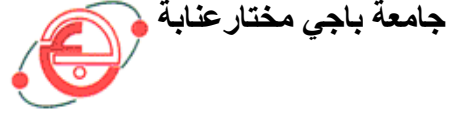


وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR ANNABA-UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIORAT
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

INTITULE

**Etude comparative de quatre aciers pour pipeline pour Sonatrach
réalisés à la TSS Arcelor Mittal-Annaba selon les paramètres
physico chimique et choix de l'acier X52**

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIERE : GENIE MECANIQUE

SPECIALITE : MECANIQUE DES MATERIAUX

PRESENTE PAR : BEN KECHROUD BASMA

Directeur du mémoire : Mr. MENAIL YOUNES MCA

DEVANT LE JURY

PRESIDENT :	LAGRED .H	MCA	UNIV .ANNABA
EXAMINATEURS :	BOUSSAID.O	MCA	UNIV. ANNABA
	BENGHERSALLAH. M	MCB	UNIV. ANNABA

Année: 2013/2014

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail
à Mes parents
à Mes frères et à Mes sœurs
(Nadia, Meriem)
à Mes amies (Nassima, Khaoula,
Khadidja, Hanen)
à Toute la famille universitaire.*

Benkechroud Basma

Sommaire

Pages

Dédicace
Introduction.....

Chapitre I:Généralité

I.1Présentation du Complexe ArcelorMittal Annaba1
I.1.1Situation géographiques du complexe.....1
I.1.2Historique de complexe.....3
I.1.3Structure générale du complexe3
I.2Présentation de la tuberie sans soudure (T.S.S ou L'AMPTA)5
I.2.1 Présentation de l'AMPTA.....5
I.2.2Organisation structurelle de l'AMPT6
I.2.3Les principaux produits de L'AMPTA.....7
I.2.4Commercialisation du produit fini.....7
I.2.5Spécification technique.....7
I.2.5.1Définition d'un pipeline.....7
I.2.5.2Caractéristique des produits fabrique.....8
I.2.5.3Cycle de fabrication du tube.....9
I.2.5.4Procédures de contrôle des tubes.....13
I.3les aciers et les caractéristiques mécanique..... 15
I.3.1définition..... 15
I.3.2 classification des aciers.....15
I.3.2.1. Les aciers au carbone d'usage général..... 15
I.3.2.2. Les aciers de traitements thermiques.....15
I.3.2.3. Aciers à outils..... 15
I.3.2.4. Aciers inoxydables.....16
I.3.3. Influence des éléments d'addition.....16
I.3.3caracterstique des aciers.....17

Chapitre II: ESSAIS MECANIQUES

II.1Essai de traction.....	19
II.1.1Les éprouvettes.....	19
II.1.2 Machines d'essais.....	20
II.1.3Diagramme de traction.....	21
II.1.4Caractéristiques obtenues lors d'un essai de traction.....	23
II.1.4.1 Le module d'Young E	23
II.1.4.2La limite d'élasticité Re.....	23
II.1.4.3 La résistance ultime, ou contrainte maximum de traction Rm	23
II.1.4.4 L'allongement à rupture A%.....	23
II.1.4.5 Striction à la rupture.....	24
II.1.4.6Coefficient de Poisson.....	24
II.2Essai de dureté.....	24
II.2.1Principe de l'essai.....	24
II.2.1.1Dureté Brinell (symbole HB).....	24
II.2.1.2 Dureté Rockwell (symbole HR).....	25
II.2.1.3 Dureté Vickers (symbole HV).....	26
II.2.2Machine d'essai.....	26
II.3Essai de résilience.....	27
II.3.1L'éprouvette de résilience.....	27
II.3.2Les équipements d'essai.....	28
II.3.3 Le Mouton de Charpy.....	29
II.3.4Calcul et expression des résultats.....	30
II.3.5Caractéristique obtenue lors d'un essai de résilience.....	30
II.3.6Effet de la température d'essai.....	31

Chapitre III: RESULTATS

III.1.1 But du travail.....	33
-----------------------------	----

III.2 Caractéristiques des tubes.....	33
III.1.2 Présentation des matériaux.....	33
III.1.3 L'analyse chimique.....	34
III.1.4 Résultats expérimentaux de l'essai dureté (HRB).....	35
III.1.5 Résultats expérimentaux de l'essai de traction	36
III.7 Essais de résilience.....	40
III.7.1Eprouvettes.....	40
III.8 Comparaison des aciers et choix du meilleur.....	44

CONCLUSIO.....

BIBLIOGRAPHIE.....

ANNEXE.....

LISTE DES FIGURES

Chapitre I

FigureI.1 : Situation géographique du complexe.....	2
FigureI.2 : Structure générale du complexe.....	4
FigureI.3 : Vue générale de la TSS.....	3
FigureI.4 : organigramme de L'AMPTA.....	4
Figure I.5 : Pipeline dans l'environnement.....	8
FigureI.6 : Processus de fabrication des tubes.....	12
FigureI.7 : Schémas du processus de parachèvement d'un tube.....	13

Chapitre II

FigureII.1 : Dimension d'éprouvette de traction.....	20
FigureII.2 : la machine de traction.....	21
Figure II.3 : diagramme de traction.....	22
FigureII.4: principe de la dureté brinell.....	25
FigureII.5 : principe de la dureté Rockwell.....	25
FigureII.6 : principe de la dureté Vickers.....	26
Figure II.7 : machine de dureté.....	27
Figure II.8 : les types d'éprouvette de résilience.....	28
Figure II.9 : machine de Charpy.....	28
FigureII.10 : criothermostate.....	29
FigureII.11 : Mouton de Charpy.....	30
FigureII.12: principe du choc Charpy.....	31
FigureII.13 : exemple de courbe de résilience.....	32

Chapitre III

FigureIII.1 : Dimensions des tubes.....	34
FigureIII.2 : les éprouvette, (a) dimension d'éprouvette, (b) photo d'éprouvette de traction.....	36
FigureIII.3: courbe contrainte allongement d'acier X52Q.....	37
FigureIII.4: Courbe contrainte allongement d'acier X42N.....	37
FigureIII.5 : La courbe de traction de P110.....	38
FigureIII.6 : La courbe de traction de N80.....	38
FigureIII.7 : Evolution du module E en fonction de la composition chimique.....	39
FigureIII.8: Variation du module E en fonction des paramètres chimiques.....	40
FigureIII.9 : les éprouvette,(a) dimension d'éprouvette,(b) photo d'éprouvette de résilience.....	41
FigureIII.8: Résilience des 4 aciers.....	44

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : caractéristique des produits fabrique.....	1
Tableau III.1: Composition chimique des aciers X42N et X52Q.....	35
Tableau III.2: Résultats de l'essai de dureté.....	35
Tableau III.3 : Caractéristiques mécaniques.....	39
Tableau III.4 : Composition chimique.....	39
Tableau III.5: Résultats des essais de résilience pour l'acier X52Q.....	42
Tableau III.6: Résultats des essais de résilience pour l'acier X42N.....	42
Tableau III.7: Résultats des essais de résilience pour l'acier P110.....	42
Tableau III.8: Résultats des essais de résilience pour l'acier N80.....	43
Tableau III.9 : Comparaison des résiliences pour 4 aciers.....	43

Introduction :

L'augmentation de la demande d'énergies telles que le gaz et le pétrole nécessite de plus en plus la construction de nouvelles lignes de pipelines. En effet, ces derniers, sont devenus, ces 50 dernières années le moyen d'acheminement le moins coûteux et le plus sûr pour de grandes quantités d'énergies et sur des longues distances (plusieurs centaines voire plusieurs milliers de kilomètres). Quel que soit l'endroit que le pipeline traverse (mer ou terre), ce dernier est toujours exposé aux risques d'endommagements que ce soit par des interférences externes ou environnementales. Pour se là Il faut connue bien noter matériaux que l'utilisée pour la fabrication des pipelines, et connue aussi leur caractéristiques mécanique.

L'une des exigences du cahier des charges que doit remplir un bon acier pour pipe est la réconciliation des propriétés d'emploi aussi diverses qu'une limite d'élasticité maximale, une bonne ténacité, aussi qu'une nécessaire soudabilité, une bonne résistance à la corrosion et un faible coût de revient. La pose d'un Pipe est sujette à une certification lors de la production des tubes. Cette certification se repose sur les essais mécaniques. Il est divisé en une introduction suivie de trois chapitres qui sont résumé ci-dessous.

Le premier chapitre est dédié à la recherche bibliographique qui est répartie en deux volets. Le premier volet donne une présentation générale sur le complexe sidérurgique d'El-Hadjar et donne aussi un aperçu sur les modes de production des tubes, particulièrement les tubes sans soudure afin de mettre en évidence l'importance des différentes opérations dans le processus de production. Le second volet est orienté vers les aciers et les différent type des aciers et leur caractéristique mécanique.

Le deuxième chapitre présente une généralité sur les différents essais mécaniques (traction, résilience, dureté).

Le troisième chapitre présentel'étude expérimentale sur les aciers API X52, API X42, API P110 et API N80 destiné pour la fabrication des tubes pour le transport des hydrocarbures, au niveau de T.S.S Annaba, et expose les résultats obtenus à partir de les essais mécanique réalisée.

Enfin la conclusion réitère les points les plus importants de l'étude ci présente suivie des recommandations avec un aperçu sur les perspectives de ce travail. Une liste de bibliographie clôture ce mémoire.

I.1Présentation du complexe ArcelorMittal Annaba :

I.1.1Situation géographique du complexe :

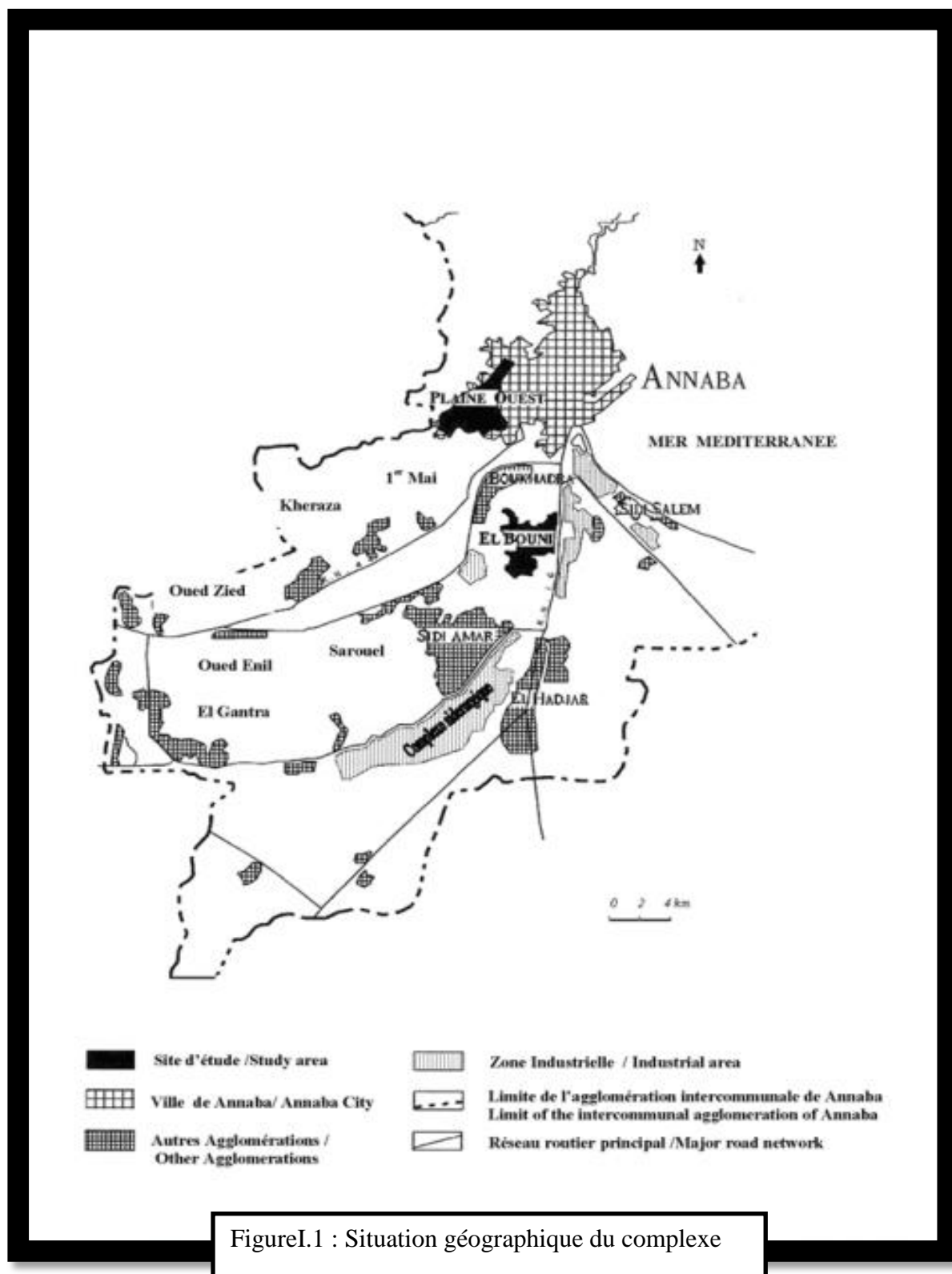
Le complexe sidérurgique d'**EL HADJAR** situé de 15km au sud de la ville d'Annaba, occupe une superficie de 800 hectares qui se reparti en trois zones :

^{er}
-1 zone : L'atelier de production « 300 Hectares ».

^{ème}
-2 zone : Les superficies de stockage « 300 Hectares ».

^{ème}
-3 zone : La surface de service « 200 Hectares ».

La figureI.1 représenté la situation géographique du complexe.



FigureI.1 : Situation géographique du complexe

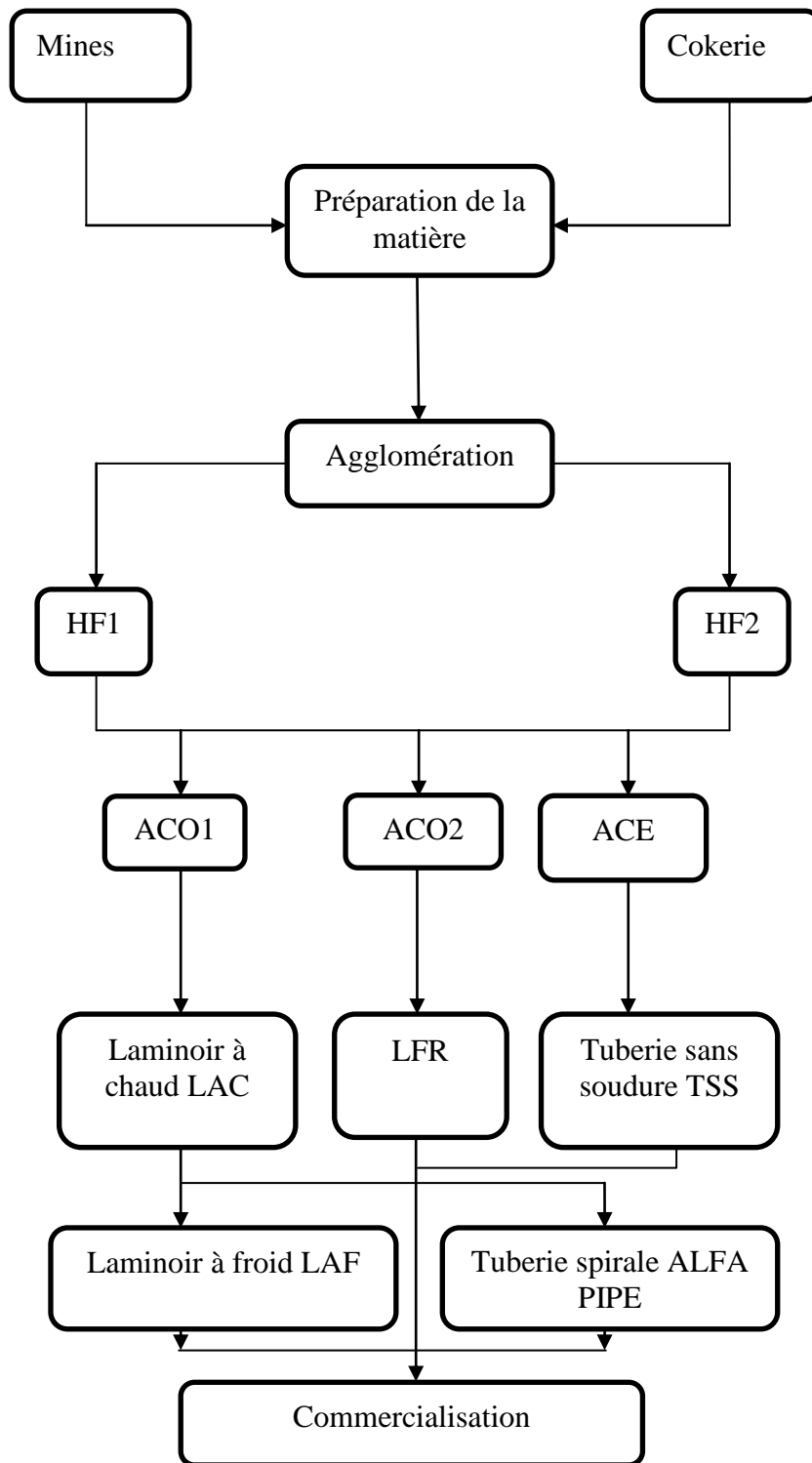
I.1.2 Historique de complexe :

L'entreprise national de sidérurgie(**ENS**) a été créé par la société bônoise sidérurgie (**SBS**) en 1959 suite à la mise en application du plan de Constantine crée le 4 septembre 1964, la **SNS** a été chargée de construire un complexe sidérurgique a **EL HADJAR**. En exécution d'une politique définie et exprimée par le gouvernement.

Issue de la restructuration de la société national de sidérurgie SNS, l'entreprise (**SNS**) par abréviation **SIDER** a été créé par décret (**n°83-628**) du 05 novembre 1983 et après **MITTAL STEEL** Annaba le 25 juin 2005, et devenir **ARCELOR MITTAL** Annaba le 6 mars 2007.

I.1.3 Structure générale du complexe :

La structure générale du complexe pour la fabrication de produit fini, est représentée par la figure I.2.



FigureI.2 : Structure générale du complexe

I.2 Présentation de la tuberie sans soudure (T.S.S ou L'AMPTA) :

I.2.1 Présentation de l'AMPTA :

ArcelorMittal pipes & tubes Alegria (L'AMPTA) implantée sur le site du complexe ArcelorMittal ANNABA (FigureI.3), elle a pour mission principale la production des tubes sans soudure destinés principalement à l'industrie du pétrole et du gaz, son démarrage a eu lieu en 1974.

Le site de la Tuberie sans soudure a une superficie de 31.5 ha. Les surfaces couvertes sont de 8.13 ha dont :

- Ateliers de productions : 7.80 ha,
- Blocs socio administratifs : 0.33ha,
- La surface des routes, parking et aires de stockage sont de : 23.37ha.

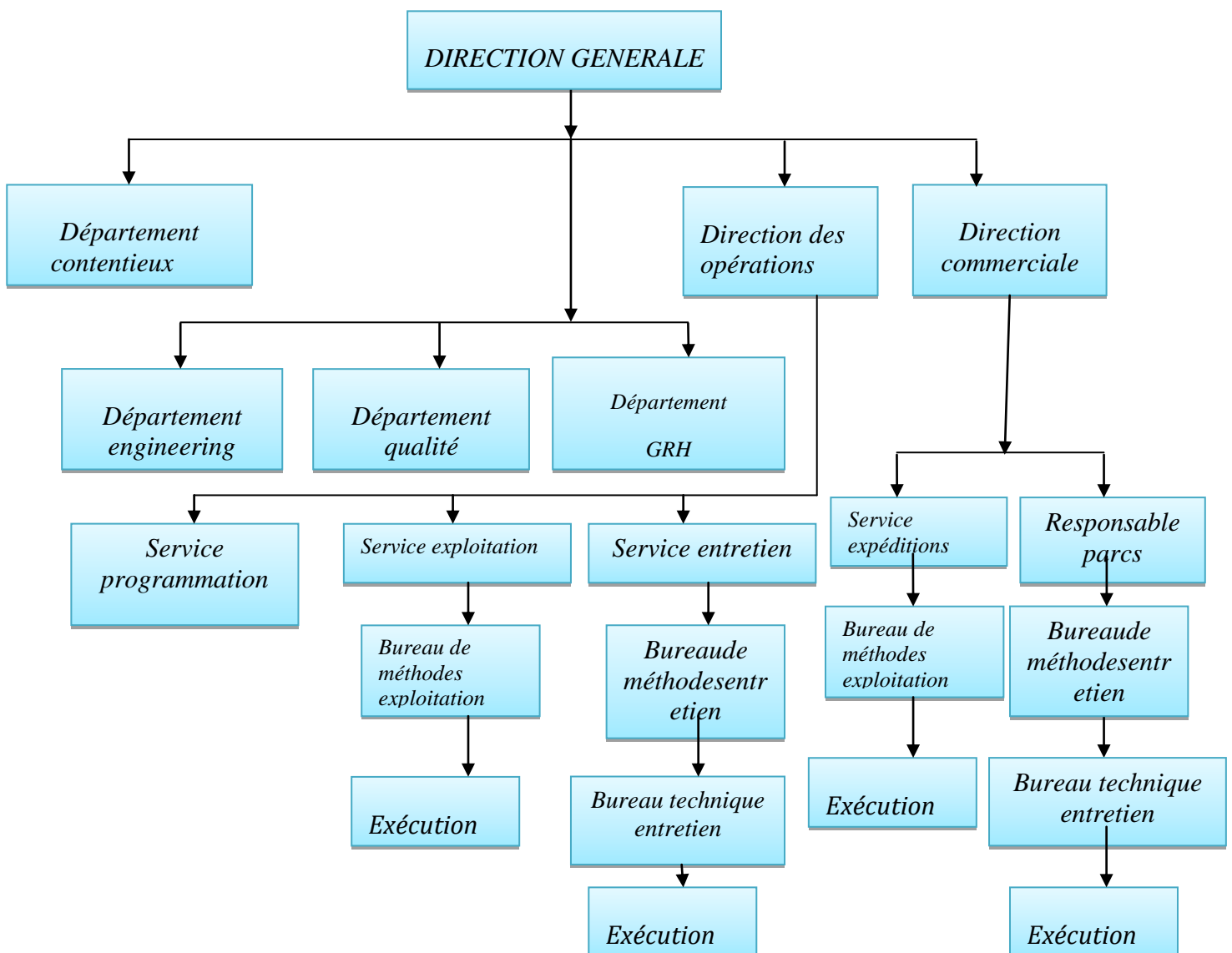


FigureI.3 : Vue générale de l'AMPTA

I.2.2 Organisation structurelle de l'AMPTA :

Le complexe est organiquement composé de plusieurs filiales parmi lesquelles on trouve la filiale Tuberie sans soudure (AMPTA). Cette dernière a pour tâches de transformer les lingots fournis par une aciérie électrique locale en tubes de différents diamètres.

L'AMPTA est structurée en tête par une direction générale, elle est composée de quatre directions, trois départements et plusieurs services, La structure de L'AMPTA peut se schématiser selon l'organigramme suivant (figureI.4):



FigureI.4 : organigramme de L'AMPTA

I.2.3 Les principaux produits de L'AMPTA :

- Les tubes traités (casing) pour le coffrage des puits de pétrole ;
- Les tubes tubings pour la production ;
- Les Tubes line-pipe pour le transport des hydrocarbures liquide et gazeux ;
- Les Tubes pour usage hydraulique.

I.2.4 Commercialisation du produit fini :

Les principaux clients sont :

- SONATRACH
- NAFTAL
- ALTUMET
- KHANAGAZ.
- SONELGAZ

I.2.5 Spécification technique :

I.2.5.1 Définition d'un pipeline :

Une canalisation, ou un pipeline (de l'anglais) est une conduite destinée à l'acheminement de matières gazeuses, liquides, solides ou polyphasiques, d'un endroit à un autre. Le diamètre nominal d'une canalisation peut aller de trente millimètres environ (un pouce un quart) pour des fluides spéciaux jusqu'à plus de trois mètres vingt (soixante-huit pouces) pour les adductions d'eau.

On désigne par « pipelines » (figure I.5), les oléoducs ou gazoducs qui sont des canalisations de diamètres pouvant aller de 1 à 42 pouce (1 pouce = 2,54 centimètres), Celles-ci sont le plus souvent en acier, constituées d'éléments linéaires soudés bout en bout et revêtus, et dans lesquelles transitent, sous des pressions relativement élevées, des produits pétroliers, liquides ou gazeux. Ces produits pétroliers sont propulsés par des installations de pompes ou de compression. Elle sert à transporter un produit entre deux points donnés et elle est construite avec des matériaux et des techniques qui apportent la solution la plus économique au problème posé.

Lorsqu'une canalisation a un très petit diamètre (moins de trente millimètres environ), on parle plutôt de tuyauterie [1]



Figure I.5 :Pipeline dans l'environnement

Pour la fabrication des tubes, un grand nombre de matériaux peut être utilisé : acier, fonte, plastique, résines armées, etc. . . Le choix du matériau est fonction de la nature et de l'état des produits qu'elle doit acheminer.

Dans ce cas, on considère l'application de l'acier dans la fabrication des tubes, pièces et matériaux qui satisfont aux exigences les plus sévères de l'industrie gazière explicites et implicites.

Le type et le nom d'une canalisation dépendent des caractéristiques physiques et des conditions d'acheminement du produit à déplacer.

- Pour le gaz naturel, on parle de gazoduc(pipe-line).
- Pour le pétrole, on parle d'oléoduc(casing). [8]

I.2.5.2Caractéristique des produits fabrique :

Les produits fabriqués dans l'AMPTA sont caractérisé selon l'exigence de client et selon la norme API. Le tableauI.1 montre les caractéristiques des produite fabrique.

Tableau I.1 : caractéristique des produits fabrique.

Norme de référence: American Petroleum Institute (API)			Utilisation
Nuance	Limite d'élasticité minimale R_e	Résistance à la traction minimale R	
		N/mm^2	N/mm^2
X-42	290	415	Pipe-line
X-52	360	460	
X-60	415	520	
X-65	450	535	
N80Q	552	689	Casing
P110	758	862	
K55	379	655	

I.2.5.3 Cycle de fabrication du tube :

Les tubes sont obtenues à partir des lingots fabrique dans l'aciéré électrique.

Les lingots sont enfourné dans un four à sol pour chauffée à une température de 1300°C pour la facilite de mise en forme.

La fabrication des tubes sans soudure peut être subdivisée en des opérations principales faite dans deux ateliers, ces opérations sont les suivant :
Toutes ces opérations sont montrées par les photos.

➤ Pour laminoir à tube(LAT) :

-stockage des lingots

-enfournée les lingots dans un Four à sole tournante

- Perçage des lingots en doigts de gants dans un Presse à percer

-Four à plateau Pour réchauffage des ébauches presse à une température de 1300°C

-Laminoir oblique Transformation des lingots ronds ou ébauches creuses

-Laminoir pèlerins : pour obtenue des tubes bruts

-Four à longeron : Réchauffage des tubes laminés
-Calibreur à 5 cages : Calibrage cylindrique de mise à dimension des tubes bruts produits par laminoir pèlerin.

-FINISSAGE :

_Dressage à froid des tubes venant du calibreur.

_Tronçonneuse BARDONS : Mise en longueur et coupe des viroles pour les essais mécaniques.

_Chanfreineuse pour réalisation du chanfrein.

_Bascule : Tous les tubes sont pesés et métrés.

_Produit à la sortie du finissage :

- Tubes Casing et line pipe nécessitant un traitement thermique (Trempe + Revenu) sont expédiés vers le parachèvement à tubes.
- Le reste des Tubes line pipe et divers (Lisse) ayant Obtenus leurs Propriétés Mécaniques sont expédiés vers le client.

_Tous les tubes subissent un contrôle final (réception) récapitulant toutes les exigences clients et spécifications API.

➤ AtelierParachèvement (PAT):

-Four de trempe :Température de trempe 900 °C environ Trempe à l'eau

-Four de revenu :Revenu à l'air libre à température de 650°C

-Calibreur à 03 cages :Calibrage et obtention, du diamètre exigé

-Tronçonneuse et prélèvement de viroles

-Chanfreineuse :Réalisation chanfrein

-Marquage et pesage

Comme à déjà mentionné auparavant les photos et les figures I.6 et I.7 montrent le processus de fabrication des tubes de les lingots jusqu'à la dernière opération de contrôle mécanique.



Stockage lingot

enfournement des lingots

pressage des lingots



Laminoir oblique

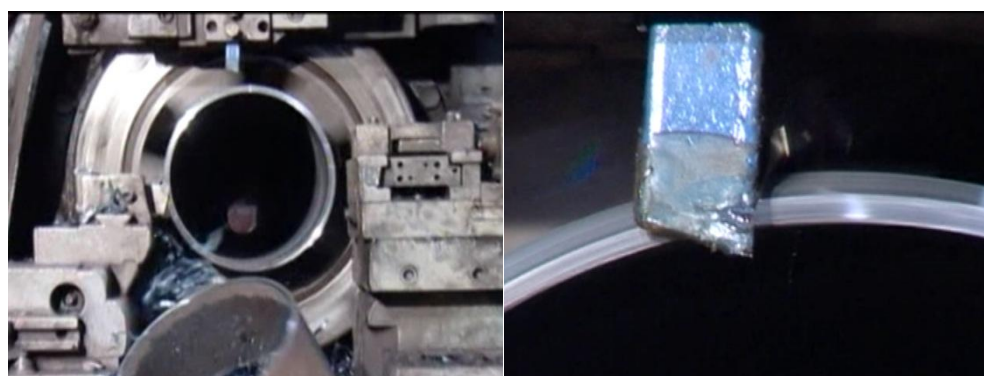
Laminoir pèlerins Four à longeron



Calibrage de tube

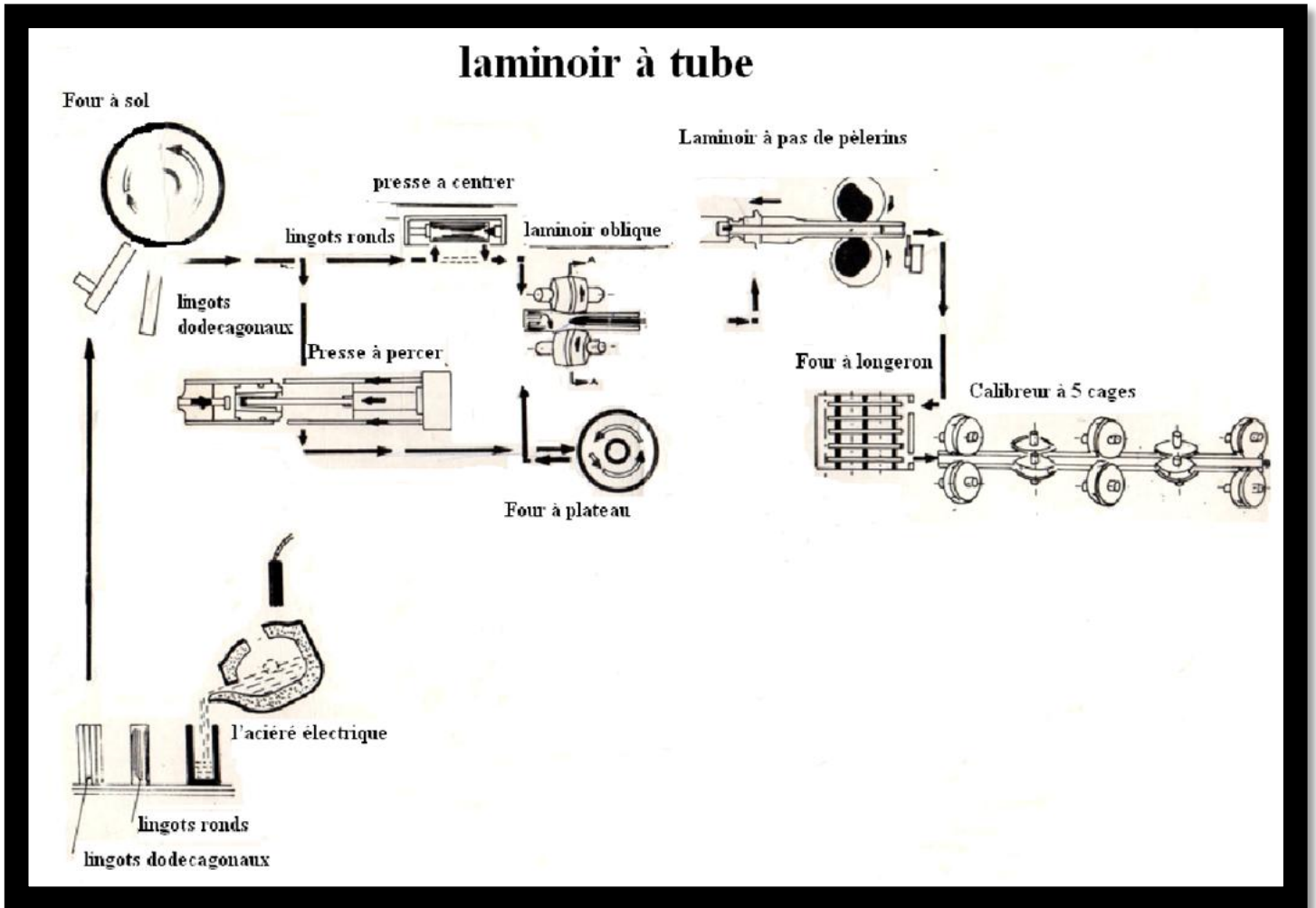
Dressage des tubes

CND

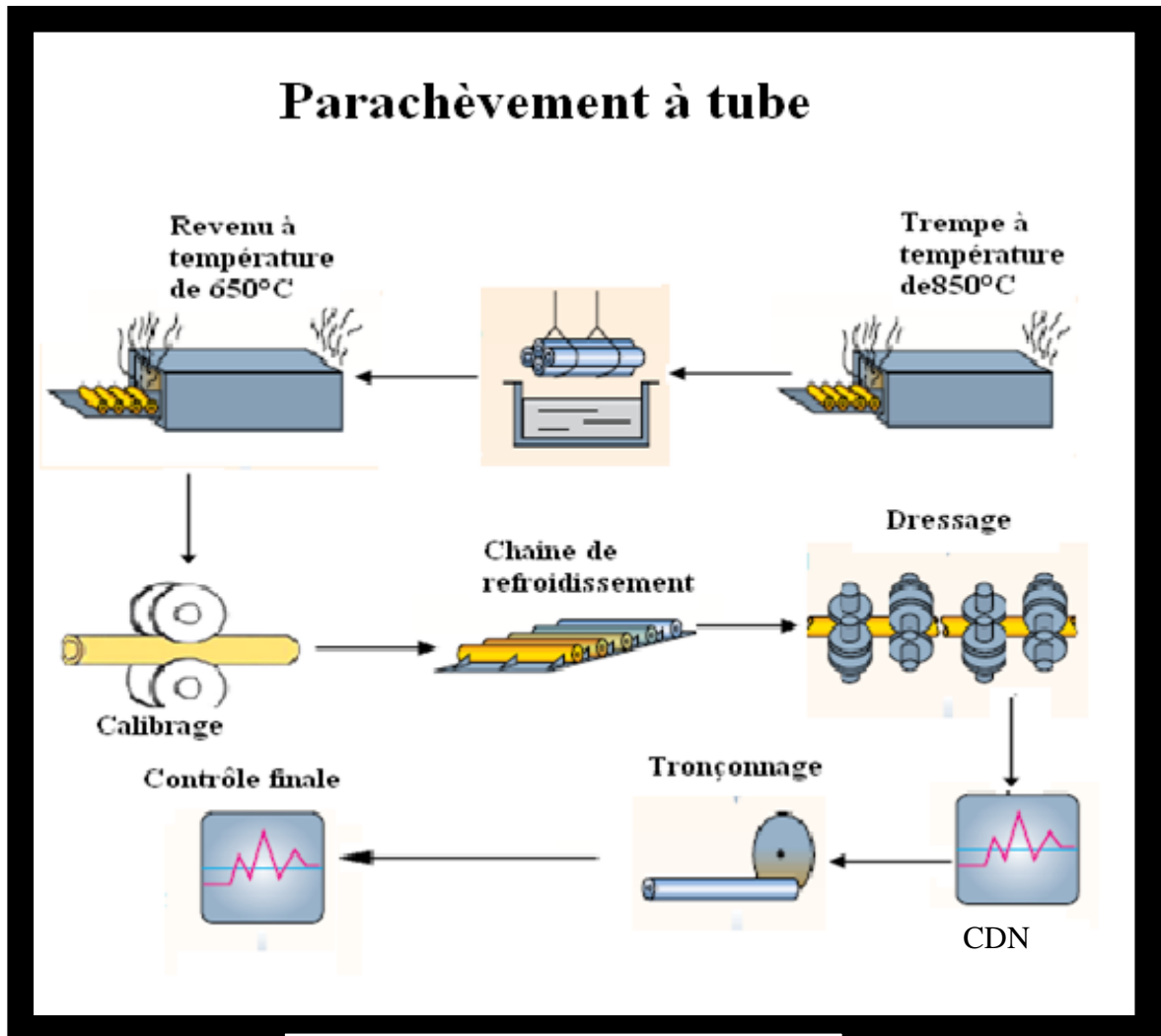


Tronçonnage des tubes

Chanfreinage



FigureI.6 : Processus de fabrication des tubes



I.2.5.3 Procédures de contrôle des tubes :

-Contrôles Non Destructifs :

Ces contrôles pour but de mettre en évidence des défauts soit directement (visuel) soit indirectement par leurs effets (Tuboscope, Magna poudre).

-épreuve hydraulique :

Chaque tube subit l'épreuve hydraulique (banc d'épreuve hydraulique). Chaque tube doit être maintenu à la pression d'essai en fonction des dimensions et nuances et un temps exigé par le client.

-Contrôles Destructifs(CD) :

Les contrôles destructifs des tubes sans soudure viennent consolider la qualité du produit fabriqué par TSS. Son laboratoire d'essais mécaniques dispose d'équipements fiables étalonnés périodiquement. Les différents essais destructifs réalisés sur une virole de tube sont des essais mécaniques (traction, dureté, résilience), des analyses chimiques.

*** prélèvement des échantillons :**

Les échantillons pour les essais sont prélevés d'une virole du tube, désigné pour le test. La paire de plaques sont prélevés transversalement à l'axe du tube.

*** Essais réalisés :**

Tous les essais sont effectués en conformité avec les normes API5L et avec les spécifications du client.

*** Analyses chimiques :**

Le contrôle de la composition chimique se fait sur le métal de tube. Les résultats d'analyses sont comparés avec celle du fournisseur et les exigences du client, ce qui permet de définir les premiers critères d'acceptation du produit en composition chimique (spectromètre).

*** Essai de traction :**

L'essai de traction consiste à soumettre une éprouvette à un effort de traction jusqu'à rupture en vue de déterminer une ou plusieurs caractéristiques mécaniques (la résistance ultime à la traction, la limite apparente d'élasticité à 0.5% et l'allongement).

*** Essai de dureté :**

L'essai de dureté consiste à mesurer la résistance d'un matériau à la pénétration.

*** Essai de résilience :**

L'essai de résilience consiste à mesurer l'énergie de rupture de les éprouvettes dans les différentes températures, cette dernière est exigée par le client et la norme API.

I.3 les aciers et les caractéristiques mécanique :

I.3.1 définition :

L'acier est un alliage métallique constitué essentiellement de fer (typiquement très majoritaire et représentant plus de 98% du métal) et de carbone (typiquement moins de 2% du métal), auxquels sont ajoutés en faibles quantités d'autres composants minoritaires en fonction des propriétés recherchées.[2]

I.3.2 classification des aciers :

On peut classer les aciers selon leur composition chimique ou selon leur domaine d'utilisation. C'est cette dernière classification qui nous permet de considérer les quatre familles suivantes.[3]

I.3.2.1. Les aciers au carbone d'usage général :

Les aciers au carbone d'usage général, utilisés tels quels, sans traitement ultérieur, constituent environ 85 % de la production des aciers. Ce sont des matériaux produits en très grande quantité et dont le prix est relativement bas. Outre le carbone, ces aciers contiennent des éléments d'addition (manganèse, silicium...) et des impuretés (soufre et phosphore) dont la présence découle de leur mode d'élaboration.

I.3.2.2. Les aciers de traitements thermiques :

Les aciers alliés ou non alliés de traitements thermiques sont définis en fonction de leur composition. La composition chimique de ces aciers permet de déterminer les traitements qu'on peut leur appliquer en fonction des propriétés recherchées.

i). Aciers non alliés : Ces aciers sont, en fait, intermédiaires entre les aciers d'usage général de type A et les aciers fins de type XC; on peut leur faire subir un traitement thermique mais les caractéristiques mécaniques obtenues peuvent être assez variables d'un lot à l'autre et même à l'intérieur d'un même lot.

ii). Aciers alliés : On distingue deux grandes catégories d'aciers alliés :

- **Aciers faiblement alliés :** Ce sont des aciers dans lesquels aucun élément d'addition n'atteint la teneur de 5%.

- **Aciers fortement alliés :** Dans ces aciers, au moins un élément d'addition atteint la teneur supérieure ou égale à 5%.

I.3.2.3. Aciers à outils :

Sont des aciers utilisés pour la fabrication d'outils mécaniques tels que les mèches, outils de coupe, cisailles, marteaux, burins...etc. Les caractéristiques d'utilisation des aciers à outils sont semblables à celles des aciers alliés, mais elles

exigent l'amélioration d'un certain nombre de propriétés : la dureté, la trempabilité ; la tenue à chaud, la ténacité, la résistance et la résistance aux chocs thermiques.

I.3.2.4. Aciers inoxydables :

Les aciers inoxydables comprennent un ensemble de familles d'alliages à base de fer dont la principale propriété est la résistance à la corrosion généralisée. Toutefois, bien qu'on les qualifie d'inoxidables, ces aciers ne sont pas dans tous les cas totalement exempts d'une possibilité de corrosion. Le chrome est l'élément essentiel qui, à des teneurs supérieures à environ 12 %, rend l'acier inoxydable en favorisant, en milieu oxydant, la formation d'un film passif à sa surface.

I.3.3. Influence des éléments d'addition :

Les éléments d'addition (éléments d'alliage) sont en général des "métaux" surtout dans les aciers mais ce peut être des "non métaux" ou des "gaz". En général, les éléments d'alliage améliorent les propriétés de ces métaux. Les éléments d'addition dans les aciers sont nombreux (une trentaine). Ces éléments ont une action spécifique dans les aciers :

i). Manganèse :

On l'utilise surtout pour améliorer les propriétés des aciers d'usage général et la trempabilité des aciers de traitements thermiques, et ce a un faible cout. Le manganèse se retrouve rarement seul comme élément d'alliage, car il entraîne plusieurs inconvénients : sensibilité à la surchauffe au cours de l'austénitisation, sensibilité qui provoque une croissance des grains ; augmentation de la fragilité au revenu ; diminution de la ductilité et de la résistance mécanique mesurées selon une direction perpendiculaire au laminage (sens travers).

ii). Nickel :

Le nickel, qui ne forme pas de carbures, agit principalement sur les propriétés de la ferrite augmentation de la résistance mécanique et de la ténacité. Les aciers qui contiennent plus de 0.5% de nickel conservent une bonne résilience, même à des températures très basses (aciers à 9 % de nickel utilisés pour les réservoirs cryogéniques). Le nickel freine en outre la croissance des grains austénitiques (aciers de cémentation) et il exerce une action moyenne sur la trempabilité (facteur d'augmentation de la trempabilité de 1,4/1 % Ni).

iii). Silicium :

Le Silicium augmente par ailleurs la stabilité du revenu, mais il accroît la fragilité de l'acier. Cet élément améliore la résistance à l'oxydation à chaud et la résistance au fluage ; c'est pourquoi on peut le retrouver dans des aciers au chrome. On la retrouve également en présence de manganèse (1,5 à 2 % de Si et 0,6 à 0,9 % de Mn) dans les aciers mangano-siliceux utilisés pour la fabrication des ressorts (limite d'élasticité élevée).

vi). Chrome :

Le chrome augmente considérablement la trempabilité (facteur d'augmentation de la trempabilité de 3,2/1 % Cr). Il améliore également la résistance au revenu et la tenue à chaud, grâce à la formation de carbures de chrome qui exercent un effet de durcissement par précipitation, durcissement qui pallie l'adoucissement de la martensite. Enfin, le chrome, qui joue un rôle de premier plan dans la résistance à la corrosion, est l'élément d'addition le plus important des aciers inoxydables. On emploie le chrome dans les aciers de cémentation lorsqu'on veut améliorer la résistance à l'usure des surfaces carburées. Les aciers hypereutectoïdes (0,8% de C) au chrome (0,50 à 1,70 % de Cr) sont largement utilisés pour la fabrication des roulements (billes, rouleaux, etc.).

v). Molybdène :

Le molybdène améliore la résistance au revenu en favorisant l'apparition d'un durcissement secondaire dû à la formation de carbures, Mo₂C, et en diminuant la sensibilité à la fragilisation au revenu.

I.3.4 caractéristique des aciers:

Un acier courant se caractérise essentiellement par sa composition et les caractéristiques mécaniques qui en découlent, bien que non rattachées à un type d'essai normalisé, les caractéristiques les plus souvent citées sont :

Élasticité : c'est l'aptitude d'un matériau à se déformer sous une charge (un effort) et de retourner à son état initial après décharge.

Plasticité : c'est la déformation d'un matériau sous une charge sans revenir à son état initial après décharge.

La rigidité : c'est l'aptitude d'un matériau à se déformer de façon élastique (et donc réversible). La rigidité est définie par le Module d'élasticité E. Plus le matériau est rigide, plus la force qu'on peut lui appliquer est importante.

Résistance maximale : c'est la charge maximale que peut supporter un matériau. La charge peut être effort en traction ou couple en torsion.

Limite élastique : c'est la charge maximale que peut supporter un matériau pour se déformer d'une façon élastique.

Ductilité : c'est l'aptitude d'un matériau à se déformer plastiquement avant rupture. Un matériau qui se déforme plus avant rupture est plus ductile qu'un matériau qui se déforme moins.

Fragilité : c'est la facilité avec laquelle on peut fracturer un matériau. Un matériau fragile se fracture sans se déformer plastiquement.

Ténacité : c'est l'aptitude d'un matériau à absorber l'énergie lors d'une déformation plastique. C'est une combinaison entre la bonne résistance à la rupture et la bonne ductilité. Une des façons de définir la ténacité est l'aire de la surface engendrée par la courbe de traction. La ténacité peut être mesurée par l'essai de *Résilience* Charpy. (Les termes résilience et ténacité ont des significations équivalentes).

La dureté : l'aptitude du métal à résister à la pénétration et à l'abrasion. [11]

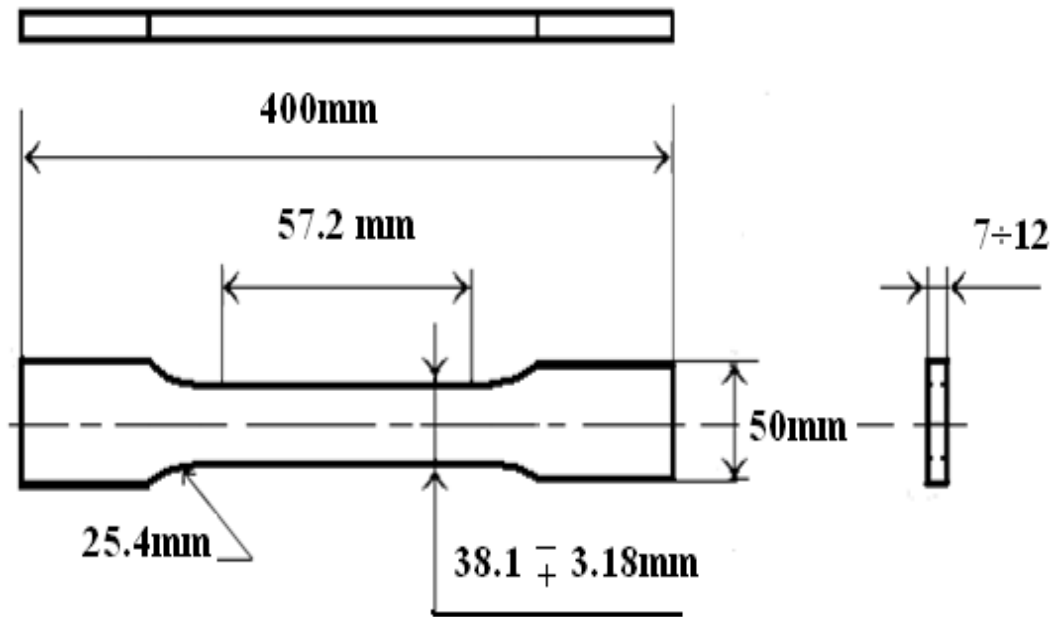
II.1 Essai de traction :

Parmi tous les essais mécaniques, l'essai de traction est certainement l'essai le plus fondamental. Il sert à déterminer les principales caractéristiques mécaniques telles que le module de d'élasticité, le coefficient de poisson, la limite d'élasticité, la résistance à la rupture, l'allongement après rupture et le coefficient de striction. Son exécution est facile et les résultats obtenus servent à dimensionner toutes sortes des pièces allant d'un pignon microscopique jusqu'à la structure métallique d'un grand hall. Dans la recherche on l'applique pour la caractérisation de nouveaux matériaux et dans l'industrie pour les contrôles périodiques servant à surveiller la qualité des alliages.[4]

II.1.1 Les éprouvette :

L'essai de traction est exécuté sur des éprouvettes cylindriques ou prismatiques prolongées de part et d'autre par des têtes d'attache de forme appropriée pour la fixation. Afin de garantir des résultats obtenus sous contrainte, toutes les déterminations faites au cours de l'essai ne portent que sur une partie de la longueur de l'éprouvette. Afin d'éviter toute influence de la force pinçant des mors, elles doivent être suffisamment loin des points d'amarrage. Les têtes ont une section supérieure à celle de la partie cylindrique de façon qu'elles ne subissent aucune déformation plastique et qu'elles ne cassent pas en premier. Comme la limite d'écoulement plastique dépend aussi des contraintes latérales, on doit essayer d'éviter toute influence de la force pinçant des mors. Ceci n'est pas un détail que l'on doit respecter seulement lorsqu'on effectue l'essai de traction. Dans la pratique aussi, on doit garder à l'esprit que la limite d'écoulement plastique déterminée dans un essai de traction ne tient compte que d'un état de contrainte uni axiale. L'éprouvette fixée par ses têtes, entre deux mordaches, est soumise à un effort de traction suivant son axe. Une longueur de base L est définie par la distance séparant les deux repères que constituent les points d'attache de l'extensomètre. Les repères sont à tracer très finement, afin qu'ils ne puissent pas constituer des amorces de rupture.

En augmentant l'effort de façon continue, il y a d'abord l'allongement élastique uniforme et puis, au-delà de la limite d'écoulement plastique (= limite d'élasticité), l'allongement plastique qui s'y ajoute. Au début, la déformation plastique est encore uniforme mais vers la fin lorsque la rupture s'approche, il y a apparition d'une striction (déformation non uniforme) et rupture. Les dimensions géométriques de l'éprouvette de traction sont montrées dans la figure II.1.



FigureII.1 : Dimension d'éprouvette de traction

II.1.2 Machines d'essais :

Une machine de traction moderne dispose d'un entraînement électrique réglable pour effectuer des essais simples ou cycliques à vitesse contrôlée. Elle doit être équipée de capteurs de force et d'allongement, ainsi que d'un système de démarrage. Grâce au micro-ordinateur, le contrôle de l'essai et l'acquisition des données sont devenus très simples. Des capteurs combinés avec des cartes d'acquisition de données, gérés par des logiciels hautement polyvalents, permettent de contrôler des machines pouvant développer des forces de 100 kN, à l'aide de quelques touches. La machine de traction doit être illustrée dans la figureII.2.



FigureII.2 : la machine de traction.

II.1.3 Diagramme de traction :

Les valeurs mesurées directement lors d'un essai de traction sont la force F et l'allongement ΔL , plutôt que les contraintes et la déformation. La contrainte σ , rapportée dans un diagramme de traction présenté dans La figure II.3.

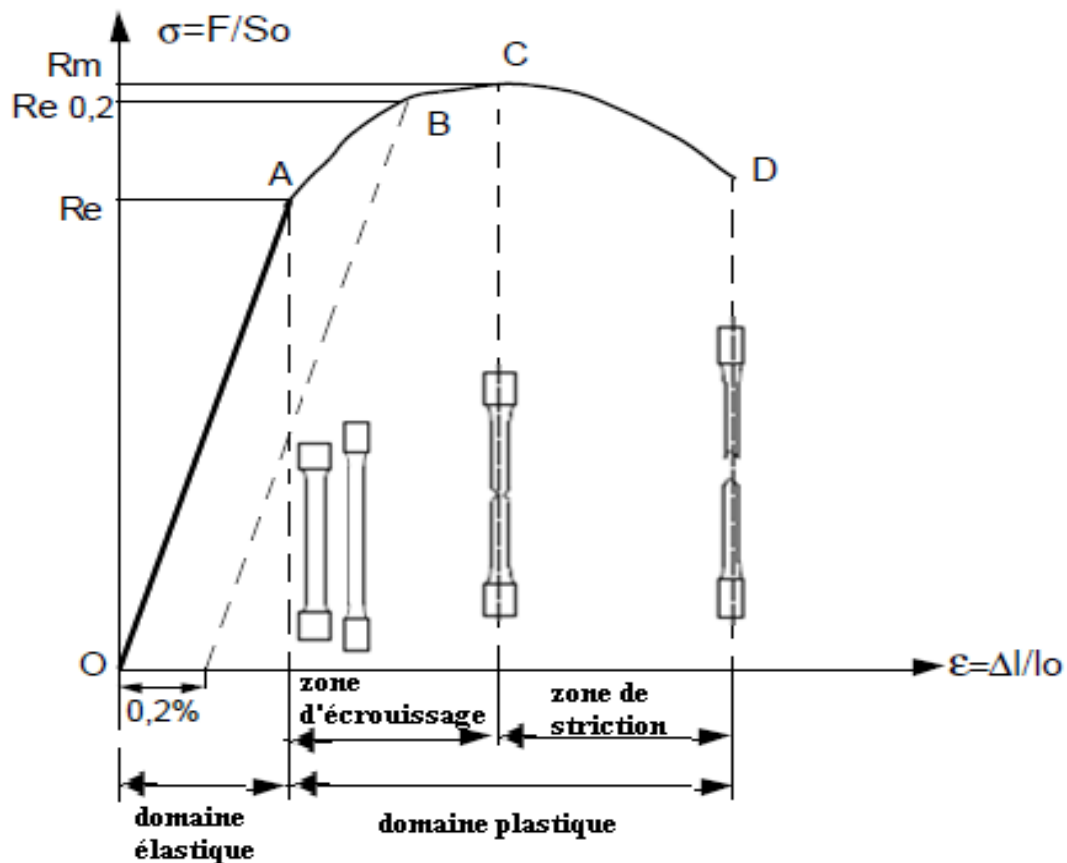


Figure II.3 : diagramme de traction.

On peut dire que ce graphe se divise en 3 domaines :

- OA : domaine élastique à déformation réversible, le point A marque la limite du domaine élastique ;
- AC : domaine de déformation permanente homogène ou de déformation plastique répartie ; le point C se situe à charge maximale et au début de la striction ;
- CD : domaine de striction ou de déformation plastique localisée ; D point de rupture de l'éprouvette ;
- Phénomène d'écrouissage : la densité de dislocation et leur enchevêtrement deviennent de plus en plus élevées quand la déformation plastique croît, il faut appliquer une contrainte sans cesse croissante pour suivre la déformation plastique.

II.1.4 Caractéristiques obtenues lors d'un essai de traction :

II.1.4.1 Le module d'Young E (MPa) :

Il est défini comme la pente de la courbe de traction dans le domaine élastique (entre l'origine et R_e). Il est considéré comme invariable pour toutes les nuances d'acier et vaut en général : $E=210000\text{Mpa}$ souvent arrondi à 200000Mpa .

$$\sigma = E \times \varepsilon \quad \Rightarrow \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

II.1.4.2 La limite d'élasticité R_e (MPa) :

Elle marque la fin du domaine élastique. Pour les valeurs supérieures le matériau ne se déforme plus élastiquement mais plastiquement (l'éprouvette ne retrouve plus ses dimensions initiales après "déchargement", il subsiste un allongement permanent soit un phénomène de rémanence).

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

II.1.4.3 La résistance ultime, ou contrainte maximum de traction R_m (MPa) :

C'est la contrainte maximale que peut supporter le matériau avant d'atteindre la zone de striction. Utilisé dans le calcul des organes de sécurité. Souvent appelée résistance à la rupture.

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

II.1.4.4 L'allongement à rupture A% (%) :

L'allongement représente la déformation relative maximale admissible d'un acier avant rupture.

$$A(\%) = \frac{L - L_0}{L_0} * 100$$

Dans cette expression, L_0 et L sont respectivement les longueurs initiales et finales après rupture.

II.1.4.5 Striction à la rupture :

La déformation par striction ne reste pas toujours homogène à partir d'un certain allongement, elle se localise dans une zone de l'éprouvette. C'est le phénomène de l'instabilité plastique la striction

$$Z(\%) = \frac{S_0 - S}{S_0} * 100$$

Dans cette expression, S_0 et S sont respectivement les sections initiales et finales après rupture.

II.1.4.6 Coefficient de Poisson

Tout matériau qui va s'allonger dans un sens va forcément rétrécir dans l'autre sens. Cela est dû à la conservation de la matière. Une éprouvette qui s'allonge va donc voir son diamètre diminuer. En notant ε l'allongement longitudinal et ε_r l'allongement transversale, on peut exprimer le coefficient de Poisson:

$$\nu = -\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon}$$

II.2 Essai de dureté :

Les essais dits de dureté mesurent la pression moyenne de contact des matériaux, lors de l'enfoncement d'un indenteur (conique, pyramidal ou sphérique) sur une surface plans. La dureté est évaluée après retrait de l'indenteur, à partir de la mesure de la dimension de l'empreinte de l'indenteur, ou pendant l'essai à partir de la courbe d'indentation qui lie la profondeur d'indentation à la charge appliquée.[5]

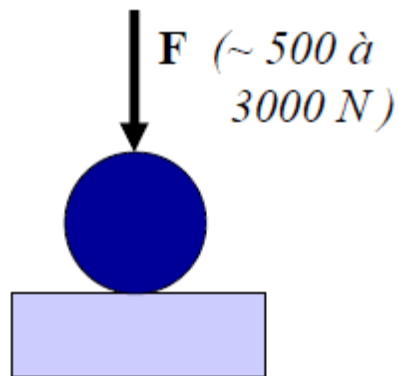
II.2.1 Principe de l'essai :

Il consiste à enfoncer un pénétrateur dans le métal à essayer. La charge est constante et on mesure la dimension de l'empreinte. Elle est d'autant plus grande que le métal est plus dur. La dureté **H** s'exprime par le rapport de la force sur la surface de l'empreinte.

II.2.1.1 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.[6]

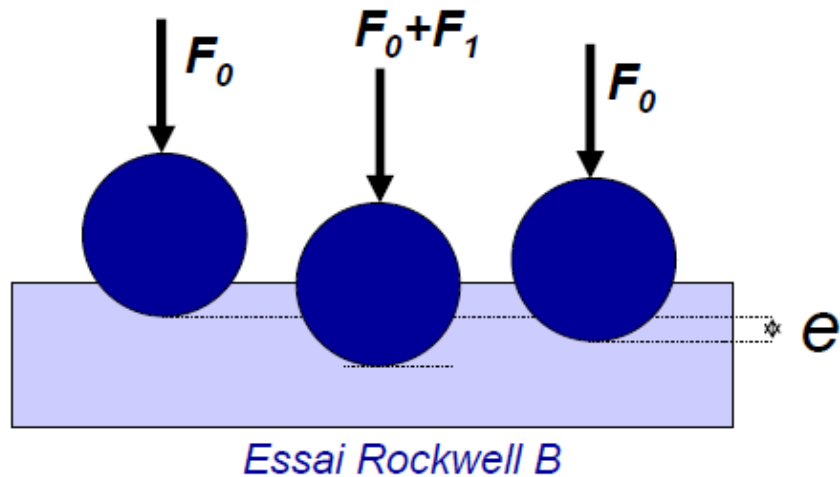
$$HB = \frac{F}{10\pi \cdot (5 - \sqrt{25 - \frac{d^2}{4}})}$$



FigureII.5 : principe de la dureté brinell.

II.2.1.2 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.



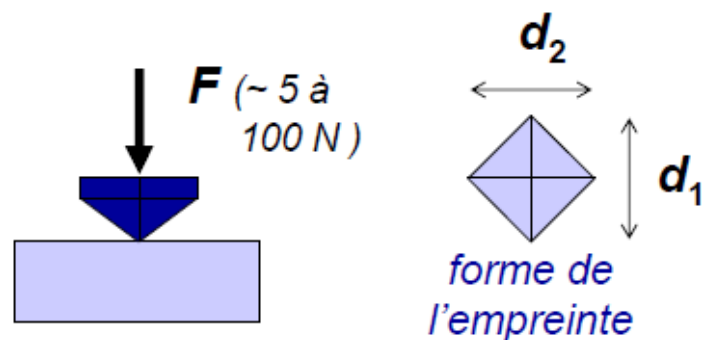
FigureII.6 : principe de la duretéRockwell.

II.2.1.3 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.

$$HV = \frac{0.189 \times F}{d^2}$$

Tel que $d = d_1 + d_2$.



FigureII.7 : principe de la duretéVickers.

II.2.2 Machine d'essai :

La machine d'essai de dureté c'est un duromètre universel (FigureII.8) à indenteur Brinell, Rockwell et Vickers.



Figure II.8 : machine de dureté

II.3 Essai de résilience :

L'essai de résilience est un complément à l'essai de traction. Il s'agit de rompre en un seul coup une éprouvette entaillée afin de mesurer l'énergie nécessaire pour effectuer cette rupture. Cet essai est réalisé sur un mouton-pendule.[6]

II.3.1 L'éprouvette de résilience :

L'essai est fait sur deux type de éprouvette, des dimensions normalisé la figure au-dessous illustré les dimensions et les type des éprouvette.

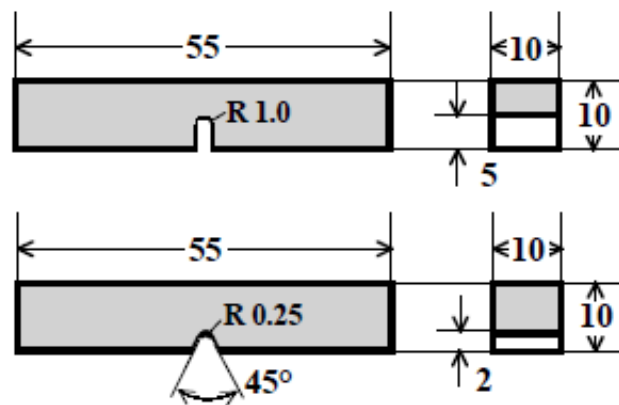


Figure II.9 : les types d'éprouvette de résilience

II.3.2 Les équipements d'essai :



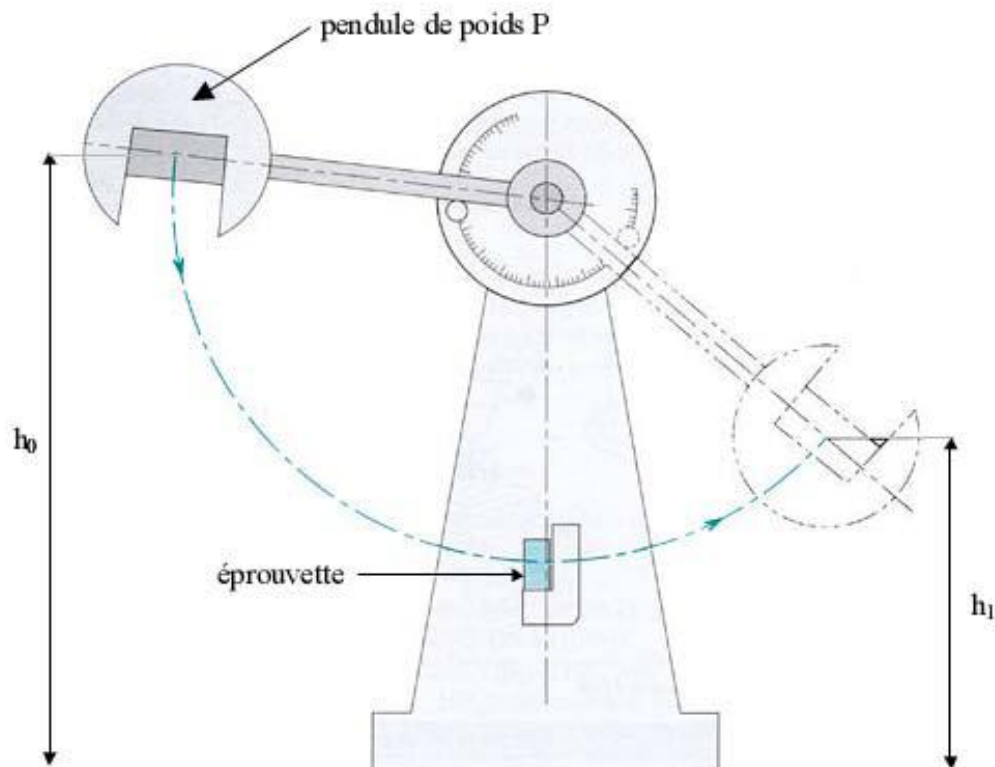
Figure II.10 : machine de Charpy



FigureII.11 :criothermostate

II.3.3Le Mouton de Charpy :

L'essai mesure l'énergie qu'il faut fournir à un pendule pesant (FigureII.12) pour briser une éprouvette entaillée ou non du matériau à tester.[10]



FigureII.12 : Mouton de Charpy.

II.3.4Calcul et expression des résultats :

Pour le calcul de résilience en utilise l'équation suivant :

$$K = \frac{\text{énergie observée (W)}}{\text{section à la droite de l'entaille}} \text{ en (j/cm}^2\text{)}$$

$$W = m g (h_0 - h_1)$$

m : masse du mouton-pendule

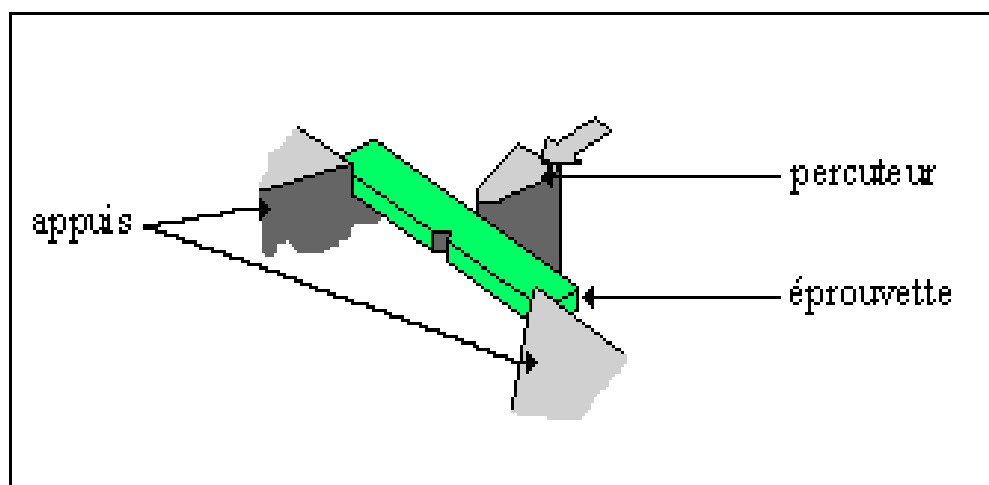
g : accélération de la pesanteur (environ 9.81

h_0 : hauteur du mouton-pendule à sa position de départ

h_1 : hauteur du mouton-pendule à sa position d'arrivée

II.3.5 Caractéristique obtenue lors d'un essai de résilience :

La résilience caractérise la capacité d'un matériau à absorber les chocs sans se rompre. Elle est mesurée sur des machines du type Charpy (éprouvette sur deux appuis, voir (FigureII.13)).



FigureII.13:principe du choc Charpy.

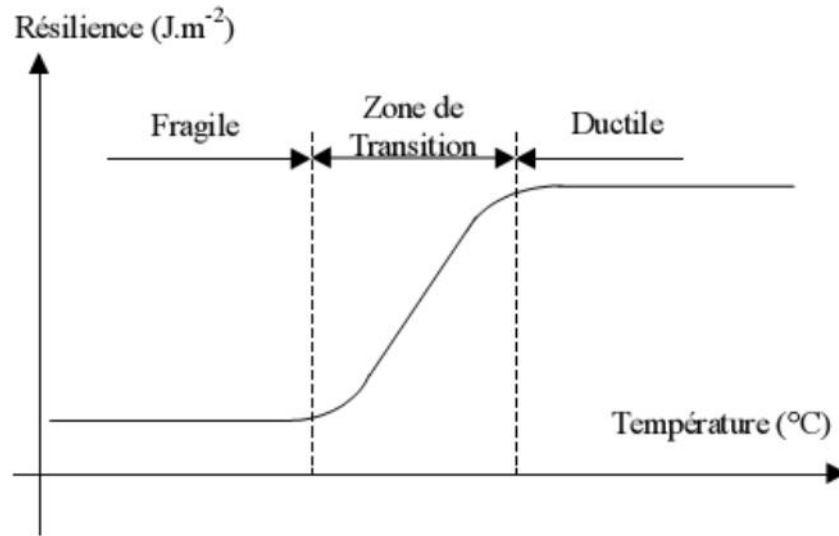
La résistance au choc Charpy d'une éprouvette représente l'énergie de choc absorbée par la rupture de l'éprouvette, rapportée à la section droite initiale de l'éprouvette, et s'exprime en J/cm^2 .

II.3.6 Effet de la température d'essai :

Lorsque l'on fait varier la température d'essai, on constate que :

La limite d'élasticité et la résistance à rupture évoluent en sens inverse de la température

Les caractéristiques de ductilité (allongement à rupture et coefficient de striction) varient dans le même sens que la température. Si l'on représente sur un graphique les variations de l'énergie de rupture mesurée en fonction de la température d'essai, on obtient la courbe de transition suivant (figureII.14)



FigureII.14 : exemple de courbe de résilience

Cette courbe permet de distinguer trois zones de température :

- La zone à basse température est celle où la rupture est fragile,
- La zone à température plus élevée est celle où la rupture est ductile,
- Enfin la zone de transition est celle où la rupture est mixte.

Au-dessus de la température de transition, on dira que la rupture est de type ductile, en dessous, qu'elle est de type fragile.

Si l'on regarde l'aspect de la surface de rupture des éprouvettes essayées aux diverses températures (appelée aussi « faciès de rupture »), on constate que le faciès change avec la température :

-quand la rupture est ductile, on observe un faciès strié (nerfs) et l'on constate qu'il y a eu striction (rétrécissement de section) avant la rupture.

-quand la rupture est fragile, on observe un faciès à grains et l'on ne décèle pas de déformation plastique généralisée de l'éprouvette.

-pour une rupture mixte (fragile/ductile), on peut définir un « pourcentage de cristallinité » comme le rapport : surface à grain / surface totale.

Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1 But du travail :

Le but de notre travail consiste à déterminer le meilleur acier à utiliser pour la réalisation d'un pipeline à utiliser par Sonatrach. Ce pipe est appelé à travailler dans des conditions extrêmes de températures. La variation des températures diurne et nocturne peut passer de -20 la nuit, à $+50$ le jour, soit un gradient de 70°C . Cette variation peut avoir des effets néfastes sur l'acier utilisé pour la réalisation des pipes. C'est pour cela que le choix doit être judicieux et vraiment bien adapté aux conditions atmosphériques de la région. Notre travail consiste à suivre l'évolution des effets mécaniques et la composition chimique de quatre aciers au carbone utilisés pour la fabrication de pipes destinés au transport d'hydrocarbures. Ce choix de pipe doit se faire en fonction des paramètres physico chimiques et en comparaison avec d'autres aciers utilisés à cet effet.

III.2 Caractéristiques des tubes

Les pipelines d'acier sont fabriqués en soudant de courtes sections de tuyaux (11.5 m) les uns aux autres. Après la radioscopie de l'assemblage, le tuyau est ensuite enveloppé d'une couche protectrice avant d'être enterré. Tous les pipelines, sans exception, font l'objet d'une inspection en plus d'être soumis à une épreuve de pression avant leur utilisation.

Ces caractéristiques principales (diamètres, épaisseur, type d'acier, spécifications de construction, température et pression d'exploitation...) sont régies par tout un ensemble de règles et font l'objet de multiples calculs et de compromis économiques.

Le diamètre d'une canalisation est déterminé en fonction du débit des produits à acheminer, de leur viscosité et de leur densité, de façon à réaliser un compromis économique entre la puissance des stations de pompage ou de compression à installer et l'importance de l'investissement total à réaliser.

Lorsque les considérations technico-économiques ont ainsi permis de fixer le diamètre, et d'ailleurs également la pression de service, on calcule l'épaisseur en fonction de cette pression de service ou des conditions de pose, lesquelles parfois imposent des caractéristiques dimensionnelles plus sévères.

III.3Présentation des matériaux :

L'acier, est un corps métallique très complexe incorporant en solution divers éléments volontaires (C, Mn, Si,...) ou ajoutés (Cr, Ni, Nb, V, Mo, Cu, Al, Ti, B...) et des impuretés de l'élaboration (P, S, H₂, N₂...).

Les aciers des tubes peuvent être divisés en deux groupes : aciers au carbone faiblement alliés et aciers à faible teneur en carbone. Dans le premier groupe on trouve les aciers X42 à X52 (selon API) renfermant jusqu'à **0,3 % C, 1,6 % Mn, 0,7**

% Si. Dans le deuxième groupe on trouve les aciers faiblement alliés à basse teneur en carbone X56, X50, X65, X70 renfermant **0,12 % C, 0,45 % Si, 0,25 % S, 1,9 % Mn, 0,1 % V, 0,1% Nb, 0,015 % Al**. Pour les conduites de diamètre supérieur à 1020 mm, destinée à fonctionner sous des pressions élevées, on utilise généralement des tubes en acier de laminage contrôlé.

Les matériaux de l'étude sont des aciers au carbone utilisés pour le transport des hydrocarbures à une pression de 40 à 70 bar, de dénomination API-X52 et API-X42 (figure).

Ils sont produits par l'entreprise ArcelorMittal-Annaba (T.S.S : la Tuberie Sans Soudure) ; et répondent à la spécification imposée par la norme API5L. Les matériaux initiaux se présentent sous la forme des tubes qui sont fabriqués par laminage à chaud. Le dimensionnement des tubes sont les mêmes dans ce cas, mais des nuances différentes

Tube (1) : nuance X52 un acier traité (traitement thermique, trempe et revenu).

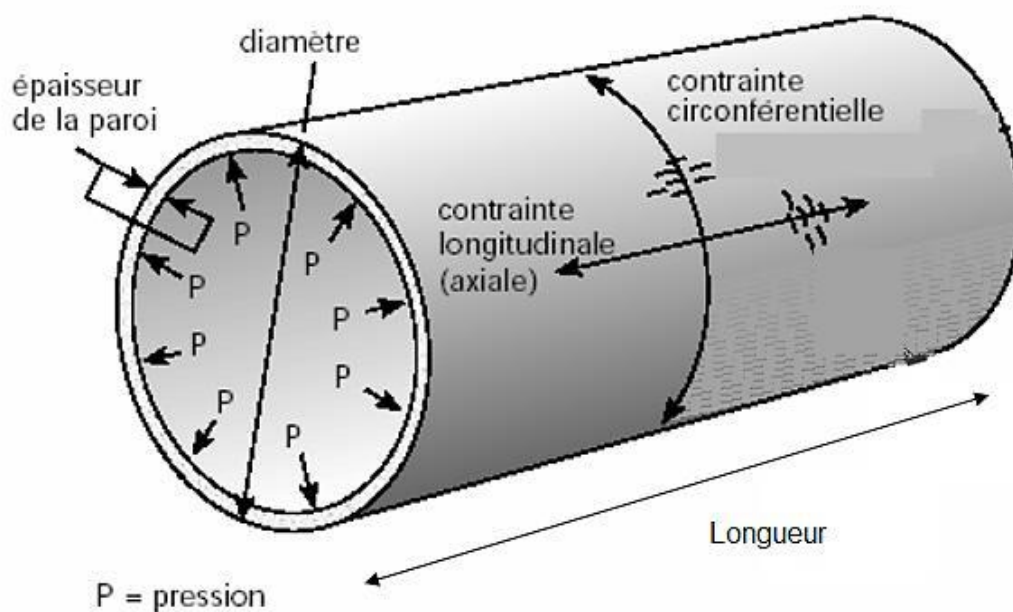
Tube (2) : nuance X42 non traité.

Dimensions :

Diamètre de tube : 355.6mm.

Longueur : 11.5m.

Épaisseur : 12.2mm.



FigureIII.1 :Dimensions des tubes

III.4L'analyse chimique :

La composition chimique des aciers est élaborée selon un cahier de charge exigé par le client et contrôlée par la spectrométrie au laboratoire d'ArcelorMittal.

Tableau III.1: Composition chimique des aciers X42N et X52Q

Composition chimique%	X42 API5L	X42N	X52 API5L	X52Q
C	0.12÷0.17	0.14	0.14÷0.16	0.16
Mn	0.70÷1.10	0.92	1.30÷1.36	1.32
Si	0.15÷0.30	0.22	0.20÷0.30	0.24
P	<0.020	0.014	≤0.024	0.006
S	<0.020	0.005	≤0.014	0.004
Cr	<0.022	0.022	≤0.050	0.024
Mo	<0.025	0.003	≤0.050	0.020
V	<0.025	0.001	≤0.025	0.002
Nb	<0.040	0.006	≤0.040	0.002
Al	<0.125	0.027	0.018÷0.040	0.025
Cu	<0.050	0.044	≤0.080	0.068
Sn	<0.050	0.001	≤0.010	0.003
Ni	<0.250	0.007	≤0.050	0.0032
Ti	<0.035	0.002	≤0.039	0.002

Notons la présence des éléments d'addition tels que le Cr, le Ti et le Mo qui contribuent à l'augmentation de la résistance du matériau, les éléments Ni, Al et Cr qui permettent de garder une certaine malléabilité, qui favorise des ruptures ductiles dans le sens d'une sécurité de défaillance.

III.5 Résultats expérimentaux de l'essai dureté (HRB) :

Nous avons réalisées des essais de dureté avec un duromètre universel étalonné et certifié, au laboratoire de la TSS. Nous avons utilisé pour chaque cas trois éprouvettes, puis nous avons calculé la moyenne. Les résultats des essais sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau III.2: Résultats de l'essai de dureté

Nuance	Dureté HRB			
	1	2	3	Moy
X52Q	87	91	89	89
X42N	79	77	78	78

Les résultats obtenus montrent une résistance plus importante chez l'acier X52Q que chez X42N. Ces résultats serviront de comparatifs pour le choix du

meilleur acier à utiliser pour la réalisation des pipes pour travailler dans les conditions extrêmes du sud algérien.

III.6 Résultats expérimentaux de l'essai de traction :

Les éprouvettes (figure) taillées dans une vérole découpée d'un tube selon des dimensions et des techniques bien définies seront réalisées. Un essai de traction par matériau a été effectué. Le tableau montre les résultats des essais de traction. La limite d'élasticité conventionnelle est mesurée à une déformation plastique de 0,5 %. Les propriétés mécaniques en traction des aciers doivent satisfaire les exigences de la norme API pour ce matériau.

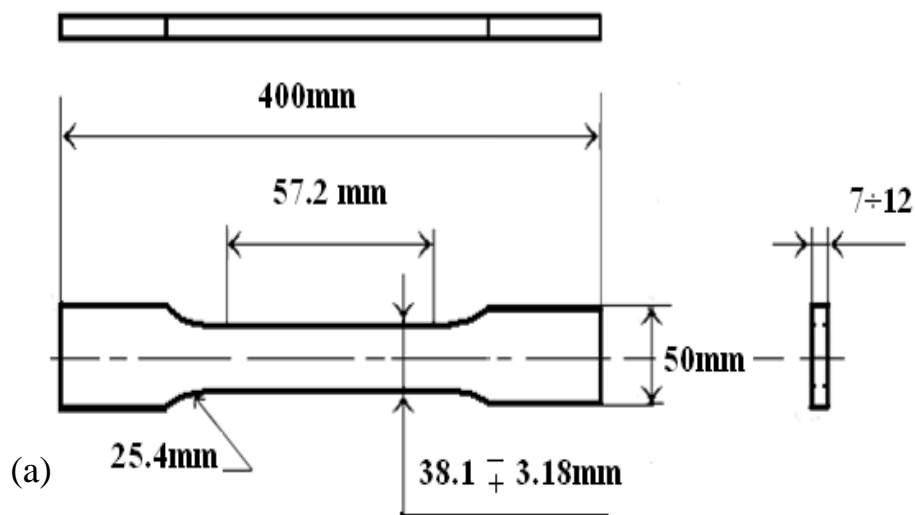
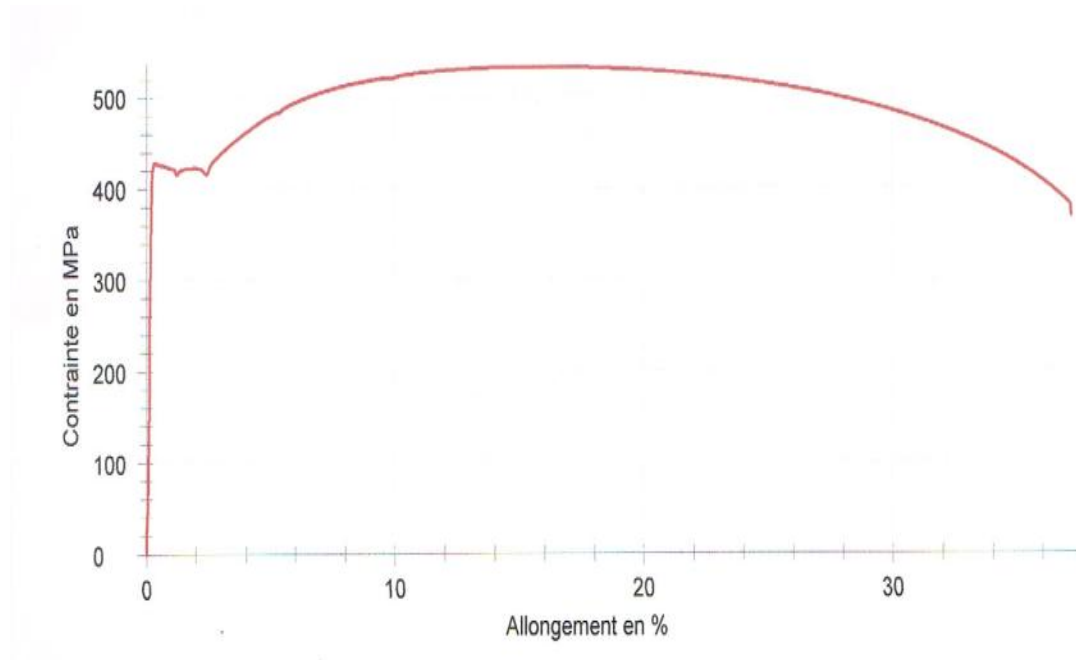
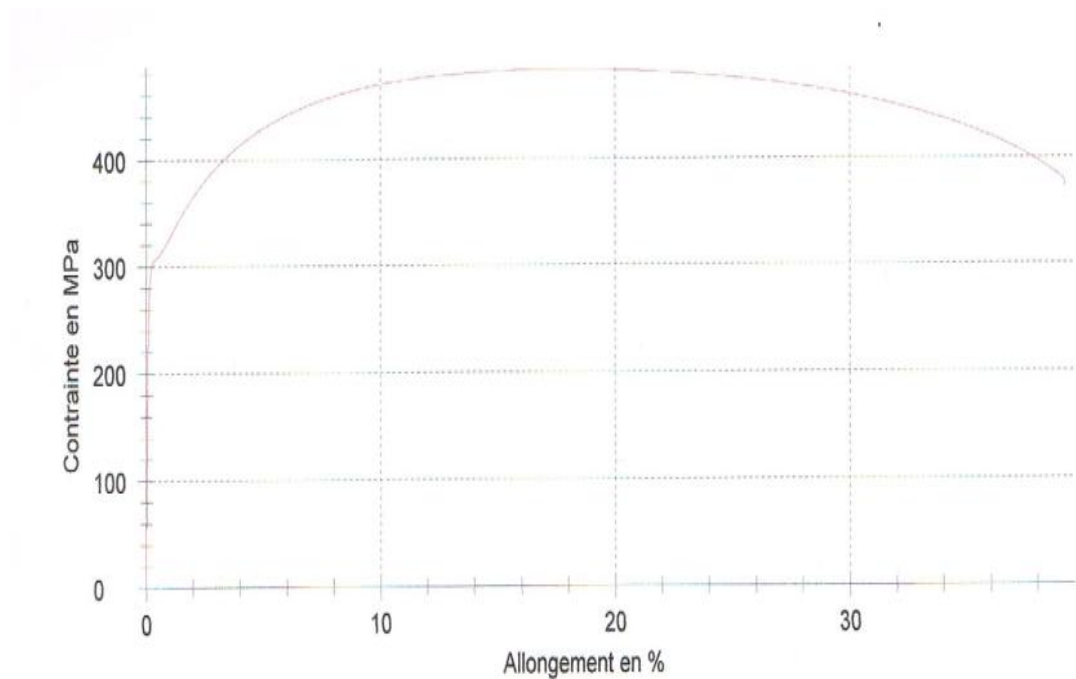


Figure III.2 : les éprouvette, (a) dimension d'éprouvette, (b) photo d'éprouvette de traction.

La figure suivante montre les courbes de traction et le comportement différent des deux aciers.

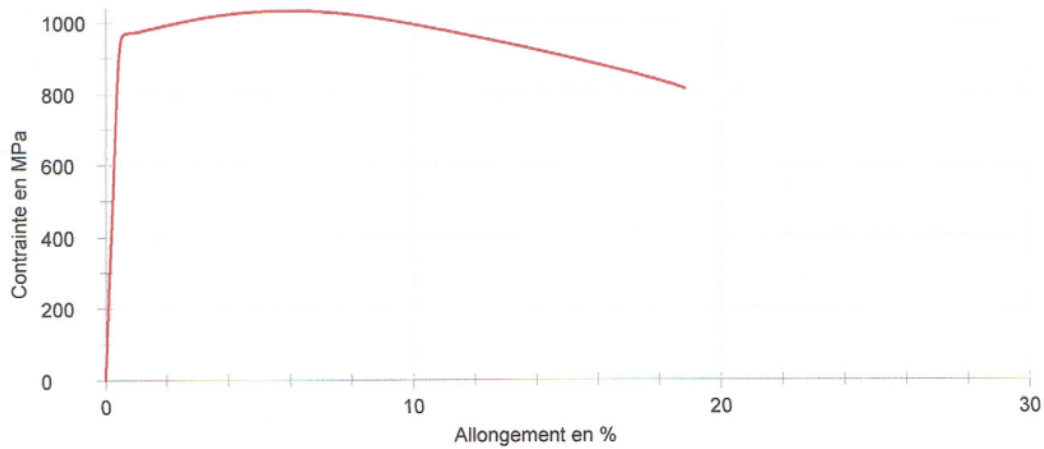


FigureIII.3: courbe contrainte allongement d'acier X52Q

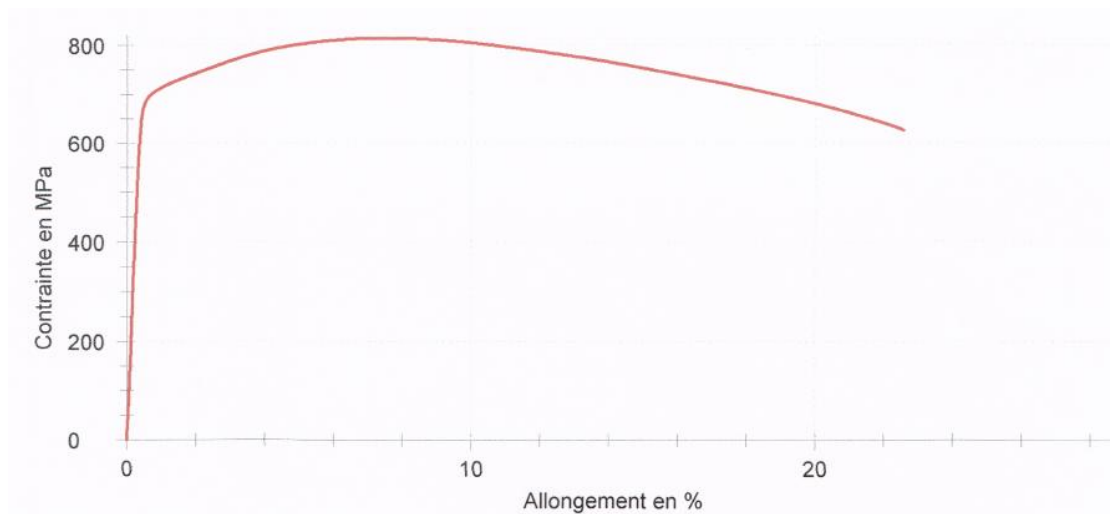


FigureIII.4: Courbe contrainte allongement d'acier X42N

Nous avons aussi utilisé deux autres aciers pour enrichir la panoplie des matériaux à comparer et ainsi choisir le meilleur acier approprié pour la réalisation de la meilleure pipe.



FigureIII.5 : La courbe de traction de P110



FigureIII.6 :La courbe de traction de N80

Les tableaux suivants regroupent les caractéristiques mécaniques de différentes nuances déterminées à partir des essais de traction et des compositions chimiques des quatre aciers à comparer. Ces tableaux permettent de conclure les points suivants :

- La nuance X52 présente le plus faible module d'élasticité par rapport aux autres nuances.
- Une faible valeur en Cr et une haute valeur en Mn

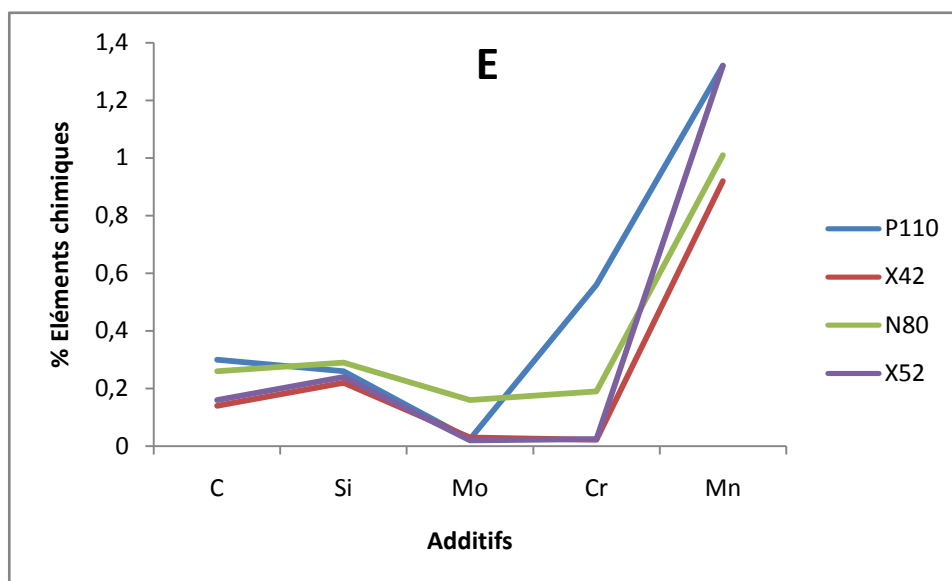
TableauIII.3 :Caractéristiques mécaniques

Nuance	Rp0.5(MPa)	Rm(MPa)	At(%)	E(MPa)
P110	956.2	1032	18.82	219000
X42	312.5	482.6	39.16	205000
X52	425.4	532.4	37.07	200000
N80	723.7	823.7	21.04	204000

TableauIII.4 :Composition chimique

ACIERS	C	Si	Mo	Cr	Mn	E(MPa)
P110	0,3	0,26	0,024	0,56	1,321	219000
X42	0,14	0,22	0,03	0,022	0,92	205000
N80	0,26	0,29	0,16	0,19	1,01	204000
X52	0,16	0,24	0,02	0,024	1,32	200000

Les résultats du tableauIII.4 sont mieux visualisés sur les figures III.6 etIII.7.



FigureIII.7: Evolution du module E en fonction de la composition chimique

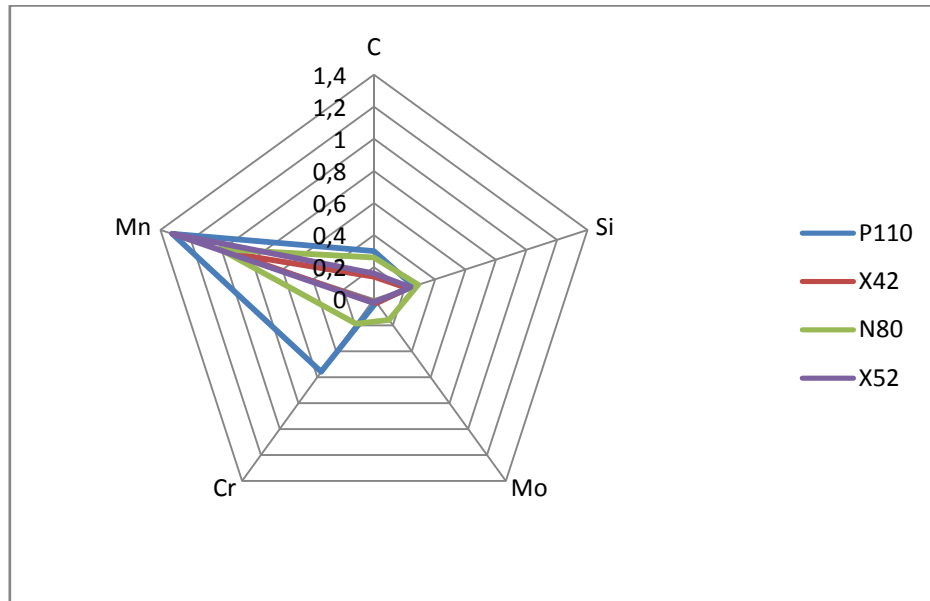


Figure III.8: Variation du module E en fonction des paramètres chimiques

D'après la figure III.5, l'acier X52 est caractérisé par une faible concentration en matériaux d'addition, sauf en Mn.

III.7 Essais de résilience :

Trois essais de résilience par matériau ont été effectués et à différentes températures. Les tableaux III.5 et III.6 et III.7 et III.8 montrent les résultats des essais de résilience.

III.7.1 Éprouvettes :

Selon le type d'essai réalisé, les éprouvettes peuvent être disposées de différentes façons sur le bati et possède ou non une entaille. Il existe plusieurs type d'éprouvette selon le type de matériau testé. Dans notre cas, l'éprouvette normalisée est représentée à la figure .

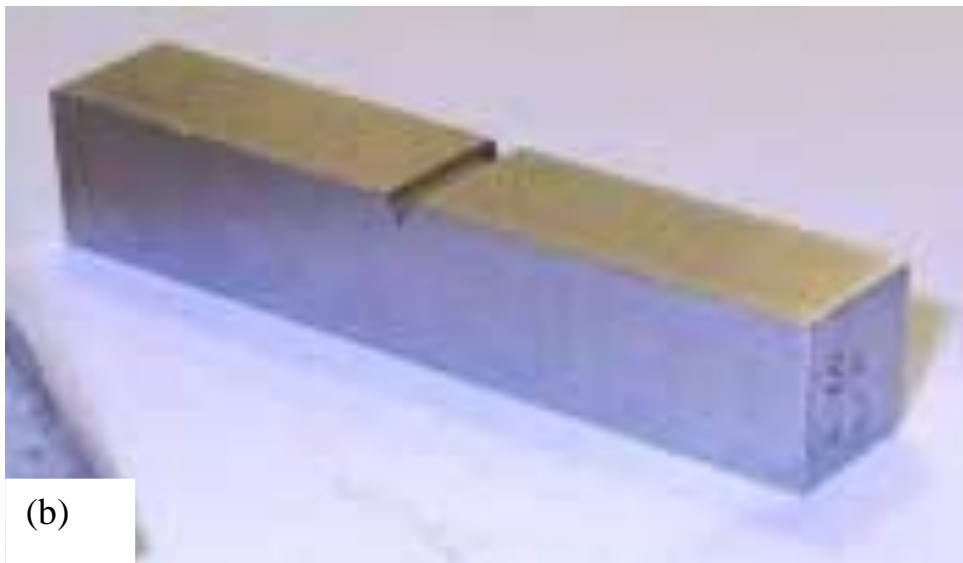
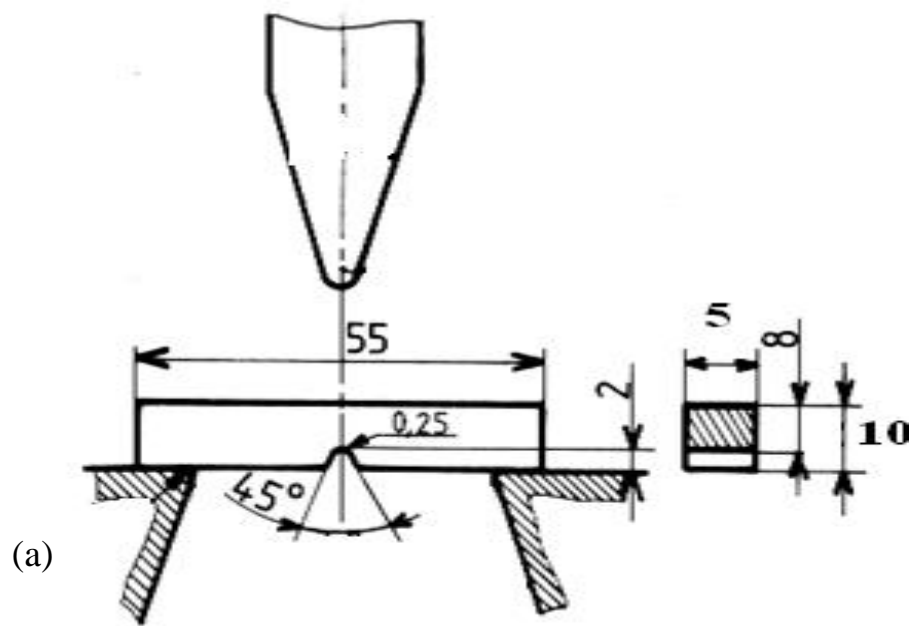


Figure III.9 : les éprouvette, (a) dimension d'éprouvette, (b) photo d'éprouvette de résilience

Tableau III.5: Résultats des essais de résilience pour l'acier X52Q

Essai de résilience									
Dimensions : (10X5X55) mm Nuance : API- X52Q.			Eprouvette à entaille en « V »			K [J/cm ²]			
			Le travail en(kg) W			La résilience : K			Moy
N°	T(C°)	S ₀ (cm ²)	1	2	3	1	2	3	
1	-30	0.40	4.6	4.4	4.0	112.81	107.91	98.1	106.27
2	-20	0.40	4.4	4.6	4.6	107.91	112.81	112.81	111.17
3	-10	0.40	4.6	4.6	4.6	112.81	112.81	112.81	112.81
4	0	0.40	5.2	5.4	5.0	127.53	135.43	122.62	127.52
5	10	0.40	5.4	5.8	5.8	132.43	142.24	142.24	138.97
6	20	0.40	6.0	5.8	5.8	147.15	142.24	142.24	143.87

Tableau III.6: Résultats des essais de résilience pour l'acier X42N

Essai de résilience									
Dimensions : (10X5X55) mm Nuance : API- X42N.			Eprouvette à entaille en « V »			K [J/cm ²]			
			Le travail en(kg) W			La résilience : K			Moy
N°	T(C°)	S ₀ (cm ²)	1	2	3	1	2	3	
1	-30	0.40	1.2	1.4	1.2	29.43	34.33	29.43	31.06
2	-20	0.40	1.8	1.4	1.6	44.145	34.33	39.24	39.238
3	-10	0.40	2.0	2.4	2.0	49.05	58.86	49.05	52.32
4	0	0.40	3.4	3.6	3.8	83.385	88.29	93.125	88.29
5	10	0.40	4.0	3.8	3.6	98.1	93.195	88.29	93.195
6	20	0.40	4.2	4.0	4.0	103.005	98.1	98.1	99.735

Tableau III.7: Résultats des essais de résilience pour l'acier P110

Essai de résilience									
Dimensions: (10x7,5x55mm) mm Nuance : API- P110.			Eprouvette à entaille en « V »			K [J/cm ²]			
			Le travail en(kg) W			La résilience : K			Moy
N°	T(C°)	S ₀ (cm ²)	1	2	3	1	2	3	
1	-30	0,60	1,4	1,2	1,0	22.88	19.62	16.35	19,62
2	-20	0,60	2,6	2,2	2,8	42.50	35.97	45.78	41,42
3	-10	0,60	3,6	4,0	3,8	58.86	65.40	62.12	62,13
4	0	0,60	5,0	4,6	4,5	81.74	75.21	73.575	76,845
5	10	0,60	5,4	5,2	5,2	88.29	85.02	85.02	86,11
6	20	0,60	5,4	5,4	5,4	88.29	88.29	88.29	88,29

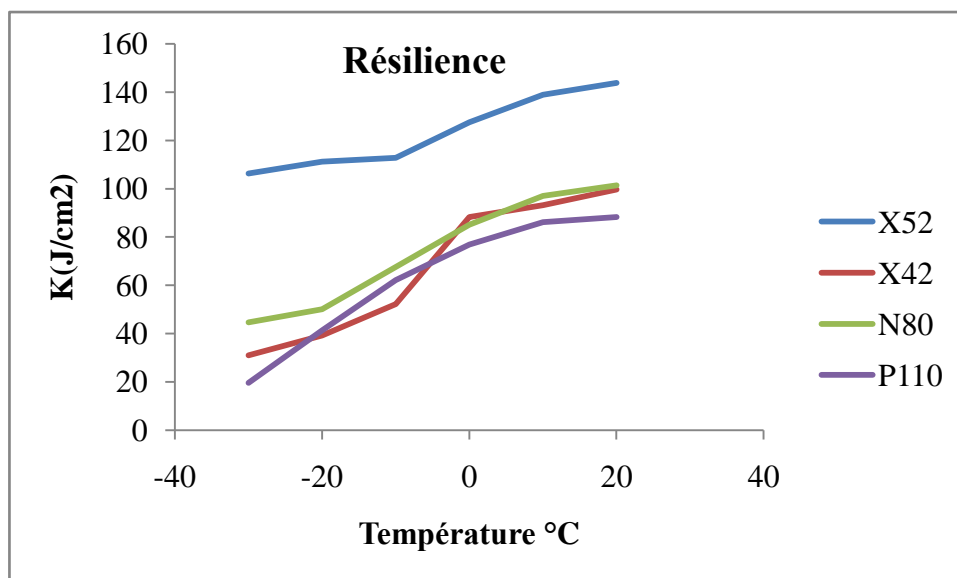
Tableau III.8: Résultats des essais de résilience pour l'acier N80

Essai de résilience									
Dimensions: (10x7,5x55mm) mm Nuance : API- N80.			Eprouvette à entaille en « V »			K [J/cm ²]			
			Le travail en (kg) W			La résilience : K			Moy
N°	T(C°)	S ₀ (cm ²)	1	2	3	1	2	3	
1	-30	0,60	2,8	2,8	2,6	45.78	45.78	42.51	44,68
2	-20	0,60	2,8	3,2	3,2	45.78	52.32	52.32	50,14
3	-10	0,60	4,4	4,0	4,0	71.94	65.4	65.4	67,58
4	0	0,60	5,0	5,4	5,2	81.75	88.29	85.02	85,02
5	10	0,60	6,2	6,0	5,6	101.37	98.1	91.58	97,01
6	20	0,60	6,3	6,1	6,2	103.005	99.735	101.37	101,37

Tableau III.9 : Comparaison de résiliences pour 4 aciers

T°C	Résilience K(J/cm ²)			
	X52	X42	N80	P110
-30	106,27	31,06	44,68	19,62
-20	111,17	39,238	50,14	41,42
-10	112,81	52,32	67,58	62,13
0	127,52	88,29	85,02	76,845
10	138,97	93,195	97,01	86,11
20	143,87	99,735	101,37	88,29

Les résultats de la résilience en fonction de la température du tableau III.9 sont mieux visibles sur la figure III.8, où il est plus facile à comparer les différentes nuances des aciers.



FigureIII.8:Résilience des 4 aciers

La figureIII.8 montre deux lots de résultats le X52 et les autres aciers. L'acier X52 se démarque très nettement des autres aciers. Sa résilience est supérieure à celle des autres.

III.8 Comparaison des aciers et choix du meilleur matériau :

Suiteà l'étude des pipes au sein des ateliers de la TSS et des éprouvettes au sein du laboratoire des essais mécaniques, nous avons obtenu des résultats que nous avons exploités pour la réalisation de notre mémoire.

L'étude consiste à suivre les essais, collecter les données et les interpréter pour choisir le meilleur acier pour la réalisation d'une pipe adaptée aux conditions du saharien algérien.

Notre critère de choix décisif est basé sur les résultats de la résilience, qui montre que l'acier X52 a le meilleur score. Cet acier qui est appelé à travailler sous une variation de température très importante doit avoir une bonne résilience et doit avoir un cœur ductile pour pouvoir résister à l'allongement et la rétraction sous l'effet de la variation de température. Ayant le plus faible module, cet acier d'adapte bien à cette exigence.

Les critères de choix qui nous ont poussés à choisir le X52 sont les suivant :

- Une bonne résilience
- Une bonne ductilité.

Conclusion

D'après notre étude, on peut conclure que le succès de l'utilisation des pipelines repose sur plusieurs critères, ces critères peuvent être en relation avec l'environnement où les pipes travaillent ainsi que le choix du matériau utilisée. Dans cette optique, le choix du matériau doit être judicieux et bien adapté aux conditions atmosphériques de la région.

Pour se faire, on a étudié quatre types d'acier utilisés pour la fabrication des pipes afin de déterminer le meilleur acier. On s'est basé dans notre choix les paramètres physico chimiques.

Les résultats de la résilience ont justifiés notre choix de l'acier X52. Cet acier est appelé à travailler sous une variation de température très importante, il est doté d'une bonne résilience, son cœur est ductile pour pouvoir résister à l'allongement et la rétraction sous l'effet de la variation de température.



ARCELOR MITTAL ANNABA
DIRECTION MQE
SERVICE CONTRÔLE QUALITE ACE

Date :16 04 2014 Arcelo
Nom : REZQUI . S
Signature :

CERTIFICAT D'ANALYSES AMPTA

Nuance	ELEMENTS CHIMIQUES , %													
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	V	Nb	Al	Cu	Sn	Ni	Ti
X52Q	0,16	1,32	0,24	0,01	0	0,02	0,02	0	0	0,03	0,07	0	0	0
X42N	0,14	0,92	0,22	0,01	0,01	0,02	0	0	0,01	0,03	0,04	0	0,01	0
N80	0,26	1,01	0,28	0,13	0	0,19	0,16	0	0,01	0,02	0,02	0	0,01	0,05
P110	0,3	1,33	0,26	0,02	0	0,56	0,02	0,04	0,01	0,01	0,59	0,03	0,01	0,01

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Luc JOIN-LAMBERT, 'Généralistes sur le transport international du gaz'', (1995).
- [2] Michael F.Ashby et David R.H.Jones – Matériaux, propriétés et applications – EditionDUNOD, Paris(1998). Pages 115, 117.
- [3]Gérard BERANGER, Guy HENRY et Germain SANZ – Le livre de l'acier – EditionLAVOISIER Paris (1994). Pages 888,889 et 890.
- [4] Document usine N°2, Contrôle qualité – Matériaux métalliques, Essai de traction – NF10002-1 (1990)
- [5] Document usine N°3, Contrôle qualité – Matériaux métalliques, Essai de dureté – ISO 409/1(1982)
- [6] document internet Wikipédia, dureté des matériaux,
<http://wikipedia.org/wiki/fichier>
- [7] Document usine N°7, Contrôle qualité – Acier – Essai de résilience Charpy (entaille en V)ISO 148 (1983) et (entaille en U) ISO 83 (1976).
- [8] Sider.AMPTA, «ArcelorMittal pipes & tubes Alegria».
- [9] Exploration and production département, «API Spécification 5L», Forty-first edition, (1995).
- [10] C.D.Thenon, J.Duvalloir, « TRE Instrumentation d'un choc Charpy », Ecole des mines de Paris, (2002).
- [11]J.Paulbailon, J.Mariedorlot . « des matériaux »,3^{eme} édition 2000-2001.