements thermiques :

	Température à 350°C			Température à 550°C		
Essai	HB	HV	HRC	HB	HV	HRC
Essai(1)	383	405	42	285	292	29,5
Essai(2)	404	428	44	298	309	32
Essai(3)	393	415	43	293	303	30 ,5

En moyenne, la dureté des deux échantillons 350°C et 550°C :

$$HB = \frac{HB_1 + HB_2 + HB_3}{3}$$

HB 350 °c = 393,33.

HB 550 °c = 292.

III.4.2 Discussion sur les résultats de duretés après les traitements thermiques

Nous remarquons que la dureté des échantillons traités à 350°C est plus grande que la dureté Brinell des échantillons traités à 550°C, cela peut être expliqué par la présence de précipités et formation de carbures pour les échantillons traités à 350°C. la diminution de la dureté pour les échantillons traités à 550°C est liée à la formation d'une microstructure ferrito-perlitique stable et homogène.

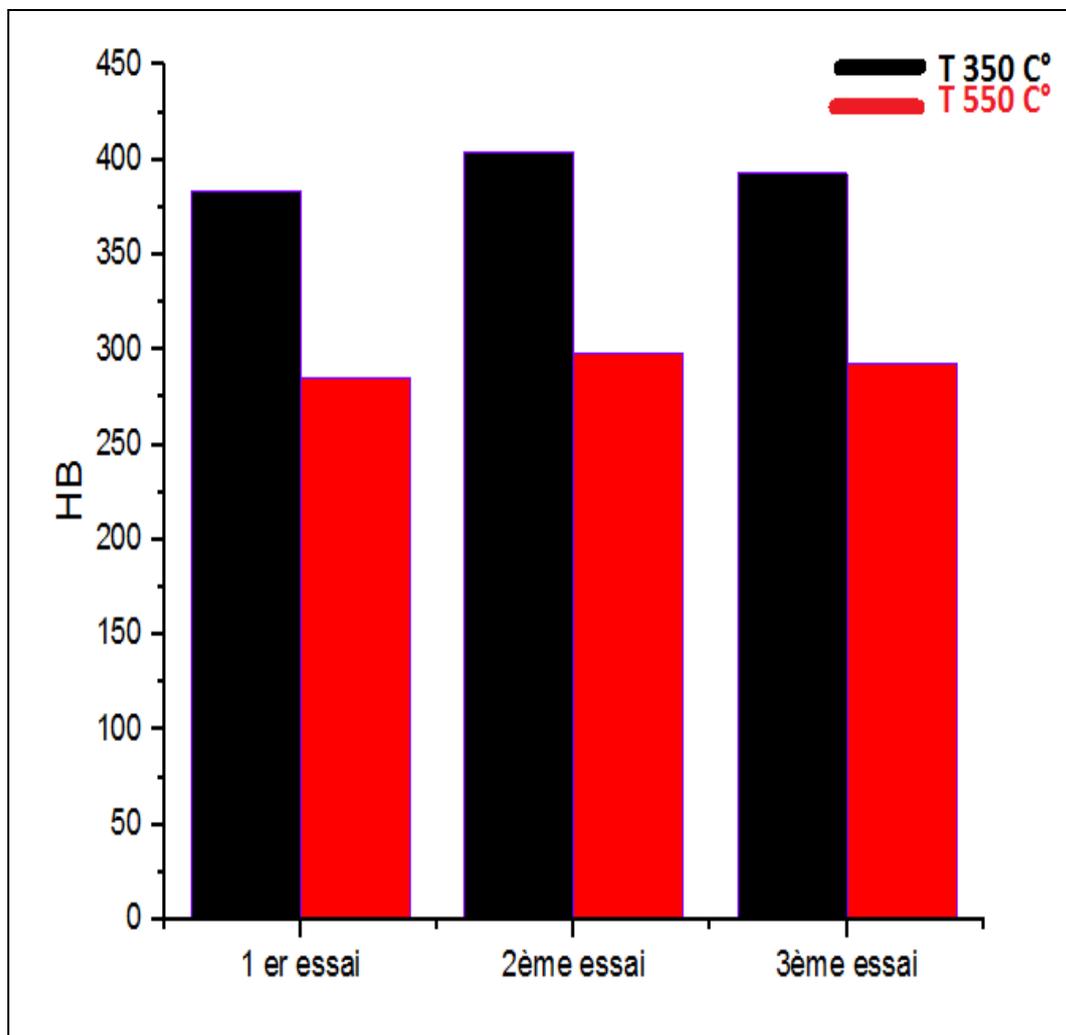


Figure III.14 : Histogramme de la dureté Brinell après les traitements thermiques en fonction du nombre d'essais réalisés à T = 350°C et à T = 550°C.

III.4.5 Résultats de l’essai de résilience après les traitements thermiques

Pour T 350°C et T 550°C

Les résultats obtenus après les traitements thermiques pour température 350°C et 550°C sont dans le tableau ci-dessous Tableau III.4 :

Tableau III.4 : Résultats obtenus par l’essai de résilience après les traitements thermiques

Essai	Température a 350 C°		Température a 550 C°	
	Energies W (J)	KCV (J/cm ²)	Energies W (J)	KCV (J/cm ²)
Essai(1)	19	31.66	49	81.66
Essai(2)	17	28.33	48	80
Essai(3)	16	26.66	47	78.33

Calcule de la résilience selon la formule suivante :

$$K = m. g. (h - h')$$

$$Kcv = \frac{W}{S}$$

III.4.6 Discussion des résultats de l'essai de résilience après les traitements thermiques

Nous remarquons que la résilience des échantillons traités à 350°C est faible devant la résilience des échantillons traités à 550°C, ceci est dû à la présence de précipités au niveau de la microstructure traitée à 350°C et qui provoque un durcissement microstructural et l'acier devient dure et fragile. Par contre, nous remarquons une résilience est importante pour l'acier traité à 550°C et cela est dû à la présence d'une microstructure ferrito-perlitique homogène et stable. De ce fait, cette microstructure nécessite une grande énergie de résilience pour rompre l'éprouvette.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Notre travail est d'étude Caractérisation des paramètres physico-chimique et mécanique d'un alliage utilisé dans le convoyeur à chaîne chez CEVITALE pour le balayage de charge. Nous avons déterminé en premier lieu notre convoyeur et son fonctionnement et en deuxième lieu réalisés différents essais mécanique, à savoir l'essai du dureté, l'essai de résilience et le traitement thermique de ce matériau.

Par le biais de cette définition le principe de fonctionnement de notre convoyeur à chaîne et l'essai mécanique et physico-chimiques à notre raclette.

Dans ce contexte nous avons conclu les points suivants :

- Après la vue du microscopique. Nous remarquons que l'échantillon à température 350°C représente une structure ferrite-perlitique homogène tandis que l'échantillon à température 550°C a une structure ferrite-perlitique non homogène.
- A 350°C présence de durcissement microstructural, probablement qu'il a eu une précipitation de carbures. Par contre, à 550°C il y a une diminution de la dureté HB car il y a une formation d'une microstructure ferrite-perlitique stable et homogène.
- Nous remarquons que la résilience des échantillons traités à 350°C est faible devant la résilience des échantillons traités à 550°C. Par contre, à 550°C il y a une diminution de la dureté HB car il y a une formation d'une microstructure ferrite-perlitique stable et homogène.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] G. LEMASSON et L. BLAIN <<Matériaux de construction mécanique et électrique, désignation, classification, caractéristique, emploi>>Edition Dunod, 1976.
- [2] G.BERANGER, G.HENRY, G. SENZ. "livre de l'acier", Ed. SOLLAC, 1996.
- [3] Université de Biskra BENSAADA S. on 07 Novembre 2019.
- [4] Document internet, sur le site : <http://Fr.wikipedia.Org/wikidiagramme> TTT.
- [5] J.BARRALIS& G.MAEDER " Précis de métallurgie (élaboration, structure /propriétés et normalisation) " 5éme édition Nathan année 1990.
- [6] G. Fallo. Role du carbone lors de la nitruration d'acier de construction et influence sur les propriétés mécaniques - Thèse ENSAM Aix-en- Provence, (2015).
- [7] B. THOMAS, J.H.SCHMITT. "Durcissement des Aciers : Rôle de la microstructure, Techniques de l'ingénieur", M 4341, 2002.
- [8] J.BARRALIS, G. MAEDER. <<précis de métallurgie : élaboration, structure, propriétés et normalisation >> Edition NATHAN 1983.
- [9] R. Fayolle, B. Courtois et R. Rottier, ateliers de traitement.
- [10] Document internet, sur le site : www.fr-wikipedia.Org
- [11] G. Charpy: Note sur l'essai des métaux à la flexion par choc de barreaux entaillés,
Mémoire et compte-rendu de la Société des ingénieurs civils de France, 1901.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [12] C.W. Richards (traduction G. Lehr), La science des matériaux, édition Dunod, Paris, 1965.
- [13] L. TABOUROT <<Vers une vision unifiée de la plasticité cristalline >>. Rapport scientifique pour l'habilitation à diriger des recherches, Laboratoire de Mécanique Appliquée, Université de Savoie, du CNRS, pp. 297-303, (1976).
- [14] J. Michel BAES, Max BOURCART, Christian LAGOUTTE, technique de l'ingénieur, Mai 2004.
- [15] D. CHEMS-EDDINE. Thèse Doctorat "Effet de la soudure sur la structure de l'acier", Université Mohamed Khieder– Biskra. 2011.
- [16] WEVER (F), ROSE (A), PETER (W), STRASSFURG (W) et REDEMACHER (L.).
atlas of isothermal transformation diagrams of B.S. En Steels. (10 ref.), 1949, Special report.
- [17] Mémoire: BOUTEBBA Salah Eddine, 2017.
- [18] J. M. DORLOT, J.P. BAILON, J. MASOUNANE : Des Matériaux, 2eme.ed, pp. 201-226, 1986.
- [19] INTRNATRE RECHARECHE
- [20] <https://www.techno-science.net/definition/4648.html>.
- [21] Le Comité sectoriel de la main-d'œuvre dans la fabrication métallique industrielle (PERFORM), septembre 2015. Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2015.
- [22] <https://www.oecd.org/sti/ind/50512676.pdf>.
- [23] SANDVIK-COROMANT, (Fraisage), Technique de l'ingénieur, Traité Génie Mécanique, BM 7 082, 1997.

Annexe

Annexe 01

Historie de CEVITAL

CEVITAL est parmi les entreprises algériennes qui ont vu le jour dès l'entrée de notre pays en économie de marché. Elle a été créée par des fonds privés en 1998. Son complexe de production se situe dans le port de Bejaia et s'étend sur une superficie de 45000m². CEVITAL Contribue largement au développement de l'industrie agroalimentaire nationale, elle vise à satisfaire le marché national et exporter le surplus, en offrant une large gamme de produits de qualité.



Missions et objectifs

L'entreprise a pour mission principale de développer la production et d'assurer la qualité et le conditionnement des huiles, des margarines et du sucre à des prix nettement plus compétitifs et cela dans le but de satisfaire le client et le fidéliser.

Les objectifs visés par CEVITAL peuvent se présenter comme suit :

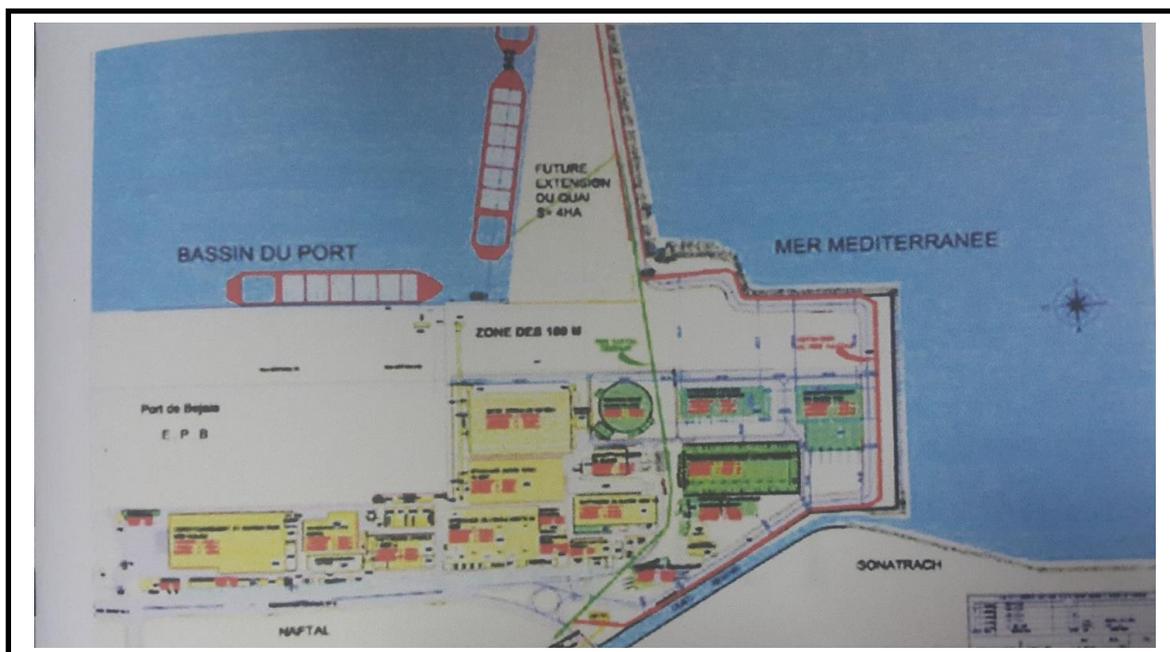
- L'extension de ses produits sur tout le territoire national;

LES ANNEXES

- L'importation de graines oléagineuses pour l'extraction directe des huiles brutes.
- L'optimisation de ses offres d'emploi sur le marché du travail.
- L'encouragement des agriculteurs par des aides financières pour la production locale de graines oléagineuses.
- La modernisation de ses installations en termes de machine et technique pour augmenter le volume de sa production.
- Le positionnement de ses produits sur le marché étranger par leurs exportations.

Structure graphique

CEVITAL est implanté au niveau du nouveau quai du port de Bejaia à 3 Km du sud-ouest de cette ville, à proximité de la RN 09. Cette structure géographique de l'entreprise lui a beaucoup profité étant donné qu'elle lui confère l'avantage de proximité économique. En effet elle se trouve proche du port et l'aéroport, et il s'étend sur une superficie de 14 Hectares.



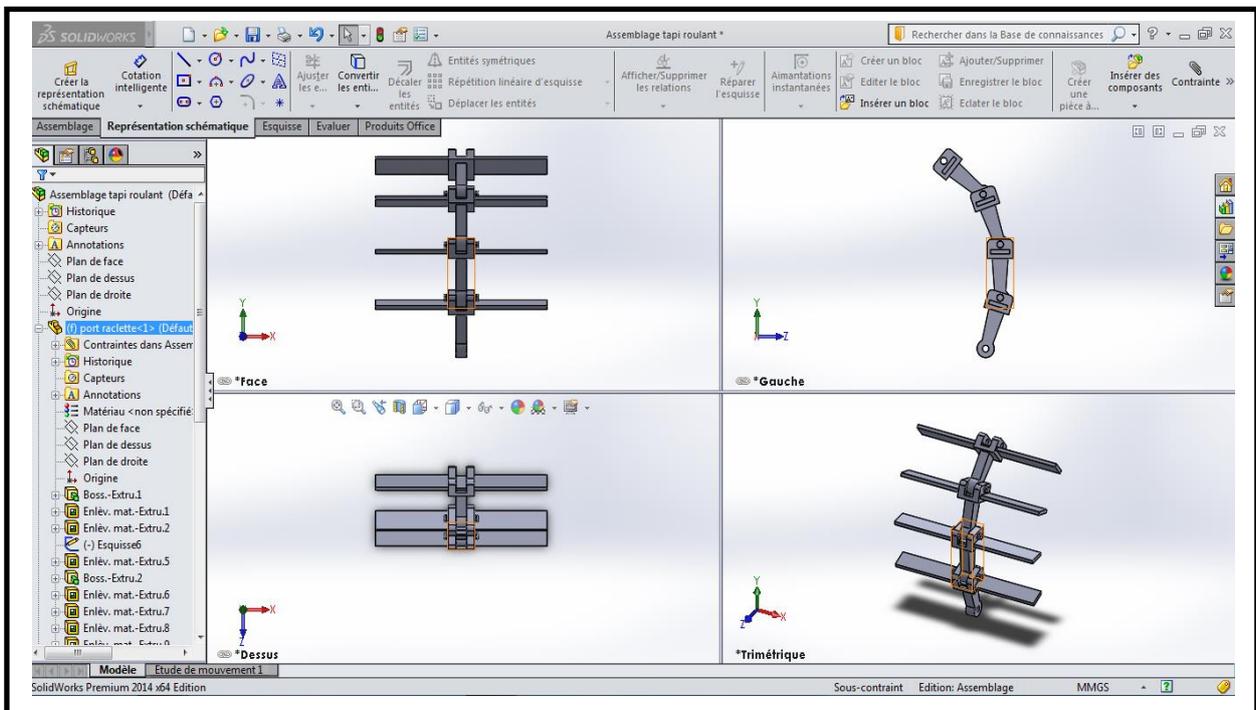
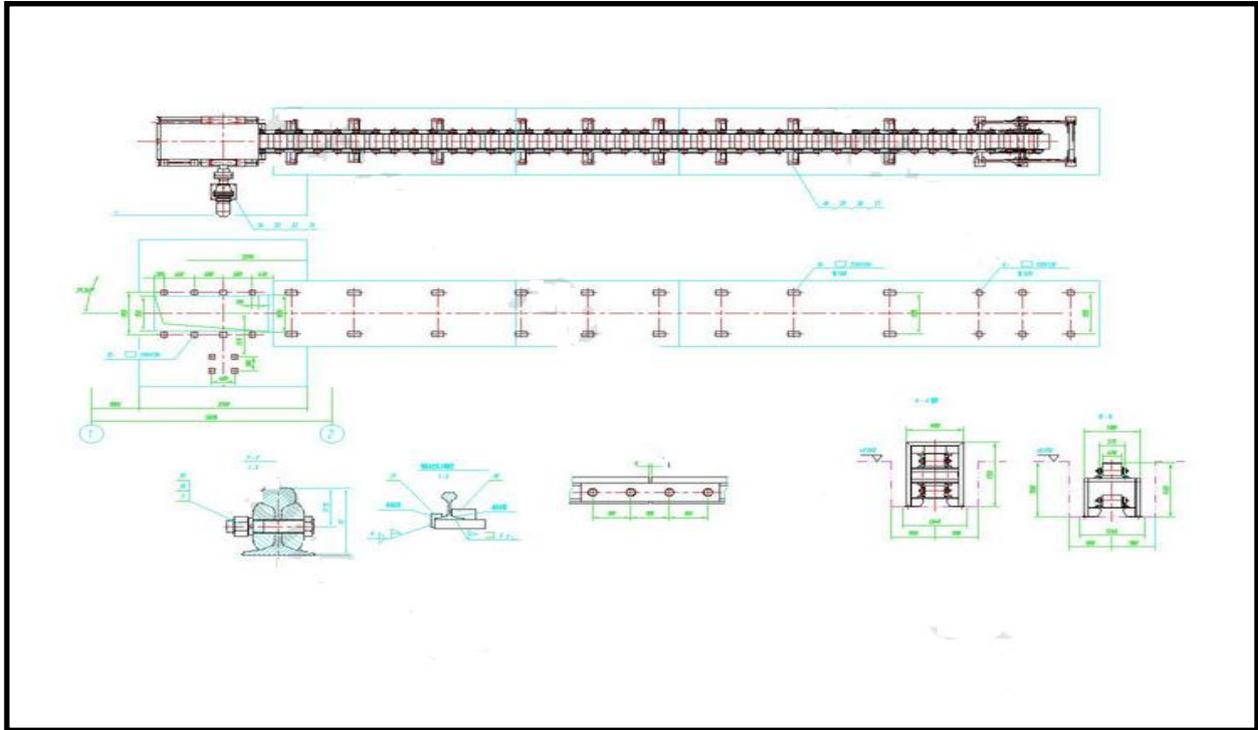
Organigramme

CEVITAL compte 2350 employés répartis sur les différentes direction et services résumé par l'organigramme suivant :

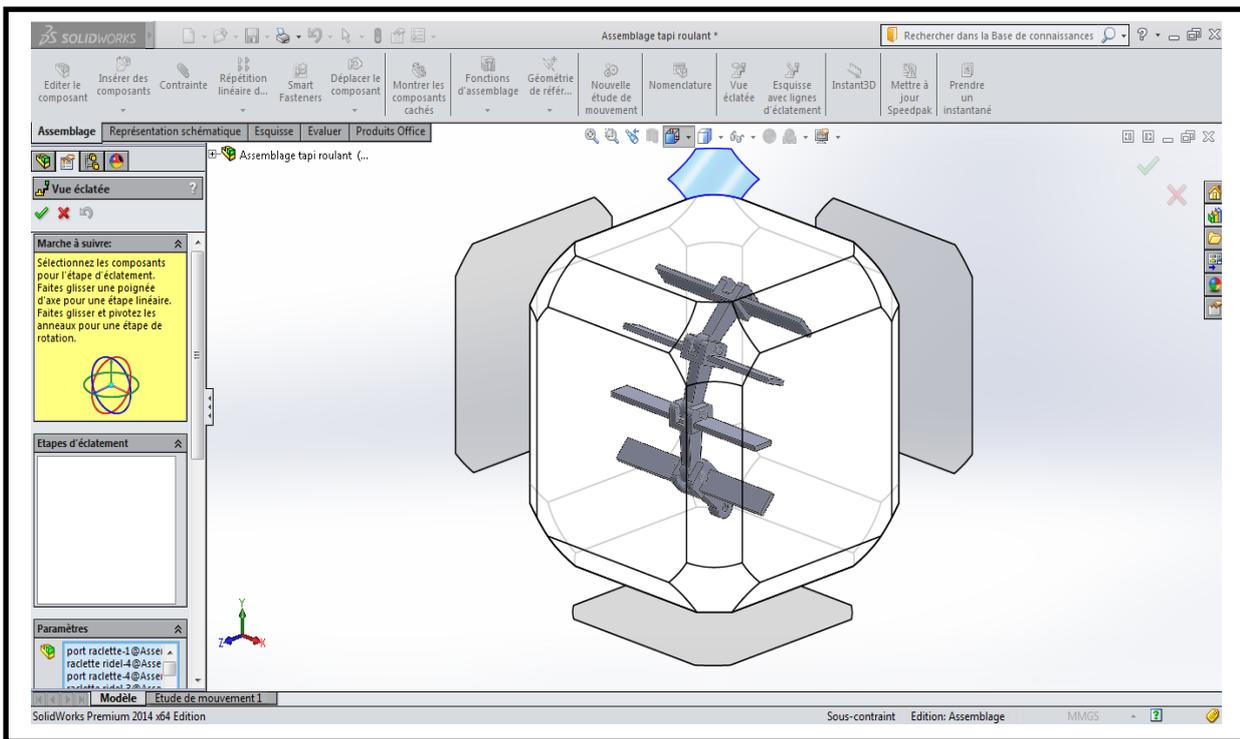
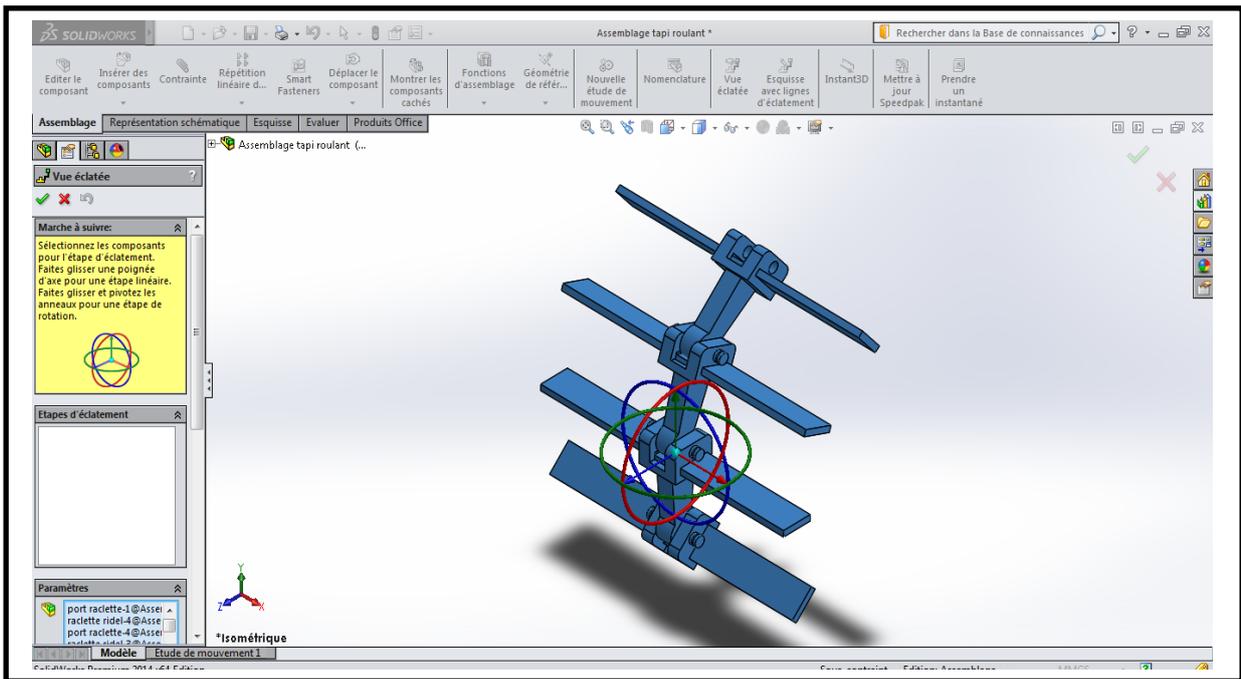
- 2 raffineries de sucre
- 1 unité de sucre liquide
- 1 raffinerie d'huile
- 1 margarinerie
- 1 unité de conditionnement d'eau minérale
- 1 unité de fabrication et de conditionnement de boissons rafraîchissantes
- 1 conserverie
- 1 unité de fabrication de chaux calcinée

Annexe 02

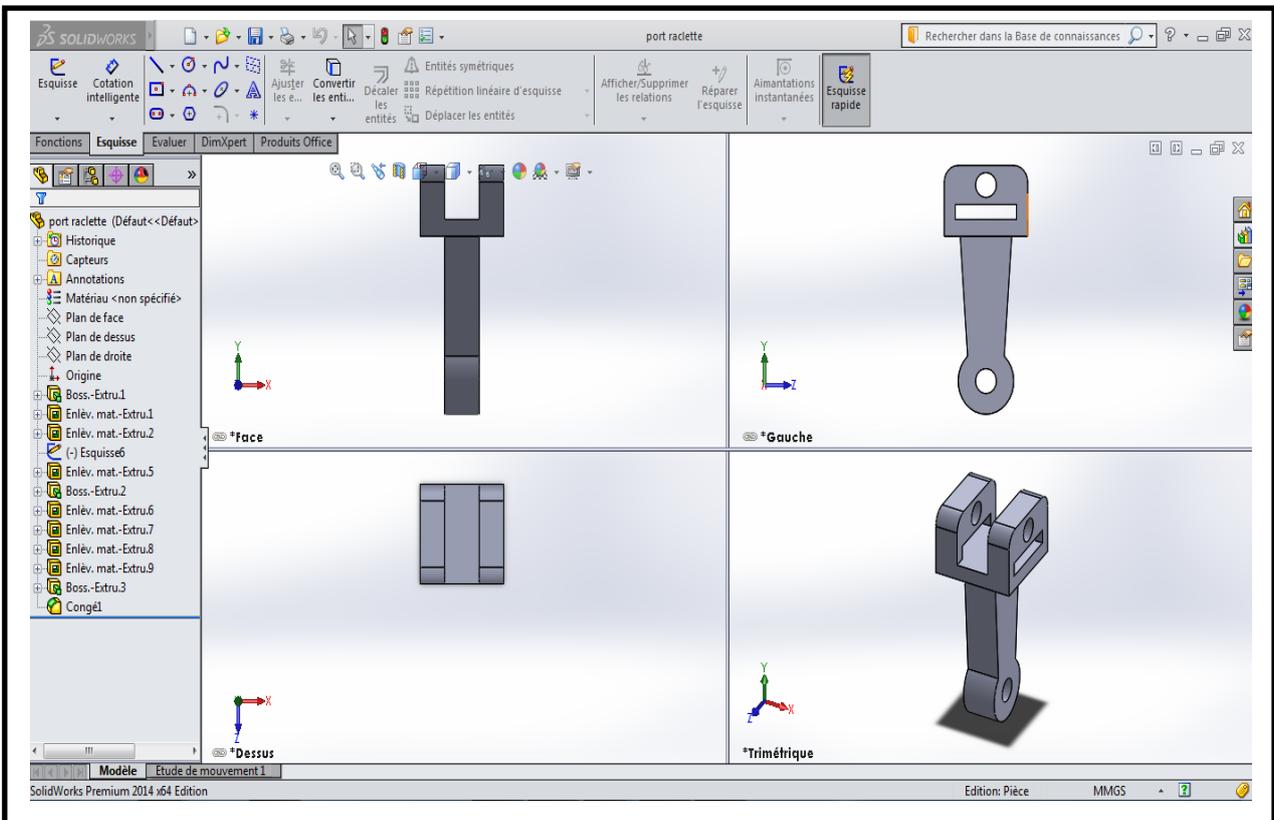
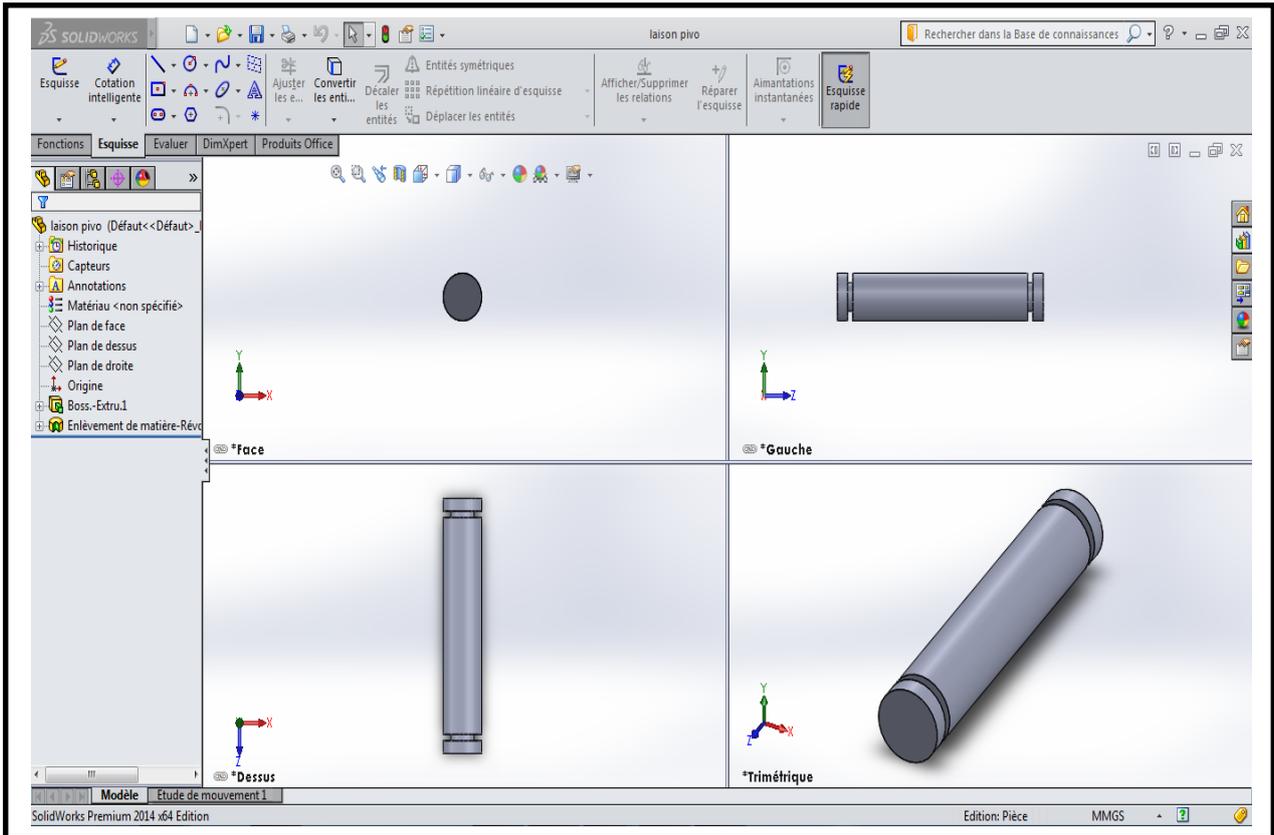
Dessin définitif de convoyeur a chaine Chez CEVITAL ou SolidWorks 2014 x64
Edition :

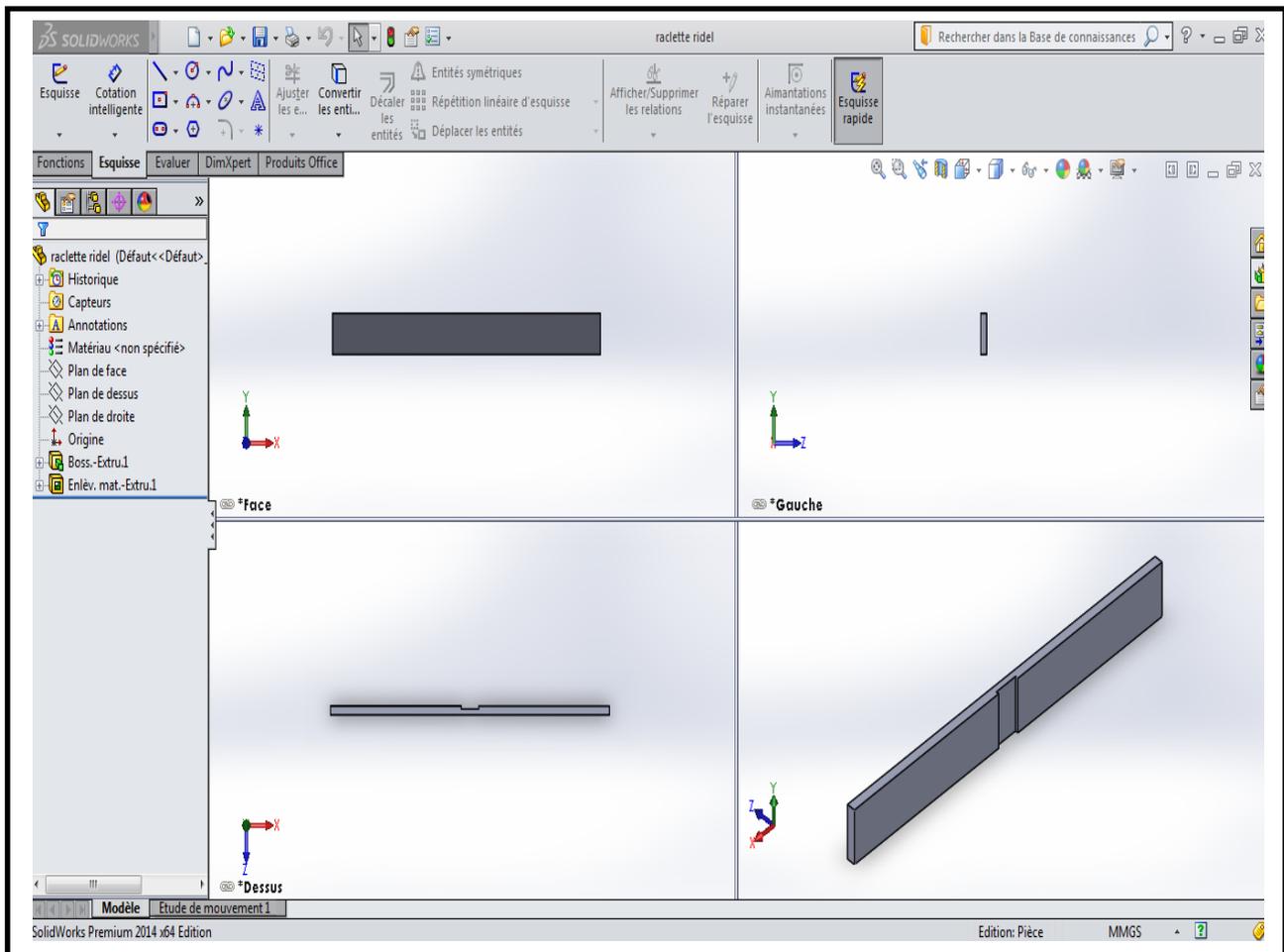


LES ANNEXES



LES ANNEXES

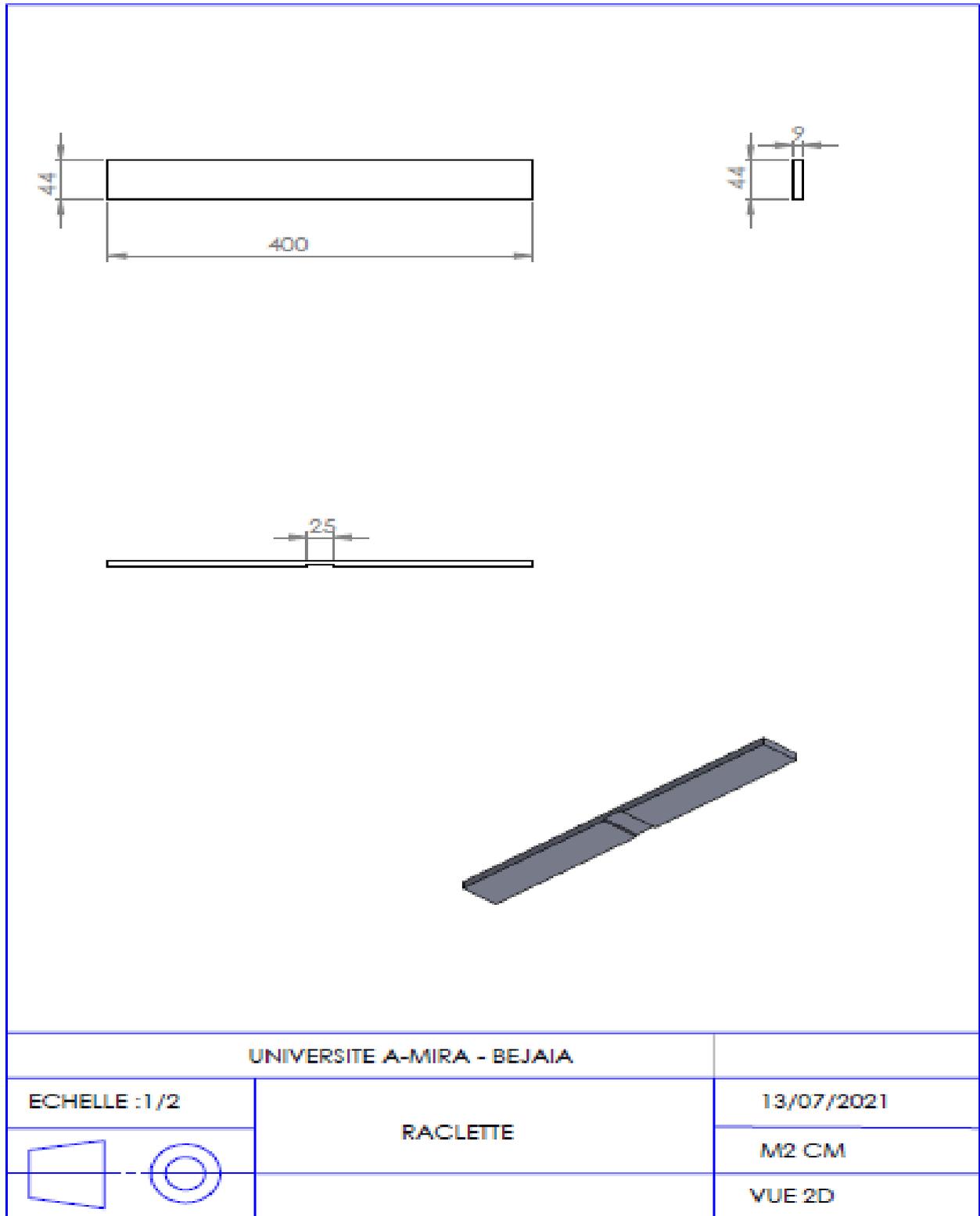




Les mises en plan

Les mises en plan concernent à la fois les pièces (dessin de définition) ou les assemblages (dessin d'ensemble)⁸. Pour aboutir à un plan fini d'une pièce on peut estimer mettre 2 fois moins de temps qu'avec un outil DAO (temps de conception et exécution du dessin). En effet, en DAO, chaque trait est indépendant, et c'est au dessinateur de savoir quelles entités graphiques sont concernées par une modification. Le logiciel 3D ne fait qu'une projection de l'objet. Les modifications éventuelles sont opérées sur l'objet représenté, et ne concernent pas directement le plan.

LES ANNEXES



LES ANNEXES

Annexe 03

Les Tableaux de conversion de dureté :

Brinell HB ϕ 2,5											
d mm	F/D ² =30	F/D ² =10	F/D ² =5	F/D ² =2,5	F/D ² =1,25	d mm	F/D ² =30	F/D ² =10	F/D ² =5	F/D ² =2,5	F/D ² =1,25
	HB 2,5/...						HB 2,5/...				
	157,5	62,5	31,25	15,625	7,8125		157,5	62,5	31,25	15,625	7,8125
0,50		315	158	78,8	39,4	1,15	170	56,8	28,4	14,2	7,1
0,51		309	151	75,7	37,8	1,16	167	55,8	27,9	13,9	7,0
0,52		291	146	72,8	36,4	1,17	164	54,8	27,4	13,7	6,8
0,53		280	140	70,0	35,0	1,18	161	53,8	26,9	13,4	6,7
0,54		270	135	67,4	33,7	1,19	158	52,8	26,4	13,2	6,6
0,55		260	130	65,0	32,5	1,20	156	51,9	25,9	13,0	6,5
0,56		251	125	62,5	31,3	1,21	153	51,0	25,5	12,8	6,4
0,57		242	121	60,4	30,2	1,22	150	50,1	25,0	12,5	6,3
0,58		233	117	58,3	29,2	1,23	148	49,2	24,6	12,3	6,1
0,59		226	113	56,3	28,2	1,24	145	48,3	24,2	12,1	6,0
0,60		218	109	54,5	27,2	1,25	143	47,5	23,8	11,9	5,9
0,61		211	105	52,7	26,3	1,26	140	46,7	23,4	11,7	5,8
0,62		204	102	50,9	25,5	1,27	138	45,9	23,0	11,5	5,7
0,63	392	197	98,6	49,3	24,7	1,28	136	45,1	22,6	11,3	5,5
0,64	573	191	96,5	47,8	23,9	1,29	133	44,4	22,2	11,1	5,5
0,65	555	185	92,8	45,3	23,1	1,30	131	43,7	21,8	10,9	5,5
0,66	538	179	89,7	44,9	22,4	1,31	129	42,9	21,5	10,7	5,4
0,67	522	174	87,0	43,5	21,9	1,32	127	42,2	21,1	10,6	5,3
0,68	507	169	84,4	42,2	21,1	1,33	125	41,5	20,8	10,4	5,2
0,69	492	164	81,9	41,0	20,5	1,34	123	40,9	20,4	10,2	5,1
0,70	477	159	79,6	39,8	19,9	1,35	121	40,2	20,1	10,1	5,0
0,71	464	155	77,3	38,7	19,3	1,36	119	39,6	19,8	9,9	4,9
0,72	451	150	75,1	37,5	18,8	1,37	117	38,9	19,6	9,7	4,9
0,73	438	146	73,0	36,5	18,3	1,38	115	38,3	19,2	9,6	4,8
0,74	426	142	71,0	35,5	17,8	1,39	113	37,7	18,9	9,4	4,7
0,75	415	138	69,1	34,8	17,3	1,40	111	37,1	18,6	9,3	4,6
0,76	404	135	67,3	33,8	16,8	1,41	110	36,5	18,3	9,1	4,6
0,77	393	131	65,5	32,7	16,4	1,42	108	36,0	18,0	9,0	4,5
0,78	383	128	63,8	31,9	15,9	1,43	106	35,4	17,7	8,9	4,4
0,79	373	124	62,1	31,1	15,5	1,44	105	34,9	17,4	8,7	4,4
0,80	363	121	60,5	30,3	15,1	1,45	103	34,3	17,2	8,6	4,3
0,81	354	118	59,0	29,5	14,8	1,46	101	33,8	16,9	8,5	4,2
0,82	345	115	57,5	28,8	14,4	1,47	99,9	33,3	16,7	8,3	4,2
0,83	337	112	56,1	28,1	14,0	1,48	98,4	32,8	16,4	8,2	4,1
0,84	329	110	54,8	27,4	13,7	1,49	96,9	32,3	16,2	8,1	4,0
0,85	321	107	53,4	26,7	13,4	1,50	95,5	31,8	15,9	8,0	4,0
0,86	313	104	52,2	26,1	13,0	1,51	94,1	31,4	15,7	7,8	3,9
0,87	306	102	50,9	25,5	12,7	1,52	92,7	30,9	15,4	7,7	3,9
0,88	298	99,8	49,7	24,9	12,4	1,53	91,3	30,4	15,2	7,6	3,8
0,89	292	97,2	48,6	24,3	12,1	1,54	90,0	30,0	15,0	7,5	3,7
0,90	285	95,0	47,5	23,7	11,9	1,55	88,7	29,6	14,8	7,4	3,7
0,91	278	92,8	46,4	23,2	11,6	1,56	87,4	29,1	14,6	7,3	3,6
0,92	272	90,7	45,4	22,7	11,3	1,57	86,1	28,7	14,4	7,2	3,6
0,93	266	88,7	44,4	22,2	11,1	1,58	84,9	28,3	14,1	7,1	3,5
0,94	262	86,8	43,4	21,7	10,8	1,59	83,7	27,9	13,9	7,0	3,5
0,95	255	84,9	42,4	21,2	10,6	1,60	82,5	27,5	13,7	6,9	3,4
0,96	249	83,0	41,5	20,6	10,4	1,61	81,3	27,1	13,5	6,8	3,4
0,97	244	81,2	40,6	20,1	10,2	1,62	80,1	26,7	13,4	6,7	3,3
0,98	239	79,5	39,8	19,9	9,9	1,63	78,9	26,3	13,2	6,6	3,3
0,99	234	77,9	38,9	19,5	9,7	1,64	77,9	26,0	13,0	6,5	3,2
1,00	229	76,3	38,1	19,1	9,5	1,65	76,8	25,6	12,8	6,4	3,2
1,01	224	74,7	37,3	18,7	9,3	1,66	75,7	25,2	12,6	6,3	3,2
1,02	219	73,2	36,6	18,3	9,1	1,67	74,7	24,9	12,4	6,2	3,1
1,03	215	71,7	35,8	17,9	9,0	1,68	73,6	24,5	12,3	6,1	3,1
1,04	211	70,2	35,1	17,6	8,8	1,69	72,6	24,2	12,1	6,0	3,0
1,05	207	68,8	34,4	17,2	8,6	1,70	71,6	23,9	11,9	6,0	3,0
1,06	203	67,5	33,7	16,9	8,4	1,71	70,6	23,5	11,8	5,9	2,9
1,07	199	66,2	33,1	16,5	8,3	1,72	69,6	23,2	11,6	5,8	2,9
1,08	195	64,9	32,4	16,2	8,1	1,73	68,7	22,9	11,4	5,7	2,9
1,09	191	63,6	31,8	15,9	8,0	1,74	67,7	22,6	11,3	5,6	2,8
1,10	187	62,4	31,2	15,6	7,8	1,75	66,8	22,3	11,1	5,6	2,8
1,11	184	61,2	30,6	15,3	7,7						
1,12	180	60,1	30,0	15,0	7,5						
1,13	177	59,0	29,5	14,7	7,4						
1,14	174	57,9	28,9	14,5	7,2						

LES ANNEXES

Umwertungstabelle / Conversion table / Tableau de conversion

Für Nickel und hochnickelhaltige Legierungen.
For nickel and high-nickel alloys.
Pour nickel et alliages fortement nickéifiés.

Vickers HV 1/5 HV 10/30	Knoop HK 5 HK 10	Brinell HB 10/3000	HRA	HRC	HRC	HRC	HRC	HRC	HRC	HRC	HRC	HR 15 M	HR 30 N	HR 45 N	HR 15 T	HR 30 T	HR 45 T
513		(479)	75,5		50,0	63,0						85,5	88,0	54,5			
481		450	74,5		48,0	61,5						84,5	86,5	52,5			
452		425	73,5		46,0	60,0						83,5	84,5	50,0			
427		403	72,5		44,0	58,5						82,5	83,0	47,5			
404		382	71,5		42,0	57,0						81,5	81,0	45,5			
382	436	363	70,5		40,0	55,5						80,5	80,5	43,0			
362	413	346	69,5		38,0	54,0						79,5	80,0	41,0			
344	392	329	68,5		36,0	52,5						78,5	80,0	38,5			
326	372	313	67,5		34,0	50,5						77,5	80,5	36,0			
309	352	298	66,5	(100)	32,0	49,5						76,5	82,5	34,0	94,5	85,5	77,0
285	325	275	64,5	(104)	28,5	46,5			(116,5)	94,0		75,0	49,5	30,0	94,0	84,5	75,0
266	304	258	63,0	(102)	25,5	44,5			(114,5)	87,5		73,5	47,0	28,5	93,0	83,0	73,0
248	283	241	61,5	100	22,5	42,0			(113,0)	84,5		72,0	44,5	23,0	92,5	81,5	71,0
234	267	228	60,5	98	20,0	40,0			(112,0)	81,5		70,5	42,0	20,0	92,0	80,5	69,0
220	251	215	59,0	96	(17,0)	38,0			(111,0)	78,5	100,0	69,0	39,5	17,0	91,0	79,0	67,0
209	239	204	57,5	94	(14,5)	36,0			(110,0)	75,5	98,0	68,0	37,5	14,0	90,5	77,5	65,0
198	228	194	56,5	92	(12,0)	34,0			(108,5)	72,0	96,5	66,5	35,5	11,0	89,5	76,0	63,0
188	215	184	55,0	90	(9,0)	32,0	(103,5)		(107,5)	69,0	94,5	65,0	32,5	7,5	89,0	74,0	61,0
179	204	176	53,5	88	(6,5)	30,0	(107,0)		(106,5)	65,5	93,0	64,0	30,5	5,0	88,0	73,5	59,5
171	195	168	52,5	86	(4,0)	28,0	(106,0)		(105,0)	62,5	91,0	62,5	28,5	2,0	87,5	72,0	57,5
164	187	161	51,5	84	(2,0)	26,5	(104,5)		(104,0)	59,5	89,0	61,5	26,5	(-0,5)	87,0	70,5	55,5
157	179	155	50,0	82		24,5	(103,0)		(103,0)	56,5	87,5				86,0	69,5	53,5
151	173	149	49,0	80		22,5	(102,0)		(101,5)	53,0	85,5				85,5	68,0	51,5
145	166	144	47,5	78		21,0	(100,5)		(100,5)	50,0	83,5				84,5	66,5	49,5
140	160	139	46,5	76		19,5	(99,5)		99,5	47,0	82,0				84,0	65,5	47,5
135	154	134	45,5	74		17,5	(98,0)		98,5	43,5	80,0				83,0	64,0	45,5
130	149	129	44,0	72		16,0	(97,0)		97,0	40,5	78,0				82,5	62,5	43,5
126	144	125	43,0	70		14,5	(95,5)		96,0	37,5	76,5				82,0	61,0	41,5
122	140	121	42,0	68		13,0	(94,5)		96,0	34,5	74,5				81,0	60,0	39,5
119	136	118	41,0	66		11,5	(93,0)		93,5	31,0	72,5				80,5	58,5	37,5
115		114	40,0	64		10,0	(91,5)		92,5	27,5	71,0				79,5	57,0	35,5
112		111	39,0	62		8,0	(90,5)		91,5	24,0	69,0				79,0	56,0	33,5
108		108		60			89,0		90,0	20,5	67,5				78,5	54,5	31,5
106		106		58			88,0		89,0	17,0	66,5				77,5	53,0	29,5
103		103		56			86,5		88,0	13,5	63,5				77,0	51,5	27,5
100		100		54			85,5		87,0	10,0	62,0				76,0	50,5	25,5
98		98		52			84,0		85,5	6,5	60,0				75,5	49,0	23,5
95		95		50			83,0		84,5	3,0	58,0				74,5	47,5	21,5
93		93		48			81,5		83,5	-0,5	56,5				74,0	46,5	19,5
91		91		46			80,5		82,0	-2,0	54,5				73,5	45,0	17,0
89		89		44			79,0		81,0	-3,5	52,5				72,5	43,5	14,5
87		87		42			78,0		80,0	-5,0	51,0				72,0	42,0	12,5
85		85		40			76,5		79,0	-6,5	49,0				71,0	41,0	10,0
83		83		38			75,0		77,5	-8,0	47,0				70,5	39,5	7,5
81		81		36			74,0		76,5	-9,5	45,5				70,0	38,0	5,5
79		79		34			72,5		75,5	-11,0	43,5				69,0	36,5	3,0
78		78		32			71,5		74,0	-12,5	42,0				68,5	35,5	1,0
77		77		30			70,0		73,0	-14,0	40,0				67,5	34,0	-1,5

Bemerkung:
Eine Umwertung von Härtewerten untereinander ist grundsätzlich mit Ungenauigkeiten behaftet.
Deshalb soll eine Härteumwertung nur dann vorgenommen werden, wenn das vorgeschriebene Prüfverfahren nicht angewandt werden kann. Die angegebenen Werte entsprechen ASTM E 140-79.
Die eingeklammerten Zahlen sind Härtewerte, die außerhalb des Definitionsbereichs der genannten Härteprüfverfahren liegen; praktisch jedoch vielfach als Näherungswerte benutzt werden.

Remarks:
A conversion of hardness values among one another generally involves inaccuracies.
For this reason, a conversion of hardness values should only be made if the prescribed testing method cannot be used.
The figures in brackets are hardness values which lie beyond the range of definition of standardized hardness testing methods, which can, however, practically be used as approximate values.

Note:
La conversion de valeurs de dureté entre eux ne donne en tous cas que des résultats approximatifs.
Ne faire la conversion de la valeur de dureté qu'en cas où le procédé d'essai prescrit ne peut pas être appliqué. Les valeurs indiquées correspondent à la norme ASTM E 140-79.
Les chiffres en parenthèses sont des valeurs de dureté qui se trouvent hors du domaine de définition de la méthode des essais de dureté standardisés; ils sortent de règle comme valeurs approchées.

LES ANNEXES

Umwertungstabelle / Conversion table / Tableau de conversion

Für unlegierte und niedriglegierte Stähle und Stahlguß im wärmebehandelten oder wärmebehandelten Zustand. Bei hochlegierten und/oder kaltverfestigten Stählen sind erhebliche Abweichungen bei der Umwertung zu erwarten.
 For plain and low-alloy steels and steel castings in hot-rolled or heat-treated state. In case of high-alloy and/or cold work-hardened steels considerable deviations during conversion are to be expected.
 Pour acier non-allié et faiblement allié ainsi que pour acier coulé dans l'état laminé à chaud ou traité à chaud. Pour acier fortement allié et/ou écroui des déviations considérables peuvent apparaître à la conversion.

Vickers (F ≥ 98 N) HV	Brinell (3,102 · F/D ² =30) HB	Zugfestigkeit Tensile strength Résistance à la traction N/mm ²	Rockwell							
			HRB	HRC	HRA	HRD (*)	HR 15 N	HR 30 N	HR 45 N	
80	75,0	285								
85	80,7	370	41,0							
90	85,5	385	45,0							
95	90,2	395	50,0							
100	95,0	390	55,2							
105	99,8	325								
110	105	350	62,3							
115	109	370								
120	114	335	66,7							
125	119	400								
130	124	415	71,2							
135	128	430								
140	133	450	75,0							
145	138	465	79,7							
150	143	480								
155	147	495								
160	152	510	81,7							
165	156	520								
170	162	545	85,0							
175	166	600								
180	171	575	87,1							
185	176	595								
190	181	610	90,5							
195	185	625								
200	190	640	91,5							
205	195	660	92,5							
210	199	675	93,5							
215	204	690	94,0							
220	209	705	95,0							
225	214	720	96,0							
230	219	740	96,7							
235	223	755								
240	228	770	98,1	20,3	30,7	40,3	63,6	41,7	19,9	
245	233	785		21,8	31,2	41,1	70,1	42,5	21,1	
250	238	800	99,5	22,2	31,8	41,7	70,5	43,4	22,2	
255	242	820		23,1	32,0	42,2	71,1	44,2	23,2	
260	247	835	(101)	24,0	32,4	43,1	71,6	45,0	24,3	
265	252	850		24,9	32,7	43,7	72,1	45,7	25,2	
270	257	865	(102)	25,6	33,1	44,3	72,6	46,4	26,2	
275	261	880		26,4	33,5	44,9	73,0	47,2	27,1	
280	266	900	(104)	27,1	33,8	45,3	73,4	47,8	27,9	
285	271	915		27,8	34,2	46,0	73,8	48,4	28,7	
290	276	930	(105)	28,5	34,5	46,5	74,2	49,0	29,5	
295	280	950		29,2	34,8	47,1	74,6	49,7	30,4	
300	285	965		29,8	35,2	47,5	74,9	50,2	31,1	
305	290	980		31,0	35,8	48,4	75,6	51,3	32,5	
310	295	1000		32,2	36,4	49,4	76,2	52,3	33,9	
320	304	1060		33,3	37,0	50,2	76,8	53,6	35,2	
330	314	1095		34,4	37,6	51,1	77,4	54,4	36,3	
340	323									
350	333	1125	35,6	38,1	51,0	78,0	55,4	37,8		
360	342	1155	36,6	38,7	51,8	78,6	56,4	39,1		
370	352	1190	37,7	39,2	52,6	79,2	57,4	40,4		
380	361	1220	38,8	39,8	53,4	79,8	58,4	41,7		
390	371	1255	39,8	40,3	54,2	80,3	59,3	42,0		
400	380	1290	40,8	40,8	55,0	80,8	60,2	44,1		
410	390	1320	41,8	41,4	55,8	81,4	61,1	45,3		
420	399	1350	42,7	41,9	56,5	81,9	61,9	46,4		
430	408	1385	43,6	42,3	57,2	82,3	62,7	47,4		
440	418	1420	44,5	42,8	57,9	82,8	63,5	48,4		
450	428	1455	45,3	43,3	58,6	83,2	64,3	49,4		
460	437	1490	46,1	43,8	59,3	83,6	64,9	50,4		
470	447	1520	46,9	44,3	60,0	83,9	65,7	51,3		
480	(456)	1555	47,7	44,7	60,7	84,3	66,4	52,2		
490	(466)	1595	48,4	45,1	61,4	84,7	67,1	53,1		

LES ANNEXES

Umwertungstabelle / Conversion table / Tableau de conversion

Vickers (F ≥ 98 N) HV	Brinell ¹⁾ (0,102 · F/D ² =30) HB	Zugfestigkeit Tensile strength Résistance à la traction N/mm ²	Rockwell						
			HRB	HRC	HRA	HRD ¹⁾	HR 15 N	HR 30 N	HR 45 N
500	(475)	1630		48,1	75,3	62,2	65,0	67,7	53,9
510	(485)	1665		48,6	75,7	62,9	65,4	68,3	54,7
520	(494)	1700		49,5	76,1	63,5	65,7	69,0	55,6
530	(504)	1740		51,1	78,4	63,9	66,0	69,5	56,2
540	(513)	1775		51,7	78,7	64,4	66,3	70,0	57,0
550	(523)	1810		52,3	77,0	64,8	66,6	70,5	57,6
560	(532)	1845		53,0	77,4	65,4	66,9	71,2	58,6
570	(542)	1880		53,6	77,8	65,8	67,2	71,7	59,3
580	(551)	1920		54,1	78,0	66,2	67,6	72,1	59,9
590	(551)	1955		54,7	78,4	66,7	67,8	72,7	60,5
600	(570)	1995		55,2	78,6	67,0	68,0	73,2	61,2
610	(580)	2030		55,7	78,9	67,5	68,2	73,2	61,7
620	(589)	2070		55,9	79,2	67,8	68,5	74,2	62,4
630	(599)	2105		56,8	79,5	68,3	68,8	74,6	63,0
640	(608)	2145		57,3	79,8	68,7	69,0	75,1	63,5
650	(618)	2190		57,8	80,0	69,0	69,2	75,5	64,1
660				58,3	80,3	69,4	69,5	75,9	64,7
670				58,6	80,6	69,8	69,7	76,4	65,3
680				59,2	80,8	70,1	69,8	76,0	65,7
690				59,7	81,1	70,5	70,1	77,2	66,2
700				60,1	81,3	70,8	70,3	77,5	66,7
710				61,0	81,8	71,6	70,7	78,4	67,7
720				61,8	82,2	72,1	71,0	79,1	68,4
730				62,5	82,6	72,6	71,2	79,7	69,2
740				63,3	83,0	73,3	71,5	80,4	70,2
750				64,0	83,4	73,8	71,8	81,1	71,0
760				64,7	83,8	74,3	72,1	81,7	71,8
770				65,3	84,1	74,8	72,3	82,2	72,2
780				65,9	84,4	75,3	72,5	82,7	73,1
790				66,4	84,7	75,7	72,7	83,1	73,6
800				67,0	85,0	76,1	72,9	83,6	74,2
810				67,5	85,3	76,5	73,0	84,0	74,8
820				68,0	85,6	76,9	73,2	84,4	75,4

1) Errechnet aus HB = 0,95 · HV
Die eingeklammerten Brinellhärtewerte gelten nur dann, wenn mit einer Hartmetallkugel gemessen wurde

2) International üblich z. B. ASTM E 18-67

Remarque:
Eine Umwertung von Härtewerten untereinander oder von Härtewerten in Zugfestigkeitswerte ist grundsätzlich mit Un-
genauigkeiten behaftet.
Diese Umwertung nur dann vorgenommen werden, wenn das vorgeschriebene Prüfverfahren nicht an-
gewandt werden kann. Die angegebenen Werte entsprechen DIN 50150, Ausgabe Dezember 1976.
Die eingeklammerten Zahlen sind Härtewerte, die außerhalb des Definitionsbereichs der genannten Härteprüfverfahren
liegen, praktisch jedoch vielfach als Näherungswerte benutzt werden.

1) Calculated from HB = 0,95 · HV
The Brinell hardness values in brackets are only applicable if measured by means of a hard metal ball.

2) Internationally used, e. g. ASTM E 18-67

Remark:
A conversion of hardness values among one another or of hardness values to strength values generally involves inac-
curacies.
For this reason, a conversion of hardness values should only be made if the prescribed testing method cannot be used.
The indicated values correspond to DIN 50150, ed. Dec. 1976.
The figures in brackets are hardness values which lie beyond the range of definition of standardized hardness testing
methods, which can, however, practically be used as approximate values.

1) calculé de HB = 0,95 · HV
Les valeurs de dureté Brinell entre parenthèses ne sont valables que pour mesures avec une bille de métal dur.

2) Usagé internationalement par exemple ASTM E 18-67

NOTE:
La conversion de valeurs de dureté entre eux ou de valeurs de dureté en valeurs de résistance ne donne en tous cas
que des résultats approximatifs.
Ne faire la conversion de la valeur de dureté qu'en cas où le procédé d'essai prescrit ne peut pas être appliqué. Les
valeurs indiquées correspondent à la norme DIN 50150, édition Décembre 1976.
Les chiffres en parenthèses sont des valeurs de dureté qui se trouvent hors du domaine de définition de la méthode
des essais de dureté standardisés. Ils servent de règle comme valeurs approchées.

Résumé

Notre travail est porté essentiellement sur la caractérisation physico-chimique et mécanique de l'acier de construction utilisé dans une raclette de convoyeur a chaine chez CEVITAL pour un balayage de sucre roue.

Vu que ces raclettes ont un problème de rupture après 03 mois d'utilisation, pour résoudre ce problème nous avons cherché à comprendre la raison de cette rupture en traitant les différentes propriétés (résilience, dureté, étude microscopique et traitement thermique) de ce matériau. Nous avons trouvé des résultats qui sont la solution à ce problème.

Abstract

Our work is mainly focused on the physicochemical and mechanical characterization of structural steel used in a chain conveyor squeegee at CEVITAL for sweeping sugar wheel.

Since these squeegees have a breakage problem after 03 months of use, to solve this problem we sought to understand the reason for this breakage by treating the different properties (resilience, hardness, microscopic study and heat treatment) of this material. We have found results which are the solution to this problem.