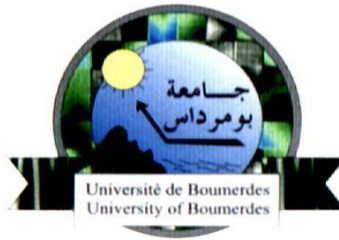


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

Filière : Génie Mécaniques
Spécialité : Ouvrages métalliques et Chaudronnés

THEME

Réalisation du réseau de collecte et ouvrages
Concentrés des champs de "OHANET" (produit :
Gaz naturel)

Présenté par :

SEBBANE Aboubakeur

KHELFAOUI Med elamine

Promoteur : Mr. **IFRAH Rachid**

Encadreur : Mr. **Djamel Latreche**

Promotion 2020-2021



Remerciements

Nous remercions DIEU le tout puissant de m'avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide de mon promoteur MR, IFRAH Rachid, Nous le remercions pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant la préparation de ce mémoire.

Nous remercions sincèrement nos encadreur LATRECH Djamel

Nous remercions sincèrement aussi : MR, PIPING, MR Nassim MERABET

Pour leur aide inestimable et leur précieux conseils.

Nous sincères reconnaissances à l'ensemble des ingénieurs de bureaux d'étude à

Cosider canalisation pour leurs collaborations et leur accueil chaleureux.

Nous sommes conscientes de l'honneur qui nous a fait le groupe de MOMC pour leur aide et leur encouragement.

Nous remercions le président et les membres de jury pour avoir accepté de juger notre travail.

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Nous profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui Nous aidés et soutenue de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.



Dédicace

ON A LE GRAND HONNEUR DE DEDIER CE MODESTE

TRAVAIL :

À NOS TRES CHERS PARENTS ;

À NOS FRERES ;

À TOUTES NOS FAMILLES ;

À TOUS NOS AMIS ET NOS COLLEGUES ;

À TOUS CEUX QUI NOUS CONNAISSENT ET QUI ONT CONTRIBUE ;

À ACCOMPLIR CE TRAVAIL DE PRES OU DE LOIN ;

À TOUT LE GROUPE MOMC19

ABOUBAKEUR & AMINE



SOMMAIRE



Sommaire

Chapitre I : Généralités et descriptions de projet

Introduction générale.....	1
I.1. Introduction.....	2
I.2. Différentes méthodes de transport des hydrocarbures	2
I.3. Différents types de canalisations	2
I.4. Caractéristiques d'un pipeline:.....	3
I.5. Le fonctionnement de pipeline.....	4
I.6. L'intérêt d'un transport par pipeline.....	4
I.7. Contexte industriel.....	4
I.7.1. Procédé de fabrication des tubes de pipelines	4
I.7.2. Tubes soudés en spirale:.....	5
I.7.3. Tubes soudés longitudinalement.....	7
I.7.4. Croquage et formage	7
I.7.4. Tubes sans soudure	10
I.7.5. Revêtement des tubes.....	10
I.8. Présentation de projet.....	13
I.8.1. Introduction.....	13
I.8.2. Projet ohanet	14
I.8.3. Définitions.....	15

Chapitre II : Dimensionnement de la tuyauterie :

II.1. Introduction	18
II.2. Choix de matériaux	18
II.2.1. Les propriétés mécaniques des aciers selon l'API 5L	18
II.2.2. La composition chimique de la nuance API 5L Gr B	18
II.3. Les zones d'application	19
II.4. Les facteurs des zones	19
II.5. Calcul et dimensionnement de la tuyauterie.....	20
II.5.1. Séquence de calcul.....	20
II.5.2. Données de calcul.....	20

<i>II.5.3. Calcul de diamètre.....</i>	<i>20</i>
<i>II.5.4. Calcul d'épaisseur</i>	<i>21</i>
<i>I.5.5. Calcul de la section et la vitesse réelle.....</i>	<i>23</i>
<i>II.5.6. Conclusion.....</i>	<i>23</i>
<i>II.5.7. Résultats de calcul</i>	<i>25</i>

Chapitre III : Les pertes de charges

<i>III.1. Introduction.....</i>	<i>26</i>
<i>III.2. Les différents types de pertes de charges.....</i>	<i>26</i>
<i>III.2.1. Le coefficient de perte de charge.....</i>	<i>27</i>
<i>III.3. Les pertes de charges linéaires</i>	<i>27</i>
<i>III.3.1. Calcul les pertes de charges par logiciel (pipe Sim):</i>	<i>27</i>
<i>III.3.2. Pertes de charges régulières (linéaires) par calculs</i>	<i>30</i>
<i>III.3.2.1. Nombre de Reynolds.....</i>	<i>30</i>
<i>III.3.2.2. Coefficient de pertes de charges linéaires.....</i>	<i>30</i>
<i>III.3.2.3. Calcul de pression à l'arrive de manifold.....</i>	<i>32</i>
<i>III.4. Les pertes charges singulières dans le MANIFOLD.....</i>	<i>34</i>
<i>III.4.1. Représentation et modélisation du MANIFOLD sous pipe phase.....</i>	<i>34</i>
<i>III.4.2. Calcul les pertes de charges singulières</i>	<i>34</i>
<i>III.4.3. Calcul les pertes de charges singulières par logiciel (pipe phase)</i>	<i>35</i>
<i>III.4.3.1. Modélisations des flowlines</i>	<i>35</i>
<i>III.4.3.2. Caractéristiques de tube et fitting</i>	<i>37</i>
<i>III.4.3.3. Conditions de process par manifold.....</i>	<i>38</i>
<i>III.4.3.4. Résultats.....</i>	<i>39</i>
<i>III.4. Conclusion</i>	<i>40</i>

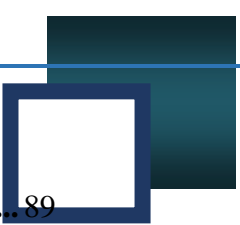
Chapitre IV : Procédure de soudage et Contrôle

<i>IV.1. Procédure de soudage</i>	<i>41</i>
<i>IV.1.1 Introduction</i>	<i>41</i>
<i>IV.1.2. Domaine d'utilisation de la soudure</i>	<i>41</i>
<i>IV.1.3. Les différents procédés de soudage.....</i>	<i>41</i>
<i>IV.1.4. Le choix de procédé de soudage</i>	<i>41</i>
<i>IV.1.5. Les paramètres de soudage.....</i>	<i>43</i>
<i>IV.1.6. Déterminer le procédé le plus avantageux pour ces données</i>	<i>44</i>

IV .1.7. Principaux Inconvénients du SMAW	44
IV.1.8. Récapitulation.....	46
IV.1.9. Soudage à l'arc avec électrode enrobée (SAEE) appelé aussi (Procédé 111) : .	47
IV.1.9.1. Métal de base	48
IV.1.9.2. Métal d'apport.....	49
IV.1.9.3. Les électrodes selon les normes américaines : American Welding Society (AWS) 51	
IV.1.9.4. Le courant électrique	52
IV.1.9.5. Facteurs à prendre en compte lors du choix d'une électrode.....	53
IV.1.10. Calcul de la température de préchauffage	55
IV.1.10.1. Détermination du carbone Equivalent	56
IV.1.10.2. Détermination de la température de préchauffage	56
IV.1.11. Chanfrein des tubes pour le soudage bout à bout les bords droits de deux tuyaux 57	
IV.1.11.1. Choix de type de chanfrein.....	57
IV.1.11.2. Mode opératoire	59
IV.1.11.2.1. Soudage en position fixe.....	59
IV.1.11.3. Calcul nombre de passe	62
IV.1.12. Conclusion.....	64
IV.2 Contrôle.....	65
IV.2 .1. Introduction	65
IV.2 .2. Les différents types de contrôle.....	65
IV.2 .2.1. Le contrôle destructif (CD) ou (ED)	65
IV.2.2.2. Le contrôle non destructif (CND) ou (END)	79
IV.2.3. Conclusion.....	85

Chapitre V : Etude de stress par logiciel (Caesar II)

V .1. Description du Logiciel CAESAR II	86
V.1.1. Description du code ASME B31.8	86
V.2. Données de calcul	87
V.2.1. Système d'unités utilise	87
V.2.2. Conditions de process	87
V.2.4. Température.....	88
V.2.5. Pression.....	89



V.2.6. Essais hydrostatiques.....	89
V.3. Le type de support utilisé.....	92
V.3.1. Support de guidage	92
V.3.2. Support appui simple	92
V.3.3. Support point fixe	93
V.3.4. Ancrage.....	93
V.4. Scenarios de la simulation.....	94
V.4.1. Force de réaction du a la décharge de la PSV.....	94
V.5. Modélisation	95
V.5.1. 1 ^{er} traçant de manifold	95
V.6. Résultats de la simulation	96
V.6.1. Les déplacements calculés	96
V.6.2. Contraintes calculées	99
V.6.3. Charges sur les supports	105
V.7. Conclusion	112
Conclusion générale	113
Bibliographie.....	114
Annexes.....	119



Liste

Des tableaux :

Liste des tableaux :

Chapitre II : Dimensionnement de la tuyauterie :

<i>Tableau. II, 1 : les caractéristiques selon les nuances.....</i>	<i>18</i>
<i>Tableau. II ,2 le % des composants chimique de la nuance API 5L Gr B.</i>	<i>18</i>
<i>Tableau. II ,3 : Les facteurs des zone II... ..</i>	<i>20</i>
<i>Tableau. II ,4 : Tableau de Tolérance.....</i>	<i>22</i>
<i>Tableau II, 5 : Calculs et choix selon les normes ASME et code Api.....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau. II, 6 : LES Tableau de résultats (1/2).....</i>	<i>25</i>

Chapitre III : les pertes de charges

<i>Tableau III , 1 : Les caractéristiques des 2 types de pertes de charges.</i>	<i>26</i>
<i>Tableau III, 2 : Les coefficients de pertes de charges selon l'état de la conduite.....</i>	<i>31</i>
<i>Tableau III, 3 : Caractéristiques de tube et fitting pour flowline.....</i>	<i>35</i>
<i>Tableau III, 4 : Caractéristiques de tube.....</i>	<i>37</i>
<i>Tableau III, 5 : des conditions</i>	<i>39</i>
<i>Tableau III, 6 : des résultats.....</i>	<i>40</i>

Chapitre IV : Procédure de soudage et Contrôle

IV.1. Procédure de soudage

<i>Tableau IV, 1 : représentation des spécifications des différents types de soudage... ..</i>	<i>42</i>
<i>Tableau IV, 2 : le procédé avantageux selon des conditions spécifiées</i>	<i>44</i>
<i>Tableau IV, 3 : quelques risques liés aux différents rayonnements émis lors du soudage..</i>	<i>46</i>
<i>Tableau IV, 4 : de classification selon la limite élastique.....</i>	<i>48</i>
<i>Tableau IV, 5 : de classification selon les épaisseurs des tubes.....</i>	<i>48</i>



Liste

Des figures :



Liste des figures

Chapitre I : Generalite et discrupsion de projet

Fig I, (1) : <i>Technique de fabrication des tubes soudés en spirale</i>	5
Fig I, (2) : <i>Soudage en spirale</i>	6
Fig I, (3) : <i>Croquage</i>	7
Fig I, (4) : <i>Soudage</i>	8
Fig I, (5) : <i>Expansion et calibrage</i>	9
Fig I, (6) : <i>machine d'exception</i>	9
Fig I, (7) : <i>Tube sans soudure</i>	10
Fig I, (8) : <i>Revêtement FBE</i>	11
Fig I, (9) : <i>Revêtement par polyoléfine</i>	11
Fig I, (10) : <i>Revêtement intérieur</i>	12
Fig I, (11) : <i>Carte de la position géographique des champs de Tinrhert</i>	13
Fig I, (12) : <i>synoptique général de pipe line</i>	16
Fig I, (13) : <i>plan générale du réseau de collecte</i>	17

Chapitre III : les pertes de charges

Fig III, (1) : <i>présentation de projet ohanet par logiciel (pipesime)</i>	27
--	-----------

Fig III, (2) : les débits des sources (puits).....	28
Fig III, (3) : profile long (puit TM103_manifold TM01).....	28
Fig III, (4) :: pression de sortie du puit.....	29
Fig III, (5) : pression d entre du manifold	29
Fig III, (6) : Abaque pour le calcul de coefficient de pertes charge.....	32
Fig III, (7) : Vue isométrique du manifold	34
Fig III, (8) : modélisation des flowlines sous pipe phase	35
Fig III, (9) : modélisation de collecteur sous pipephase.....	36
Fig III, (10) : modélisation de collecteur sous pipe phase	36

Chapitre IV : Procédure de soudage et Contrôle

Procédure de soudage

Fig IV, (1) : Taux de production de fumée selon le procédé et le matériau.....	45
Fig IV, (2) : Installation du circuit de soudage SMAW.....	47
Fig IV, (3) : Principe de l'opération de soudage SMAW.....	48
Fig IV, (4) : Image de l'électrode enrobée	49
Fig IV, (5) Caractéristiques des électrodes selon la symbolisation AWS.....	51
Fig IV, (6) : Image de l'électrode enrobée E6010.....	54
Fig IV, (7) : Image de l'électrode E7018 basique	54
Fig IV, (8) : Représentation des cotations de chanfrein selon les épaisseurs.....	57
Fig IV, (9) : Image d'un chanfrein fait à la machine de chanfreinage.....	58
Fig IV, (10) : Représentation du dispositif « clamp » de fixation pour soudage.....	59
Fig IV, (11) : soudage en chantier.....	60

<i>Fig IV, (12) : lieux de prélèvement des éprouvettes.....</i>	<i>66</i>
<i>Fig IV, (13) : machine de traction.....</i>	<i>68</i>
<i>Fig IV, (14) : : sens de prélèvement de quelques éprouvettes</i>	<i>68</i>
<i>Fig IV, (15) : éprouvette de traction.....</i>	<i>69</i>
<i>Fig IV, (16) : l'éprouvette de traction normalisée selon API 1104.....</i>	<i>70</i>
<i>Fig IV, (17) : diagramme charge-déformation et allongement de l'éprouvette.....</i>	<i>70</i>
<i>Fig IV, (18) : les différentes sections de l'éprouvette.....</i>	<i>72</i>
<i>Fig IV, (19) : démonstration de l'essai de pliage à l'endroit.....</i>	<i>74</i>
<i>Fig IV, (20) : démonstration de l'essai de pliage à l'envers.....</i>	<i>75</i>
<i>Fig IV, (21) : les défauts révélés d'une éprouvette après l'essai de pliage à l'endroit.....</i>	<i>76</i>
<i>Fig IV, (22) : vue de dessus et de coté de l'éprouvette normalisée API 1104.....</i>	<i>77</i>
<i>Fig IV, (23) vue en perspective de l'éprouvette.....</i>	<i>77</i>
<i>Fig IV, (24) : démonstration des résultats dans la section de cassure.....</i>	<i>78</i>
<i>Fig IV, (25) : image réelle de résultat d'un essai de texture.....</i>	<i>78</i>
<i>Fig IV, (26) : Tube de rayon X.....</i>	<i>80</i>
<i>Fig (27) : Démonstration du schéma de principe de contrôle radiographique.....</i>	<i>81</i>
<i>Fig IV, (28) : Image réelle du principe de contrôle par radiographie d'un joint de soudure d'une tuyauterie.....</i>	<i>82</i>
<i>Fig IV, (29) : Détection des porosités par radiographie.....</i>	<i>84</i>
<i>Fig IV, (30) : Détection des soufflures et inclusions du laitier par la radiographie.....</i>	<i>84</i>
<i>Fig IV, (31) : Différence entre fissure détectée à l'œil nu et celle par la radiographie.....</i>	<i>85</i>

Chapitre V : Etude de stress par logiciel (Caesar II)

<i>Fig V, (1) : page de saisie de données en Caesar II</i>	<i>91</i>
<i>Fig V, (2) : représentation du support de guidage (GD) par Caesar II.....</i>	<i>92</i>
<i>Fig V, (3) : représentation de support appui simple (PA) par Caesar</i>	<i>92</i>
<i>Fig V, (4) : représentation du support point fixe (SF) par Caesar II.....</i>	<i>93</i>
<i>Fig V, (5) : représentation d'ancrage par Caesar II</i>	<i>93</i>
<i>Fig V, (6) : Plant isométrique 001</i>	<i>95</i>
<i>Fig V, (7) : modélisation par Caesar II 001</i>	<i>95</i>
<i>Fig V, (8) : batch run (error check and analyze job).....</i>	<i>96</i>
<i>Fig V, (9) : plan isométrique 002.....</i>	<i>111</i>
<i>Fig V, (10) : modélisation par Caesar II 002.....</i>	<i>111</i>

ABREVIATIONS

Alphabet latin :

A_s : Surface de tube

a_1 : Coefficient de transmission de chaleur à la paroi interne de la conduite par convection

a_2 : Coefficient de transmission de chaleur à la paroi externe de la conduite vers le sol par conduction

a : coefficient de CHOUKOV

a : surépaisseur(m)

C_p, C_v : Le rapport des chaleurs spécifiques à pression et volume constant

C : la vitesse du son dans le gaz (m/s)

D_{int} : Diamètre intérieure (m)

D_{ext} : Diamètre extérieure (m)

D : Rigidité cylindrique

D_m : Diamètre moyen

D_j : Le coefficient de Joule Thomson ($\frac{^{\circ}C}{bar}$)

E : Module d'élasticité longitudinal

e : L'épaisseur (m)

e_0 : L'épaisseur nominale (m)

e_{min} : L'épaisseur minimale (m)

e_n : L'épaisseur normalise (m)

f : Contrainte transversale due à la pression

F_a : Force de l'ancrage

f_f : Force axial

F : Contrainte admissible

I : Le moment d'inertie

i : Facteur d'intensification de contraint

H : Hauteur (m)

g : Accélération de la pesanteur (m/s^2)

G : Diamètre affectif du joint (mm)

Q : Efforts tranchants

Q_s : La charge d'un tube

K : Le coefficient global d'échange de chaleur

K : Coefficient de ressort

K : Coefficient de la fondation (N/cm^3)

K_e : Rugosité

L_f : Longueur de frottement

L : Longueur (m)

M : La masse molaire moyenne $kg/kmol$

M : Débit massique kg/s

M_f : Moments de flexion

M_t : Moment de torsion

M_{fr} : Moment de flexion résultant

M_{FI} : Moment idéal de flexion

M_r : Moment résultant

M_{RB} : Moment résultant dû aux charges occasionnelles

M_{RA} : Moment résultant dû aux charges permanentes

M_{RC} : Moment résultant au contraintes secondaires

M_{RD} : Moment résultant engendré par un mouvement non répété

M_i : Moment au point i

M_0 : Moment initial

N_{tot} : Nombre total du mol

P : Pression (bar)

P_i : Pression initial (bar)

P_f : Pression final (bar)

P_x : Pression au point x (bar)

p_c : Pression critique (bar)

P_{pc} : Pression pseudo critique (bar)

P_{pr} : Pression pseudo réduit (bar)

P_{moy} : Pression moyenne (bar)

P_0 : La charge totale

P : charge concentré

P_t : Le poids du tube

P_f : Le poids du fluide

q : Charge répartie

R_e : le nombre de Reynolds

R : Résistance thermique $\text{kJ}/\text{kg k}$

R_e : Rayon extérieure(m)

R : La constante des gaz réel $\text{kJ}/\text{Kmol K}$

S : Section d'écoulement (m^2)

S_s : Surface de la charge supérieure (m^2)

S_i : Surface de la charge inférieure (m^2)

T : Température (K)

T_i : Température initial (bar)

T_f : Température final (K)

T_a : Température ambiante (K)

T_x : Température au point x (K)

T_c : Température critique (K)

T_{pc} : Température pseudo critique (K)

T_{pr} : Température pseudo réduite (K)

T_{moy} : Température moyenne (K)

T_{sr} : Température du sol réduite (K)

V : la vitesse du fluide (m/s)

V : Distance de la fibre neutre à la fibre la Plus éloignée

V : Volume (m^3)

w : vitesse d'écoulement (m/s)

w : L'indice de Wobbe

w_p : Point du tube

Y : Fraction molaire

Y : Déformation

Z: Le facteur de compressibilité

Z_{mc} : Le coefficient de compressibilité calculé

Alphabet grec

λ : Le coefficient de frottement

λ_m : Le coefficient de frottement moyen

σ : Contrainte

σ_{lp} : Contrainte longitudinale

σ_{tp} : Contrainte transversale

σ_{rp} : Contrainte radiale

σ_f : Contrainte normale

σ_l : Contrainte longitudinale de pression et de flexion

σ_t : Contrainte transversale de pression,

σ_c : Contrainte de compression

σ_{eq} : Contrainte équivalente

ρ : La masse volumique kg/m^3

ν : La viscosité cinématique (CSt) ou (m^2/s)

Autres :

GN : Gaz Naturel

ASME : American Society of Mechanical Engineers

ANSI : American National Standard Institute

STC : Système Transport par Canalisation

Z_m : Le coefficient de compressibilité estimé

Z : coefficient de joint longitudinal soudé

ν : Coefficient de poisson

ε : Allongement

θ : Le volume massique m^3/kg

Δ : La densité relative du gaz

ϕ : Angle de frottement interne du sol

μ : Coefficient (sol/tube)

δ : L'angle de rotation

τ : Contrainte de cisaillement

γ : Poids volumique.

θ : L'angle du tube.

δ : Epaisseur de la couche de transmission de chaleur

ε : La rugosité relative de la paroi

μ : La viscosité dynamique (Pa. s)

CNDG : Centre National Dispatching Gaz

TD : Terminal Départ

TA : Terminal Arrivée

SC : Station de Compression

HRM : HASSI R'MEL

Introduction

Générale :



Introduction générale :

A cause des besoins de consommation de plus en plus de pétrole et de gaz, on a donc été contraint à construire des ouvrages plus performants afin de subvenir à ces besoins , pour les gazoducs et oléoduc .

Ceci s'est traduit par la construction des pipelines à travers des zones toujours plus dures et agressives , aussi bien pour la construction que pour l'exploitation , la réalisation de tel ouvrage nécessite des études différentes (topographique, de liqueé, de hydrstau) contrôle de la soudure et teste hydrostatique) car une fuite éventuelle de produit transporte de grands danger , c'est pourquoi les constructeurs s'efforcent au maximum d'offrir une garantie de bon fonctionnement en cours de l'exploitation tube bien a van que les ' être assemblé et soudé subi des épreuves à l'usine et que les soudures sont radiographiées à cent pour cent . Dans notre présente mémoire nous essayons de faire une étude complète sur une

Réalisation du réseau de collecte et Ouvrages Concentrés des champs de OHANET (First Gas).

Ce travail se résume en cinq (05) chapitres ;

Chapitre I : Généralités et description de projet.

Chapitre II : Dimensionnement de la tuyauterie.

Chapitre III : Les pertes de charges.

Chapitre IV : Procédure de soudage et CND

Chapitre V : Etude de stress par logiciel (Caesar II)

CHAPITRE I

I.1. Introduction :

Un pipeline est une canalisation enterrée ou aérienne transportant des biens, qu'ils soient sous forme liquide ou gazeuse. Les pipelines sont le plus souvent construits à partir de tubes d'aciers soudés bout à bout, revêtus extérieurement voire intérieurement et généralement enfouis dans le sol. Ces pipelines s'avèrent coûteux et parfois difficiles à mettre en œuvre selon les caractéristiques des terrains traversés en zone des risques sismiques ou instables de par leur investissement initial. Leur utilisation est relativement peu coûteuse par rapport à d'autres moyens de transport concurrents au moins sur de petites et moyennes distances.

I.2. Différentes méthodes de transport des hydrocarbures :

Nous pouvons distinguer les types suivants :

- Transport maritime : ex méthanier pour transporter le GNL, caboteur.
- Transport ferroviaire : wagons citerne.
- Transport routier : ex : camions citerne.
- Transport par canalisation (pipeline) : ces canalisations sont destinées à transporter différents produits et le nom de la canalisation est donné suivant le nom du produit : oléoducs, gazoducs, hydrogénéoducs, Ox ducs...

I.3. Différents types de canalisations :

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,
- Pour le pétrole, on parle d'oléoduc,
- Pour l'eau on parle d'aqueduc,
- Pour l'eau salée, on utilise le terme de saumoduc,
- Pour l'oxygène, on utilise le terme d'oxygénéoduc ou d'oxyduc,
- Pour l'hydrogène, on utilise le terme d'hydrogénéoduc,
- Pour l'éthane, on utilise le terme d'éthanoduc.

I.4. Caractéristiques d'un pipeline:

Un pipeline se caractérise tout d'abord par sa ligne qui est constituée de tubes d'acier pouvant résister à une pression de 100 bars environ. Son diamètre courant est compris entre 6 et 42

pouces (soit 15 cm à 1 mètre). Son épaisseur varie de 4 à 13mm. La profondeur d'enfouissement dans le sol varie de 0,6 à 1 mètre selon son ancienneté et ses lieux de passages.

Les caractéristiques des tubes (diamètre, épaisseur, type d'acier) sont définies par calcul en fonction de plusieurs paramètres tels que : le débit souhaité, le profil du terrain, les zones environnementales traversées, la réglementation en vigueur, etc....

Les tubes sont protégés extérieurement par un revêtement isolant (brai, bandes, polymère, etc...) leur évitant toute agression venant du milieu environnant cette protection est complétée par l'imposition d'un potentiel électrique (procédé dit de « protection cathodique ») empêchant les courants vagabonds de provoquer une corrosion extérieure à la conduite.

Des stations de pompage permettent de faire avancer le ou les liquides contenus dans la ligne.

Elles sont composées de pompes entraînées par des moteurs électriques ou thermiques (plus rarement), d'une puissance allant de 200 à 1500 KW. Dans ces conditions, les débits réalisables peuvent fluctuer de quelques centaines de m³/h à 2500 m³/h, ce qui représente des volumes considérables comparés aux autres moyens de transport. La vitesse de déplacement de la veine fluide, quant à elle, reste faible : 1 à 3 m/s (soit 3,6 à 10 Km/h).

On distingue les stations de pompage expéditrices prenant en charge les lignes et capables d'assurer le débit de pompage souhaité.

Des terminaux, situés en entrée et en sortie de chaque pipeline, permettent de prendre en compte les volumes des produits pris en charge ainsi que leurs caractéristiques physicochimiques. Toutes les installations du pipeline sont télé-conduites à partir d'un dispatching capable de détecter des anomalies pouvant survenir et de réagir en conséquence

I.5. Le fonctionnement de pipeline :

Le transport de produits impose que la ligne soit toujours pleine (un produit en pousse un autre) et que l'on trouve en sortie des capacités suffisantes pour pouvoir le recevoir. Lorsqu'un pipeline transporte plusieurs produits différents, il est dit multiproduit. Les produits se poussent selon des séquences prédéfinies. Celles-ci sont organisées en fonction de la compatibilité et des spécifications des produits transportés.

I.6. L'intérêt d'un transport par pipeline :

Un pipeline présente de nombreux avantages, dont certains sont décisifs, par rapport aux autres moyens de transport. En effet, c'est.

Un mode de transport massif (60 M. litres/Jour par exemple).

Un transport à haut degré de sécurité avec moins de deux incidents pour 10.000 Km de pipeline par an.

Un approvisionnement sûr, insensible aux intempéries et aux conditions atmosphériques, fonctionnant 24 heures sur 24 tous les jours de l'année.

Le mode de transport massif le moins cher sur moyenne et longue distance, ne nécessitant pas d'opération de manutention.

Pour finir, le pipeline est le seul moyen d'approvisionnement de grands centres éloignés de sources de production ou d'importation d'hydrocarbures.

I.7. Contexte industriel :

I.7.1. Procédé de fabrication des tubes de pipelines :

La multiplicité des diamètres et des épaisseurs des tubes et le développement avec le temps de leurs techniques de fabrication, constituent les raisons de la diversité du réseau de transport carburant Algérien. On retrouve.

- Les tubes soudés sous la forme spirale
- Les tubes soudés sous forme longitudinale
- Les tubes formés sans soudure

On se limitera dans le cadre de cette étude à la présentation du mode de fabrication des tubes dits de grand diamètres et utilisés dans le transport. Cette appellation est réservée aux

tubes de diamètres extérieurs supérieurs à 406 mm (16"). Ils sont obtenus par fourrage suivi de l'opération de soudage en long ou en spirale de tôles laminées à chaud.

I.7.2. Tubes soudés en spirale:

La fabrication des tubes soudés en spirale est réalisée en continu sur des machines à souder.

Après déroulement de la bobine en bande par un train d'entraînement, la tôle est poussée dans la cage de formage ou elle subit une déformation de cintrage sous l'action d'un vérin.

L'obtention du formage en spirale est réalisée par l'inclinaison d'un angle entre l'axe initial de la bande et l'axe de sortie du tube.

L'enroulement des tubes en spirale permet d'obtenir des tubes calibrés sans avoir besoin de recourir à des étapes de fabrication supplémentaires tels que l'expansion ou le calibrage. De ce fait, le tube précontraint lors de la phase de pliage le reste par la suite.

Pour des épaisseurs de paroi au-dessus de 20 mm, on utilise habituellement des tôles fortes.

Ce procédé permet une exploitation économique optimale de la largeur de bande disponible, par le rapport largeur de bande-diamètre.

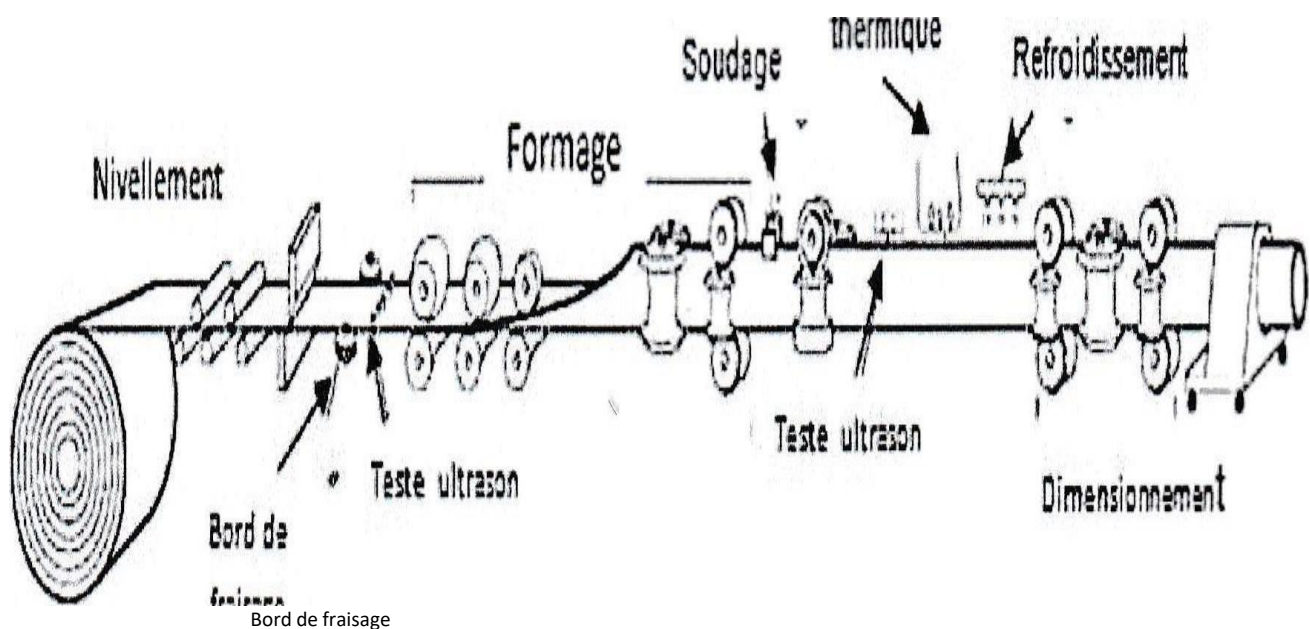


Figure I. 1 : Technique de fabrication des tubes soudés en spirale

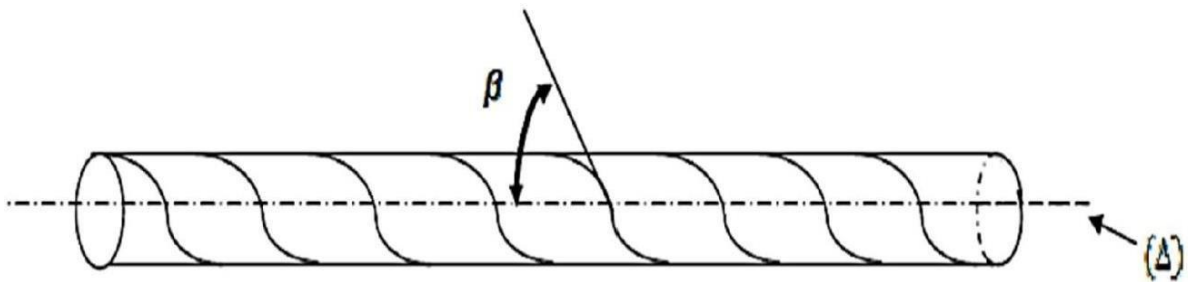


Figure I, 2 : Soudage en spirale

Le processus de formage ou de cintrage du tube est conditionné par l'angle d'introduction de la bande selon la relation suivante :

$$\beta = \text{Arc sin} \left(\frac{a}{D_{\text{ext}} \times \pi} \right)$$

Avec :

a : La largeur de bande;

D_{ext} : Le diamètre extérieur de tube formé

β : L'angle d'introduction de la bande par rapport au l'axe cinématique (A).

Les limites théoriques d'angle en pratique, ne peuvent pas être exploitées Si l'angle est trop

Aigu, il s'en suit une instabilité du processus de cintrage. Les valeurs limitées pour la fabrication, sont comprises entre 15° et 50° .

La gamme des diamètres, dans laquelle les tubes spiraux sont fabriqués, s'étale de 400 à 3000 mm environ, avec des épaisseurs allant jusqu'à 30mm.

La fabrication des tubes spirale peut être subdivisée suivant les opérations principales suivantes

- La préparation de la bande - La bande de rabotage
- Le cintrage - Le soudage
- Le parachèvement
- La réception et l'inspection

La préparation de la bande et des rives de la bande ainsi que des soudures de rabotage

Influent directement sur la qualité du tube qui nécessite une attention particulière. A l'entrée de la machine pour tubes spirale, on effectue les opérations suivantes.

- Déroulage de la bande
- Dressage de la bande de cisailage
- Chanfreinage des rives de la bande
- Cambrage des rives pour éliminer l'effet de toit.

A l'entrée de la cage de formage, on effectue la passe Intérieure de soudure alors que la passe extérieure est effectuée sur le tube formé. Les procédés usuels pour la coupe sont.

- L'oxycoupage
- Le découpage au plasma

I.7.3. Tubes soudés longitudinalement :

La technique de fabrication des tubes soudés sous forme longitudinale est généralement formée à froid de la plaque à travers le processus « UOE », elle est spécifique aux tubes avec des diamètres plus que 406.4 mm (16"). Cette technique passe par trois étapes de formage.

I.7.4. Croquage et formage :

Cette étape ou la plaque va être pliée aux niveaux de l'extrémité, l'objectif de cette opération est de faciliter le processus de pliage par les étapes suivantes. A partir de ça la tôle ou la plaque unitaire est pliée en deux types de presse la première confère la plaque sous forme "U" et la seconde lui donne une forme "O" voire la figure suivante.

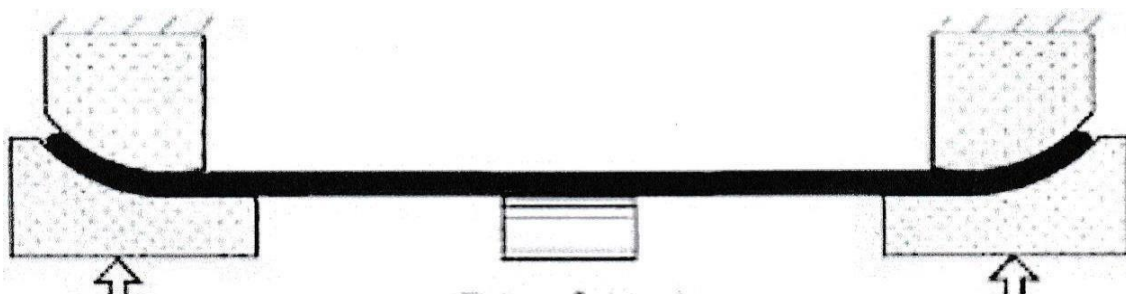


Figure. I, 3 : Croquage

I.7.4.A) Soudage :

Le soudage dépend ici de la technique de soudage à l'arc sous flux à l'aide de tête soudeuse Automatique, les soudures intérieurs et extérieurs grandissent longitudinalement sur une Trajectoire d'une ligne droite, généralement le cordon intérieur est réalisé par le premier figure Suivante :



Figure I .4 : Soudage

I.7.4.B) Expansion et calibrage :

L'objectif de cette opération est d'atteindre des tubes de section parfaitement circulaire, l'augmentation des diamètres ici est de plus jusqu'à 1.5% au maximum (figure. 3 et4).

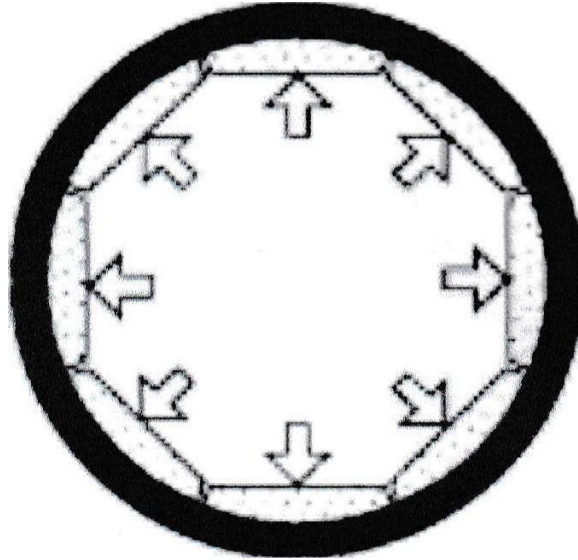


Figure I, 5 : Expansion et calibrage

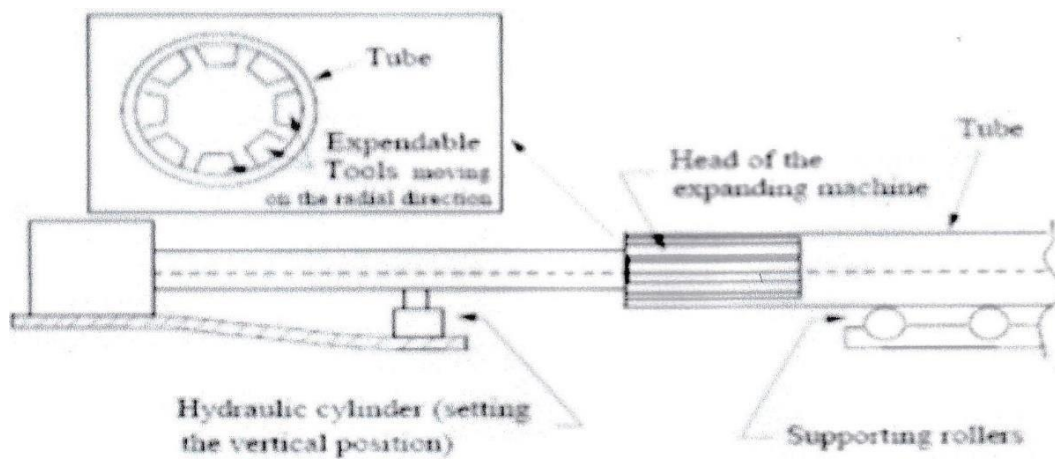


Figure I, 6 : Machine d'exception

I.7.4. Tubes sans soudure :

Les tubes formés sans soudure. Sont généralement de petits diamètres et de longueurs inférieures à 450mm. La méthode principale de fabrication de ce type de tube consiste à extruder le métal entre la filière et l'aiguille. On obtient un tube monobloc sans soudure. Il existe une variante dite filage sur nez d'aiguille où l'aiguille est fixe.

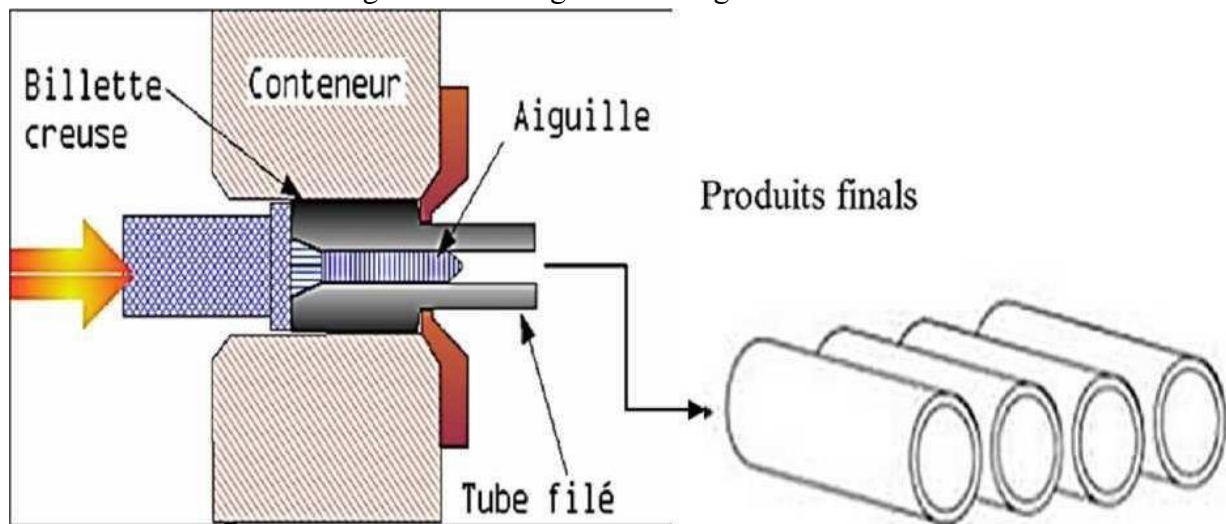


Figure I, 7 : Tube sans soudure

I.7.5. Revêtement des tubes :

On utilise généralement la technique classique des trois couches et de Fusion-Bonded Epoxy (FBE) pour l'isolation extérieure. La polyoléfine est souvent utilisée aussi bien que du polyéthylène (PE) et du polypropylène (PP). L'objectif principal est de protéger le tube par le revêtement contre le processus de la corrosion interne et externe.

I.7.5.1. Revêtements extérieurs :

I.7.5.1.a Revêtement Fusion Bonded Epoxy :

Les revêtements FBE constituent des couches de résine durcissant thermoplastique, qui sont apposés par un procédé thermostatique sur les tubes d'acier et les protègent de la corrosion.

Le procédé FBE peut être utilisé à des températures d'exploitation allant jusqu'à 110⁰ C, l'épaisseur typique du revêtement est généralement comprise entre 350 et 450micromètres. Une deuxième couche entraîne une excellente résistance aux détériorations du pipeline, même dans les conditions environnementales les plus difficiles (Figure :8).

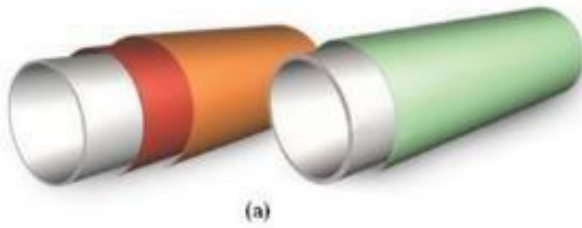


Figure. I, 8 : Revêtement FBE

I.7.5.1.b Revêtement extérieur polyoléfine 3 couches :

Le revêtement polyoléfine 3 couches est une combinaison de résine thermoplastique durcissant, de couche d'adhérence copolymère et de thermoplastique apposée sur les tubes d'acier afin de garantir leur protection contre la corrosion et les détériorations mécaniques(Figure 10.b).

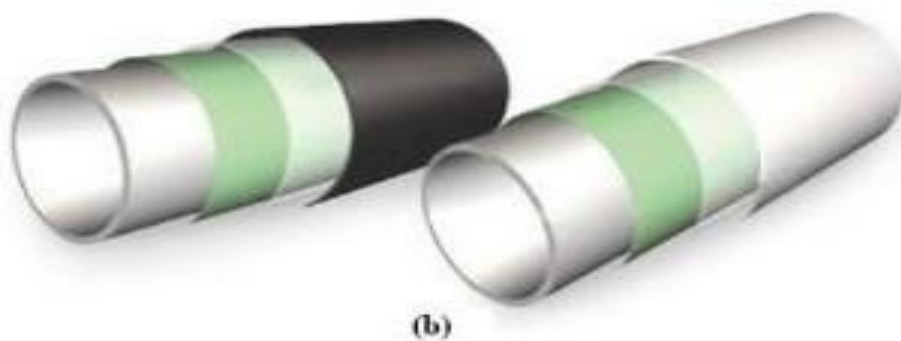


Figure I, 9 : Revêtement par polyoléfine

I.7.5.2 Revêtements intérieure :

I.7.5.2.a. Revêtements pour l'amélioration du débit :

Une résine époxy liquide est pulvérisée sur la paroi interne des tubes sur une épaisseur typique de 60 à 100 micromètres. Il en résulte une amélioration de la capacité de transport du gaz, une minimisation des résistances de friction et donc une réduction des stations de compression. La simplification du nettoyage et la protection temporaire contre la corrosion font du revêtement Flow Coating une solution unique et économique pour le transport du gaz



Figure I, 10 : Revêtement intérieur

Une résine époxy liquide est pulvérisée sur la paroi interne des tubes sur une épaisseur de 400 à 500 micromètres. Pour ce faire, on utilise une nouvelle génération de résines époxy sans solvant. Un objectif permanent de l'exploitation des pipelines est d'assurer des transports

I.8. Présentation de projet :

I.8.1. Introduction :

SONATRACH a décidé de développer les gisements de TINRHERT à l'aide de ses propres ressources. Ces gisements sont situés au sud-est de l'Algérie, dans la Wilaya d'Illizi.

La position géographique de ces champs est indiquée sur la carte ci-dessous :

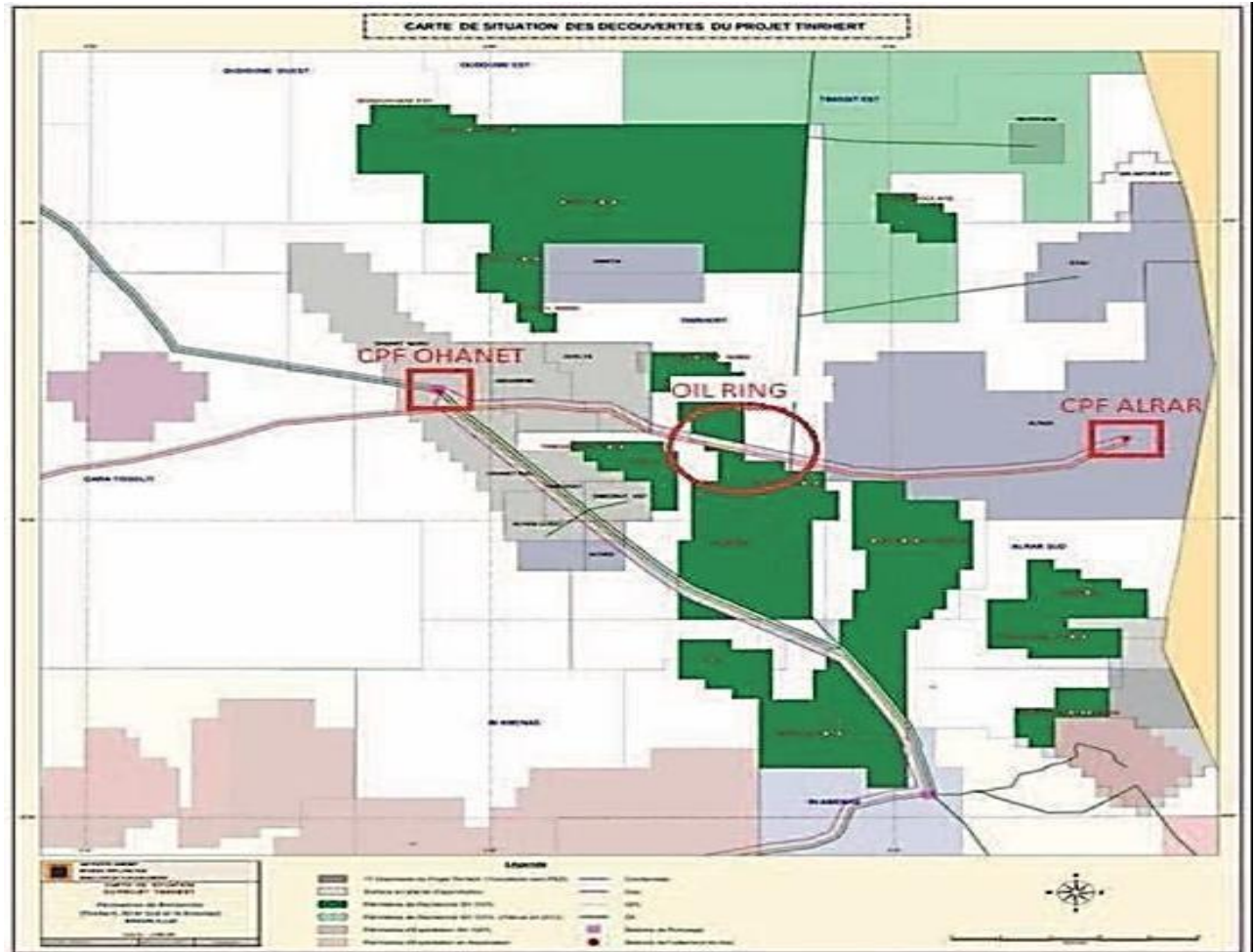


Figure I, 11 : Carte de la position géographique des champs de Tinrhert

Le développement des gisements de Tinrhert vise à apporter un supplément en hydrocarbures aux installations indiquées ci-dessous :

- CPF d'Ohanet
- CPF d'Arar
- CPF Existant de Stah.

I.8.2. Projet ohanet :

Le projet Ohanet comprend le développement de treize (13) champs du nord et la construction de puits, manifolds et réseaux de collecte pour un total de soixante-douze (72) puits et des raccordements au CPF d'Ohanet. De plus, un puits d'injection d'eau et un pipeline associé seront installés dans le cadre du projet.

La première phase gazière comprend la connexion de cinquante (50) puits et la construction d'un réseau de collecte complet qui fournira à l'usine existante d'Ohanet un supplément de gaz brut maximum d'environ 10 MMSm³ / J.

Une phase à long terme qui devrait être exécutée d'ici 2023, en fonction des niveaux de pression dans les réservoirs, comprend la connexion de vingt-deux (22) puits, dont treize (13) puits existants qui seront réutilisés pour la production d'un type de produit différent.

I.8.2.1. Description du projet EPC-3 :

Le projet de développement des gisements de Tinrhert concerne le développement de 11 champs de Tinrhert pour la région d'Ohanet, située dans le sud-est du Sahara algérien, wilaya d'Illizi.

Ces gisements s'étendent sur un espace d'environ 200Km² à :

- 1500 km au sud-est d'Alger.
- 360 km au nord d'Illizi.
- 800 km au sud-est d'Ouargla.
- 120 km au nord d'In Amenas (chef-lieu de Daïra).

Le projet consiste principalement en la réalisation de:

- Installations de surface de cinquante (50) puits de gaz brut.
- Douze (12) manifolds.
- Un (01) manifold d'entrée au CPF gaz existant à Ohanet.
- Un réseau de collecte constitué de flowlines et trunklines d'une longueur totale

De 328 Km.

I.8.3. Définitions :

Maître de l’Ouvrage "MO": SONATRACH Activité Amont Exploration - Production (E&P), Division Engineering & Construction.

Entrepreneur : COSIDER CANALISATION à qui sont confiés les travaux en EPC.

Fournisseur : L'entité qui livre le matériel objet de la commande.

Sous-fournisseur : Société qui reçoit la commande de fournir les matériaux et de l'équipement ou des services au fournisseur.

Constructeur : signifie l'Entité qui sera chargée pour la conception et la fabrication des équipements et des matériaux, objet de la commande.

Projet: Développement des Champs de TINRHERT, Réalisation du réseau de collecte et Ouvrages Concentrés, ALGERIE.

DPEM: Direction des Patrimoines Energétiques et Miniers (Algerian Ministry of Energy and Mines).

ARH: Agence Nationale de Contrôle et de Régulation des Activités dans le domaine des Hydrocarbures (Agency for Régulation of Hydrocarbonés).

DGM: Direction Générale des Mines.

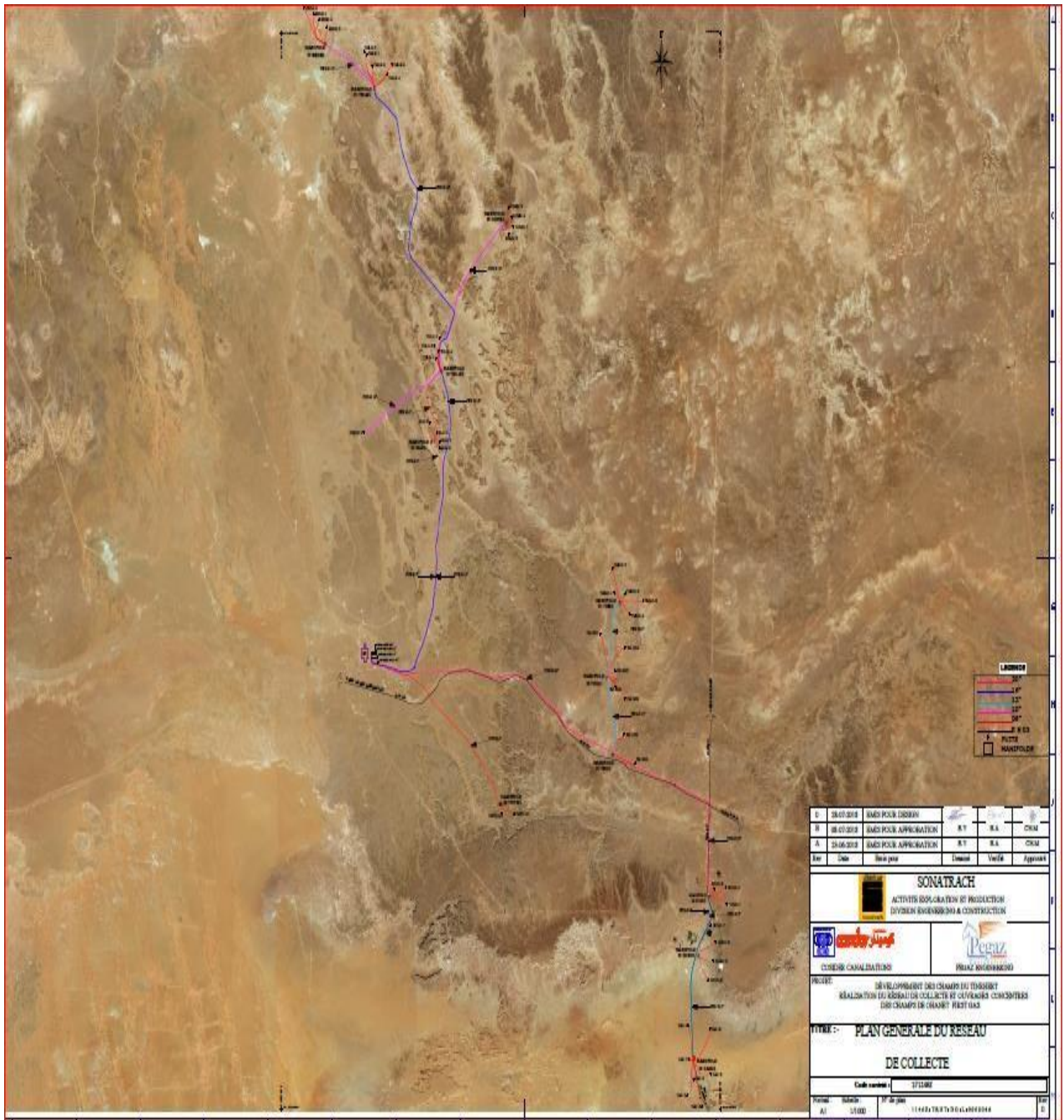


Figure I, 13 : Plan générale du réseau de collecte

CHAPITRE II

II.1. Introduction :

Chaque tuyauterie doit être caractérisée dans sa composition chimique (nuance), son diamètre et son épaisseur selon la tâche qu'elle doit remplir ; les pressions, les températures et la nature de produit transporté, sont les principaux facteurs qui déterminent ces caractéristiques.

Des études alors doivent être faites pour déterminer ces caractéristiques, garantir la performance optimale, le cout minimum et la durabilité max.

II.2. Choix de matériaux :**II.2.1. Les propriétés mécaniques des aciers selon l'API 5L :***Tableau II, 1 : Les caractéristiques selon les nuances*

Grade	Résistance à la traction(R) en :	
	Limite élastique(E) en: (MPA)	(MPA)
A	210	335
B	245	415
X42	290	415
X46	320	435
X52	360	460
X56	390	490
X60	415	520
X65	450	535
X70	485	570

II.2.2. La composition chimique de la nuance API 5L Gr B :*Tableau II, 2 : Le % des composants chimique de la nuance API 5L Gr B*

Grade	Les composantes chimiques			
	C Max(b)	Mn Max(b)	P max	S max
API 5LGrB	0.28	1.20	0.030	0.030

II.3. Les zones d'application :

Les emplacements où les ouvrages de transport des hydrocarbures visés au présent règlement sont susceptibles d'être installés sont classés en quatre (04) zones selon Règlement Algérien de sécurité pour la canalisation des hydrocarbures :

Zone I : les zones urbaines à forte densité de population

Zone I.1 : les zones urbaines dont la densité de population à l'hectare de logement et de locaux correspondant à une occupation équivalente calculée sur la surface d'un carré axé sur la canalisation de côté égale à 200m est inférieure à 40.

-Les zones rurales ou désertiques pour lesquelles l'une au moins des quatre conditions suivantes est remplie :

1°-elles sont situées à moins de 75 m d'un établissement recevant des publics ou assujettis aux règles relatives à la protection contre les risques d'incendie ou de panique ou d'un établissement rangé pour risques d'incendie ou d'explosion dans la 1^{ère} classe des établissements dangereux insalubre ou incommodes, ou d'une installation de défense nationale présentant des risques d'incendie ou d'explosion.

2°-la densité à l'hectare déterminée comme ci-dessus est supérieure à (04).

3°-Elles se trouvent dans le domaine public national.

Zone II : les emplacements situés dans les zones rurales, les pâturages les terres de culture, les forêts et les approches des agglomérations.

Zone III : les emplacements situés dans les régions désertiques.

II.4. Les facteurs des zones :

Zone I [x=0,50], [y=0,30]

Zone I.1 [x=0 ,60], [y=0,36]

Zone II enterrée [x=0,73], [y=0,55]

Zone II surface [x=0,73], [y=0,44]

Zone III enterré [x=0 ,80], [y=0,60]

Zone III surface [x=0,80], [y=0,55]

Tableau II, 3 : Les facteurs des zone II

EMPLACEMENTS	ENTERREE OU AERIENNE	ENTERREE	SURFACE
	XE	YR	YR
ZONE Ia	60 % E	36 % R	36 % R

II.5. Calcul et dimensionnement de la tuyauterie :

Cette note de calcul a pour but la détermination de l'épaisseur et de diamètre de la conduite principale en acier au carbone de la nuance citée ci-dessus avec satisfaction de la demande.

II.5.1. Séquence de calcul :

Pour le dimensionnement de la canalisation ; il est nécessaire de calculer d'abord le diamètre optimal qui nous permet de garantir le débit désiré selon les normes et les règles convenables tout en assurant le cout minimum et une longue durée de vie (durabilité), en jouant sur la vitesse d'écoulement toute en respectant la norme et l'intervalle conseillé.

II.5.2. Données de calcul :

- Nuance de pipe : **API 5L Gr B**
- Débit d'entrée : $Q_e = 0,2083 \text{ m}^3/\text{s}$ par produit
- Débit de sortie : $Q_s = 0,2083 \text{ m}^3/\text{s}$ par produit
- Pression de service : $P = 99$ bars
- Pression d'épreuve : $P_{ép} = 79,43$ bars
- Nature de produit transporté : -gaz nature
- La masse volumique par produit : **78,70** (Kg/m^3)

II.5.3. Calcul de diamètre :

Pour le calcul de diamètre on a :

$$Q = V \times S$$

On remplace S par sa formule :

$$Q = V \times (\pi \times D^2 / 4)$$

Donc

$$D = (4Q / V\pi)^{1/2}$$

On cherche la vitesse idéale V

V : est compris entre 10m/s et 20m/s

Pour V = 12 m/s

$$D = (4 \times 0.208 / 12 \times \pi)^{1/2} = 148.7 \text{ mm équivalent de 6 pouces}$$

Selon l'API 5L Gr B le diamètre adopté est 6"

Donc après ces vitesses qu'on a essayé le diamètre idéal adopté sera : **D = 6"**

II.5.4. Calcul d'épaisseur :

La formule utilisée pour le calcul d'épaisseur de la canalisation selon le Règlement Algérien de Sécurité pour le transport de pétrole est comme suit :

$$t = \frac{p D}{2 x E}$$

- **t** : épaisseur de pipe en (mm)
- **p** : pression d'épreuve en (MPa)
- **D** : diamètre externe de pipe en (mm)
- **E** : limite élastique en (MPa)
- **R** : résistance à la traction en (MPa)
- **x** et **y** sont des coefficients qui varient en fonction de l'emplacement de la canalisation ou des zones applicables.
- **xE** ou **yR** on prend la plus petite valeur.

-On cherche d'abord xE et yR selon la zone

Pour notre cas c'est la zone **I.1 surface** :

Donc

$$x E = 0,60 E = 147 \text{ MPa}$$

$$y R = 0,36 R = 149,4 \text{ MPa}$$

x E < y R donc on prend **147 MPa**

$$t = \frac{p D}{2 x E} = \frac{9,9 \times 168,3}{2 \times 147} = 5,66 \text{ mm}$$

t_{réelle} inclut les 12,5% de tolérance et 6.3 mm d'épaisseur de corrosion du tableau

Donc l'épaisseur réelle du pipe sera égale à :

$$t_{réelle} = 5,66\text{mm} + 12,5\%t + 6,3\text{mm} = \mathbf{12,66\text{mm}}$$

D'après l'ASME B 36 -10 M 1996 spécification 5L Standard on a **12,66 mm**

Donc l'épaisseur réelle standard adoptée sera **14.27 mm**

Tableau II, 4 : Tableau de Tolérance

Wall thickness <i>t</i> mm (in)	Tolerances ^a mm (in)
SMLS pipe ^b	
≤ 4,0 (0.157)	+ 0,6 (0.024) - 0,5 (0.020)
> 4,0 (0.157) to < 25,0 (0.984)	+ 0,150 <i>t</i> - 0,125 <i>t</i>
≥ 25,0 (0.984)	+ 3,7 (0.146) or + 0,1 <i>t</i> , whichever is the greater - 3,0 (0.120) or - 0,1 <i>t</i> , whichever is the greater
Welded pipe ^{c,d}	
≤ 5,0 (0.197)	± 0,5 (0.020)
> 5,0 (0.197) to < 15,0 (0.591)	± 0,1 <i>t</i>
≥ 15,0 (0.591)	± 1,5 (0.060)
^a If the purchase order specifies a minus tolerance for wall thickness smaller than the applicable value given in this table, the plus tolerance for wall thickness shall be increased by an amount sufficient to maintain the applicable tolerance range. ^b For pipe with $D \geq 355,6$ mm (14.000 in) and $t \geq 25,0$ mm (0.984 in), the wall-thickness tolerance locally may exceed the plus tolerance for wall thickness by an additional 0,05 <i>t</i> , provided that the plus tolerance for mass (see 9.14) is not exceeded. ^c The plus tolerance for wall thickness does not apply to the weld area. ^d See 9.13.2 for additional restrictions.	

I.5.5. Calcul de la section et la vitesse réelle :

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = 0.153 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{réelle}} = 0.153 \text{ m}^2$$

La vitesse réelle :

$$V_{\text{réelle}} = Q/S_{\text{réelle}}$$

$$V_{\text{réelle}} = 13.6 \text{ m/s}$$

On a: $S = \frac{\pi D^2}{4}$

Alors :

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = 0.13956 \text{ m} = 139.56 \text{ mm}$$

On prend le diamètre \emptyset le plus proche en code ASTM 6''

$$D = 168.3 \text{ mm}$$

II.5.6. Conclusion :

Cette procédure nous a permis de déterminer l'ensemble des données, (dimensionnement de la tuyauterie) nécessaires pour les étapes suivantes du projet.

Tableau II, 5 : Calculs et choix selon les normes ASME et code Api

Norme	API 5L	
Nuance	Grade B	
Schedule	120	
Limite élastique	245	MPa
Résistance à la rupture	415	MPa
Longueur du tube	12	m
Poids du tube	235.79	kg/m
Zone	I,1	aérien x=0.6 y=0,36
Débit	750	m³/h par produit
Diamètre optimal	139.76	mm 6'' 120
Epaisseur optimale	14.27	mm 0.375'' 120
Section réelle	0.0153	m²
Vitesse réelle	18.49	m/s
Pression de service	79.4	bar
Pression max	99	bar
Masse vol	78.70	kg/m³
Masse vol de condensat	705	kg/m³

:

II.5.7. Résultats de calcul :

Sur la base de ces données et hypothèses, l'épaisseur du pipe est donnée dans le tableau ci-après

Tableau II, 6 : Les Tableau de résultats**Tab : 1**

ITEM	Diamètre		Pression Max de Service	Contrainte Admissible	Contrainte Elasticité	Contrainte Rupture	Surépaisseur de corrosion	Epaisseur de la commande	
	Ø (Pouces)	Ø (mm)						PMS(Mpa)	[t] (Mpa)
Pipes en acier Smls A 106/API 5L Gr B PSL2 (Pression de calcul PC= 99 barg)									
1	3/4"	26,70	9,9	144	240	415	3,2	5,56	SCH 160
2	1"1/2	48,30	9,9	144	240	415	3,2	7,14	SCH 160
3	2"	60,30	9,9	144	240	415	6,3	11,07	XXS
4	3"	88,90	9,9	144	240	415	6,3	11,13	SCH 160
5	4"	114,30	9,9	144	240	415	6,3	13,49	SCH 160
6	6"	168,30	9,9	144	240	415	6,3	14,27	SCH 120
7	8"	219,10	9,9	144	240	415	6,3	18,26	SCH 120
8	12"	323,80	9,9	144	240	415	6,3	21,44	SCH 100
9	14"	355,60	9,9	144	240	415	6,3	23,83	SCH 100
10	20"	508,00	9,9	144	240	415	6,3	32,54	SCH 100

Tab : 2

ITEM	Diamètre		Pression Max de Service	Contrainte Admissible	Contrainte Elasticité	Contrainte Rupture	Epaisseur de la commande	
	Ø (Pouces)	Ø (mm)					PMS(Mpa)	[t] (Mpa)
Pipes en acier Smls A 790 UNS S31 803 & API 5L Gr 5LC 65-2205 (Pression de calcul PC= 99 barg)								
1	3/4"	26,70	9,9	223,2	450	620	3,91	SCH 80
2	1"	33,40	9,9	223,2	450	620	4,55	SCH 80
3	1"1/2	48,30	9,9	223,2	450	620	5,08	SCH 80
4	2"	60,30	9,9	223,2	450	620	5,54	SCH 80
5	4"	114,30	9,9	223,2	450	620	6,02	SCH 40
6	6"	168,30	9,9	223,2	450	620	7,11	SCH 40
7	10"	273,00	9,9	223,2	450	620	9,27	SCH 40
8	14"	355,60	9,9	223,2	450	620	9,53	SCH 40
9	20"	508,00	9,9	223,2	450	620	15,09	XS

Chapitre III

III.1. Introduction :

Les pertes de charge dans les conduits et réseaux de transport des fluides désignent les pertes irréversibles d'énergie de pression, que subit un liquide ou un gaz lors de son passage dans un conduit. Cette perte d'énergie, liée à la vitesse du fluide, et causée par la transformation en chaleur, des frottements internes provoqués par :

La viscosité du fluide (un fluide parfait sans viscosité ne génère pas de perte de charge),

- La rugosité des parois,
- Les variations de vitesses
- Et les variations de direction du fluide (les accidents).

Plus ces facteurs sont élevés plus les pertes de charges dans les réseaux seront importantes. L'unité de la perte de charge est une pression (pascals, bars...) ou une hauteur de colonne d'eau qui produirait une charge hydrostatique (pression hydrostatique) équivalente. Le terme "perte de charge" signifie donc "perte de charge hydrostatique".

Ces pertes d'énergie seront donc minimales dans le cas contraire de ces conditions.

III.2. Les différents types de pertes de charges :

Il y a 2 types de pertes de charge :

Tableau III, 1 : Les caractéristiques des 2 types de pertes de charges

Type de pertes de Charge	Principales causes	Spécifications	Observations
-Pertes de charge Régulières (Linéaires)	-la viscosité du fluide -la rugosité du Conduit	Ce type de PDC Concerne : les Longueurs linéaires	Elles sont fonction Du degré de Turbulence (décrit par Le nombre de Reynolds).
-Pertes de charge Singulières (Accidentelles)	- variations des Vitesses par Changement de Section -changement de Direction	Ça concerne : Les coudes, vannes, clapets, Cônes, grilles, Raccordements, Jonctions, les tés, Réducteurs etc....	1- Celles qui sont à Valeur constante quel Que soit le diamètre. 2- Celles qui varient En fonction du Diamètre de réseaux

NB : En réalité ces 2 types de pertes de charges ne sont pas toujours séparés, ainsi dans un coude arrondi il y a une part de perte de charge singulière due au changement de direction et une autre régulière due aux frottements sur la longueur de conduite formée par le coude. Une addition des 2 pertes de charges est considérable que si les surfaces de frottements sont importantes (un serpentin constitué de coudes par exemple) mais en général, les pertes de charge régulières sont négligées pour les éléments singuliers.

III.2.1. Le coefficient de perte de charge :

Le coefficient de perte de charge est une valeur sans unité qui permet de calculer la perte de charge en fonction de la pression dynamique du fluide.

Comme il existe 2 types de pertes de charges, Il existe 2 types de coefficients de pertes de charge :

1 : Coefficient de pertes de charge régulières λ

2 : Coefficient de pertes de charge singulières k

III.3. Les pertes de charges linéaires :

III.3.1. Calcul les pertes de charges par logiciel (pipe Sim):

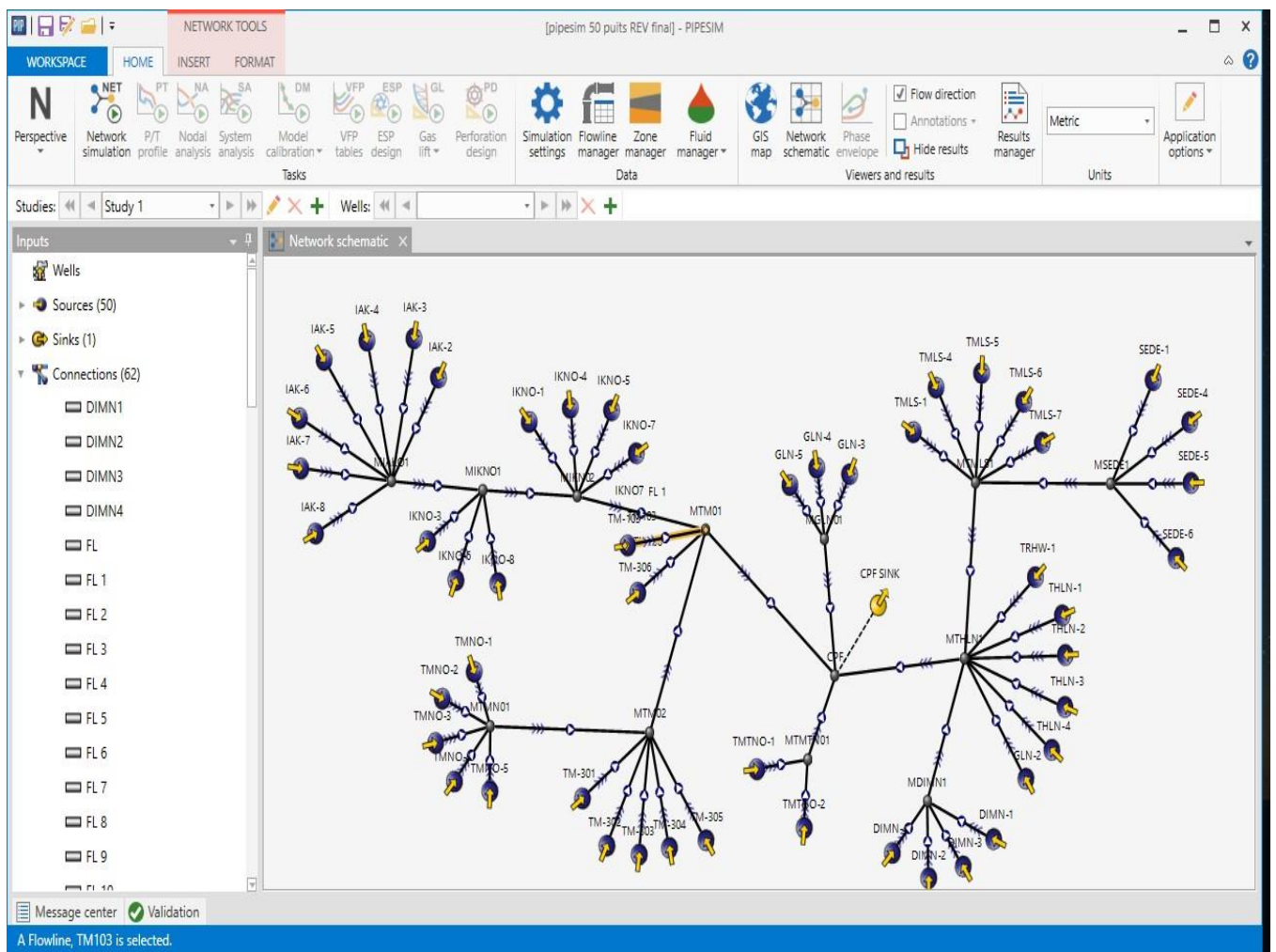


Figure III, 1 : Présentation de projet ohanet par logiciel (pipe Sim)

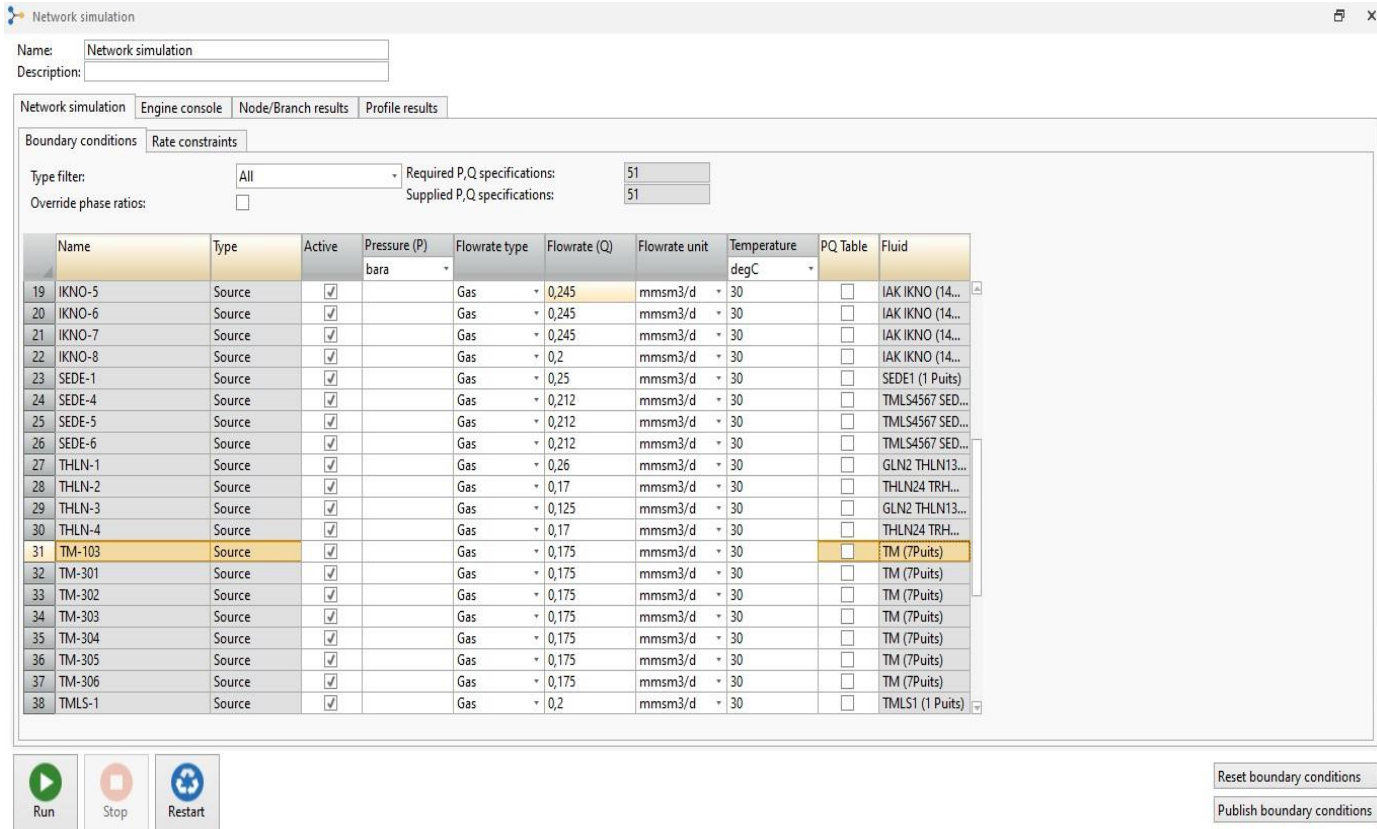


Figure III,2 : Les débits des sources (puits)

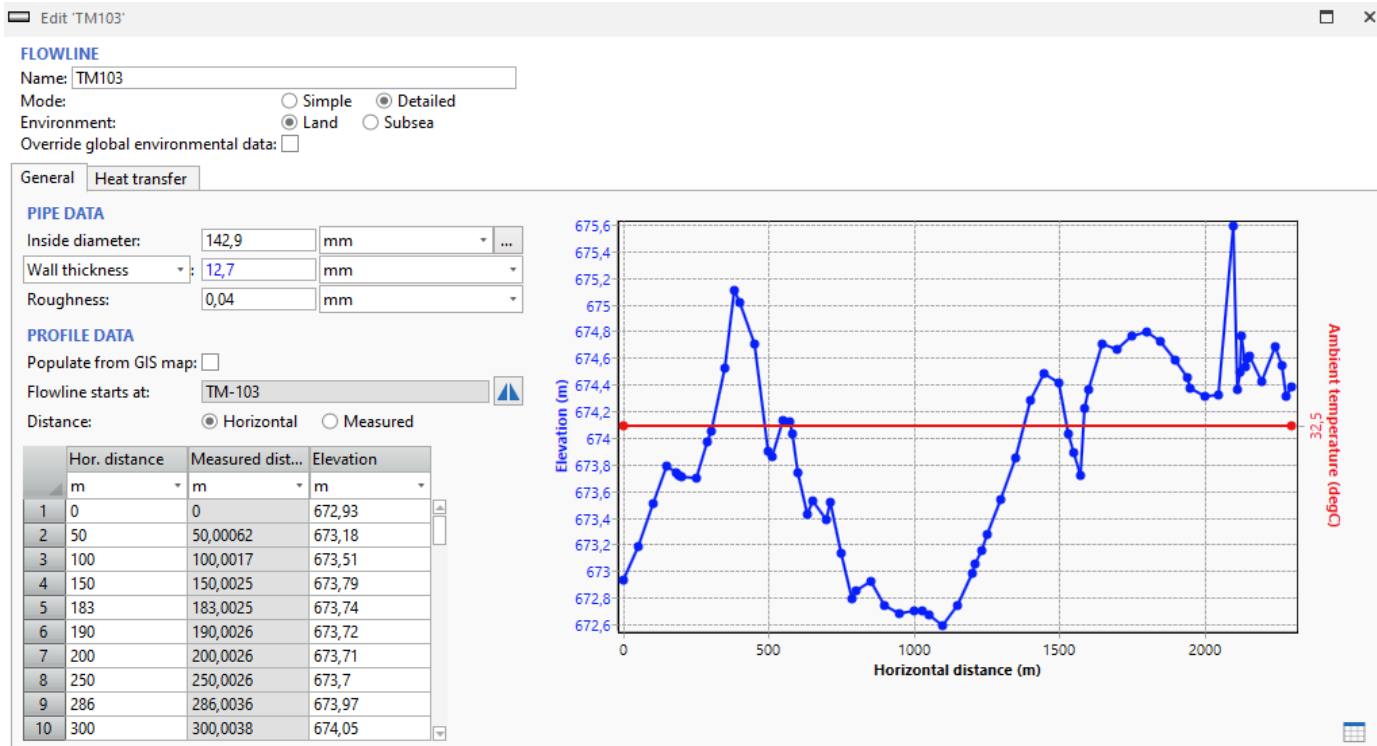


Figure III,3 : Profile long (puit TM103_manifold TM01)

Network simulation Engine console Node/Branch results Profile results				
Display mode: <input checked="" type="radio"/> Node <input type="radio"/> Branch				
Type filter: All				
Select columns... Expand all				
	Name	Pressure (out) bara	ST Gas mass... kg/s	ST Oil mass... kg/s
28	IAK-7	88,36496	2,140483	0,08581306
29	IAK-8	88,98723	2,140483	0,08581306
30	IKNO-1	81,21284	2,497226	0,100115
31	IKNO-3	86,99697	2,497226	0,100115
32	IKNO-4	81,24564	2,497226	0,100115
33	IKNO-5	80,94228	2,497226	0,100115
34	IKNO-6	87,31627	2,497226	0,100115
35	IKNO-7	84,66969	2,497226	0,100115
36	IKNO-8	86,79639	2,03854	0,08172612
37	SEDE-1	97,64142	2,729758	0,5270164
38	SEDE-4	96,92066	2,410544	0,1709988
39	SEDE-5	96,07758	2,410544	0,1709988
40	SEDE-6	96,98234	2,410544	0,1709988
41	THLN-1	86,89851	2,851455	0,2026403
42	THLN-2	86,68043	1,792665	0,1050931
43	THLN-3	86,73569	1,370883	0,09742262
44	THLN-4	86,55619	1,792665	0,1050931
45	TM-103	79,63102	1,707209	0
46	TM-301	81,82669	1,707209	0
47	TM-302	81,46497	1,707209	0
48	TM-303	81,56712	1,707209	0

Figure III, 4 : Pression de sortie du puit

Network simulation Engine console Node/Branch results Profile results				
Display mode: <input checked="" type="radio"/> Node <input type="radio"/> Branch				
Type filter: All				
Select columns... Expand all				
	Name	Pressure (out) bara	ST Gas mass... kg/s	ST Oil mass... kg/s
1	CPF	73,00171	98,57511	5,207934
2	MDIMN1	88,72157	5,744521	0,5194234
3	MGLN01	83,52504	2,986669	0,2131827
4	MIAKO1	88,28581	14,98338	0,6006914
5	MIKNO2	80,68948	32,00528	1,283108
6	MIKNO1	86,69202	22,01637	0,8826476
7	MSEDE1	95,82008	9,941375	1,06003
8	MTHLN1	86,36009	41,15959	3,429813
9	MTM01	79,43866	52,04793	1,912706
10	MTM02	81,41295	16,58588	0,671956
11	MTMLS1	94,25657	24,44777	2,211582
12	MTMN01	82,1832	8,009753	0,712038
13	MTMTN01	75,95369	2,033149	0
14	CPF SINK	73,00169	98,57511	5,207934
15	DIMN-1	88,70822	1,535416	0,1091152
16	DIMN-2	88,86939	1,337894	0,149548
17	DIMN-3	88,7875	1,535416	0,1091152
18	DIMN-4	88,78926	1,337894	0,149548
19	GLN-2	87,238	2,083763	0,1480838
20	GLN-3	83,2547	0,9955564	0,07106091
21	GLN-4	83,57102	0,9955564	0,07106091

Figure III,5 : Pression d'entre du manifold

III.3.2. Pertes de charges régulières (linéaires) par calculs :

$$\Delta p = \frac{\lambda}{D} \times \frac{\rho v^2}{2} \times L$$

- Δp : pertes de charges en Pa
- λ : coefficient de pertes de charges linéaires (sans dimension)
- ρ : masse volumique de fluide en kg/m³
- v : vitesse d'écoulement m/s
- D : diamètre hydraulique du tube en m
- L : longueur du tube en m

Avant d'entamer le calcul de pertes de charges on doit d'abord calculer le nombre de Reynolds à déterminer par la formule suivante :

III.3.2.1. Nombre de Reynolds :

$$Re = V \frac{D}{\nu}$$

V : la vitesse d'écoulement

D : le diamètre de la conduite

ν : la viscosité cinématique de gaz nature $\nu = 8 \times 10^{-5}$ m/s

$$Re = \frac{(13,60 \times 0,140)}{8 \times 10^{-5}}$$

$Re = 23230 > 3000$ donc le régime d'écoulement est **turbulent**

III.3.2.2. Coefficient de pertes de charges linéaires :

Pour le régime d'écoulement turbulent on trouve :

$$\lambda = 0,316 \times Re^{-0,25}$$

$$\lambda = 5,74 \times 10^{-3}$$

On cherche le coefficient de perte de charge λ en fonction de nombre de Reynolds et la rugosité relative ε et à l'aide de diagramme de Moody.

Avec : $\varepsilon = 2 \times K_e$

K_e : étant la rugosité équivalente en mm dépend de type de la conduite et son état (nouveau ou ancien).

Tableau III,2 : Les coefficients de pertes de charges selon l'état de la conduite

Type de conduite	Etat du tube	Rugosité équivalente Ke (mm)	Valeur moyenne (mm)
Sans soudure	Conduite nouvelle nettoyée	0,01 - 0,02	0,014
Avec soudure	Nouvelle et propre	0,01 - 0,03	0,02
	avec quelques traces de corrosion	0,1 - 0,2	0,15
	après quelques années d'exploitation	0,15 - 0,3	0,2
	corrosion moyenne	0,3 - 0,7	0,5
	vieille et corrodée	0,8 - 1,5	1
	fortement corrodée ou encrassée	2 - 4	3

Pour notre cas : avec soudure nouveau et propre alors :

La valeur moyenne $K_e = 0,02$ mm

Donc : $\varepsilon = 0,04$

Avec $\frac{s}{D}$ la rugosité relative : $\frac{s}{D} = \frac{0,04}{139,76} = 2,86 \times 10^{-4}$

On a donc les 2 valeurs nécessaires pour déterminer λ dans l'abaque de diagramme de Moody.

Rugosité relative = $2,86 \times 10^{-4}$

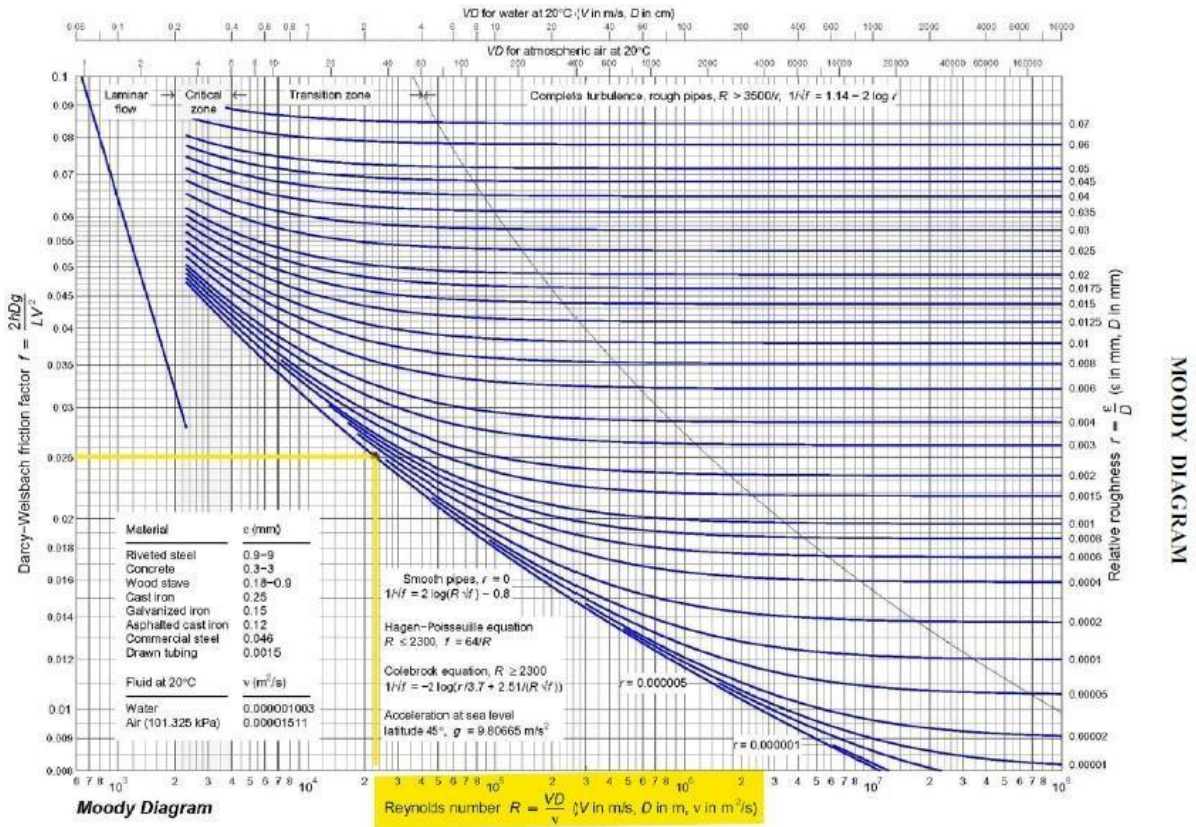


Figure III, 6 : Abaque pour le calcul de coefficient de pertes charge

λ Pour le GAZ nature = 5.74×10^{-3}

$$\Delta P = \frac{5.74 \times 10^{-3}}{0.139} \times \frac{78.7 \times 13.61^2 \times 2301}{2} = 18880.53 \text{ pa}$$

III.3.2.3. Calcul de pression à l'arrive de manifold :

	Départ puit	Arrivé MANIFOLD
Altitude (en m)	672.93	674.38
Eloignement (en m)	0.00	2301
Pression (bar)	P1= 79.63	P2 à calcule

D'après l'équation de continuité de Bernoulli

$$P_1 + \rho g h_1 + \rho \frac{v_1^2}{2} = P_2 + \rho g h_2 + \rho \frac{v_2^2}{2} + \Delta p$$

Avec $v_1 = v_2 = 13,61 \text{ m/s}$

Donc l'équation devient :

$$P_1 + \rho g h_1 = P_2 + \rho g h_2 + \Delta p$$

$$P_2 = P_1 + \rho g (h_1 - h_2) - \Delta p$$

Application numérique :

$$P_2 = 79,63 \cdot 10^5 + 78,7 \times 9,81 \cdot (672,93 - 674,38) - 18880,53$$

$$P_2 = \mathbf{79,43 \cdot 10^5 \text{ pa} = 79,43 \text{ bar}}$$

III.4. Les pertes charges singulières dans le MANIFOLD :

III.4.1. Représentation et modélisation du MANIFOLD sous pipe phase :

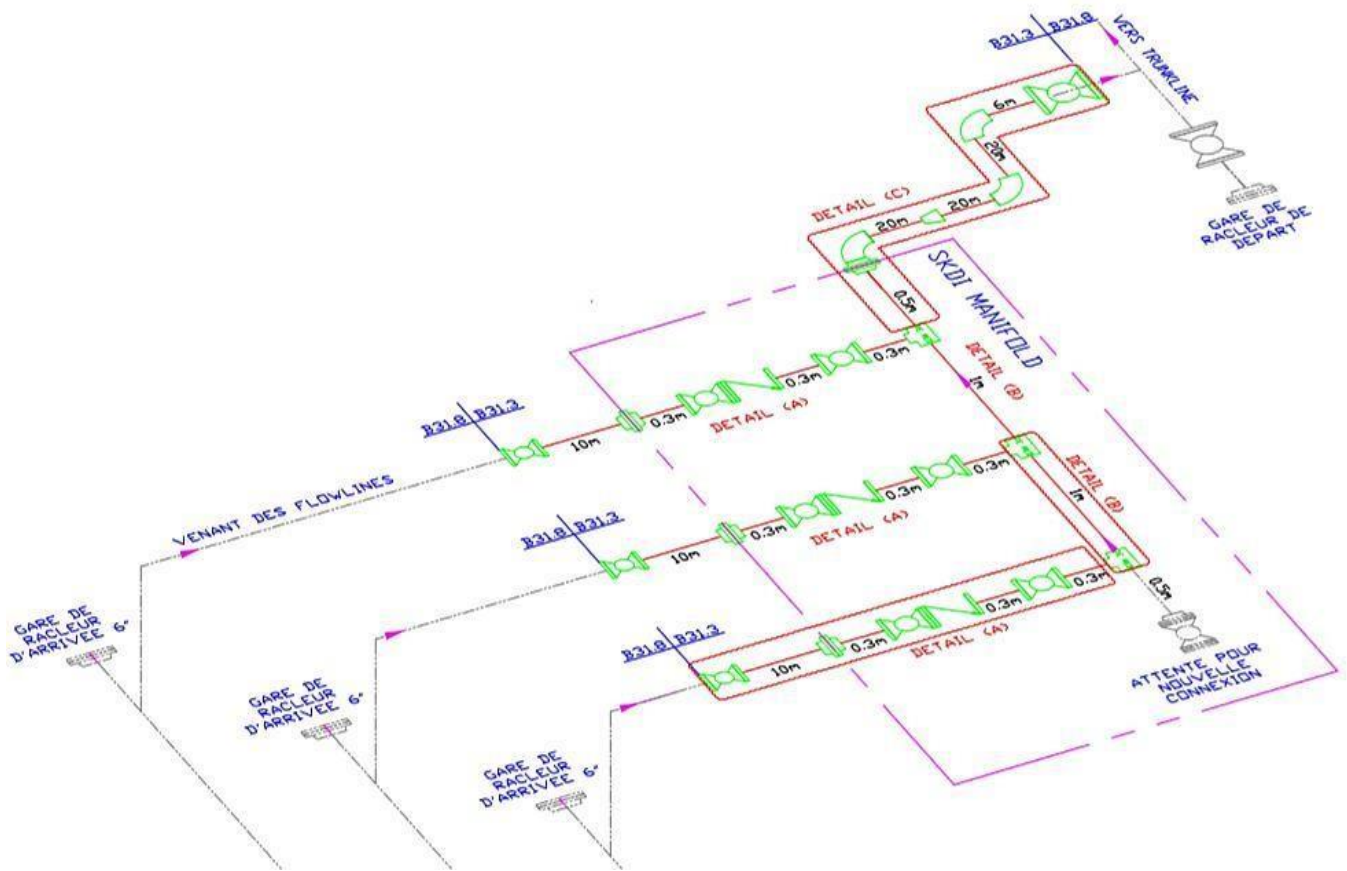


Figure III, 7 : Vue isométrique du manifold

III.4.2. Calcul les pertes de charges singulières :

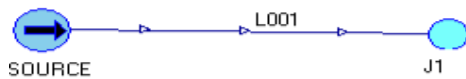
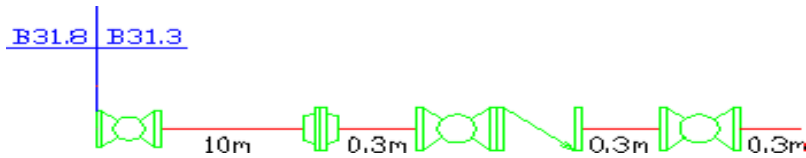
$$\Delta P_s = K \frac{\rho v^2}{2}$$

- ΔP_s : perte de charge dans le manifold en (pa).
- ρ : Masse volumique du fluide en kg/m^3 .
- V : vitesse d'écoulement en m/s.
- K : coefficient dépendant de la nature de la résistance locale (module de perte de charge).
- $K = 0.84$ pour Cheek valve.

$$\Delta P_s = 0,84 \times \frac{78,70 \times 13,5^2}{2} = 6 \times 10^3 \text{ pa} = \mathbf{0,06 \text{ bar}}$$

III.4.3. Calcul les pertes de charges singulières par logiciel (pipe phase) :

III.4.3.1. Modélisations des flowlines :

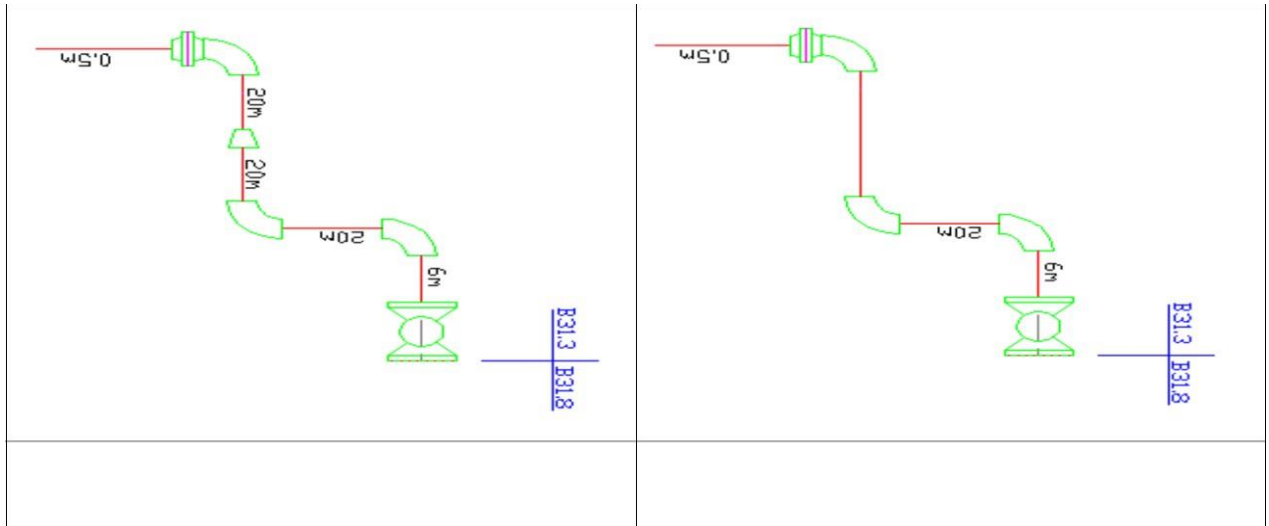


	Device Name	Data Entry Window	On?	Diameter (mm)	Length (m)
0	SOUR	Source			
1	V002	Valve	<input checked="" type="checkbox"/>	139,760	
2	P005	Pipe	<input checked="" type="checkbox"/>	139,760	10,300
3	V003	Valve	<input checked="" type="checkbox"/>	139,760	
4	C001	Check Vlv	<input checked="" type="checkbox"/>	139,760	
5	P007	Pipe	<input checked="" type="checkbox"/>	139,760	0,300
6	V004	Valve	<input checked="" type="checkbox"/>	139,760	
7	P008	Pipe	<input checked="" type="checkbox"/>	131,740	0,300
8	J1	Junction			

Figure III, 8 : Modélisation des flowlines sous pipe phase

Tableau III, 3 : Caractéristiques de tube et fitting pour flowline

Accessoires	Mat	Longueur(m)	Dn	OD (mm)	E _f (mm)		ID (n)	
					99bar g	120barg	99barg	120bar g
Source								
Vanne	cs	-	6"	168,3	14,27	18,28	139,76	131,74
Pipe	cs	10,3	6"	168,3	14,27	18,28	139,76	131,74
Vanne	cs	-	6"	168,3	14,27	18,28	139,76	131,74
Clapet	cs	-	6"	168,3	14,27	18,28	139,76	131,74
Pipe	cs	0,3	6"	168,3	14,27	18,28	139,76	131,74
Vanne	cs	-	6"	168,3	14,27	18,28	139,76	131,74
Pipe	ss	0,3	6"	168,3	7,11	7,11	154,08	154,08
Junction								



Configuration applicable pour les manifolds : MG-IKNO1_MG-TMO2_MG-TMNO1_MG-TMTNO1_MG-GLNO1_MG-DIMN1_MG-SEDE1 MG-IKNO2_MGTO1_MG-THLN1_MG-TMLS1

Figure III, 9 : Modélisation de collecteur sous pipe phase

	Device Name	Data Entry Window	On?	Diameter (mm)	Length (m)	Elevation Change (m)
0	J7	Junction				
1	P009	Pipe	<input checked="" type="checkbox"/>	307,940	0,500	
2	B004	Bend	<input checked="" type="checkbox"/>	307,940		
3	P013	Pipe	<input checked="" type="checkbox"/>	307,940	20,000	
4	E001	Expansion	<input checked="" type="checkbox"/>	442,920		
5	P014	Pipe	<input checked="" type="checkbox"/>	442,920	20,000	
6	B005	Bend	<input checked="" type="checkbox"/>	442,920		
7	P015	Pipe	<input checked="" type="checkbox"/>	442,920	20,000	
8	B006	Bend	<input checked="" type="checkbox"/>	442,920		
9	P016	Pipe	<input checked="" type="checkbox"/>	442,920	6,000	
10	V005	Valve	<input checked="" type="checkbox"/>	442,920		
11	SORT	Sink				

	Device Name	Data Entry Window	On?	Diameter (mm)	Length (m)
0	J7	Junction			
1	P009	Pipe	<input checked="" type="checkbox"/>	280,920	0,500
2	B004	Bend	<input checked="" type="checkbox"/>	280,920	
3	P013	Pipe	<input checked="" type="checkbox"/>	280,920	40,000
4	B005	Bend	<input checked="" type="checkbox"/>	280,920	
5	P015	Pipe	<input checked="" type="checkbox"/>	280,920	20,000
6	B006	Bend	<input checked="" type="checkbox"/>	280,920	
7	P016	Pipe	<input checked="" type="checkbox"/>	280,920	6,000
8	V005	Valve	<input checked="" type="checkbox"/>	280,920	
9	SORT	Sink			

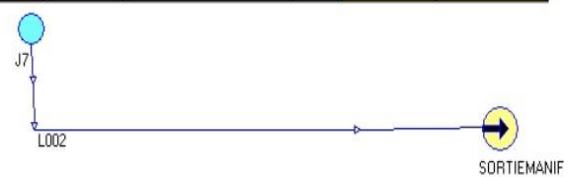


Figure III, 10 : Modélisation de collecteur sous pipe phase

III.4.3.2. Caractéristiques de tube et fitting :

Tableau III ,4 : Caractéristiques de tube

Trunkline	Accessoires	Longueur	DN	OD(mm)	Eps (mm)	ID(mm)	
	PIPE	0,5	12"	323,8	21,44	280,92	
	COUDE45	-	12"	323,8	21,44	280,92	
	PIPE	40	12"	323,8	21,44	280,92	
MG-IAKO1							
MG-IKNO1	COUDE45	-	12"	323,8	21,44	280,92	
MG-TMO2	PIPE	20	12"	323,8	21,44	280,92	
	COUDE45	-	12"	323,8	21,44	280,92	
MG-TMNO1							
	PIPE	6	12"	323,8	21,44	280,92	
	VANNE	-	12"	323,8	21,44	280,92	
	PIPE	0,5	6"	168,3	14,27	139,76	
	COUDE45	-	6"	168,3	14,27	139,76	
	PIPE	40	6"	168,3	14,27	139,76	
MG-							
	COUDE45	-	6"	168,3	14,27	139,76	
TMTNO1							
	PIPE	20	6"	168,3	14,27	139,76	
MG-GLNO1							
	COUDE45	-	6"	168,3	14,27	139,76	
	PIPE	6	6"	168,3	14,27	139,76	
	VANNE	-	6"	168,3	14,27	139,76	
	PIPE	0,5	10"	273	21,44	230,12	
	COUDE45	-	10"	273	21,44	230,12	
	PIPE	40	10"	273	21,44	230,12	
MG-DIMN1							
	COUDE45	-	10"	273	21,44	230,12	
MG-SEDE1							
	PIPE	20	10"	273	21,44	230,12	
	COUDE45	-	10"	273	21,44	230,12	
	PIPE	6	10"	273	21,44	230,12	
	VANNE	-	10"	273	21,44	230,12	
	PIPE	0,5	14"	355,6	27,79	300,02	
	COUDE 45	-	14"	355,6	27,79	300,02	
	PIPE	20	14"	355,6	27,79	300,02	

C
Détail

III.4.3.3. Conditions de process par manifold :*Tableau III, 5 : Des conditions*

Manifolds	Flowlines	Température D'entrée (C°)	Débit d'arrivé (Mmsm ³ /j)	Pression de sortie manifold (Barg)
MG-IAKO1	IAK-2	30	0.21	88,12
	IAK-3	30	0.21	
	IAK-4	30	0.21	
	IAK-5	30	0.21	
	IAK-6	30	0.21	
	IAK-7	30	0.21	
MG-IKNO1	IKNO-3	30	0.25	86,55
	IKNO-6	30	0.25	
	IKNO-8	30	0.20	
MG-IKNO2	IKNO-1	30	0.25	80,54
	IKNO-4	30	0.25	
	IKNO-5	30	0.25	
	IKNO-7	30	0.25	
MG-TMO1	TM-103	30	0.18	79,31
	TM-306	30	0.18	
MG-TMO2	TM-301	30	0.18	81,27
	TM-302	30	0.18	
	TM-303	30	0.18	
	TM-304	30	0.18	
	TM-305	30	0.18	
MG-TMNO1	TMNO-1	30	0.16	82,04
	TMNO-2	30	0.16	
	TMNO-3	30	0.16	
	TMNO-4	30	0.16	
	TMNO-5	30	0.16	
MG-TMTNO1	TMTNO-1	30	0.10	75,89
	TMTNO-2	30	0.10	
MG-GLNO1	GLN-3	30	0,10	83,39
	GLN-4	30	0,10	
	GLN-5	30	0,10	
MG-DIMN1	DIMN-1	30	0,14	88,63
	DIMN-2	30	0,12	
	DIMN-3	30	0,14	
	DIMN-4	30	0,12	
MG-THLN1	THLN-1	30	0,26	86,19
	THLN-2	30	0,17	
	THLN-3	30	0,12	
	THLN-4	30	0,17	
	GLN-2	30	0,19	
	TRHW-1	30	0,10	
MG-TMLS1	TMLS-1	30	0,20	94,07
	TMLS-4	30	0,27	
	TMLS-5	30	0,27	

III.4.3.4. Résultats :

Tableau III, 6: Des résultats

Manifolds	flowlines	Température d'entrée	Débit d'arrivé (m ³ /s)	Pression de sortie manifold	Pression d'entrée	dp
		(C°)	/j)	(Barg)	(Bar)	(Bar)
MG-IAKO1	IAK-2	30	0.21	88,12	88,24	0,12
	IAK-3	30	0.21		88,24	0,12
	IAK-4	30	0.21		88,24	0,12
	IAK-5	30	0.21		88,24	0,12
	IAK-6	30	0.21		88,24	0,12
	IAK-7	30	0.21		88,24	0,12
MG-IKNO1	IKNO-3	30	0.25	86,55	86,66	0,11
	IKNO-6	30	0.25		86,66	0,11
	IKNO-8	30	0.20		86,66	0,11
	IKNO-1	30	0.25		80,66	0,12
MG-IKNO2	IKNO-4	30	0.25	80,54	81,15	0,12
MG-TMO1	IKNO-5	30	0.25		81,15	0,12
	IKNO-7	30	0.25		81,15	0,12
	TM-103	30	0.18	79,49	0,06	
MG-TMO2	TM-306	30	0.18	79,43	79,49	0,06
	TM-301	30	0.18		81,34	0,07
	TM-302	30	0.18		81,34	0,07
	TM-303	30	0.18		81,34	0,07
	TM-304	30	0.18		81,34	0,07
	TM-305	30	0.18		81,34	0,07
MG-TMNO1	TMNO-1	30	0.16	82,04	82,12	0,08
	TMNO-2	30	0.16		82,12	0,08
	TMNO-3	30	0.16		82,12	0,08
MG-TMTNO1	TMNO-4	30	0.16	75,89	82,12	0,08
	TMNO-5	30	0.16		82,11	0,07
	TMTNO-1	30	0.10		75,93	0,04
	TMTNO-2	30	0.10		75,93	0,04
	GLN-3	30	0,10		83,47	0,08
MG-GLNO1	GLN-4	30	0,10	83,39	83,47	0,08
	GLN-5	30	0,10		83,47	0,08
	DIMN-1	30	0,14		88,7	0,07
MG-DIMN1	DIMN-2	30	0,12	88,63	88,69	0,06
	DIMN-3	30	0,14		88,7	0,07
	DIMN-4	30	0,12		88,69	0,06
	THLN-1	30	0,26		86,33	0,14
	THLN-2	30	0,17		86,28	0,09
	THLN-3	30	0,12		86,26	0,07
	THLN-4	30	390,17	86,19	86,28	0,09
	GLN-2	30	0.19		86,29	0,1
	TRHW-1	30	0.10		86,24	0,05

III.4. Conclusion

Le calcul des pertes de charges dans les tuyauteries et les conduits du transport des fluides quel que soit le type, l'état et la quantité de ces derniers ; est indispensable pour déterminer les pressions qui optimisent la performance, c'est-à-dire garantir le flux désiré, s'épargner du gaspillage et ainsi une bonne durabilité des conduits.

Chapitre *IV*

IV.1. Procédure de soudage :

IV.1.1 Introduction :

Le soudage consiste à joindre des pièces de même nature en fusionnant leurs bords avec ou sans métal d'apport. Le métal de base et le métal d'apport se mélangent par dilution pour former le cordon de soudure. Soit homogène de même caractéristiques que le métal de base, ou hétérogène dans le cas des métaux différents. C'est une technique d'assemblage permanente.

IV.1.2. Domaine d'utilisation de la soudure :

Le soudage est impliqué quasiment dans tous les domaines industriels en générale en raison de son efficacité et durabilité

IV.1.3. Les différents procédés de soudage

Il y a de nombreux procédé de soudage, les plus courants sont :

- ☐ Soudage à l'arc avec fil fourré FCAW
- ☐ Soudage Automatique ou semi-auto GMAW ou MIG MAG selon le gaz utilisé
- ☐ Soudage à l'arc en atmosphère inerte avec électrode en tungstène GTAW ou aussi appelé TIG
- ☐ Soudage à l'arc avec l'électrode enrobée SMAW
- ☐ Soudage à l'arc submergé SAW
- ☐ Soudage plasma PAW

IV.1.4. Le choix de procédé de soudage :

Cette étape appelée aussi WPS (Welding Procédure Spécification)

Il est important de choisir un procédé donnant les meilleurs résultats et évitant des défauts aussi fréquents que les soudures traversées (en particulier pour le soudage de profilés fins). On décrit ci-dessous les divers procédés recommandés pour le soudage des aciers.

Le choix d'un procédé, en vue de l'exécution d'un joint soudé, nécessite la connaissance des

Principaux procédés et de leurs applications générales. Celui-ci doit répondre aux exigences

D'ordre mécanique, métallurgique, économique, etc.

Analyser les différents types de procédé les plus courants afin de déterminer le plus adéquat.

Tableau IV,1 : Représentation des spécifications des différents types de soudage

Procédé	Application	Protection	Equipement	Utilisation	Mode
GMAW	Fabrication Charpente métallique	Un Gaz De Protection Chimiquement actif MAG MIG Protège le bain de fusion	Bouteille de gaz bobine fil plein, dévidoir Poste a soudé	Le plus utilisé dans l'industrie, rapide et efficace	A/S-A/RO CD
FCAW	Convoyeurs, réservoirs sous pression	Un gaz de protection en fonction du fil utilisé bioxyde de carbone ou avec l'argon	Bouteille de gaz bobine dévidoir de fil fourré poste a souder	Utilisé souvent dans les usines pour l'assemblage mécanique	A/S-A/RO CD
SMAW	Tuyauterie et maintenance	Aucun gaz utilisé, la combustion du fondant produit le gaz de protection	Poste à souder et baguettes (électrodes)	Le plus utilisé sur le chantier	M CD/CA
SAW	Industrie Minière Charpente Réservoirs	Le Fondant En Fusion crée Une Atmosphère Protectrice	Alimentation Du Fondant, Électrode Générateur	Application Horizontale à Plat	A/S-a CD/CA
GTAW	Tuyauterie haute pression, tôlerie	Gaz de protection utilisé tel que l'hélium, ou argon	Poste à souder baguette, les gaz de Protection	Toutes Positions Et Presque Tout Type d'aciers	A/M CD/CA
PAW	Fabrication métallique	Gaz de protection formé d'1 mélange d'argon et hydrogène	Poste à souder baguette tungstène, les gaz de protection	Toutes positions	A/S-a/RO/M CD

A : Automatique, **M** : Manuel

S-A : Semi-automatique

RO : Robotisé

CD : Courant Direct (continue), **CA** : Courant Alternatif

IV .1.4.1. Le procédé le plus convenable :

L'objectif principal : choisir un procédé qui peut garantir un joint de soudure qui remplira parfaitement la tâche pour laquelle il serait réalisé ; et ça consiste en :

1. Une bonne étanchéité
2. Un joint aussi fort que le métal de base au plus.
3. Minimum de défauts
4. Bon aspect visuel
5. Bonne durabilité
6. Bonne résistance à la corrosion et la dilatation

Tout en respectant la condition suivante :

Nombre d'avantage > nombre d'inconvénient

- Le choix du procédé dépend aussi de la situation en question, de l'application prévue et de la disponibilité d'équipements.

IV .1.5. Les paramètres de soudage :

Situation : le désert (climat aride, chaud et sablé)

Lieu d'utilisation : chantier

L'application prévue : soudage d'une tuyauterie quasi aérienne avec des tronçons enterrés pour l'alimentation de Manifold depuis le CDHL.

Position : fixe

Diamètre : 6"

Epaisseur : 14.27 mm

Nuance : acier au carbone grade B 5L

Pression de service : 79.63bar

Pression max : 99 bar

Température climatique : de -05 à 55 C°

Produit transporté : GAZ NATURE

IV .1.6. Déterminer le procédé le plus avantageux pour ces données.*Tableau IV, 2 : Le procédé avantageux selon des conditions spécifiées.*

Option		Le procédé favori
Type d'application	soudage d'une tuyauterie	SMAW
Minimum d'équipements		SMAW
Disponibilité Des Équipements		SMAW
Le coup minimum		SMAW
La mobilité		SMAW
Utilisation sur chantier		SMAW
Facilité d'homologation Du soudeur		SMAW
La vitesse		GMAW
Facilité de procédé		SMAW
Les épaisseurs à souder	Grande épaisseur	SMAW
	Faible épaisseur < 2.5mm	GTAW
Diamètre à souder		
Pression	haute pression	GTAW GMAW
	Moyenne et basse pression	SMAW FCAW ET SAW

Donc d'après ce tableau le procédé à choisir est le **SMAW**

Ce procédé convient à toutes les nuances soudables, en épaisseur de 2.5 mm et plus. Il n'y a pas, en principe, de limite supérieure d'épaisseur et pratiquement tout les diamètres, opérable en courant continu (direct) ou alternatif.

IV .1.7. Principaux Inconvénients du SMAW :

1. Il ne se prête pas à l'automatisation.
2. Il n'est pas utilisé pour souder les métaux et alliages qui possèdent une faible température de fusion, tels que l'étain, le plomb et le zinc.
3. Le soudage de métaux et des alliages non ferreux à l'aide de ce procédé donne des résultats inférieurs à ceux obtenus avec d'autres procédés.
4. Ce procédé est déconseillé pour souder des tôles dont l'épaisseur est inférieure à 5 mm à cause des risques d'effondrement du bain de fusion.
5. Les risques de procédé SMAW
 - 5.1 Taux de production de fumée

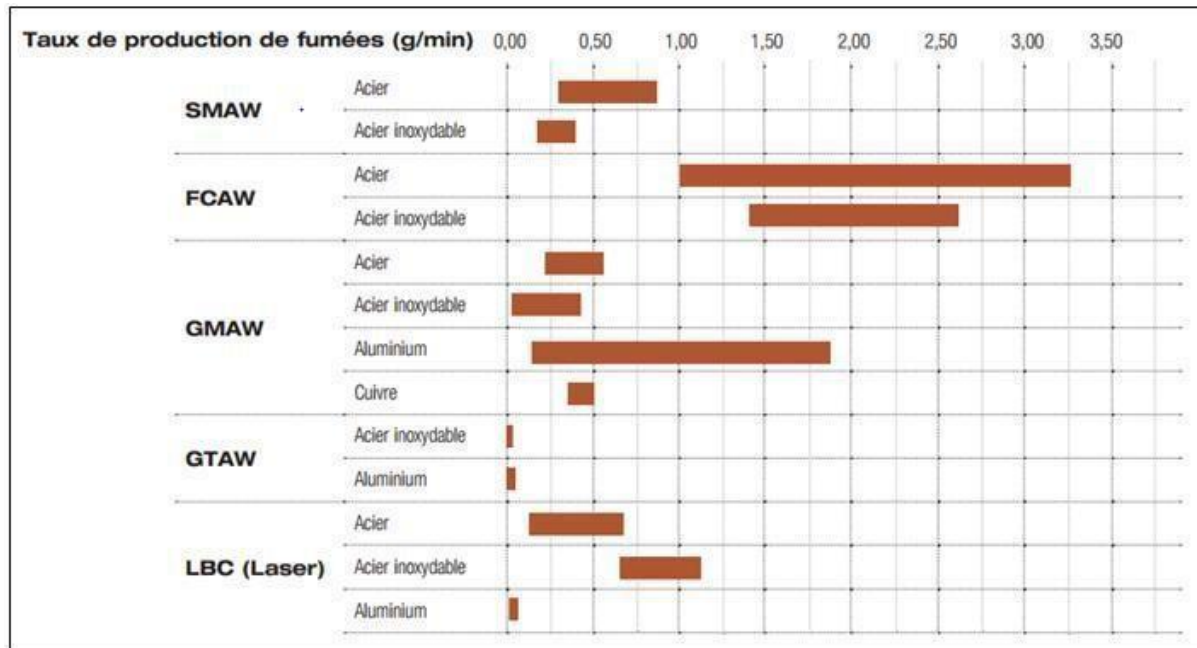


Figure IV, 1 : Taux de production de fumée selon le procédé et le matériau

Plusieurs facteurs influencent sur le taux de production des fumées de soudage d'un même procédé c'est pourquoi le graphique illustre des plages de taux.

Ces facteurs sont :

- Intensité du courant
- La composition du métal de base
- La composition du métal d'apport
- Les gaz de protection
- La position de soudage (horizontale, verticale ou plafond) ...
- La présence de matières couvrant le métal à souder

Le FCAW est celui qui génère le plus mais par rapport au métal d'apport c'est le SMAW qui en produit plus, son taux bas est dû au fait que il est un procédé lent.

L'exposition aux fumées et aux gaz peut provoquer des effets nocifs sur différents organes. La gravité de ceux-ci dépend principalement de la nature de la concentration, de la grosseur de la toxicité des particules, et sa touche principalement le système respiratoire, depuis la trachée jusqu'au vaisseau sanguin des poumons.

Tableau IV, 3 : Quelques risques liés aux différents rayonnements émis lors du soudage

	Lumière visible	Ultraviolet	Infrarouge
Effets sur la peau	Très rare	« Erythème » l'effet le plus commun, comme le coup de soleil, d'une simple rougeur à une brûlure plus sévère « Cancer » accélère le vieillissement de la	Ils sont rares
		peau et accroît le risque de contracter le cancer de la peau	
Effets sur les yeux	Pour une lumière visible très vive, l'Iris qui règle la quantité de lumière qui pénètre à la rétine ne pourra pas répondre, et ça engendre l'éblouissement (dans le cas extrême il peut blesser la rétine) des taches lumineuses qui gênent la vision	« Kérato-conjonctivite », le coup d'arc, l'exposition de quelque seconde suffira. La victime éprouve la sensation d'avoir du sable dans les yeux, guérison spontanée après 24 à 48 h « Cataracte » les ondes traversent la cornée sont absorbées ; risque de créer une opacification	Les Rayonnements Infrarouges peuvent dénaturer le cristallin et le rendre plus opaque, c'est la cataracte. Une distance de 7 pieds de la source est suffisante pour se protéger de ce risque

IV.1.8. Récapitulation :

D'après le tableau 1 qui désigne le domaine d'application, le type de protection, l'utilisation, le mode et les équipements nécessaires pour chaque procédé ; les données soudage (faible pression de services 79 à 99bars), le tableau 2 qui désigne les avantages du procédé SMAW par rapport au soudage prévu, et la vérification de la condition **Nombre d'avantage > nombre d'inconvénient** on déduit que :

Le procédé SMAW malgré que ce soit un procédé manuel (faible vitesse), en raison de son coup faible, ses équipements légers et mobiles, la facilité d'homologation de soudeur ses résultats fiables, et étant le procédé majoritairement utilisé pour le soudage des tuyauteries, il est qualifié le procédé le plus convenable à utiliser pour le soudage.

IV.1.9. Soudage à l'arc avec électrode enrobée (SAEE) appelé aussi (Procédé 111) :

Le soudage à l'arc avec électrode enrobée (SAEE) ou en anglais Shield Métal Arc Welding (SMAW) est réalisé à partir d'un arc électrique créé et entretenu entre l'âme métallique de l'électrode et la pièce à souder. il faut une température très élevée,(5500 à 6650°C) qui est obtenue par court-circuit entre deux électrodes (la pièce à souder et l'électrode) en créant un arc électrique qui est une sorte d'étincelle continue de très forte puissance qui dégage à la fois une lumière et une chaleur intense.

Pour les métaux plus lourds, les procédés de soudage économiques sont souvent plus utilisés. Bien que ces procédés jouissent d'une popularité croissante, le soudage manuel continue à Représenter la majeure partie de toutes les opérations de soudage.

L'énergie calorifique de l'arc fait fondre localement la pièce à assembler et l'âme métallique de l'électrode pour constituer le bain de fusion et après refroidissement le cordon de soudure recouvert d'un laitier protecteur. Un générateur électrique fournit le courant continu ou alternatif avec une intensité variante de 45 à 400ampères.

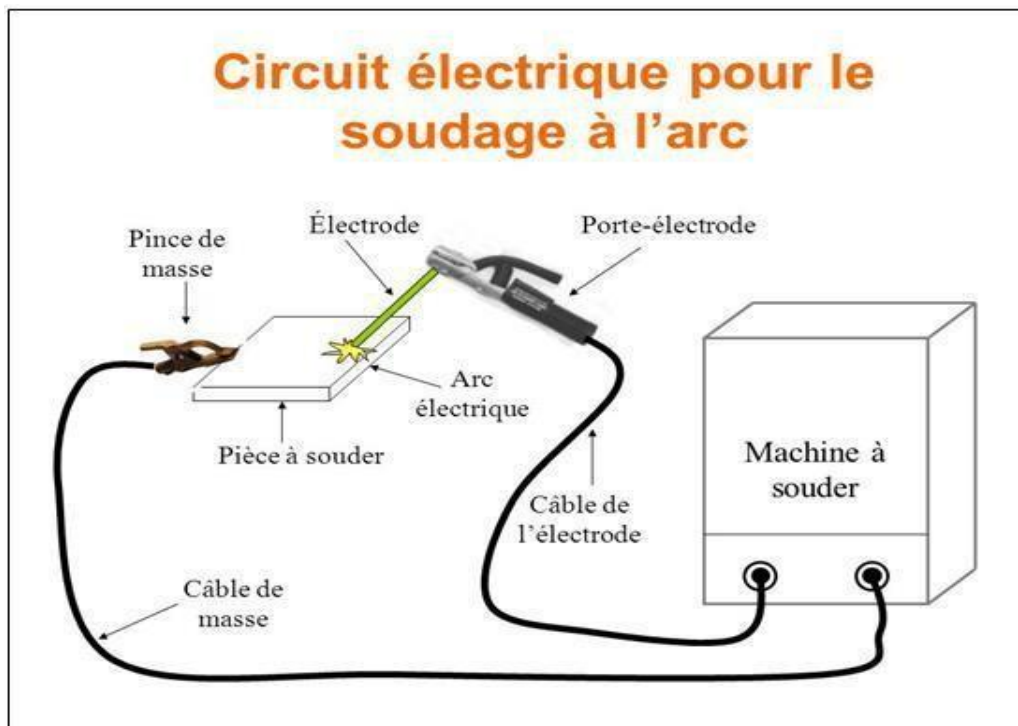


Figure IV ,2 : Installation du circuit de soudage SMAW

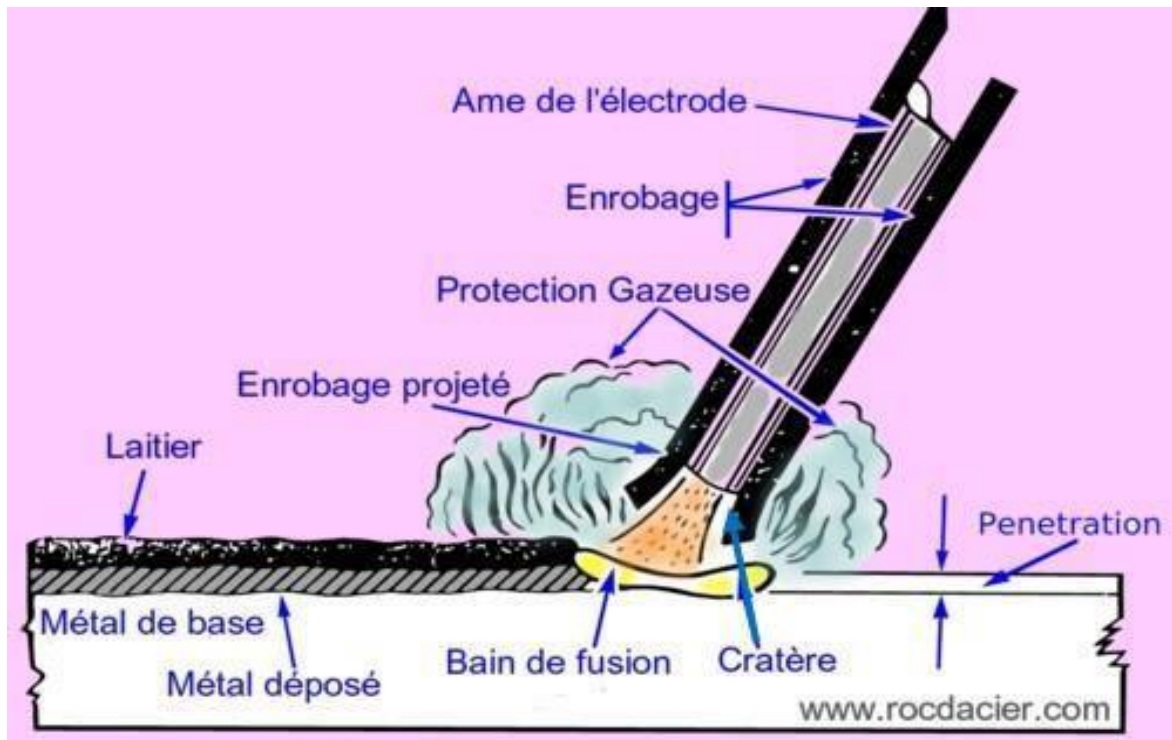


Figure IV, 3 : Principe de l'opération de soudage SMAW

IV.1.9.1. Métal de base :

Le métal de base classé en trois groupes selon API 5L :

La nuance des tubes :

Tableau IV, 4 : De classification selon la limite élastique

Groupes	Limite élastique totale en Psi et Mpa
Groupe A	$R_{0.5} \leq 42000 \text{ psi (289.75) Mpa}$
Groupe B	$42000 \text{ Psi (289.75)} \leq R_{0.5} \leq 65000 \text{ Psi (448.159) Mpa}$
Groupe C	$R_{0.5} > 65000 \text{ Psi (448.159) Mpa}$

Tableau IV, 5 : De classification selon les épaisseurs des tubes

Groupes	Épaisseur du tube (t) en mm
Groupe 1	$t < 0.188'' (4.8 \text{ mm})$
Groupe 2	$0.188'' (4.8\text{mm}) \leq t \leq 0.75'' (19.1\text{mm})$
Groupe 3	$t > 0.750'' (19.1\text{mm})$

Diamètre extérieur des tubes :

Tableau IV, 6 : Classification des diamètres.

Groupes	Diamètre extérieur du tube
Groupe 1	$\Phi_{\text{ext}} < 2.375''$ (60.3mm)
Groupe 2	$2.375''$ (60.3mm) $< \phi < 12.750''$ (323.9mm)
Groupe 3	$\Phi_{\text{ext}} > 12.750''$ (323.9mm)

IV.1.9.2. Métal d'apport :

IV.1.9.2.1 Définition :

Le métal d'apport (l'électrode enrobée), ou baguette de soudage, c'est le métal d'apport qui en fusion pendant le soudage crée la liaison entre les bords du métal de base, qui serait ensuite le cordon après la solidification, elle est constituée d'une âme métallique et d'un enrobage.

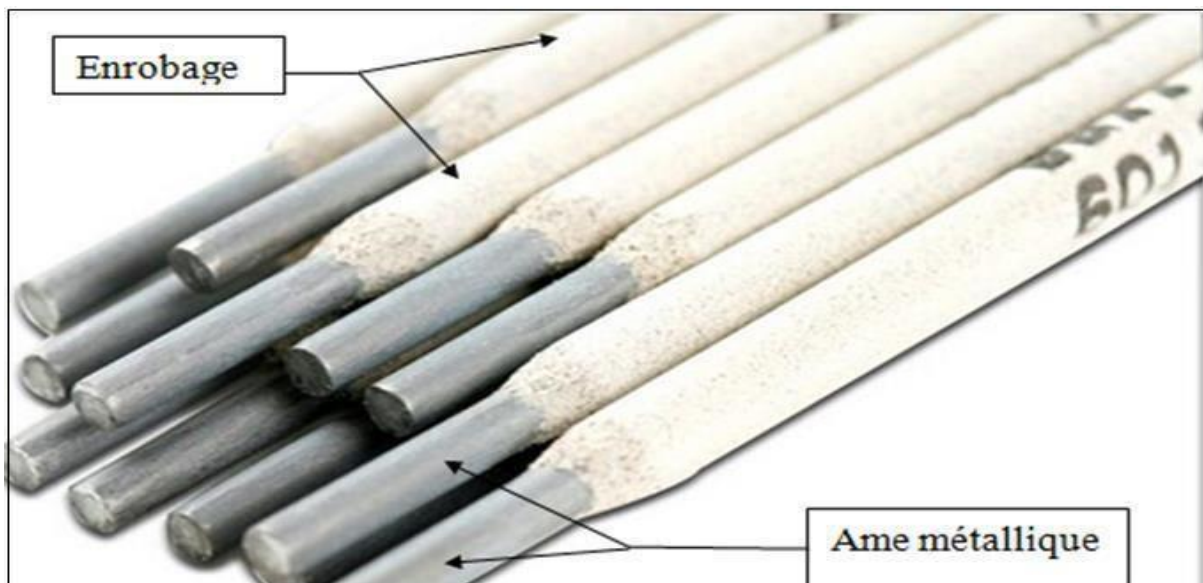


Figure IV, 4 : Image de l'électrode enrobée

IV.1.9.2.1. Composition de l'électrode :

I.9.2.1. a. Âme métallique :

C'est la partie métallique de l'électrode. C'est le métal d'apport déposé pour assembler les pièces. Elle compose le centre de l'électrode.

Diamètre de l'âme en mm									
1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	7	8

Composition : Aciers, alliages d'aluminium ou de cuivre, nickel, chrome.

Le rôle de l'âme :

conduit le courant ; dépose le métal ; crée l'arc électrique.

IV.1.9.2.1.b. Enrobage :

C'est un mélange complexe dont les composants sont choisis en fonction du métal à souder. Il forme le laitier qui remonte à la surface. Sa viscosité permet de varier les positions. Pour éviter l'absorption d'humidité, on peut chauffer les électrodes au four (étuvage) avant de les utiliser. Certains enrobages sont résistants à l'absorption d'humidité mais leur efficacité ne dure que quelques heures.

IV.1.9.2.1. b.1.Types d'enrobage :

Il peut être de différents types :

Tableau IV, 7 : Les types d'enrobage et leurs spécifications

types	Spécifications
Cellulosique	C ou RC (cellulosique) : courant continu, adapté aux positions délicates, pénétration profonde, donne des soudures étanches, l'arc décroche facilement.
Oxydant	O (oxydant) : arc stable, pénètre peu, bel aspect des soudures ; (non utilisé de nos jours car dégage trop de fumées, source de maladie professionnelles)
Basique	B ou RB (basique) : à utiliser en courant continu, son laitier adhère peu, donne des soudures étanches
Rutile	R ou RR (rutile, TiO ₂) : arc stable, pénètre moyennement, donne des soudures étanches
Acide	A ou RA (acide) : adapté aux aciers
S	Spécial.

IV.1.9.2.1. b.2.Rôles :

Tableau IV, 8 : Spécification du rôle de l'enrobage

Type	Rôle
Électrique	meilleure ionisation qui améliore la stabilité de l'arc
Métallurgique	atmosphère gazeuse, le cratère protège le bain de fusion ; le laitier protège de l'oxydation, de l'effet de trempe, évacue les gaz prisonniers, sert d'isolant thermique il doit être nettoyé du cordon; l'enrobage peut apporter des éléments d'additions modifiant les propriétés mécaniques (chrome, nickel, manganèse, etc.). Il ajoute le métal ; il sert de point

IV.1.9.3. Les électrodes selon les normes américaines : American Welding Society (AWS) :

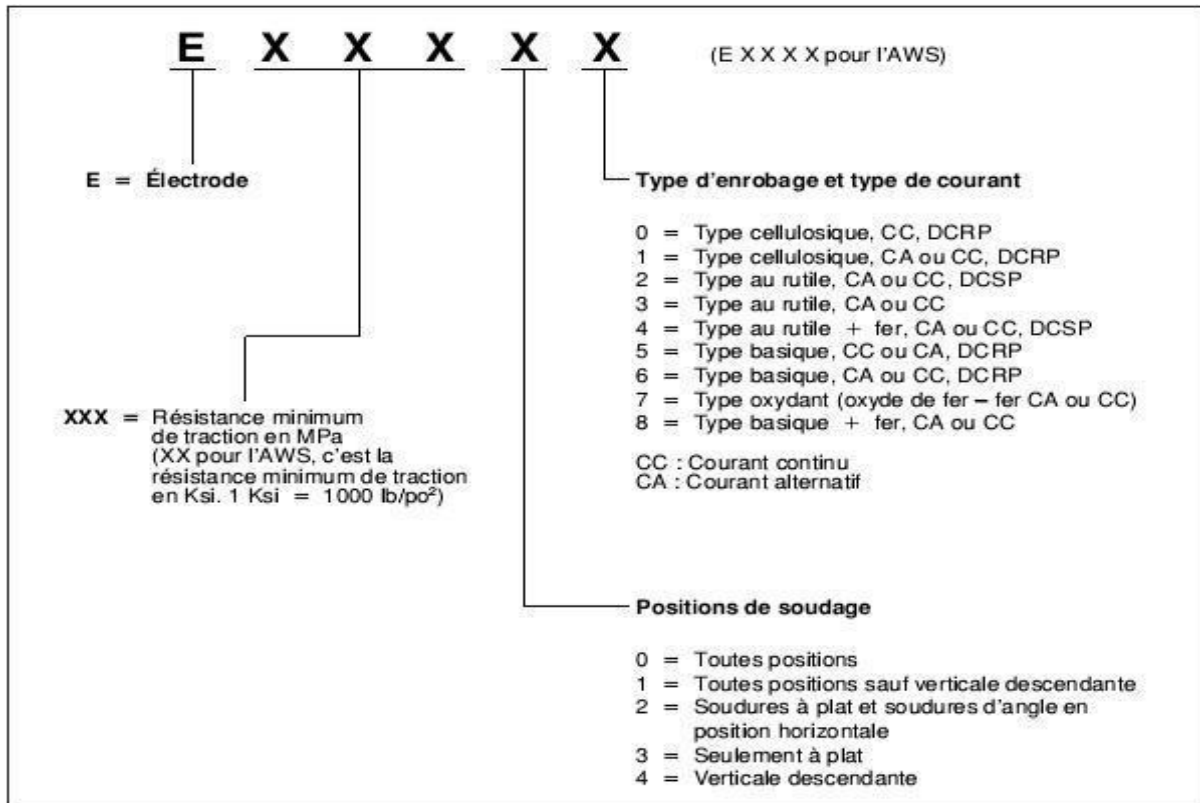


Figure IV, 5 : Caractéristiques des électrodes selon la symbolisation AWS

DCRP : direct curent électrode positive

DCSP : direct curent électrode négative

La pénétration selon le type de l'électrode

Tableau IV, 9 : Niveau de pénétration selon le type de l'électrode

Code	E—10	E-- 1	E---2	E---3	E---4	E---5	E---6	E---8
Arc	Pénétrant	pénétrant	Moyen	Faible	Faible	Moyen	moyen	Moyen
Pénétration	Profonde	Profonde	Moy	Faible	Faible	Moy	Moy	Moy
Poudre de fer	0à10%	0	0à10%	0 à 10%	25 à 40 %	0	0	25 à 40%

Quantité de poudre de fer par rapport au poids de l'enrobage ; dans certains cas, les deux derniers chiffres sont à prendre en compte.

IV.1.9.3.1. Electrode Non alliée :

Électrodes enrobées pour les aciers (norme américaine) Exemple : **E**

6010

E : la lettre (E) indique que c'est une électrode

60 : résistance à la traction x 1 000 PSI

1 : toutes positions

0 : type de courant CC (CD) : courant continu (direct). DCEP ou DCRP: continu électrode au plus.

IV.1.9.3.2. Electrode AWS A5.5 alliées :

Exemple : E80 1 8 -B2

Tableau IV, 10 : Spécification de l'électrode alliée AWS A5.5

E	Electrode
80	Résistance à la traction minimale x 1 000 PSI
1	Position (toute position)
8	type de courant, poudre de fer...
B2	Composition chimique

IV.1.9.3.3. Électrodes spéciales :

Carbures de tungstène, de chrome, de manganèse, de molybdène, de bore : dépose une couche de carbure pour améliorer la résistance à l'abrasion (électrode au + ou AC 45 V) ; carbures de niobium : résistance aux chocs et à l'abrasion (électrode au + ou AC 45) ; chanfreinage et grugeage (électrode au + ou AC 45-55 V) ; chauffage (électrode au - ou AC 60 V) ; perçage et découpage (électrode au - ou AC 45 V) ; rechargement.

IV.1.9.4. Le courant électrique :

On peut modifier les paramètres tels que l'intensité ou la tension. Le courant peut être alternatif ou continu.

Dans le cas du courant continu, la polarité joue un rôle important dans la qualité et l'aspect du cordon de soudure. Le choix de la polarité est dicté par le type d'électrode utilisée.

IV.1.9.4.1. Polarité directe (négative) :

Électrode au pôle négatif (-).

Pièce au pôle positif (+).

Note : température plus élevée du métal de base.

Bonne fusion

IV.1.9.4.2. Polarité indirecte (positive) :

Électrode au pôle positif (+).

Pièce au pôle négatif (-).

Note : température plus élevée du métal d'apport.

Utilisé généralement pour l'électrode basique.

IV.1.9.5. Facteurs à prendre en compte lors du choix d'une électrode :

Le diamètre de l'électrode à utiliser dépend de l'épaisseur de la pièce, de la position, du type de joint et du type de préparation de la pièce à souder. Les électrodes de gros diamètre ont besoin d'intensité et de températures plus élevées pendant le soudage.

-L'électrode doit avoir la même composition de base que le métal de base.

C'est ce qui donne à la soudure sa résistance optimale à la corrosion.

Les électrodes de soudage à l'arc manuel satisferont à la série de classification (E60) et (E70), convenant aux caractéristiques de courant électrique, à la position de soudage et aux autres conditions d'utilisation prévues dans le règlement de l'**AWS**.

La désignation du cordon de soudure selon American Welding Society (AWS)

Ce choix est basé principalement sur :

- Résistance à la traction
- Position de soudage
- Type de courant

Electrodes enrobées AWS E6010 de diamètre 2.5 (cellulosique) pour assure une bonne pénétration 1^{ere} passe avec polarité négative.

Composition chimique (%) de l'électrode E6010

C	Mn	Si	P	S
0.10	0.50	0.30	0.013	0.012



Figure IV, 6 : Image de l'électrode enrobée E6010

Résistance à traction 72,500 PSI 500 MPA

Limite élastique 60,900 PSI 420 MPA Allongement 27% polarité négative DC «-»

Tableau IV, 11 : spécifications de l'électrode E6010

Diamètre	2.5	3.2	4.0	4.8
Longueur	350	350	350	350
Ampérage	60-80	80-130	110-170	140-200

E7018 de diamètre 3.25mm-4mm ou 5mm (basiques). Pour les autres passes



Figure IV, 7 : Image de l'électrode E7018 basique

Composition chimique (%) de l'électrode E7018

C	Mn	Si	P	S
0.120	1.600	0.750	0.040	0.035

Spécification de l'électrode E7018

Tableau IV, 12 : Les courants par rapport aux diamètres et épaisseurs

Diamètre		2.4	3.2	4.0	4.8	5.6	6.4
Longueur		350	350	350	350	450	450
Ampérage	DC+	70-120	90-160	130-220	180-300	250-370	300-400
	AC	80-120	100-160	140-200	200-300	270-370	325-420

AWS spécification AWS A5.1

Courant AC –DCEP (électrode positif)

Limite élastique : 63800 psi (440 Mpa)

Résistance à la traction 81200 (560 Mpa)

Allongement % 30

Etuvage : les électrodes E7018 doivent être étuvées (chauffées) entre 300 et 350° Pendant une durée de 30 à 90 mn

IV.1.10. Calcul de la température de préchauffage :

Il est important de savoir qu'il existe un grand nombre de formules pour la détermination de la température de préchauffage en fonction de carbone équivalent de l'acier utilisé. Il est important de savoir que la vitesse de refroidissement entre 150 et 2000 , liée à une certaine vitesse critique est le facteur prédominant dans le facteur de fissuration.

Il également montré que l'électrode intervient, non par son diamètre mais par l'énergie thermique mise en jeu par unité de temps.

$$C_e = C_{ch} + C_d$$

C_e : carbone équivalent :

$$C_{ch} = c + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+V}{6} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}$$

C_{ch} : équivalent chimique de carbone

Mn, Cr, V, MO, Ni, Cu, P : le teneur des éléments d'additions compte dans l'acier du tube.

C_d : équivalent dimensionnel du carbone

$$C_d : 0.005 e C_{ch}$$

e : épaisseur de l'acier du tube à souder en (mm).

$$C_e = C_{ch} + 0.005 \times e \times C_{ch} = C_{ch} (1 + 0.005 e)$$

Si C' est inférieur à 0,45 le soudage sans préchauffage est possible. Si C' est supérieur ou égale à 0.45 le préchauffage est nécessaire

$$TP = 350 \sqrt{C_e} - 0.25$$

Où

T_p : est la température de préchauffage

0.25 correspond à la limite supérieure du carbone, pour la soudabilité des aciers ordinaire

IV.1.10.1. Détermination du carbone Equivalent :

$$C_e = C_{ch} + C_d$$

$$C_{ch} = 0,28 + \frac{1,25}{6} + \frac{0,030}{2}$$

$$C_{ch} = 0,28 + 0,208 + 0,015 = \mathbf{0,503}$$

$$C_e = C_{ch} (1 + 0,005 e)$$

$$C_e = 0,503(1 + 0,005 \times 14,27) = \mathbf{0,538}$$

IV.1.10.2. Détermination de la température de préchauffage :

$$T_P = 350\sqrt{C_e - 0,25}$$

$$T_P = 350\sqrt{0,538 - 0,25}$$

$$T_P = 350\sqrt{0,288} = 350 \times 0,536$$

$$T_P = 188^\circ\text{C}.$$

- Si C_e inférieur à 0.45 le soudage sans préchauffage est possible
- Si C_e supérieur ou égale à 0.45 le préchauffage est nécessaire

L'acier au carbone API 5L grade B a un carbone équivalent $C_e = \mathbf{0,538\%}$

Donc il ne nécessite pas un préchauffage.

Tableau IV, 13 : Classification des paramètres de tuyauterie

Matériaux	Compris dans le groupe API grade B 5L $C_{eq} = 0,538\%$
Diamètre	Compris dans le 2 ^{ème} groupe $60.3 \leq D \leq 323.8$
Epaisseur	Compris dans le 2 ^{ème} groupe $4.8 \leq T \leq 19.1$ mm

IV.1.11. Chanfrein des tubes pour le soudage bout à bout les bords droits de deux tuyaux :

But :

Le chanfrein des tubes se fait pour assurer la pénétration voulue de la soudure et de faciliter l'exécution des joints soudés.

IV.1.11.1. Choix de type de chanfrein :

Le retrait transversal d'un joint soudé est proportionnel à la quantité du métal déposé. Il y a donc lieu de réduire, autant que possible, la section des joints, cette réduction qui entraîne une économie importante, doit cependant être compatible avec une exécution correcte de la soudure.

- Choix de chanfrein en fonction de l'épaisseur du tube

Chanfrein au chantier :

Les extrémités de tubes doivent être chanfreinées sur le chantier à la machine-outil chanfreineuse ou par oxycoupage mécanique. Si la société le permet, un oxycoupage manuel peut également être utilisé. Les extrémités chanfreinées doivent être correctement lisses et uniformes, et les dimensions doivent être conformes à la spécification de mode opératoire.

API 1104 7.4.2

Pour le soudage des tubes l'épaisseur joue un rôle dans la détermination du choix du chanfrein à adopter.

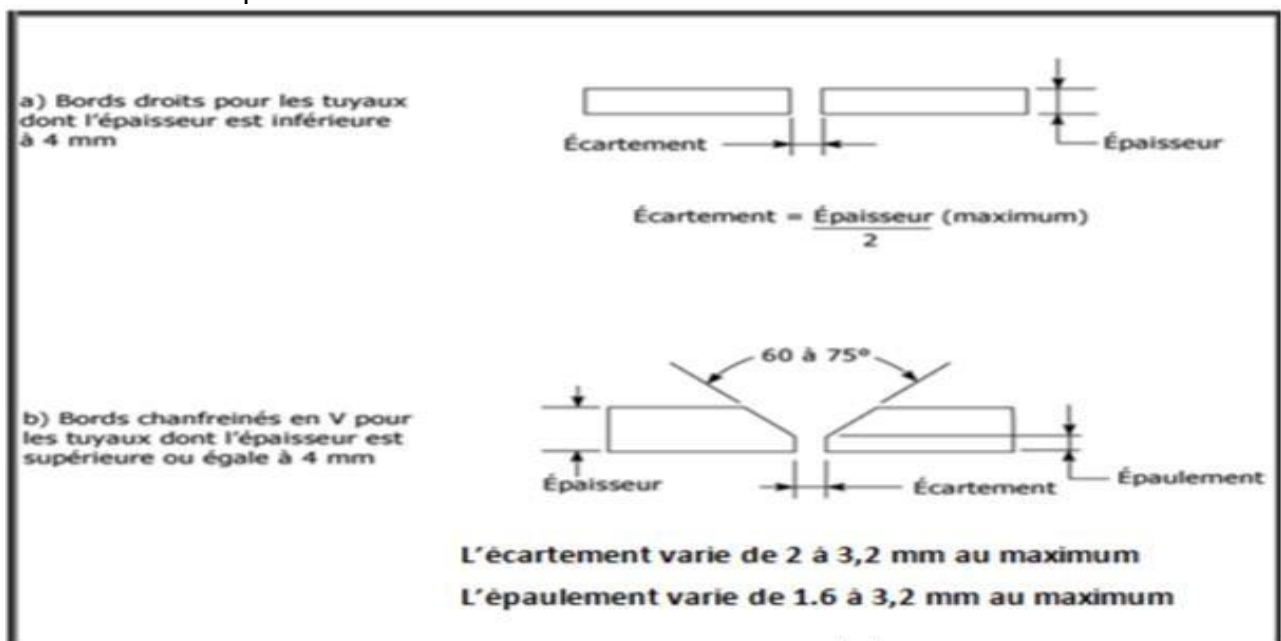


Figure IV, 8 : Représentation des cotations de chanfrein selon les épaisseurs

Avant d'effectuer le soudage bout à bout de deux tuyaux, il faut:

-Préparation des bords du joint selon l'épaisseur, le soudage des tuyaux peut se faire sur bords droits ou sur bords chanfreinés.

-Généralement, on exécute un chanfrein de 30 à 37,5° sur chaque bord pour former un angle total qui varie de 60 à 75°.

Le chanfreinage des tuyaux peut se faire:

Au chalumeau, à la meule, à l'aide des machines spéciales.

Attention : Les chanfreins exécutés à l'aide d'un chalumeau doivent être ébavurés à l'aide d'une lime ou d'une meuleuse portative.

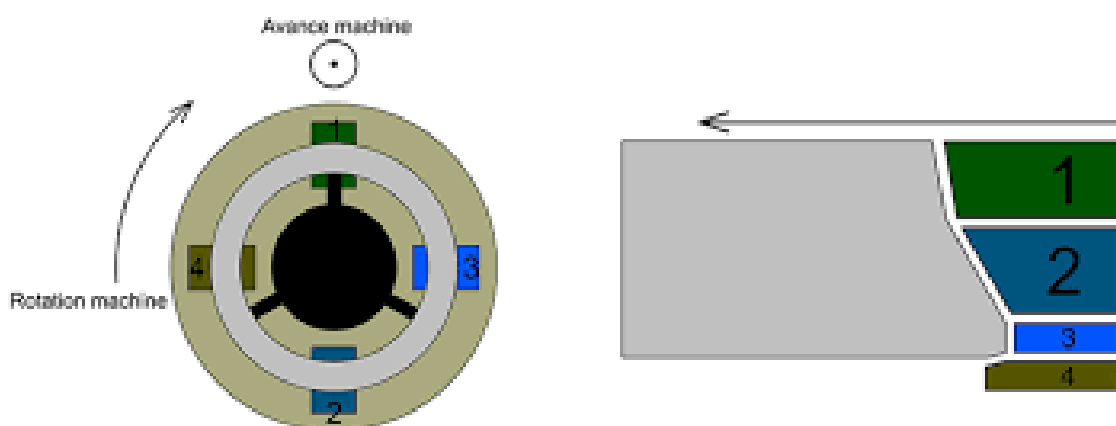


Figure IV, 9 : Image d'un chanfrein fait à la machine de chanfreinage

IV.1.11.2. Mode opératoire :**IV.1.11.2.1. Soudage en position fixe :**

Pour réaliser le soudage il faut d'abord amener les deux tubes à une fixation qui garantira une meilleure position de joint (les des seront immobiles). On procède de la manière suivante.

1. Le premier tube doit être posé sur un support qui le fixe temporairement d'une hauteur du sol à l'axe de 1 à 1,5 m.
2. Avec un moyen de manutention adéquat on dispose le 2^{ème} tube de façon ce qu'il soit bout à bout avec le 1^{er} tube on prenant rigoureusement soin à ce qu'ils soient bien alignés sur leur axe, et que le joint soit parfaitement cohérent.
3. L'opérateur de la manutention doit la maintenir en maximum de stabilité afin de placer un dispositif de fixation « le clamp ».
4. Le dispositif doit fixer les deux tubes bout à bout en assurant l'alignement des parois et l'écartement désigné par le chanfrein, dans ce cas 2mm.
5. le dispositif contient des espacements afin de pouvoir effectuer des soudures primaires.
6. La manutention doit être maintenu et stable, le dispositif peut être retiré qu'une fois on a effectué plus de 50% de soudage

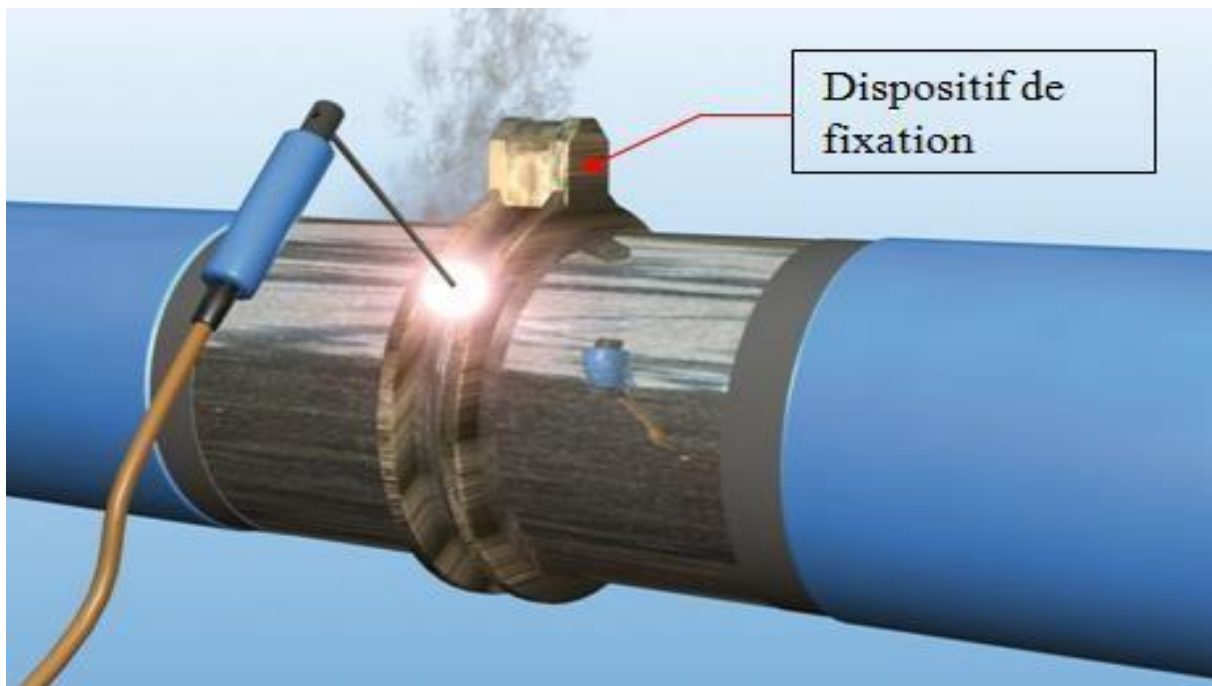


Figure IV, 10 : Représentation du dispositif « clamp » de fixation pour soudage



Figure IV, 11 : Soudage en chantier

IV.1.11.2.2. Direction de soudage :

- **Soudage montant (5G↑) :**

Moins rapide, plus sûre, elle est employée dans le cas des joints qui n'ont pas été contrôlée par les essais hydrostatiques.

- **Soudage mixte (5G↑↓) :**

(Première passe en montante, les autres passes descendantes), elle est employée pour les raccords, traversée des points spéciaux, vannes de sectionnement.

L'électrode doit avoir un angle de 10 à 15° avec la perpendiculaire à la paroi du tuyau à l'endroit où l'arc est pointé, tout en restant dans le plan perpendiculaire au joint.

Les polarités conseillées sont :

- Première passe : polarité négative à l'électrode
- Autres passes : polarité positive à l'électrode

IV.1.11.2.3. Élément à prendre en compte lors du soudage :

Avant le soudage :

1. Nettoyez le joint et le métal de base.
2. Utilisez uniquement des brosses inoxydables pour le nettoyage.
4. Utilisez toujours des électrodes sèches. Sécher au besoin les électrodes enrobées à 250-350 °C pendant 2h.

Pendant le soudage :

1. Après avoir fait la 1^{ère} passe on doit la nettoyer à l'aide d'une meule, cela diminuera son épaisseur, cependant ce n'est pas un problème car la 1^{ère} passe est faite pour assurer une bonne pénétration.
2. Évitez d'amorcer l'arc en dehors du joint. Les coups d'arc peuvent être des points d'initiation de corrosion localisée et de fissures.
3. Une protection gazeuse correcte de la racine est importante. Les gaz de soutien adéquats sont l'Arc de grande pureté ou des mélanges contenant du N₂ et du H₂.
4. Évitez les passes trop larges. Elles peuvent causer un apport calorifique excessif.

Après le soudage :

1. Un nettoyage en profondeur après le soudage est essentiel pour obtenir une bonne résistance à la corrosion. Le laitier et l'oxyde sur et autour de la soudure doivent être entièrement enlevés.
2. Le brossage doit se faire manuellement et uniquement avec des brosses inoxydables.
3. L'utilisation de brosses rotatives peut provoquer des crevasses microscopiques dans le métal de soudure.
4. Un traitement thermique après soudage n'est normalement pas nécessaire.
6. Pour le polissage, utilisez une meule neuve. De petites particules de fer provenant d'une meule peuvent pénétrer le métal et provoquer un début de corrosion.

IV.1.11.3. Calcul nombre de passe :

Le type de baguette : E60 10 ; $\varnothing = 5\text{mm}$.

La masse volumique de baguette : $\rho = \frac{m}{v} = 7.8 \text{ g/cm}^3$

Soudage bout à bout avec chanfreinage en forme Y.

Volume de baguette : $V_B = S_b \times L_b = 0.25^2 \times \pi \times 45 = 8.82 \text{ cm}^3$.

La masse de baguette $M_b = \rho \times v_b = 7.8 \times 1.718 = 68.80 \text{ g}$.

La section de cordonne : $S_c = 1.416 \text{ cm}^2$.

Le volume de cordonne : $V_c = S_c \times L_n = 1.416 \times 50.63 = 71.69 \text{ cm}^3$.

La masse de cordonne : $M_c = \rho \times V_c = 7.8 \times 71.69 = 559.2 \text{ g}$.

Nombre de baguette : $N_b = \frac{M_c}{M_b} = 559.2/68.8 = 8.12 \approx 9 \text{ baguettes}$.

➤ Energie de soudage $E_n = \frac{U \times I}{V} = 210 \times 25 \div 12.6 = 25 \text{ kJ/cm}$

➤ Nombre de passe :

1cm de baguette → 1.53g.

1cm de cordon → 11.04g.

Donc : 1cm de cordon → 9.22cm de baguette.

Et 1 baguette → 9.52cm de cordon.

Et on a :

1 baguette(45cm) → 9.52cm de cordon.

X nbr des baguettes pour 1 passe → 50.63cm.

$X = 50.63/9.52 = 5.31 \text{ baguette}$.

Donc nombres des passes est :

$N_p = N_b/X = 8.12 \div 5.31 = 1.52 \approx 2 \text{ passe}$.

Spécification du mode opératoire ; WPS de la tuyauterie HEH

Référence : Norme API 5L 5.2 pour soudage des tubes et raccords

Procédé : SMAW Shielded Métal Arc Welding ou Soudage à l'Arc avec Electrode Enrobée (SAEE)

Tableau IV, 14 : Document technique de la procédure de soudage 1^{ère} passe

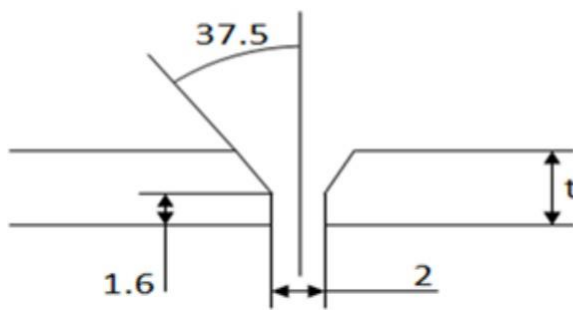
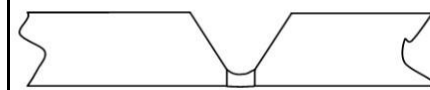
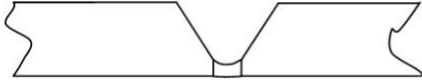
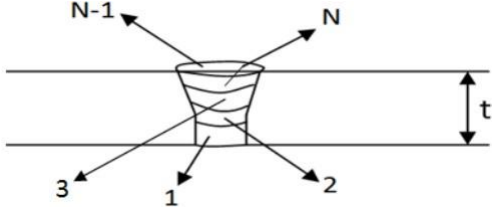
Type de matériaux					API grade B 5L $C_{eq}=0.394\%$			
Type d'assemblage					Bout à bout			
Position					Fixe			
Mode de chanfreinage					Entaille en V			
Code utilisé					API 1104			
Procédé de soudage					SMAW			
Polarité					DCSP (électrode négative)			
Nettoyage et/ou meulage (après première passe)					Meulage			
Préchauffage					Si $T_{\text{ambiante}} < 5^{\circ} \text{ c } T_{\text{préchauffage}} = 50\text{C}^{\circ}$			
Nbre de soudeur					01			
Type de retrait de clamps					Pointage du clamp extérieur retrait du clamp après au minimum 60% de la passe de pénétration			
Métal de base	N° de Passe	Intensité (A)	Tension (V)	Vitesse de Soudage (mm/min)	Métal d'apport			direction De soudage
					Electrode e	Ø Mm	Long (mm)	
API 5L Grade B	2	210	25	120-180	E 6010	5	450	5G↑
Schéma de préparation					Schéma de la passe			
								

Tableau IV, 15 : Document technique de la procédure de soudage représentation des passes

Procédé de soudage					SMAW			
Position					Fixe			
Code utilisé					API 1104			
Intervalle de temps entre les passes					05 mn au maximum			
Polarité					DCRP (électrode positive) (DC+)			
Nettoyage et/ou meulage (entre chaque passe)					Brosse métallique inoxydable			
Métal de base	N° de Passe	Intensité (A)	Tension (V)	Vitesse de Soudage (mm/min)	Métal d'apport			Direction De Soudage
					Electrode	Ø mm	Long (m m)	
API 5L grade B	2	70-120	33-34	120-180	E 7018	2.4	450	5G↓
	3	90-160	23-24	120-180	E 7018	3.2	450	5G↓
	4	130-220	25-28	120-180	E 7018	4.0	450	5G↓
	5	130-220	25-28	120-180	E 7018	4.0	450	5G↓
Schéma de préparation					Schéma des passes			
								

IV.1.12. Conclusion :

Après avoir opté pour le procédé, l'électrode et le chanfrein et les paramètres nécessaires.

Une première pratique doit être faite sur un joint de deux tronçons de diamètre (40") Schedule STD pour les tests de contrôle CND et CD, afin de qualifier et valider le WPS, et l'opérateur

IV.2 Contrôle :**IV.2 .1. Introduction :**

Pour la validation du WPS fait dans le chapitre précédent et la qualification du soudeur, il faut une inspection plus au moins sévère sur le joint soudure de deux tubes (l'échantillon) fait spécialement pour cela, cette dernière se traduit par **le contrôle de la soudure**.

IV.2 .2. Les différents types de contrôle :

Les types de contrôles CND et CD

Tableau IV, 16 : Les différents contrôles largement utilisés

Contrôle non destructif CND	Contrôle destructif CD
Émission acoustique AT	Essai de traction
Courants de Foucault ET	Essai pliage
Étanchéité LT	Essai de texture
Magnétoscopie MT	Essai de résilience
Ressuage PT	Essai dureté
Radiographie RT	Essai de flexion
Ultrasons UT	
Examen visuel VT	
Thermographie TT	

Les contrôles des joints soudés (soudures bout à bout) faits par l'entreprise au laboratoire, afin de qualifier le procédé et le soudeur sont :
Essai de traction, essai de pliage, essai de texture et le contrôle radiographique.

IV.2 .2.1. Le contrôle destructif (CD) ou (ED) :

Le contrôle destructif (ou mécanique), se fait généralement dans des laboratoires pour connaître la résistance mécanique, physique et métallurgique des joints. Après un essai destructif la pièce est atteinte de modifications physiques mécaniques (la pièce est détruite), cela révèle des défauts dont le type dépend de l'essai effectué.

IV.2 .2.1.1. Préparation :

Pour contrôler un joint soudé bout à bout, des éprouvettes doivent être découpées dans le joint aux endroits indiqués à la figure 1. Nombre minimum d'éprouvettes 9, Elles peuvent être découpées à la machine ou oxycoupées. Doivent être :

-D'une longueur de 6 pouces (168.275 mm) -D'une largeur d'1 pouce (25.4 mm) ou 25 mm de large.

Note : Les éprouvettes oxycoupées doivent avoir des dimensions un peu supérieures à celles-ci, et selon le besoin elles doivent être dressées de manière à ce que les côtés soient lisses et parallèles et de dimensions normalisées (cités ci-dessus)

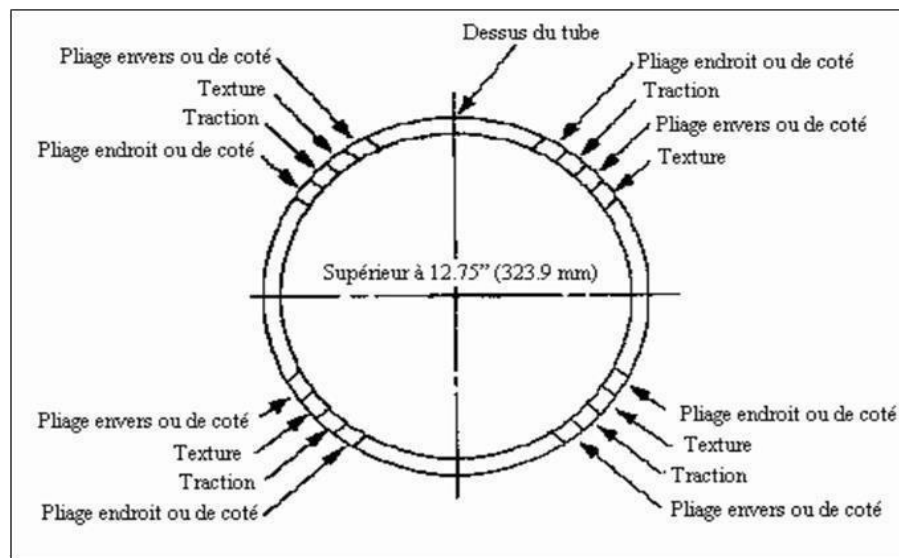


Figure IV, 12 : Lieux de prélèvement des éprouvettes

Tableau IV, 17 : Type et quantité d'éprouvettes pour l'essai de qualification du mode opératoire ASME

Dia mètre ext du tube		Quantité d'éprouvettes					
Pouces	Mm	R tr	E tex	P ev	P ed	P c	Tot al
Epaisseur de paroi ≤ 0.500 " (12.7 mm)							
<2.375	< 60.2	0 ^b	2	2	0	0	4 ^a
2.375-4.500	60-114.32	0 ^b	2	2	0	0	4
>4.500-12.750	114.3-323.9	2	2	2	0	0	6
>12.750	>323.9	4	4	2	2	0	12
Epaisseur de paroi > 0.500 " (12.7 mm)							
≤ 4.500	≤ 114.3	0	2	0	0	2	4
>4.500-2.750	>114.3 - 323.9	2	2	0	0	2	6
>12.750	> 323.9	4	4	0	0	4	12

R tr : résistance à la traction ; **E tex** : essai de texture **P ev** : pliage envers ; **P ed** : pliage endroit ; **P c** : pliage coté

a Pour les tubes de diamètre extérieur inférieur ou égal à 1,315 pouces (33,4mm), il y aura lieu de prélever des éprouvette sur deux soudures ou bien une éprouvette d'essai de traction correspondant à un tronçon entier.

B Pour les matériaux ayant des limites élastiques minimales spécifiées supérieures à 42,000 psi (290 MPa), au minimum un essai de traction sera requis.

Et les essais auxquels elles seront soumises sont indiqués au tableau 2. Et le prélèvement des éprouvettes doit être effectué comme le montre la figure III.4

On utilise le même tableau pour la qualification de soudeur mais avec 4 éprouvettes de l'essai de pliage droit et 4 pour pliage envers au lieu de 2 éprouvettes.

Pour les tubes de diamètre extérieur inférieur à 2,375 pouces (60,3 mm), deux soudures d'essai doivent être effectuées pour obtenir le nombre requis d'éprouvettes. Les éprouvettes doivent être refroidies à l'air à la température ambiante avant d'être contrôlées. **API 1104**

IV.2 .2.1.2 Essai de traction :

Il consiste à exercer, sur une éprouvette normalisée cylindrique $\varnothing \geq 4\text{mm}$ ou parallélépipédique $e \geq 3\text{mm}$ lisse et bien calibrée dans le matériau à tester deux actions mécaniques opposées qui vont la déformer progressivement, puis la rompre.

But :

Un essai de traction est une expérience de physique qui permet de déterminer le comportement élastique d'un matériau ; mesurer le degré de résistance à la rupture d'un matériau, son allongement, et ce dans un état de contrainte uni axiale.

L'essai de traction donne plusieurs valeurs importantes :

- Le module d'Young, E, ou module d'élasticité longitudinale, exprimé en méga pascals (MPa) ou en giga pascals (GPa)
- la limite d'élasticité (lorsqu'elle existe), R_e , σ_e , σ_y ou f_y (yield stress), qui sert à caractériser un domaine conventionnel de réversibilité
- la résistance à la traction R_m , σ_m ou f_u (limite ultime), qui définit la limite à la rupture ;
- l'allongement à la rupture A, qui mesure la capacité d'un matériau à s'allonger sous charge avant sa rupture, propriété intéressante dans certaines applications
- le coefficient de Poisson ν , qui correspond la proportion entre la déformation transversale (diminution de section) et l'allongement de la pièce dans le domaine élastique.

Principe :

Cet essai ou expérience consiste à placer une petite barre du matériau à étudier entre les mâchoires d'une machine de traction qui tire sur la barre jusqu'à sa rupture. On enregistre l'allongement et la force appliquée, que l'on convertit ensuite en déformation et contrainte.

Machine de traction :



Figure IV, 13 : Machine de traction

Sens de prélèvement des éprouvettes :

Tous les paramètres qui sont déduits de l'essai de traction traduisent les propriétés de l'acier dans la direction de l'essai. Ces valeurs dépendent donc de la direction de prélèvement de l'éprouvette par rapport à d'éventuelles directions d'anisotropie (par exemple en carrosserie, la direction de laminage de la tôle mince).

Pour les tôles laminées, la direction de prélèvement doit donc toujours être précisée

- sens long SL (repéré par l'indice 0°)
- sens travers ST (repéré par l'indice 90°)
- sens "oblique" (repéré par l'indice 45°)

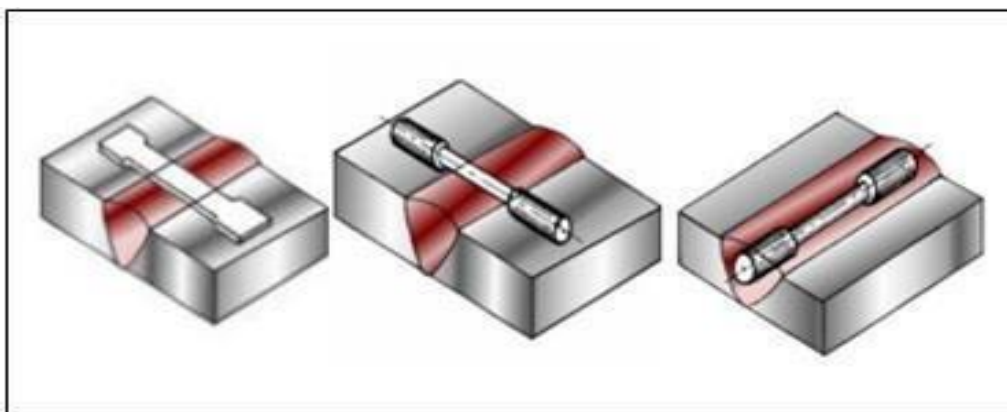


Figure IV, 14 : Sens de prélèvement de quelques éprouvettes

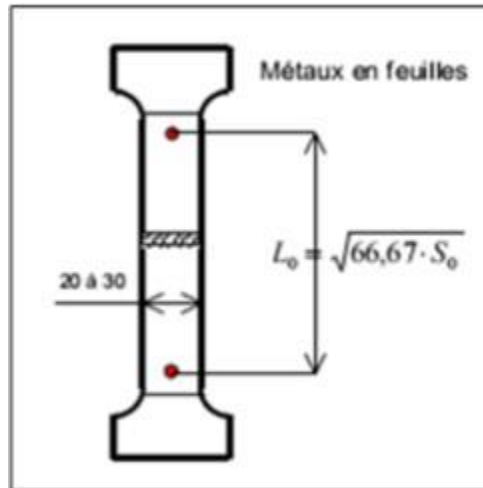


Figure IV, 15 : Epreuve de traction

S_0 : section initiale en mm^2 L_0 : longueur initiale entre repères

Exigences :

- R_m (la résistance à la traction) de la soudure doit être \geq la résistance à la traction minimale spécifiée du matériau tubulaire. Mais n'a pas besoin d'être supérieure ou égale à la résistance à la traction réelle du matériau.
- Si l'éprouvette casse en dehors de la soudure et de la zone de fusion (à savoir dans la matière originale du tube) et satisfait aux exigences de résistance à la traction minimale de la spécification, la soudure sera acceptée comme ayant satisfait aux exigences.
- Si l'éprouvette casse dans la soudure ou la zone de fusion et la résistance observée est supérieure ou égale à la résistance à la traction minimale spécifiée du matériau du tube et satisfait aux exigences, la soudure sera acceptée comme ayant satisfait aux exigences.

Si l'éprouvette casse en dessous de la résistance à la traction minimale spécifiée du matériau du tube, la soudure sera mise de côté et une nouvelle soudure d'essai sera réalisée.

API 1104 5.6.2.3

Principe de l'essai :

Cet essai destructif, pratiqué à température ambiante 20°C , consiste à imposer une déformation croissante à vitesse constante et à mesurer l'effort nécessaire pour imposer cette déformation.

La vitesse de l'essai est limitée et dépend du matériau :

Acier $V_{\text{MAX}} \leq 0,15 \cdot L_0$ (mm/mn) ou $\leq 30 \text{N/mm}^2/\text{sec}$

Aluminium $V_{\text{MAX}} \leq 0,009 \cdot L_0$ (mm/mn) ou $\leq 10 \text{N/mm}^2/\text{sec}$

Cuivre $V_{\text{MAX}} \leq 0,006 \cdot L_0$ (mm/mn) ou $\leq 10 \text{N/mm}^2/\text{sec}$

L'éprouvette de traction :

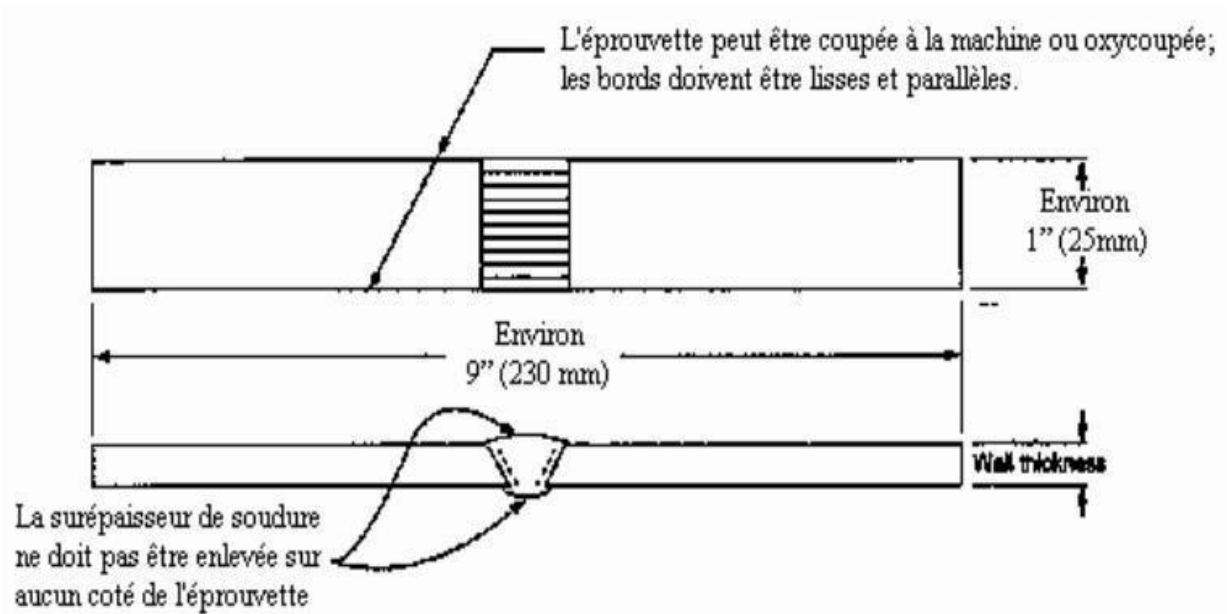


Figure IV, 16 : L'éprouvette de traction normalisée selon API 1104

Exploitations de l'essai et Interprétation qualitative :

Sur un diagramme effort-déformation, on observe les phases successives suivantes :

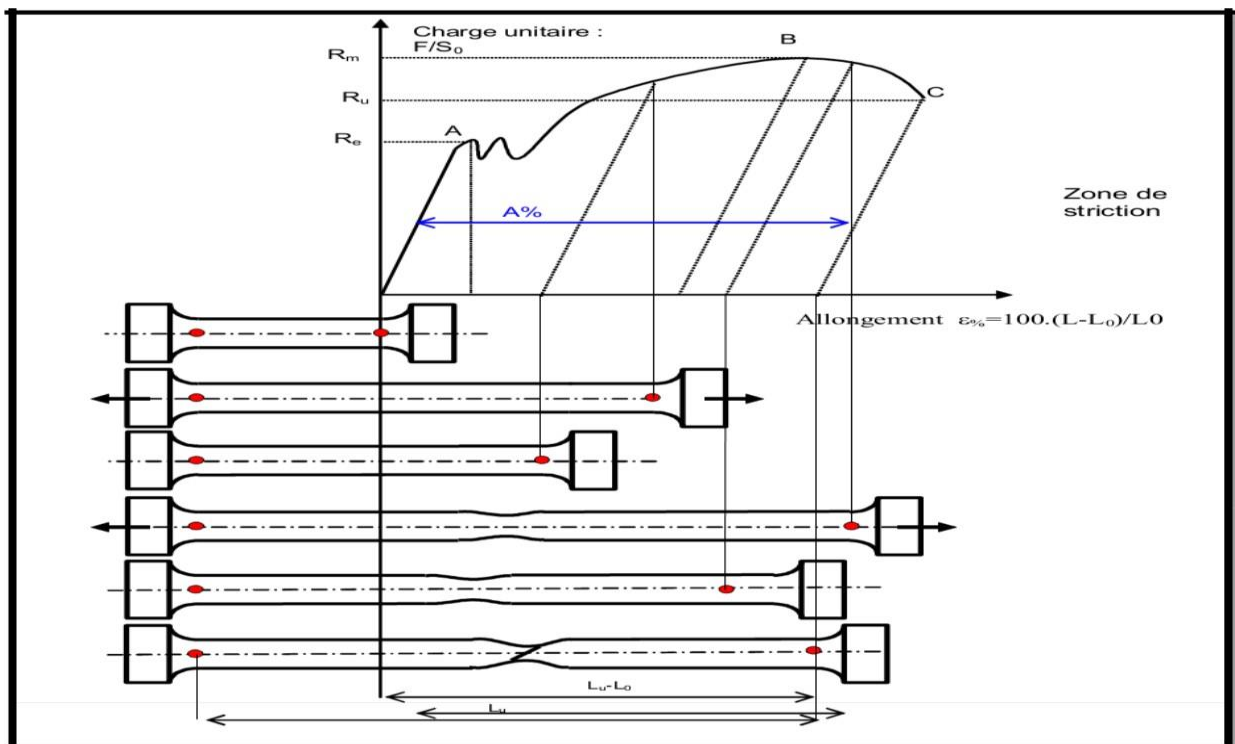


Figure IV, 17 : Diagramme charge-déformation et allongement de l'éprouvette

Sur le diagramme charge-allongement, qui peut être enregistré ou tracé par points, on utilise les coordonnées suivantes :

- en abscisse, l'allongement relatif L/L_0 de l'éprouvette ou plutôt d'une certaine base de mesure L_0 (L_0 est la longueur initiale de l'éprouvette)

- en ordonnée : la charge unitaire, définie à tout instant de l'essai, c'est le quotient de la charge par la section initiale de l'éprouvette S_0

Le point A est la limite d'élasticité (ou résistance élastique à la traction) :

Le point B correspond à la charge maximale ; il est appelé résistance à la traction ou résistance à la rupture (bien qu'il n'y ait pas encore rupture) ;

C'est la charge maximale atteinte durant l'essai de traction. A partir de ce point, la déformation commence à se localiser sous forme de striction, ce qui explique la décroissance de l'effort nécessaire aux déformations au-delà du point B.

Un processus de mise en forme qui conduirait à franchir ce point se traduirait par des risques difficiles à contrôler de rupture ou de non-conformité géométrique.

Le point C correspondant, lui, à la charge ultime

Après rupture de l'éprouvette et reconstitution de celle-ci, on mesure L_u et S_u respectivement longueur entre repères et section minimale ultimes.

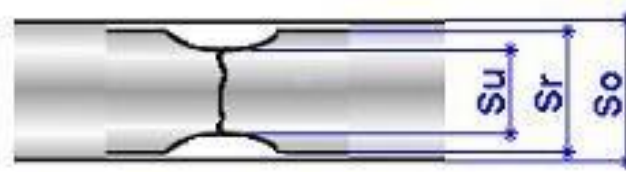
L'allongement relatif total ou A pour cent de l'éprouvette est l'allongement de rupture :

Où L_u est la longueur de l'éprouvette après rupture. Il caractérise la ductilité du matériau.

Cet allongement est la somme de l'allongement réparti A_r jusqu'au maximum de la charge et de l'allongement localisé de striction A_z :

La striction est la réduction de section maximale de l'éprouvette rompue c'est-à-dire dans la section de rupture (fig-3). Le coefficient de striction traduit l'aptitude à la déformation à froid.

S_0 : section initiale ; S_u : section après la rupture



So : Dimension éprouvette initiale
 Sr : Dimension éprouvette après rupture
 Su : Dimension de la striction après rupture

Figure IV, 18 : Les différentes sections de l'éprouvette

Cette déformation est également la somme de la déformation homogène répartie et de la déformation de striction proprement dite.

Conclusion :

Propriétés du matériau et grandeurs mesurées

Grandeur	Propriété
E	Souplesse/rigidité : souple si E est faible, rigidité si E est élevé
Re	Dureté : mou si Re est faible, dur si Re est élevé
A	Ductilité, malléabilité : fragile si A est faible, ductile et malléable si A est Élevé

IV.2 .2.1.3. Essai de pliage :

Comme les cordons de soudage sont apposés manuellement ou semi-automatiquement, les constructions peuvent présenter des défauts de soudage comme des occlusions, fissures, défauts de collage, inclusions gazeuses qui peuvent causer des défaillances précoces.

But :

Déterminer l'aptitude à la déformation par pliage d'un joint soudé, et révélation des fissures

Principe :

L'essai consiste à soumettre une éprouvette rectiligne de section pleine, polygonale à une déformation plastique sur un mandrin jusqu'à un certain angle (la plupart du temps 120°/180°). De cette façon, on obtient des informations sur la capacité de déformation du matériau (ductilité) en question ou on révèle d'éventuels défauts d'un joint soudé. L'allongement par pliage fait que le défaut de soudage le plus minime, comme une fissure, devient visible à la surface.

Précautions pour la préparation des éprouvettes :

- Découpe mécanique ou thermique autorisée
- Modifications des propriétés interdite (effet de trempe par découpe thermique, allongement important pour du cisailage, par exemple)
- Cisailage interdit pour les épaisseurs supérieures à 6 mm
- Bords de l'éprouvette arrondis ($r = 0,2x$ épaisseurs, avec un maxi de 3 mm)
- État de surface sans entailles ou rayures
- Sauf cas exceptionnels, surépaisseurs de soudure éliminées

Exigences et normes :

- L'essai de pliage doit être considéré acceptable si aucune fissure ou autre imperfection dépassant la moindre valeur d'entre 1/8" (3 mm) ou la moitié de l'épaisseur de paroi nominale dans aucun sens n'est présente dans la soudure ou entre la soudure et la zone de fusion après le pliage.
- Les fissures apparaissant sur le rayon extérieur de la pliure le long des bords de l'éprouvette pendant l'essai et inférieures à 1/4 pouce (6 mm), mesurées dans n'importe quelle direction, ne doivent pas être prises en compte à moins que des imperfections évidentes soient observées.

Chaque éprouvette soumise à l'essai de pliage doit répondre à ces exigences.

API 1104 5.6.4.3

Différents essais de pliage**A) Essai de pliage transversal endroit (Pliage endroit):**

Le poinçon sera en contact avec la racine du cordon, et l'allongement maxi sera sur la finition du cordon

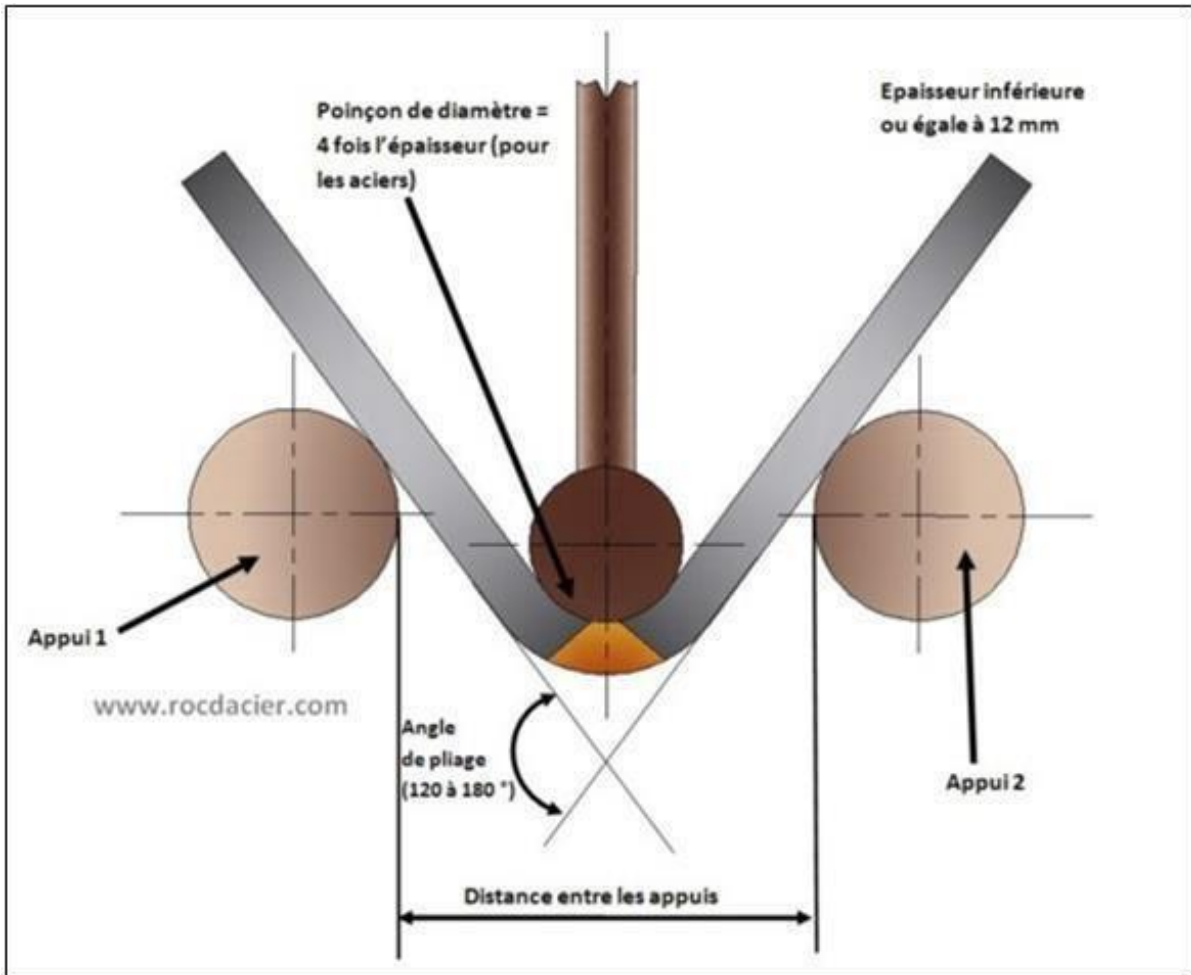


Figure IV, 19 : Démonstration de l'essai de pliage à l'endroit

B) Essai de pliage transversal à l'envers :

Le poinçon sera en contact avec la finition du cordon, et l'allongement maxi sera sur la racine du cordon.

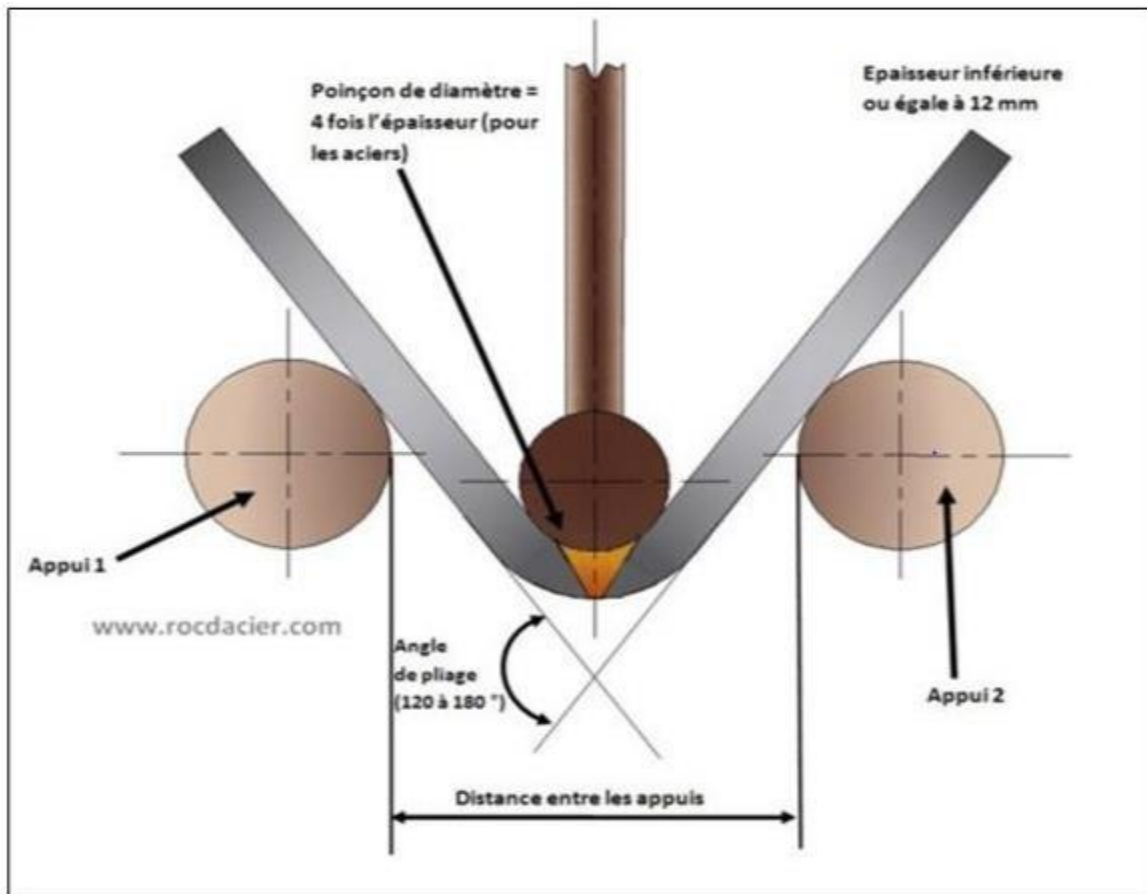


Figure IV, 20 : Démonstration de l'essai de pliage à l'envers

C) Essai de pliage transversal de côté:

On teste la section de la soudure à l'allongement.

Comme c'est indiqué dans le tableau cet essai n'est pas applicable pour les épaisseurs inférieures à 1" (pouce) = 12.7mm

- Les rouleaux d'appui doivent avoir un diamètre ≥ 20 mm.
- La distance entre les rouleaux

Pour les tôles d'acier, la largeur b de l'éprouvette doit être $\geq 1,5 \times e$ avec $b \geq 20$ mm minimum.

Pour les tubes ≤ 50 mm $b = t + 0,1 \cdot \varnothing$ et $b \geq 8$ mm Pour

les tubes > 50 mm $b = t + 0,05 \cdot \varnothing$ et $8 \leq b < 40$ mm

Pour les tubes $\varnothing > 25$ t voir les tôles planes (t = épaisseur du tube)

Exemple de résultats :



Figure IV, 21 : Les défauts révélés d'une éprouvette après l'essai de pliage à l'endroit

IV.2.2.1.4 texture :

Définition

Essai de texture consiste à rompre un assemblage soudé par traction ou coup de marteau, après avoir réalisé une entaille transversale, latérale sur la surface de la soudure.

But

L'essai de la texture permet de révéler les types, les dimensions et la répartition des défauts internes sur la surface de la cassure d'une soudure.

Préparation :

Les éprouvettes pour l'essai de texture sont les mêmes que celles de traction, Elles doivent être entaillées au moyen d'une scie à métaux de chaque côté au centre de la soudure, et chaque entaille doit avoir être d'environ 1/8 pouce (3 mm) de chaque côté et 1/16 pouce 1.6 mm de profondeur comme le montre les figures ci-dessous.

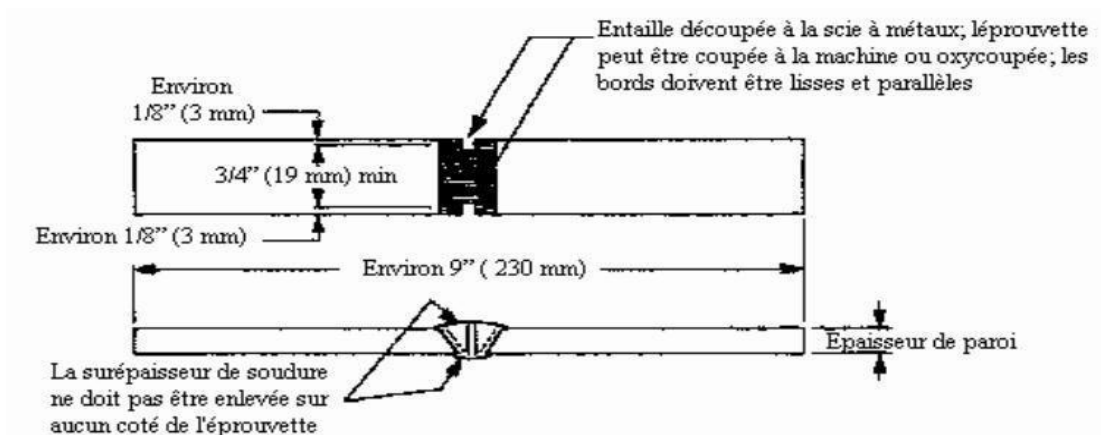


Figure IV, 22 : Vue de dessus et de côté de l'éprouvette normalisée API 1104

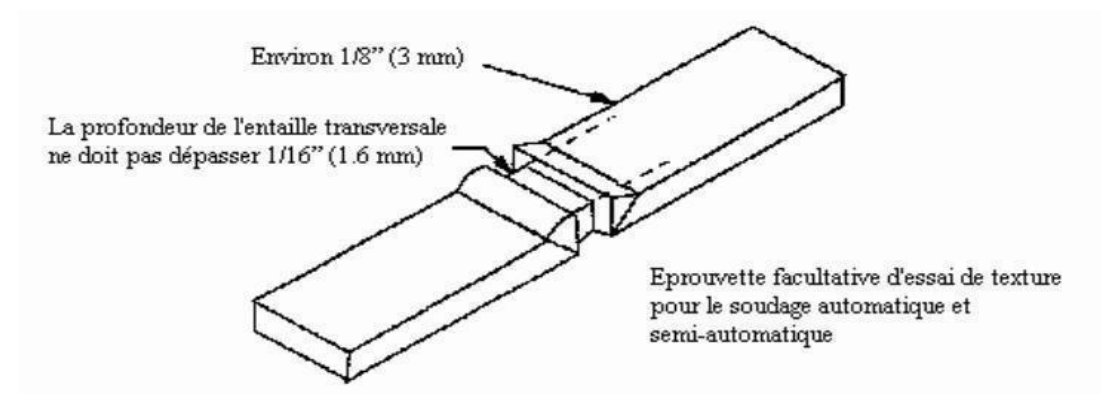


Figure IV, 23 : Vue en perspective de l'éprouvette

Méthode :

Les éprouvettes de rupture avec entaille peuvent être cassés en tirant dans une machine de traction, en supportant les extrémités et frappant le centre, ou en supportant une extrémité et frappant l'autre extrémité avec un marteau. La zone apparente de la fracture doit avoir une largeur d'au moins $\frac{3}{4}$ pouce (19 mm)

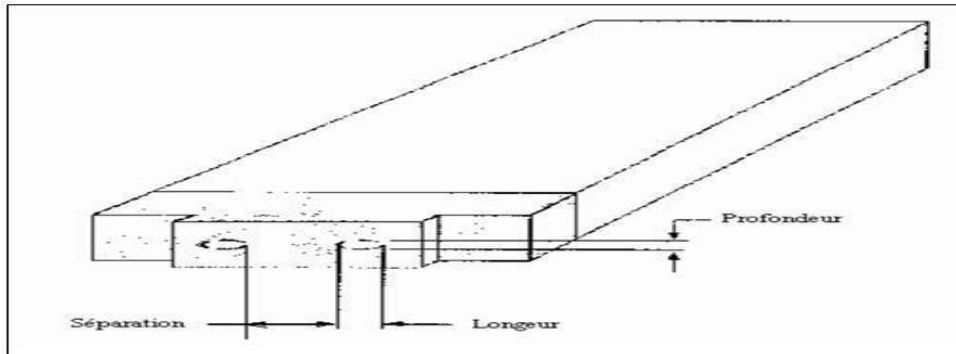
Démonstration des résultats :

Figure IV, 24 : Démonstration des résultats dans la section de cassure



Figure IV, 25 : Image réelle de résultat d'un essai de texture

Exigences :

- ✓ Les surfaces apparentes de chaque éprouvette de rupture avec entaille doivent démontrer une pénétration et fusion complètes.
- ✓ La plus grande dimension de toute soufflure ne doit pas dépasser $\frac{1}{16}$ pouce (1,6 mm) et l'aire combinée de toutes les soufflures ne doit pas dépasser 2% de la surface apparente.
- ✓ Les inclusions de laitier ne doivent pas avoir une profondeur supérieure à $\frac{1}{32}$ pouce (0,8 mm) ni une longueur supérieure à la moindre valeur d'entre $\frac{1}{8}$ pouce (3 mm) ou la moitié de l'épaisseur de paroi nominale.
- ✓ Il doit y avoir une séparation d'au moins $\frac{1}{2}$ pouce (13 mm) entre des inclusions de laitier adjacentes.

Les dimensions devraient être mesurées tel qu'indiqué à la figure 8. Les yeux-de-poisson, tels que définis dans AWS A3.0 ne sont pas cause de rejet

IV.2.2.2. Le contrôle non destructif (CND) ou (END) :

C'est un ensemble de méthodes qui permettent de caractériser l'état d'intégrité de structures ou de matériaux, sans les dégrader, soit au cours de la production, soit en cours d'utilisation, soit dans le cadre de maintenances. On parle aussi d'essais non destructifs (END) ou d'examen non destructifs

IV.2.2.2.a. Contrôle par radiographie « le contrôle utilisé par l'entreprise » :**Définition :**

Le contrôle par rayons ionisants (radiographie) utilise la propagation de rayonnements électromagnétiques (X ou γ) de faible longueur d'onde dans les matériaux. L'absorption du rayonnement par la matière est fonction de la nature du matériau et de l'épaisseur. La présence d'un défaut se traduit par une variation de l'absorption du rayonnement. Une image de ces variations peut être observée soit par l'intermédiaire d'un film, soit par une caméra.

Ce type de contrôle permet la détection précise de défauts dans le volume de la pièce.

Nature et propriétés principales :

Les rayons X ou γ qui sont employés en contrôle ont les propriétés suivantes:

- Ils se propagent en ligne droite à la vitesse de la lumière.
- Ils sont invisibles.
- Ils traversent la matière et sont partiellement absorbés au cours de la transmission.
- Ils peuvent endommager ou détruire les cellules vivantes.
- Ils ionisent les milieux gazeux

- **Les rayons X :**

Ils sont produits par un tube radiogène (figure14) qui est constitué d'une enceinte dans laquelle on a fait le vide et qui contient principalement deux électrodes :

- L'une négative (cathode) constituée d'un filament qui porté à incandescence émet des électrons,
- L'autre positive (anode) qui reçoit les électrons accélérés par une différence de potentiel.

Ce bombardement électronique produit de la chaleur (99% de l'énergie à 200 kV) et des rayons X.

Les caractéristiques d'un générateur sont :

- La tension d'accélération qui, détermine la vitesse des électrons (elle varie entre 200 et 400 kV),

- Le courant cathodique, qui conditionne la production des électrons (il varie de 5 à 20 mA),
- Les dimensions de la tache focale (partie active de l'anode),
- Le temps d'utilisation lié aux problèmes de refroidissement de l'anode.

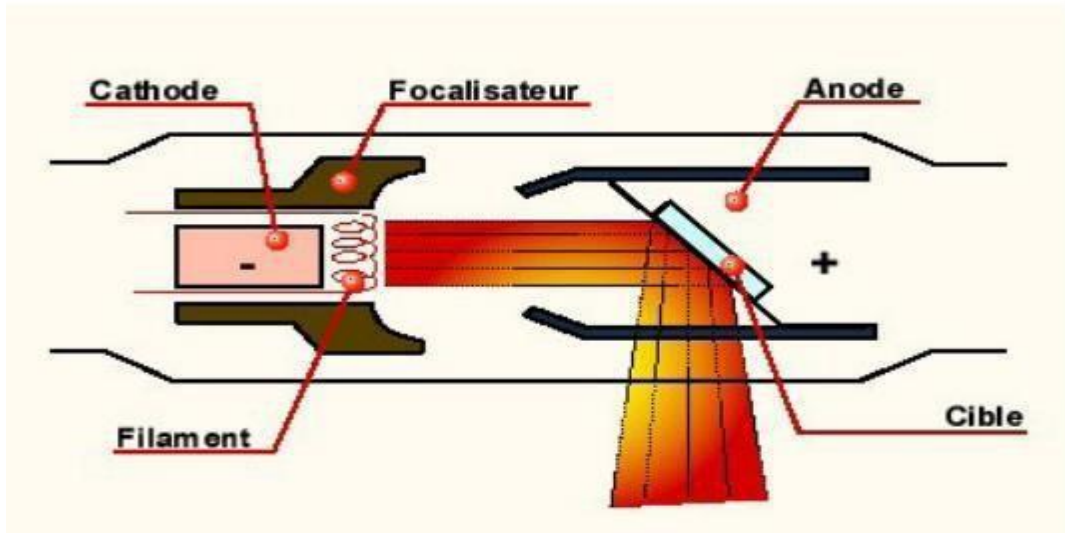


Figure IV, 26 : Tube de rayon X

- **Les rayons gamma :**

Ils sont obtenus à partir de sources radioactives. Le tableau donne quelques sources utilisées

Tableau IV, 18 : Spécification des rayons gamma

Nature	Période	Epaisseur de Déci-transmission
Césium	30 ans	8.4 mm de pb
Cobalt	5.3 ans	13 mm de pb
Iridium	76 jours	2.8 mm de pb

Comparaison entre X et gamma :

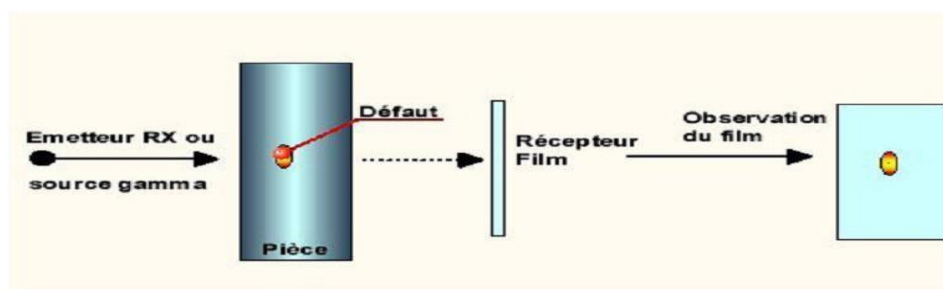
Tableau IV, 19 : Les différentes caractéristiques de rayon X et gamma

CARACTERISTIQUES	RAYONS X	RAYONS GAMMA
Alimentation	Alimentation électrique indispensable Contrôle continu nécessaire	Emission spontanée de radiations Pas de contrôle
Dimension	Equipement volumineux	Dimensions de la source très réduite
Manipulation	Mise en place parfois difficile	Mise en place facile
Transport	Délicat à cause de pièces fragiles	Facile, ne craint pas les chocs
Protection	Nécessaire pendant utilisation uniquement	Nécessaire en permanence Emission des rayons continue
Longueur d'onde	Fonction de la tension Pouvoir pénétrant plus faible que les rayons gamma	Dépend du type de source Plus courte que les rayons X Pouvoir pénétrant plus fort
Emission des radiations	Limitée à un cône de faible ouverture Possibilité d'émission + large	Toutes directions
Intensité de rayonnement Temps d'exposition	Elevée Court	Faible Long (parfois plusieurs heures)
Qualité des radiographies	Bon contraste suivant tension	Plus faible contraste

Principe du contrôle :

Le contrôle par rayonnements ionisants est le suivant (figure 14) :

- La pièce est soumise à l'action d'une source de rayonnement. Le rayonnement sortant de la pièce est fonction de l'épaisseur traversée. Au droit d'un défaut, l'intensité transmise sera plus élevée ou plus faible.
- Une image se forme sur le film après exposition pendant un temps donné fonction du matériau, de l'épaisseur et de la puissance de la source, de la qualité du rayonnement.
- Le film est développé et interprété sous un éclairage adapté.



Rayonnements ionisants

Figure IV, 27 : Démonstration du schéma de principe de contrôle radiographique.

Application :

Cette méthode d'inspection s'applique presque sur tous les matériaux **Applications typiques**

: pièces soudées, moulées, forgées, pièce traitées thermiquement, pièces en service, mesure d'épaisseur des tuyauteries, etc.

Le contrôle détecte la différence d'absorption provoquée par la présence du défaut par rapport au reste de la pièce. Cette différence peut être mise en évidence par :

- L'impression de films photographiques,
- L'utilisation d'écrans fluorescents et caméras de télévision,
- L'utilisation de détecteurs de rayonnements.



Figure IV, 28 : Image réelle du principe de contrôle par radiographie d'un joint de soudure d'une tuyauterie

Le film radiographique :

Les films sont constitués d'un support plastique recouvert sur les deux faces d'une émulsion de sels d'halogénures d'argent dans une couche de gélatine. Une des caractéristiques des films est la taille du grain. Les films à gros grains sont plus rapides que les films à grains fins, mais la définition des images est plus faible.

Visibilité des défauts :

Cette visibilité des défauts est déterminée par les facteurs suivants :

- La nature et l'épaisseur traversée par le rayonnement du défaut,
- Les facteurs géométriques (distance du foyer de la source au film par exemple) qui vont conditionner la netteté des contours du défaut (problème de flou),
- Les propriétés du film (granulation, voile de base, présence d'écrans filtrants et (Ou) de renforceurs),
- La qualité du rayonnement utilisé.

Les défauts révélés sur Pièces soudées (joint de soudure) :

Tableau IV, 20 : Interprétation d film selon le défaut présent

Défaut	L'observation
Soufflures sphériques	Taches sombres à contours circulaires.
Soufflures vermiculaires	Tache sombres à contours allongés
Inclusion du laitier cavités Allongées	Taches sombres à contours irréguliers ligne sombres + ou – Interrompues et parallèles aux bords de la soudure.
Mauvaises reprise	Tache sombres isolées au niveau de la reprise
Manque de fusion	Mince ligne sombres avec des bords nettement définis
Manque de pénétration	Ligne sombre, continues et intermittente au milieu de la soudure
Fissures longitudinales Fissures transversales	Ligne fine sombres, rectiligne ou non
Caniveau	Ligne sombre, large et diffusé le long du bord de la soudure
Porosité	Taches de densité plus sombres arrondies ou légèrement Allongées en grappes espacés de façon aléatoire

Quelques exemples de révélation :

Porosité :

Taches de densité plus sombres arrondies ou légèrement allongées en grappes avec le cluster espacés de façon aléatoire.

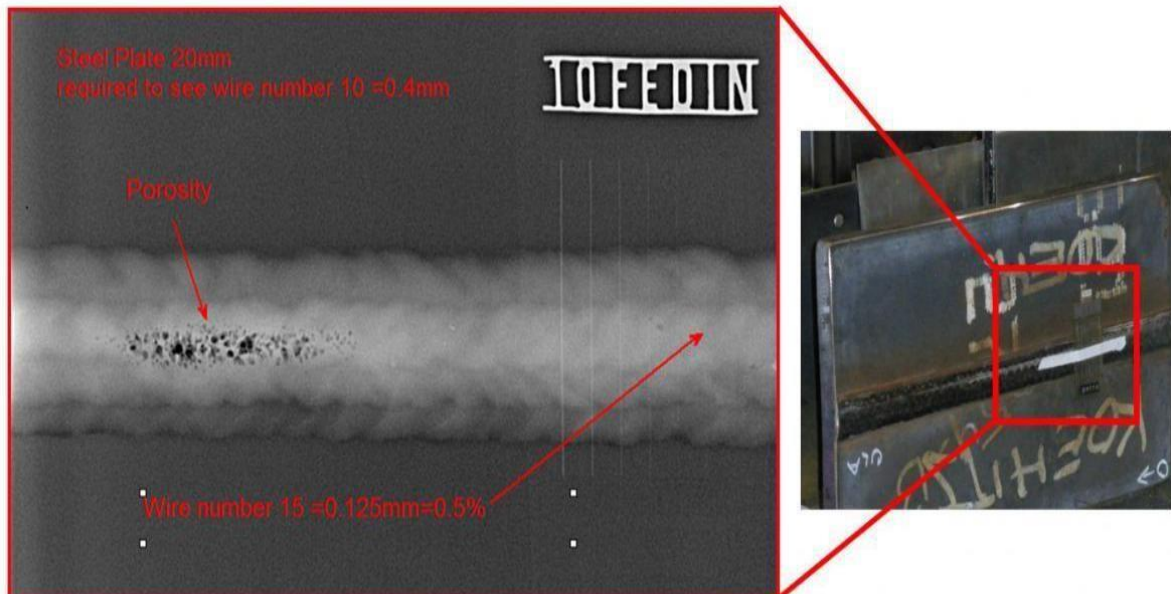


Figure IV, 29 : Détection des porosités par radiographie

Soufflures (cavités) :

Taches sombres à contours circulaires, taches sombres à contours allongés

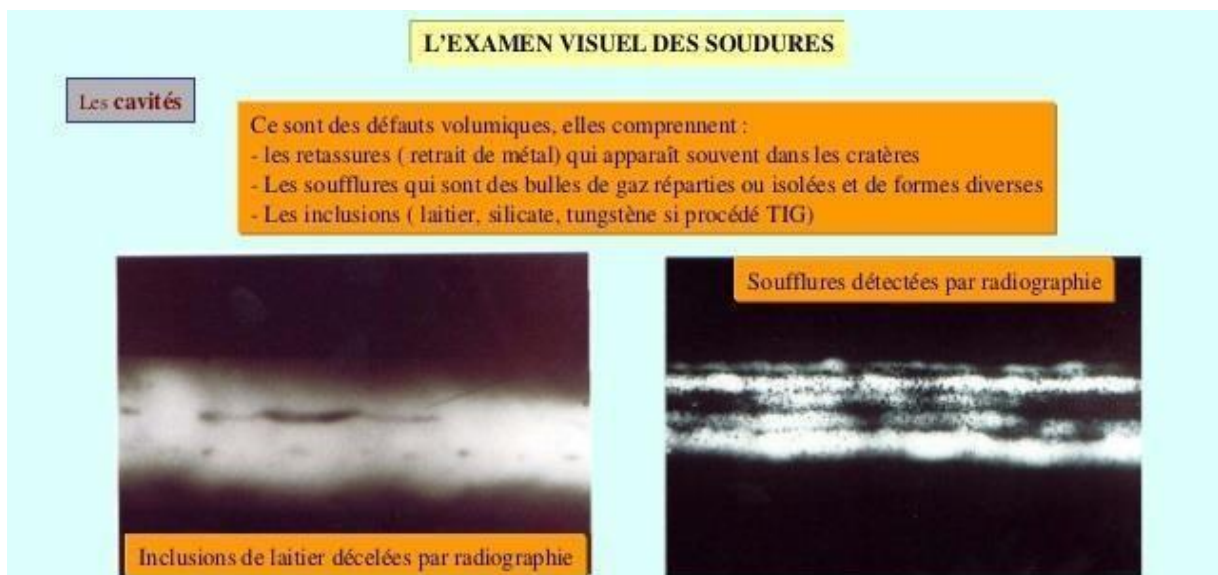


Figure IV, 30 : Détection des soufflures et inclusions du laitier par la radiographie

Fissures :

Ligne fine sombres, rectiligne ou non

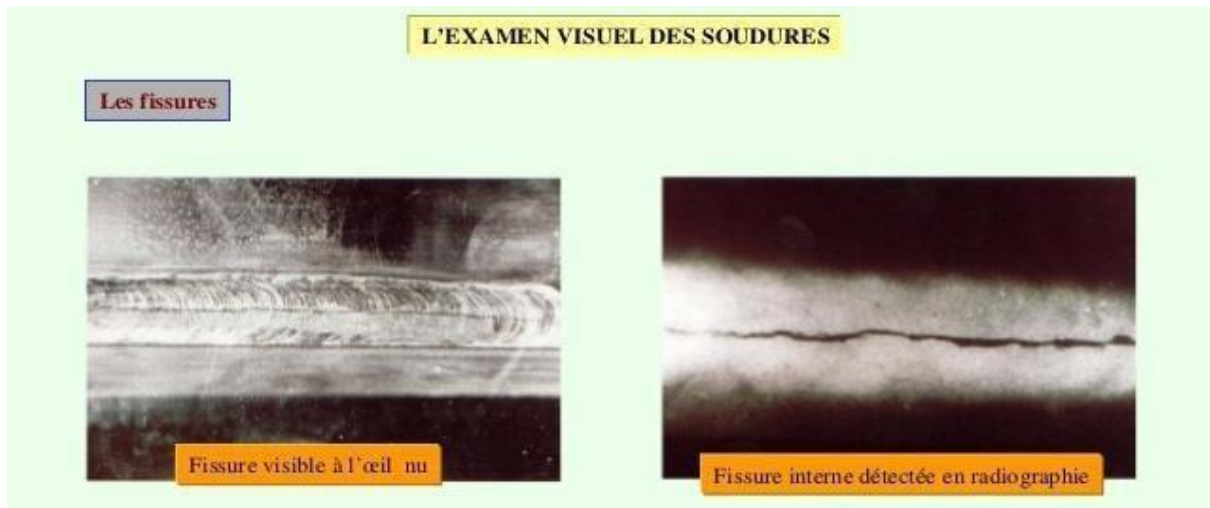


Figure IV, 31 : Différence entre fissure détectée à l'œil nu et celle par la radiographie

Avantages :

- Détection des défauts dans le volume de la pièce.
- Bonne définition des défauts avec détection de leur nature.
- Archivage aisé des résultats.

Inconvénients :

- Méthode coûteuse en investissement et développement des films.
- Nécessite le respect de règles de sécurité importantes.
- Pénétration des rayons limitée par l'épaisseur et la puissance de la source.
- Localisation du défaut dans la section non garantie.
- Sensibilité fonction de l'orientation du défaut vis à vis de la direction principe du rayonnement.

IV.2.3. Conclusion :

Cette procédure d'inspection est indispensable pour chaque projet donné, elle comporte le minimum de contrôles qui permettent de détecter, de révéler les différents types de défaut qui peuvent être susceptibles d'apporter atteinte au déroulement des phases de réalisation ou au fonctionnement des éléments de l'ouvrage, pour aboutir finalement à une qualification du procédé de soudage et de soudeur.

CHAPITRE V

V.1. Description du Logiciel CAESAR II :

CAESAR II est un logiciel de calcul et d'analyse de stress dans des conditions statiques et dynamiques des systèmes de n'importe quelle complexité de tuyauterie développé par INTERGRAPH pour satisfaire les besoins des compagnies impliquées

Dans la conception de tuyauteries industrielles.

C'est un logiciel Flexible et techniquement reconnu pour la qualité de ces résultats, Depuis son introduction en 1984 jusqu'à la sortie de sa dernière version CAESAR II en 2019 , Il est devenu le logiciel de flexibilité et d'analyse du stress le plus couramment utilisé au Monde.

Ce logiciel constitue la référence en matière d'analyse de contrainte et permet d'évaluer les réponses et les efforts structuraux des réseaux de tuyauterie ainsi de vérifier leur Dimensionnement en conformité avec les principaux codes utilisés dans l'industrie.

CAESAR II permet de développer rapidement les modèles d'analyse, il indique aussi Clairement les zones à problèmes et dispose également de modèles de contrainte à code de Couleur et des déplacements animés pour les différents cas de charges. de plus César II est Premier et le seul qui possède un lien bidirectionnel de l'industrie entre la conception de L'usine CAO et l'analyse technique. Ce lien vers CAD.Worx Plant permet le passage de Données de conception et d'analyse entre ces paquets sans perte de données.

Les domaines d'application du logiciel CAESAR II sont :

- Conception d'installation, Tuyauterie et équipement
- Pétrochimie, Chimie et énergie
- Service de construction et architecture

V.1.1. Description du code ASME B31.8 :

L'ASME b 31.8 est le code le plus couramment utilisé pour la conception, L'exploitation, l'entretien et la réparation des pipelines de distribution et de transmission du Gaz naturel. Ce code couvre également les aspects de sécurité de l'exploitation et de l'entretien de ces installations.

V.2. Données de calcul :**V.2.1. Système d'unités utilise :***Tableau V.1 les d'unités utilise*

ITEM	INTERNAL UNITS	CONSTANT	USER UNITS
Longueur	Inches	25.40000	Mm
Force	Pounds	4.448000	N
Masse	Pounds	0.453600	Kg
Moment -In	In.-lb	0.112980	N.m
Moment-Out	In.-lb	0.112980	N.m
Stress	Lbs/sq.in	0.006895	N/mm ² ou Mpa
Temperature	Degree F	0.555600	C
Pression	Pisg	0.068946	Bar
Module d'elasticité	Lbs/sq.in	0.006895	N/mm ² ou Mpa
Densité pipe	Lbs/cu.in	27680.00	Kg/m ³
Densité d'isolation	Lbs/cu.in	27680.00	Kg/m ³
Densité du fluide	Lbs/cu.in	27680.00	Kg/m ³
Trabsl.Stiff	Lbs/.in	0.175120	N/mm
Rotl.Stiff	In-lb/deg	0.112980	N.m/deg
Unif.Load	Lb/in	0.175120	N/mm
G.Load	G's	1.000000	G's
Vitess du vent	Lbs/sq.in	6894.756836	N/m ²
Elevation	Inches	0.025400	M
Cmpd Lng	Inches	0.025400	M
Diametre	inches	25.40000	Mm
Epaisseur	inches	25.40000	Mm

V.2.2. Conditions de process :

Toutes les caractéristiques dimensionnelles requises et les données de conception des conduites seront prises en compte dans l'analyse.

Pour les conduites à différentes températures et pressions de fonctionnement, la contrainte sera vérifiée dans différentes conditions.

L'analyse de stress se fait selon des combinaisons des charges suivantes :

Gravité, pression (1), (2), T (1), (2), séisme et vent selon la zone et

V.3. Les données de calcul :

- Type d'acier : **API 5L Gr B** .
- **T₁ = -5 C° T₂ = 55 C°** .
- **P₁ = 99 bar** .
- Presse hydraulique : **p_h = 1.2 P₁ = 118,80 bar**.
- La densité du gaz nature : **0,0000787(kg / cm³)**.

V.2.3.1. Coefficients de frottement :

Le coefficient de frottement doit être égal à:

- 0.3 – Pour un contact de type Acier/Acier
- 0.45 – Pour un contact de type Acier/béton

V.2.3.2. Paramètres du sol :

- Capacité portante 291 KPa
- Densités 15.6 KN/m³
- Angle de frottement 29 °
- Coefficient de frottement 0.45

V.2.4. Température :

Pour le calcul de Δt on utilise le critère suivant :

A partir des températures ambiantes :

t. amb.min. = -5 °C Température ambiante Minimale

t. amb.max. = 55 °C Température ambiante Maximale

V.2.4.1. La valeur de T1 pour chaque ligne :

Lignes Critiques	Puits à 99 Barg		Puits à 120 Barg	
	Te C°	ΔT T1 C°	Te C°	ΔT T1 C°
Amont de la choke valve class #2500	100	85	68	53
Aval de la choke de valve class #900	30	55	30	55
Aval de la PSV/BDV class #150	-2.51	72.5	-37.49	107.5

V.2.5. Pression :

La valeur de **P₁** pour chaque ligne :

	Puits à 99 Barg	Puits à 120 Barg
Lignes Critiques	Pe P1 (barg)	Pe P1 (barg)
Amont de la choke valve class #2500	256	271
Aval de la choke de valve class #900	88.8	97.4
Aval de la PSV/BDV class #150	10	10

V.2.6. Essais hydrostatiques :

La valeur de **Phyd** pour chaque ligne :

	Puits à 99 Barg	Puits à 120 Barg
Lignes Critiques	P hyd	P hyd
Amont de la choke valve class #2500	384	406.5
Aval de la choke de valve class #900	133.2	146.25
Aval de la PSV/BDV class #150	15	15

V.2.7.1. Configuration de la tuyauterie :

Tableau V.2 : Dimensions des tubes aciers

ITEM	Diamètre		Epaisseur		Code		Contrainte Admiss
	In	mm	E (mm)	SCH	ASME	MPA	
Acier Smls A 790 UNS S31 803 (pression de calcul PC=420 barg)							
1	2"	60.30	8.74	Sch 160	B31.3	206.850	
2	3"	88.90	11.13	Sch 160	B31.3	206.850	
3	4"	114.30	13.49	Sch 160	B31.3	206.850	
Acier Smls A 790 UNS S31 803 (pression de calcul PC=120 barg)							
4	3/4 "	26.70	3.91	Sch 80	B31.3	206.850	
5	1"	33.40	4.55	Sch 80	B31.3	206.850	
6	1" 1/2	48.30	5.08	Sch 80	B31.3	206.850	
7	2"	60.30	5.54	Sch 80	B31.3	206.850	
8	4"	114.30	6.02	Sch 40	B31.3	206.850	
9	6"	168.30	7.11	Sch 40	B31.3	206.850	
Acier Smls A 790 UNS S31 803 (pression de calcul PC=99 barg)							
10	3/4 "	26.70	3.91	Sch 80	B31.3	206.850	
11	1"	33.40	4.55	Sch 80	B31.3	206.850	
12	1" 1/2	48.30	5.08	Sch80	B31.3	206.850	
13	2"	60.30	5.54	Sch 80	B31.3	206.850	
14	4"	114.30	6.02	Sch 40	B31.3	206.850	
15	6"	168.30	7.11	Sch 40	B31.3	206.850	
Acier Smls A106 Gr.B (pression de calcul PC=20 barg) Class 150							
16	2"	60.30	8.74	Sch 160	B31.3	137.900	
17	4"	114.30	8.56	Xs 80	B31.3	137.900	
18	8"	219.10	10.31	Xssch 80	B31.3	137.900	
Partie Pipeline							
Acier X60 Psl 2 (pression de calcul PC=99 barg) zone Ia							
19	6 "	168.30	15.88	X60	B31.8	517.125	
Acier X60 Psl 2 (pression de calcul PC=120 barg) zone Ia							
20	6 "	168.30	18.26	X60	B31.8	517.125	

Classic Piping Input

From: 70 To: 80 Name

DX: DY: -1088.000 mm DZ: Offsets

Diameter: 114.3000 Wt/Sch: 18.2626 Seam Welded

Wl Factor: 1.0000 Mill Tol %: 12.5000 Corrosion: 1.0000

Pipe Den: 0.00785 Fluid Den 1: 0.00001 Fluid Den 2: Hydro Den:

Temp 1: -5.0000 Temp 2: 55.0000 Temp 3: Pressure 1: 99.0000 Pressure 2: Pressure 3: Hydro Press: 118.8000

Bend Reducer Rigid SIFs & Tees Expansion Joint

Restraints Displacements Hangers Flange Checks Nozzle Flex. Nozzle Lmt Check

Forces/Moments Uniform Loads Wind / Wave

Material: (106)A106 Grade B Allowable Stress

Elastic Modulus (C): 2.0340E+08 Elastic Modulus (H1): 2.0475E+08 Elastic Modulus (H2): 2.0095E+08 Elastic Modulus (H3): 2.0340E+08 Poisson's Ratio: 0.2920

Refract Thk: Refract Density: Insul Thk: 14.2700 Clad Thk: Insulation Density: 0.00018 Cladding Density: or Insul/Cladding Unit Weight:

Model Status: Allowable Stresses Bends Displacements Equipment Limits

Code: B31.3 SC: 137895.14'

SH1:	137895.14'	F1:	
SH2:	137895.14'	F2:	
SH3:	137895.14'	F3:	
SH4:	137895.14'	F4:	
SH5:	137895.14'	F5:	
SH6:	137895.14'	F6:	
SH7:	137895.14'	F7:	
SH8:	137895.14'	F8:	
SH9:	137895.14'	F9:	

Eff: Fac: Sy: 241316.48 PVar: < f > Allowed Maximum of 1.2 On Off

Fatigue Curves...

Line Number: unassigned Element Name:

Figure V.1 : Page de saisie de données

V.3. Le type de support utilisé :

V.3.1. Support de guidage :

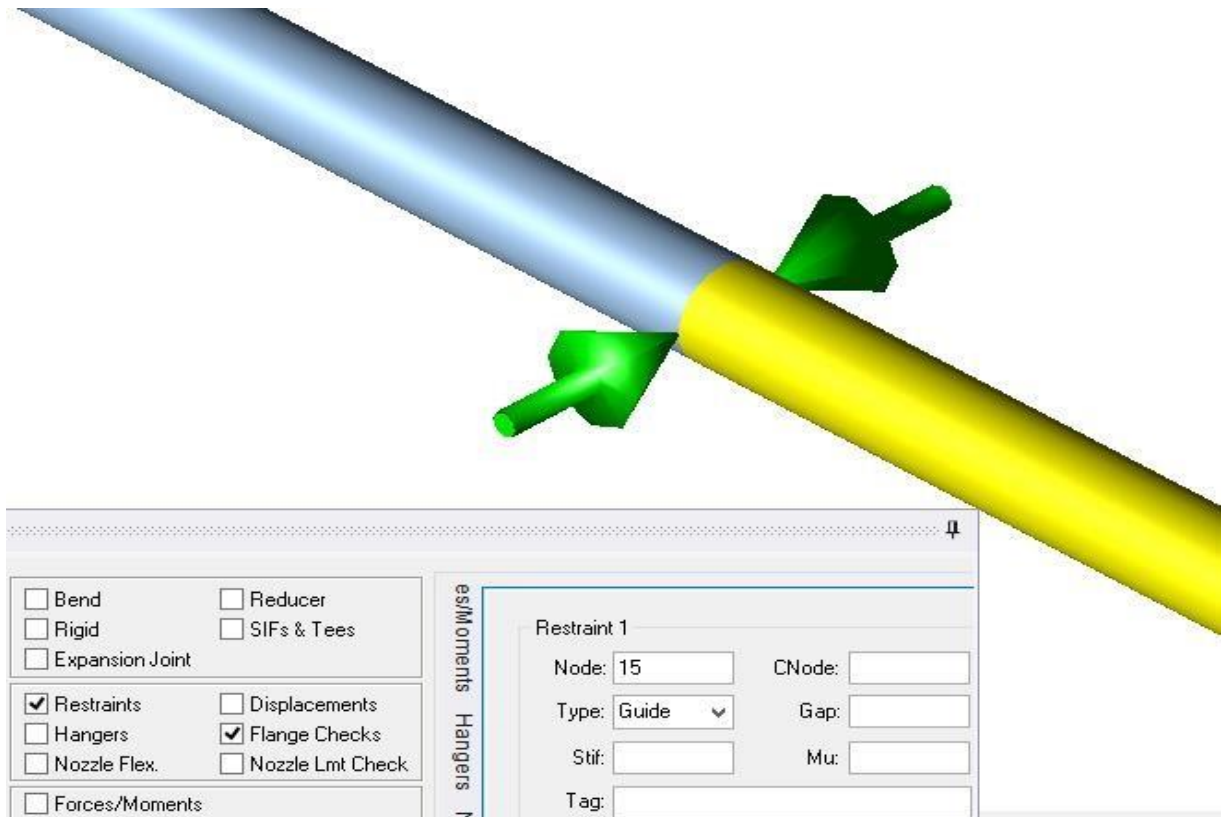


Figure e2 : Représentation du support de guidage (GD) par Caesar II

V.3.2. Support appui simple :

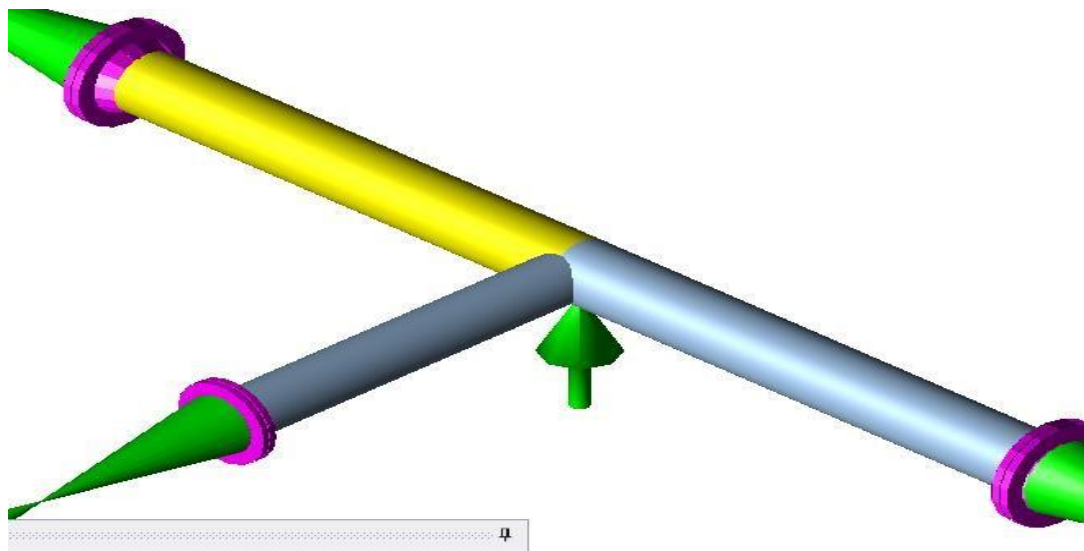


Figure 3: Représentation de support appui simple (PA) par Caesar II

V.3.3. Support point fixe :

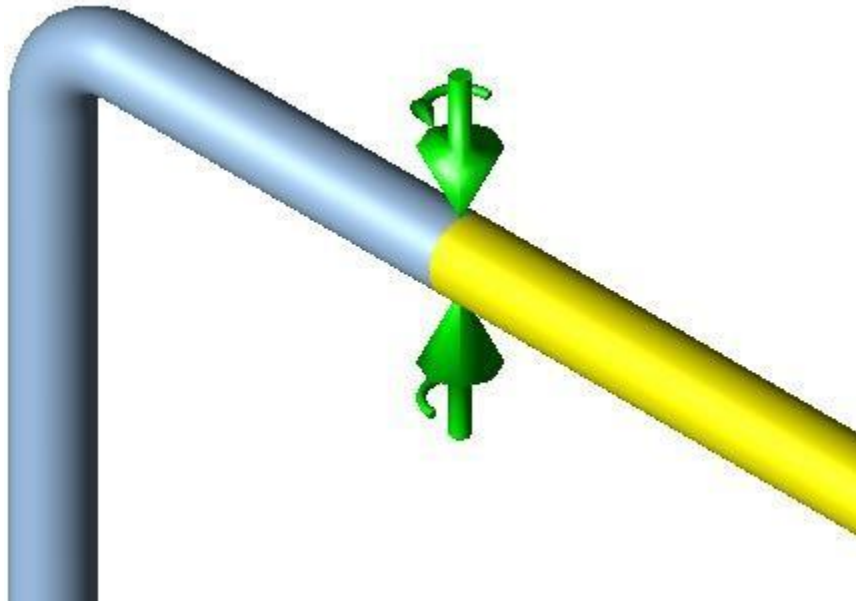


Figure V, 4 : Représentation du support point fixe (SF) par Caesar II

V.3.4. Ancrage :

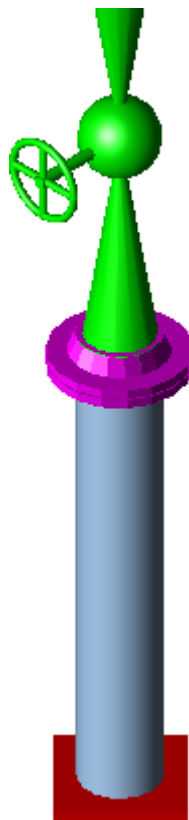


Figure V,5 : Représentation d'ancrage par Caesar II

V.4. Scenarios de la simulation :

Cette étude prendra en considération les scenarios des cas de chargement suivants :

N° Cas	Scenario	Détails
1	HYD	Pression d'essai hydrostatique Phyd + Poids du Pipe rempli d'eau WW
2	OPE	Poids W + Température T1 + Pression de service P + Force de réaction F
3	SUS	Poids W + Pression de service + Force de réaction F
4	EXP	Température T1

V.4.1. Force de réaction du a la décharge de la PSV :

$$F = \frac{W^2}{12.96 \cdot A_1} \cdot \frac{A_1}{A_2} \cdot \left[\frac{x}{\rho_g} + \frac{(1-x)}{\rho_l} \right] \cdot DLF$$

où:

F : Force de réaction (N)

W : Débit massique (kg/h)

A₁ : Aire choisie (mm²)

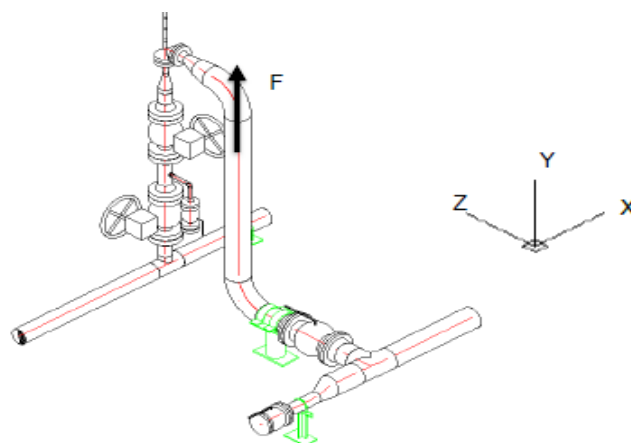
A₂ : Aire calculée (mm²)

X : Fraction massique aux conditions ourlet

ρ_g: La densité du gaz aux conditions outlet (kg/m³)

ρ_l: La densité du liquide aux conditions outlet (kg/m³)

DLF : Facteur de charge dynamique



	Puits à 99 Barg	Puits à 120 Barg
Noeud	F (N)	F (N)
500	894	997

V.5. Modélisation :

V.5.1. 1^{er} traçant de manifold :

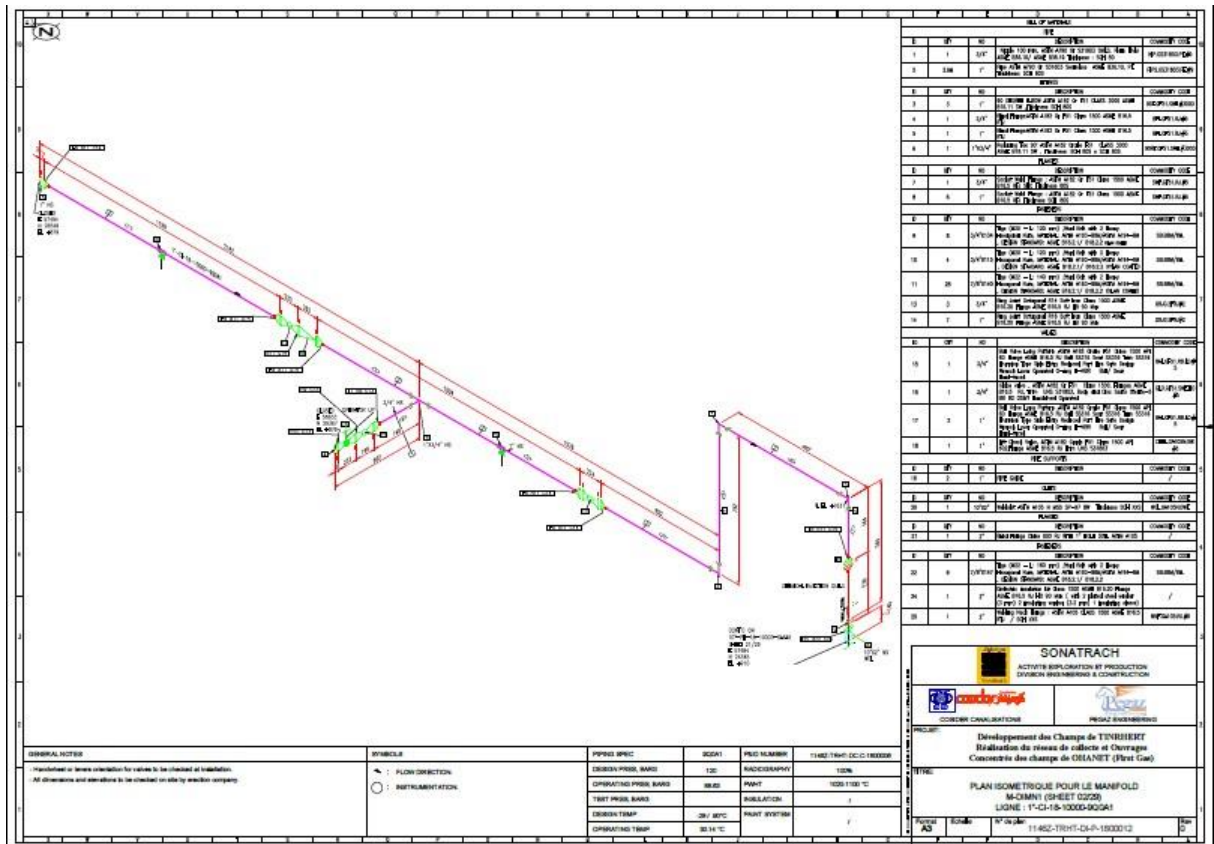


Figure V, 6 : Plant isométrique 001

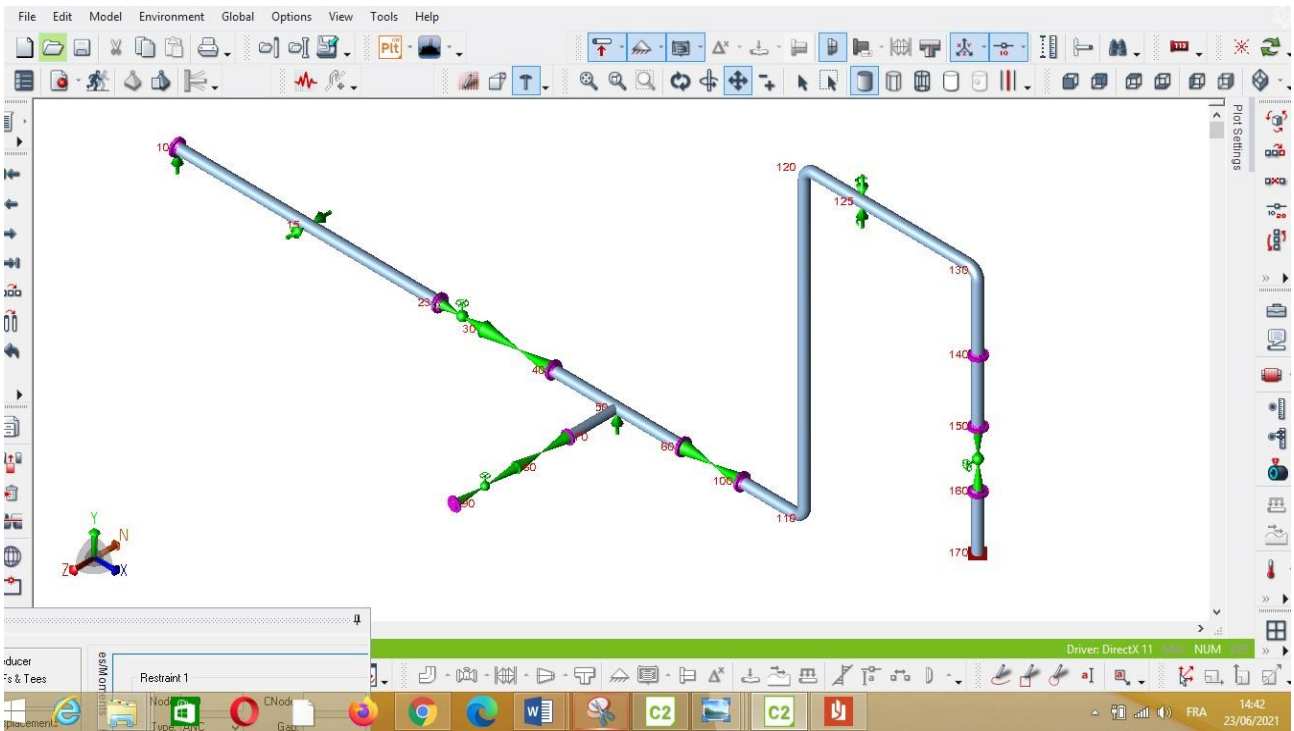


Figure V, 7 : Modélisation par Caesar II 001

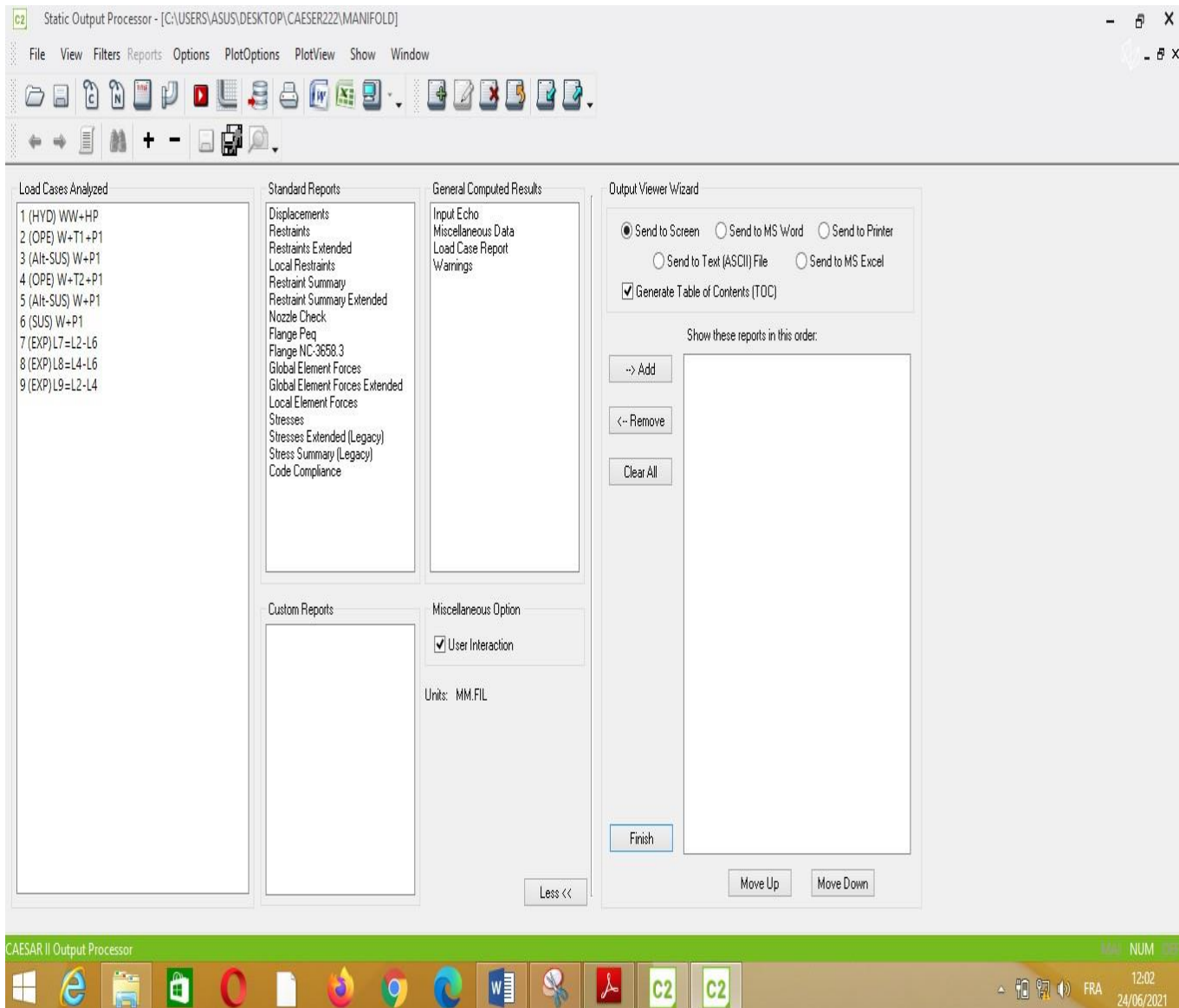


Figure V,8 : Traitement par lots (error check and analyze job)

V.6. Résultats de la simulation :

V.6.1. Les déplacements calculés :

Le tableau suivant énumère les déplacements calculés aux nœuds. Ces valeurs ne doivent pas dépasser les valeurs admissibles de la norme utilisée (ASME B31.3)

Puits à PMS = 99Barg.

V.6.1.1. Liste des cas de charge statique pour cette analyse :

Déplacements : 1 (HYD) WW+HP

Déplacements : 2 (OPE) W+T1+P1

Déplacements : 6 (SUS) W+P1

V.6.1.2. Rapport de déplacement: Movements nodaux :

- CASE 1 (HYD) WW+HP:

Tableau V.3: Résultat de déplacements

Node	DX mm.	DY mm.	DZ mm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
10	-0.317	-0.000	2.201	0.7563	0.2522	-0.0508
15	-0.317	-0.364	-0.000	0.7563	0.2522	-0.0247
23	-0.317	-0.339	-2.180	0.7563	0.2448	0.0335
30	-0.317	-0.238	-2.912	0.7563	0.2448	0.0336
40	-0.317	-0.085	-4.032	0.7563	0.2447	0.0336
50	-0.317	-0.000	-5.039	0.7563	0.2296	-0.0021
60	-0.317	-0.116	-6.008	0.6704	0.2103	-0.0433
70	0.436	-2.632	-5.039	0.8382	0.2296	-0.0021
80	1.234	-5.543	-5.039	0.8383	0.2296	-0.0021
90	2.167	-8.952	-5.039	0.8383	0.2296	-0.0021
100	-0.317	-0.285	-6.830	0.6700	0.2102	-0.0434
108	-0.317	-0.430	-7.528	0.6019	0.1895	-0.0381
109	-0.310	-0.448	-7.500	0.5915	0.1851	-0.0352
110	-0.294	-0.454	-7.261	0.5777	0.1821	-0.0320
118	-0.236	-0.454	1.042	0.3345	0.0301	0.0257
119	-0.249	-0.449	1.191	0.3242	0.0266	0.0289
120	-0.255	-0.435	1.242	0.3166	0.0217	0.0320
125	-0.255	-0.320	1.207	0.2703	0.0000	0.0397
128	-0.255	-0.025	1.185	0.1678	0.0048	0.0390
129	-0.248	-0.007	1.151	0.1595	0.0034	0.0364
130	-0.231	-0.000	1.078	0.1484	0.0020	0.0334
140	-0.118	-0.000	0.566	0.0998	0.0013	0.0216
150	-0.054	-0.000	0.266	0.0492	0.0006	0.0101
160	-0.018	-0.000	0.086	0.0490	0.0006	0.0100
170	0.000	-0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000

- CASE 2 (OPE) W+T1+P1:

Node	DX mm.	DY mm.	DZ mm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
10	-1.987	-0.000	2.389	0.8210	0.2738	-0.0362
15	-1.769	-0.254	-0.000	0.8210	0.2738	-0.0160
23	-1.551	-0.214	-2.366	0.8210	0.2658	0.0266
30	-1.477	-0.135	-3.162	0.8210	0.2658	0.0267
40	-1.363	-0.013	-4.377	0.8210	0.2657	0.0266
50	-1.257	-0.000	-5.470	0.8210	0.2493	-0.0306
60	-1.147	-0.287	-6.522	0.7278	0.2283	-0.0897
70	-0.439	-2.856	-5.388	0.9096	0.2493	-0.0306
80	0.427	-6.016	-5.302	0.9097	0.2493	-0.0306
90	1.441	-9.716	-5.200	0.9097	0.2493	-0.0306
100	-1.050	-0.638	-7.414	0.7274	0.2282	-0.0898
108	-0.962	-0.937	-8.172	0.6534	0.2057	-0.0782
109	-0.936	-0.967	-8.142	0.6421	0.2010	-0.0722
110	-0.899	-0.969	-7.882	0.6271	0.1977	-0.0658
118	-0.752	-0.510	1.131	0.3631	0.0326	0.0498
119	-0.772	-0.487	1.293	0.3520	0.0289	0.0563
120	-0.772	-0.454	1.349	0.3437	0.0235	0.0625
125	-0.692	-0.229	1.311	0.2935	0.0000	0.0778
128	-0.517	0.349	1.286	0.1822	0.0052	0.0765
129	-0.491	0.379	1.250	0.1731	0.0037	0.0714
130	-0.454	0.381	1.171	0.1611	0.0022	0.0656
140	-0.231	0.278	0.615	0.1083	0.0014	0.0424
150	-0.107	0.178	0.289	0.0534	0.0007	0.0198
160	-0.034	0.087	0.094	0.0532	0.0007	0.0197
170	0.000	-0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000

- **CASE 6 (SUS) W+P1:**

Node	DX mm.	DY mm.	DZ mm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
10	-0.594	-0.000	2.389	0.8210	0.2738	-0.0375
15	-0.594	-0.264	-0.000	0.8210	0.2738	-0.0168
23	-0.594	-0.226	-2.366	0.8210	0.2658	0.0273
30	-0.594	-0.144	-3.162	0.8210	0.2658	0.0273
40	-0.594	-0.019	-4.377	0.8210	0.2657	0.0273
50	-0.594	-0.000	-5.470	0.8210	0.2493	-0.0284
60	-0.594	-0.274	-6.522	0.7278	0.2283	-0.0861
70	0.224	-2.856	-5.470	0.9096	0.2493	-0.0284
80	1.090	-6.016	-5.470	0.9097	0.2493	-0.0284
90	2.103	-9.716	-5.470	0.9097	0.2493	-0.0284
100	-0.594	-0.611	-7.414	0.7274	0.2282	-0.0862
108	-0.594	-0.896	-8.172	0.6534	0.2057	-0.0742
109	-0.580	-0.930	-8.142	0.6421	0.2010	-0.0682
110	-0.550	-0.943	-7.882	0.6271	0.1977	-0.0617
118	-0.485	-0.943	1.131	0.3631	0.0326	0.0547
119	-0.512	-0.932	1.293	0.3520	0.0289	0.0612
120	-0.524	-0.901	1.349	0.3437	0.0235	0.0674
125	-0.524	-0.661	1.311	0.2935	0.0000	0.0826
128	-0.524	-0.052	1.286	0.1822	0.0052	0.0803
129	-0.509	-0.015	1.250	0.1731	0.0037	0.0748
130	-0.476	-0.001	1.171	0.1611	0.0022	0.0688
140	-0.243	-0.001	0.615	0.1083	0.0014	0.0445
150	-0.112	-0.000	0.289	0.0534	0.0007	0.0207
160	-0.036	-0.000	0.094	0.0532	0.0007	0.0206
170	0.000	-0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000

V.6.2. Contraintes calculées :

Le tableau suivant énumère les contraintes calculées aux nœuds. Ces valeurs ne doivent pas dépasser les valeurs admissibles de la norme utilisée (ASME B31.3)

Puits à PMS=99 Barg .

V.6.2.1. Liste des cas de charge statique pour cette analyse:

B31.3 Stresses : 6 (SUS) W+P1

- **B31.3 Stresses : 7 (EXP) L7=L2-L6**

V.6.2.2. Rapport des contraintes: Contraintes sur les éléments:

- CASE 6 (SUS) W+P1 :

Piping Code (1 of 1): B31.3 -2016, Jan 31, 2017

The SLP column shows the longitudinal pressure stress.

Stresses Evaluation CHECK PASSED : LOADCASE 6 (SUS) W+P1

Highest Stresses: (KPa)

- Ratio (%): 16.1 @Node 50
- Code: 33328.8 Allowable: 206842.7
- SLP 161.8 @Node 10
- F/A 398.5 @Node 170
- Bending 33213.1 @Node 50
- Torsion 9778.2 @Node 109
- SIF/Index In-Plane 1.2 @Node 70
- SIF/Index Out-Plane 1.2 @Node 70
- SIF/Index Torsion 1.0 @Node 10
- SIF/Index Axial 1.0 @Node 10

Tableau V,4.: Résultat de contraintes

Node	SLP KPa	F/A KPa	Bending KPa	Torsion KPa	SIF/Index In-Plane	SIF/Index Out- Plane	SIF/Index Torsion	SIF/Index Axial	Code KPa	Allowable KPa	Ratio %
10	161.8	-0.0	0.0	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	161.8	206842.7	0.1
15	161.8	0.0	4701.3	-0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	4863.0	206842.7	2.4
15	161.8	-0.0	4701.3	-0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	4863.0	206842.7	2.4
23	161.8	0.0	6095.5	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	6257.3	206842.7	3.0
23											
30											

40	161.8	-0.0	9540.3	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	9702.1	206842.7	4.7
50	161.8	-0.0	23402.9	-0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	23564.6	206842.7	11.4
50	161.8	-0.0	23402.9	9753.5	1.000	1.000	1.000	1.000	30591.0	206842.7	14.8
60	161.8	-0.0	10109.0	-9753.5	1.000	1.000	1.000	1.000	22045.6	206842.7	10.7
50	115.7	-0.0	33213.1	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	33328.8	206842.7	16.1
70	115.7	-0.0	20931.5	-0.0	1.221	1.221	1.000	1.000	21047.2	206842.7	10.2
70											
80											
80											
90											
60											
100											
100	161.8	-0.0	7359.5	9753.5	1.000	1.000	1.000	1.000	20906.7	206842.7	10.1
108	161.8	-0.0	10491.6	-9753.5	1.000	1.000	1.000	1.000	22226.4	206842.7	10.7
108	161.8	-0.0	10491.6	9753.5	1.000	1.000	1.000	1.000	22226.4	206842.7	10.7
109	161.8	-105.6	10800.9	-9778.2	1.000	1.000	1.000	1.000	22368.0	206842.7	10.8
109	161.8	-105.6	10800.9	9778.2	1.000	1.000	1.000	1.000	22368.0	206842.7	10.8
110	161.8	-143.1	20759.0	-4123.7	1.000	1.000	1.000	1.000	22354.7	206842.7	10.8

110	161.8	-143.1	20759.0	4123.7	1.000	1.000	1.000	1.000	22354.7	206842.7	10.8
118	161.8	76.3	16552.5	-4123.7	1.000	1.000	1.000	1.000	18706.7	206842.7	9.0
118	161.8	76.3	16552.5	4123.7	1.000	1.000	1.000	1.000	18706.7	206842.7	9.0
119	161.8	58.4	8652.7	-8101.0	1.000	1.000	1.000	1.000	18472.5	206842.7	8.9
119	161.8	58.4	8652.7	8101.0	1.000	1.000	1.000	1.000	18472.5	206842.7	8.9
120	161.8	-0.0	10987.8	-7284.2	1.000	1.000	1.000	1.000	18345.4	206842.7	8.9
120	161.8	-0.0	10987.8	7284.2	1.000	1.000	1.000	1.000	18345.4	206842.7	8.9
125	161.8	-0.0	10108.4	-7284.2	1.000	1.000	1.000	1.000	17824.5	206842.7	8.6
125	161.8	-0.0	4524.9	7284.2	1.000	1.000	1.000	1.000	15303.7	206842.7	7.4
128	161.8	-0.0	5859.0	-7284.2	1.000	1.000	1.000	1.000	15763.5	206842.7	7.6
128	161.8	-0.0	5859.0	7284.2	1.000	1.000	1.000	1.000	15763.5	206842.7	7.6
129	161.8	-153.1	12395.6	-5124.1	1.000	1.000	1.000	1.000	16090.0	206842.7	7.8

129	161.8	-153.1	12395.6	5124.1	1.000	1.000	1.000	1.000	16090.0	206842.7	7.8
130	161.8	-222.7	16342.5	86.4	1.000	1.000	1.000	1.000	16404.4	206842.7	7.9
130	161.8	-222.7	16342.5	-86.4	1.000	1.000	1.000	1.000	16404.4	206842.7	7.9
140	161.8	-271.8	17276.1	86.4	1.000	1.000	1.000	1.000	17387.0	206842.7	8.4
140	161.8	-271.8	17276.1	-86.4	1.000	1.000	1.000	1.000	17387.0	206842.7	8.4
150	161.8	-319.6	18196.3	86.4	1.000	1.000	1.000	1.000	18354.9	206842.7	8.9
150											
160											
160	161.8	-357.0	19042.0	-86.4	1.000	1.000	1.000	1.000	19238.0	206842.7	9.3
170	161.8	-398.5	19854.8	86.4	1.000	1.000	1.000	1.000	20092.4	206842.7	9.7

- **CASE 7 (EXP) L7=L2-L6:**

Piping Code (1 of 1): B31.3 -2016, Jan 31, 2017

The SLP column shows the longitudinal pressure stress.

Stresses Evaluation CHECK PASSED : LOADCASE 7 (EXP) L7=L2-L6

Highest Stresses: (KPa)

- **Ratio (%) :** 0.1 @Node 50
- **Code:** 387.0 **Allowable:** 314146.8
- **F/A** 3.1 @Node 110
- **Bending** 387.0 @Node 50
- **Torsion** 0.0 @Node 120
- **SIF/Index In-Plane** 1.6 @Node 70
- **SIF/Index Out-Plane** 1.6 @Node 70
- **SIF/Index Torsion** 1.0 @Node 10

Node	SLP KPa	F/A KPa	Bending KPa	Torsion KPa	SIF/Index In-Plane	SIF/Index Out-Plane	SIF/Index Torsion	SIF/Index Axial	Code KPa	Allowable KPa	Ratio %
10		-0.0	0.0	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	0.0	344576.1	0.0
15		-0.0	115.4	-0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	115.4	339874.8	0.0
15		0.0	115.4	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	115.4	339874.8	0.0
23		0.0	230.8	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	230.8	338480.6	0.1
23											
30											
30											
40		-0.0	330.9	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	330.9	335035.8	0.1
50		-0.0	387.0	-0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	387.0	321173.2	0.1
50		-0.0	387.0	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	387.0	314146.8	0.1
60		-0.0	265.2	-0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	265.2	322692.2	0.1
50		0.0	0.0	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	0.0	311409.0	0.0
70		0.0	0.0	-0.0	1.628	1.628	1.000	1.628	0.0	323690.7	0.0
70											
80											
80											
90											
60											
100											
100		-0.0	157.0	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	157.0	323831.2	0.0
108		-0.0	60.4	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	60.4	322511.4	0.0
108		-0.0	61.4	-0.0	1.017	1.000	1.000	1.000	61.4	322511.4	0.0
109		-2.2	48.2	0.0	1.017	1.000	1.000	1.000	50.4	322369.8	0.0
109		-2.2	48.2	-0.0	1.017	1.000	1.000	1.000	50.4	322369.8	0.0
110		-3.1	42.7	0.0	1.017	1.000	1.000	1.000	45.8	322383.2	0.0
110		-3.1	42.0	-0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	45.1	322383.2	0.0

Node	SLP KPa	F/A KPa	Bending KPa	Torsion KPa	SIF/Index In-Plane	SIF/Index Out-Plane	SIF/Index Torsion	SIF/Index Axial	Code KPa	Allowable KPa	Ratio %
118		-3.1	42.0	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	45.1	326031.1	0.0
118		-3.1	42.7	-0.0	1.017	1.000	1.000	1.000	45.8	326031.1	0.0
119		-2.2	37.2	0.0	1.017	1.000	1.000	1.000	39.4	326265.3	0.0
119		-2.2	37.2	-0.0	1.017	1.000	1.000	1.000	39.4	326265.3	0.0
120		-0.0	24.0	0.0	1.017	1.000	1.000	1.000	24.0	326392.5	0.0
120		-0.0	23.6	-0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	23.6	326392.5	0.0
125		-0.0	64.3	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	64.3	326913.3	0.0
125		-0.0	64.3	-0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	64.3	329434.1	0.0
128		-0.0	259.0	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	259.0	328974.3	0.1
128		-0.0	263.4	-0.0	1.017	1.000	1.000	1.000	263.4	328974.3	0.1
129		2.2	276.7	0.0	1.017	1.000	1.000	1.000	278.8	328647.8	0.1
129		2.2	276.7	-0.0	1.017	1.000	1.000	1.000	278.8	328647.8	0.1
130		3.1	282.2	0.0	1.017	1.000	1.000	1.000	285.2	328333.5	0.1
130		3.1	277.4	-0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	280.5	328333.5	0.1
140		3.1	277.4	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	280.5	327350.8	0.1
140		3.1	277.4	-0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	280.5	327350.8	0.1
150		3.1	277.4	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	280.5	326382.9	0.1
150											
160											
160		3.1	277.4	-0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	280.5	325499.8	0.1
170		3.1	277.4	0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	280.5	324645.5	0.1

V.6.3. Charges sur les supports :**V.6.3.1. Liste des cas de charge statique pour cette analyse:**Global Element Forces : **1 (HYD) WW+HP**Global Element Forces : **2 (OPE) W+T1+P1**

- Global Element Forces : **6 (SUS) W+P1**

V.6.3.2. Rapport global sur les forces des éléments: Forces sur les éléments:

- **CASE 1 (HYD) WW+HP:**

Tableau V.5 : Charges sur supports

Node	FX N.	FY N.	FZ N.	MX N.m.	MY N.m.	MZ N.m.	Element Name
10	0	38	0	0	0	0	
15	-0	-20	-0	-0	-0	15	
15	0	20	9	0	0	-15	
23	0	-1	-9	0	-5	20	
23	0	1	9	0	5	-20	
30	0	62	-9	-0	-6	15	BALL_FLG_300
30	0	-62	9	0	6	-15	
40	-0	113	-9	-0	-8	-8	Valve
40	0	-113	9	0	8	8	
50	-0	122	-9	-0	-11	-37	
50	0	97	9	40	11	37	
60	-0	-88	-9	-40	-13	-13	
50	0	106	0	-40	0	0	
70	-0	-101	-0	21	-0	-0	
70	0	101	0	-21	0	0	
80	-0	-51	-0	6	-0	-0	
80	0	51	0	-6	0	0	
90	-0	-0	-0	-0	0	0	Valve
60	0	88	9	40	13	13	
100	0	-37	-9	-40	-15	0	

Node	FX N.	FY N.	FZ N.	MX N.m.	MY N.m.	MZ N.m.	Element Name
100	-0	37	9	40	15	-0	
108	0	-29	-9	-40	-17	7	
108	0	29	9	40	17	-7	
109	-0	-28	-9	-40	-17	8	
109	-0	28	9	40	17	-8	
110	0	-27	-9	-40	-17	8	
110	0	27	9	40	17	-8	
118	-0	11	-9	-31	-17	8	
118	0	-11	9	31	17	-8	
119	-0	12	-9	-30	-17	8	
119	-0	-12	9	30	17	-8	
120	0	13	-9	-30	-17	8	

120	0	-13	9	30	17	-8	
125	-0	20	-9	-30	-19	5	
125	0	-20	9	30	-4	-5	
128	-0	34	-9	-30	-0	-6	
128	-0	-34	9	30	0	6	
129	0	35	-9	-30	-0	-7	
129	0	-35	9	30	0	7	
130	-0	37	-9	-31	-0	-8	
130	0	-37	9	31	0	8	
140	-0	45	-9	-33	-0	-8	
140	0	-45	9	33	0	8	
150	-0	53	-9	-35	-0	-8	
150	0	-53	9	35	0	8	
160	-0	59	-9	-37	-0	-8	CONTRL_N OFLG_600

160	0	-59	9	37	0	8	
170	-0	66	-9	-38	-0	-8	

• CASE 2 (OPE) W+T1+P1:

Node	FX N.	FY N.	FZ N.	MX N.m.	MY N.m.	MZ N.m.	Element Name
10	0	29	0	0	0	0	
15	-0	-12	-0	-0	-0	10	
15	-0	12	10	-0	0	-10	
23	0	4	-10	0	-5	12	
23	0	-4	10	0	5	-12	
30	-0	73	-10	0	-7	6	BALL_FLG_300
30	0	-73	10	0	7	-6	
40	-0	124	-10	-0	-9	-20	Valve
40	0	-124	10	0	9	20	
50	-0	141	-10	-0	-12	-52	
50	0	143	10	44	12	52	
60	-0	-125	-10	-44	-14	-19	
50	0	117	0	-44	0	0	
70	-0	-109	-0	23	-0	-0	
70	0	109	0	-23	0	0	
80	-0	-55	-0	6	-0	-0	
80	0	55	0	-6	0	-0	
90	-0	0	-0	0	-0	0	Valve
60	0	125	10	44	14	19	
100	-0	-67	-10	-44	-16	3	
100	0	67	10	44	16	-3	
108	-0	-53	-10	-44	-18	15	

Node	FX N.	FY N.	FZ N.	MX N.m.	MY N.m.	MZ N.m.	Element Name
108	0	53	10	44	18	-15	
109	-0	-51	-10	-44	-18	16	
109	0	51	10	44	18	-16	
110	-0	-49	-10	-44	-19	17	
110	0	49	10	44	19	-17	
118	-0	24	-10	-33	-19	17	
118	0	-24	10	33	19	-17	
119	-0	26	-10	-33	-19	17	
119	0	-26	10	33	19	-17	
120	-0	28	-10	-33	-19	16	

120	0	-28	10	33	19	-16	
125	-0	41	-10	-33	-21	10	
125	0	-41	10	33	-4	-10	
128	-0	69	-10	-33	-0	-13	
128	0	-69	10	33	0	13	
129	-0	71	-10	-33	-0	-14	
129	0	-71	10	33	0	14	
130	-0	73	-10	-33	-0	-15	
130	0	-73	10	33	0	15	
140	-0	89	-10	-35	-0	-15	
140	0	-89	10	35	0	15	
150	-0	105	-10	-38	-0	-15	
150	0	-105	10	38	0	15	
160	-0	117	-10	-40	-0	-15	CONTRL_NOFLG_600
160	0	-117	10	40	0	15	
170	-0	131	-10	-42	-0	-15	

- CASE 6 (SUS) W+P1:

Node	FX N.	FY N.	FZ N.	MX N.m.	MY N.m.	MZ N.m.	Element Name
10	0	30	0	0	0	0	
15	0	-13	-0	-0	-0	11	
15	0	13	10	-0	0	-11	
23	0	4	-10	0	-5	13	
23	-0	-4	10	0	5	-13	
30	0	73	-10	0	-7	6	BALL_FLG_300
30	0	-73	10	0	7	-6	
40	-0	123	-10	-0	-9	-19	Valve
40	0	-123	10	0	9	19	
50	-0	140	-10	-0	-12	-51	
50	0	142	10	44	12	51	
60	-0	-124	-10	-44	-14	-18	
50	0	117	0	-44	0	0	
70	-0	-109	-0	23	-0	-0	
70	0	109	0	-23	0	0	
80	-0	-55	-0	6	-0	-0	
80	0	55	0	-6	0	0	
90	-0	0	0	-0	-0	0	Valve
60	0	124	10	44	14	18	
100	-0	-66	-10	-44	-16	3	
100	0	66	10	44	16	-3	
108	-0	-52	-10	-44	-18	15	
108	0	52	10	44	18	-15	
109	-0	-50	-10	-44	-18	16	
109	0	50	10	44	18	-16	
110	-0	-48	-10	-44	-19	17	

Node	FX N.	FY N.	FZ N.	MX N.m.	MY N.m.	MZ N.m.	Element Name
110	0	48	10	44	19	-17	
118	-0	25	-10	-33	-19	17	
118	0	-25	10	33	19	-17	
119	-0	27	-10	-33	-19	17	
119	0	-27	10	33	19	-17	
120	-0	30	-10	-33	-19	16	

120	0	-30	10	33	19	-16	
125	-0	42	-10	-33	-21	9	
125	0	-42	10	33	-4	-9	
128	-0	70	-10	-33	-0	-13	
128	0	-70	10	33	0	13	
129	-0	72	-10	-33	-0	-15	
129	0	-72	10	33	0	15	
130	-0	74	-10	-33	-0	-16	
130	0	-74	10	33	0	16	
140	-0	90	-10	-35	-0	-16	
140	0	-90	10	35	0	16	
150	-0	106	-10	-38	-0	-16	
150	0	-106	10	38	0	16	
160	-0	119	-10	-40	-0	-16	CONTRL_NOFLG_600
160	0	-119	10	40	0	16	
170	-0	133	-10	-42	-0	-16	

V.7. Conclusion :

Suite à l'optimisation du modelé et l'analyse des résultats sortis du logiciel de calcul, on constate que le cheminement considéré génère des contraintes et des déplacements acceptables.

Ainsi, le modèle analysé n'est pas très sollicité par les efforts engendrés aux différents points, ce qui confirme le bon dimensionnement de la tuyauterie et le bon choix de l'installation et du système de supportage.

Tous les calculs effectués montrent la conformité aux exigences des limites imposées par le standard ASME B31.3 en termes de contraintes.

CONCLUSION GENERALE :

Conclusion générale :

Au début de notre projet nous avons seulement une idée généralisée dans le domaine de la chaudronnerie et notamment de la tuyauterie, qui a été toujours très riche et vaste et très intéressante aussi. Notre travail qui a été présenté dans ce modeste mémoire nous a énormément permis d'élargir nos connaissances dans le domaine de la tuyauterie, Nous avons commencé par des calculs préliminaires et des connaissances vraiment insuffisantes de calculer les paramètres essentiels de notre projet, et faire leurs vérifications sur toute la gamme de réalisation en respectant et en satisfaisant toutes les conditions Normes et Codes agréés et les exigences imposées. En arrivant à la fin, de plus en plus on avance, notre idée généralisée devient bien détaillée et visionnaire et qui nous incite sans cesse de ne jamais abandonner. Et avant de mettre le point final nous espérons que nous étions sur la bonne voie et que ce travail plaise à ses lecteurs.

Bibliographie :

Bibliographie :

Code et norme :

- Code API 5L, code API RP 14E , code API 1104 ,
- norme ASME section IX
- ASME B31.4
- ASTM Pipeline Rules Of Thumb Handbook - Edition 1993 - E.W. MCALLISTER
- Règlement de sécurité algérien pour transport des hydrocarbures.

Livres :

- Technique de l'ingénieur
- Livre soudage (Eléments de conception et de réalisation) Deuxième édition R.Varisellaz
Cours « transport du pétrole et du gaz par canalisation » Dr BENMOUNAH AMAR
- Guide de mécanique de professeur JEAN-LOUIS FANCHON

Les mémoires :

- Mémoire fin d'étude « ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'UN GAZODUC DE LONGUEUR ILLIZI -DJANET »
- Mémoire fin d'étude « ETUDE D'UNE CANALISATION MULTI PRODUITS DE DIAMETRE 16 PUS SKIKDA_KHROUB de 105km »
- Mémoire fin d'étude « CALCUL THERMO_HYDRAULIQUE ET ETUDE DE STRESS DU GAZODUC GR5 SOUS CASARII »

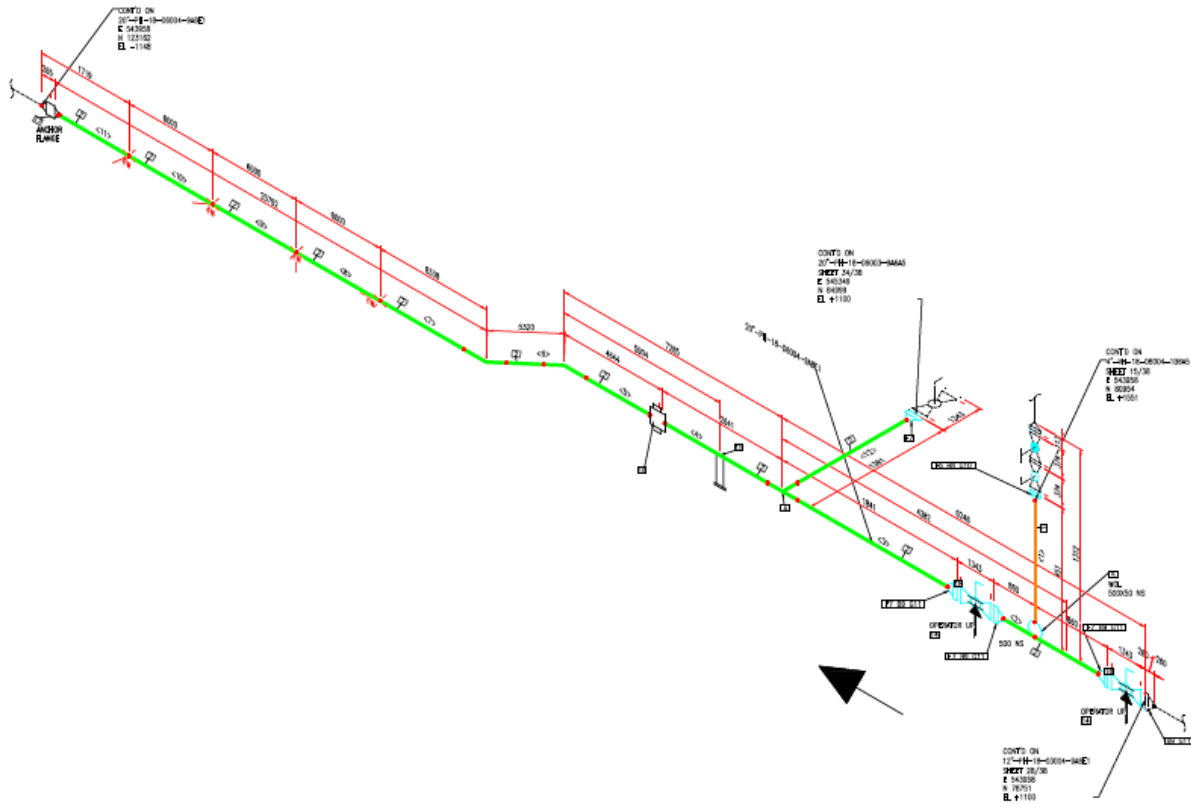
Les programmes que nous avons utilisés :

CASARII 2019 ; PIPE-SIM 2017 ; PIPE-PHASE ; PIPE-FLOW ; 3D PLENT ; PIPEDATA.

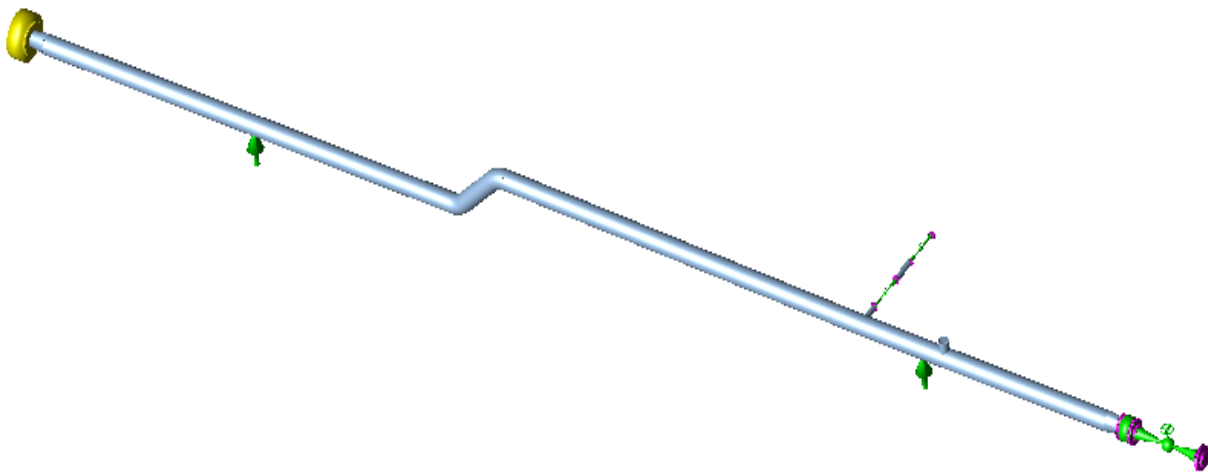
Les sites d'internet :

- [www.google books.com](http://www.google.com/books)
- www.springerlink.com
- <https://www.youtube.com/channel/UCCc1gjsjgBLUulhApQPpE7uQ>
- <https://downloadly.ir/>

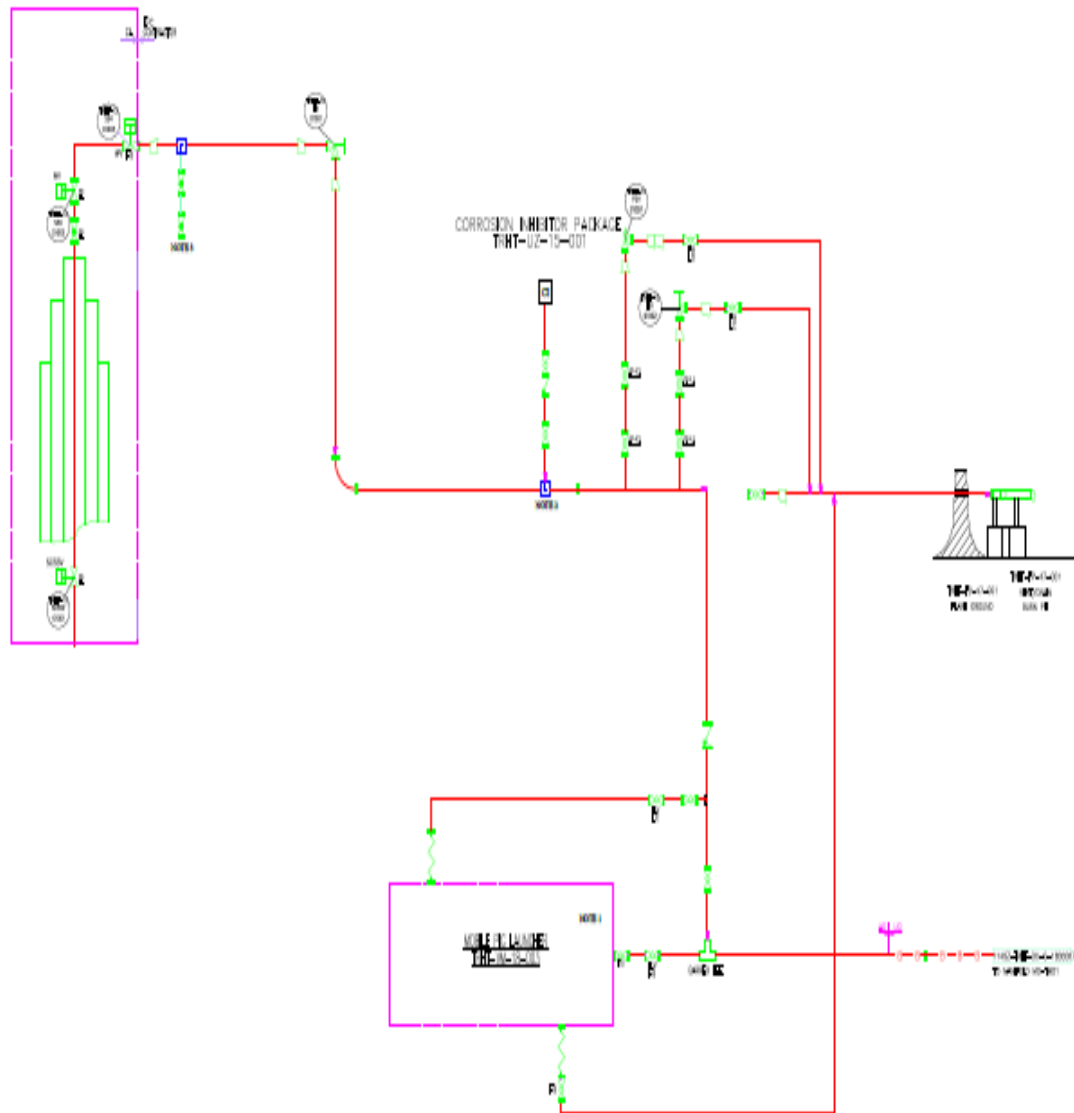
Annexes:



Plant isométrique 001



Modélisation par logiciel caesaeII



PROJET	
11462-TRHT-DA-C-1300030	LEVEE P.

REV.

1. CONCEPTION DE FICHIER DE LAYOUT
2. CORRECTION FICHIER AUTOM.
3. REVISION FICHIER POUR REALISATION

REV.	DATE	DESCRIPTION	ETABLI	VERIFIE	APPROUVE
0	17/11/2018	ESQUISSE POUR DESIGN	H.B.	M.A.	A.S.
1	11/09/2018	ESQUISSE POUR APPROBATION	H.B.	M.A.	A.S.
2	08/08/2018	ESQUISSE POUR APPROBATION	H.B.	M.A.	A.S.
3	25/06/2018	ESQUISSE POUR APPROBATION	H.B.	M.A.	A.S.

SONATRACH
ACTIVITE EXPLORATION ET PRODUCTION
DIVISION ENGINEERING & CONSTRUCTION

CONSTRUC
CORRECTION CANALISATION

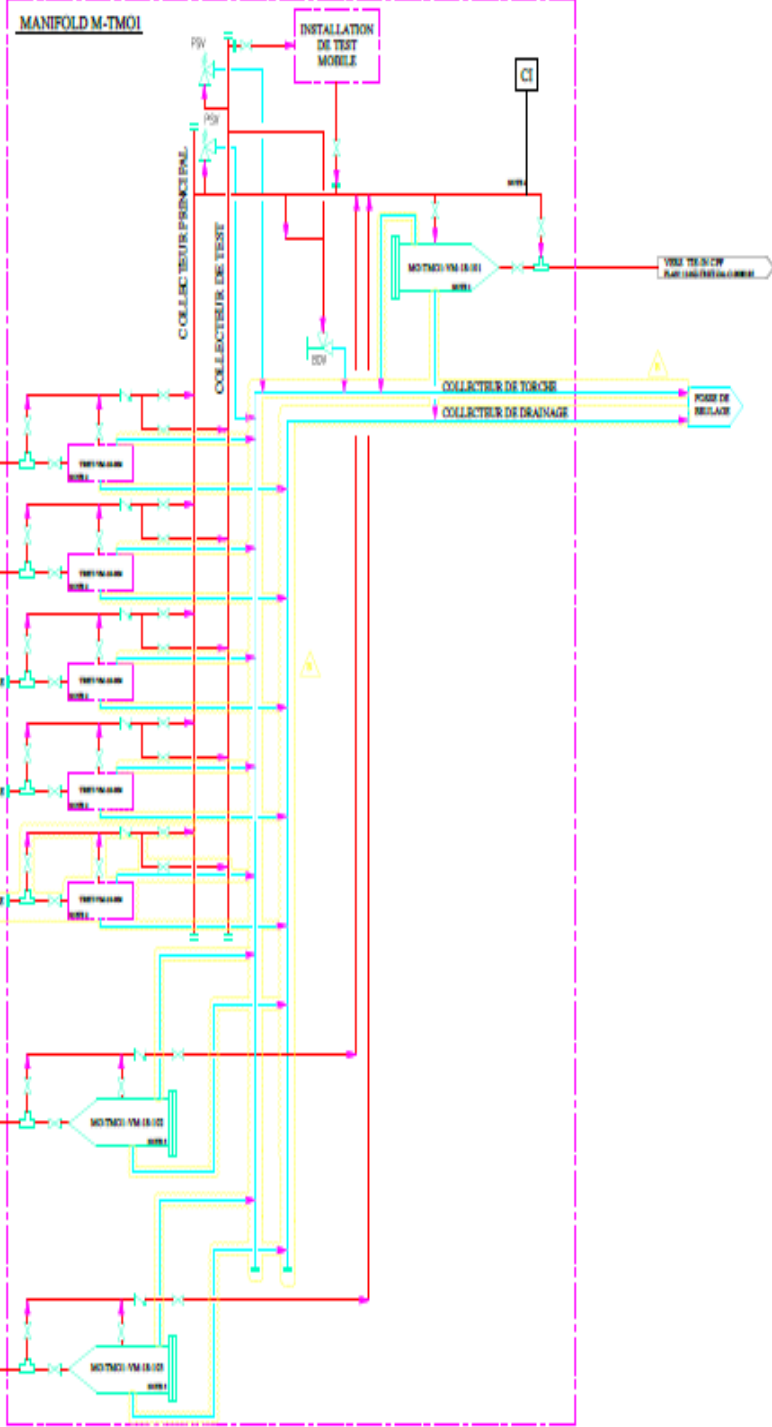
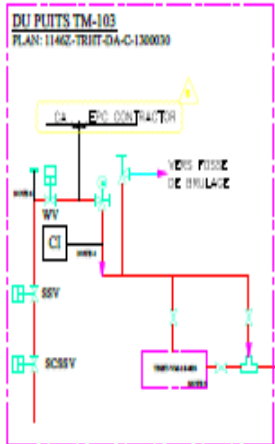
PCSAZ
PROJET EXPLORATION

Développement des Champs de TINHERT
Réalisation du réseau de collectes et Ouvrages
Concentrés des champs de OHANET (First Gas)

**SCHEMA DES FLUX PFD
DE RACCORDEMENT DU PUIT TM103**

Projet	Version	2 ^o de page	Date
A1	0	11462-TRHT-DA-C-1300030	0

TRHT-VM-16-003 GARE DE RACLEUR DE DEPART MOBILE
 TRHT-VM-16-004 GARE DE RACLEUR D'ARRIVEE MOBILE
 MO-TMO1-VM-102 GARE DE RACLEUR D'ARRIVEE FIXE
 MO-TMO1-VM-103 GARE DE RACLEUR D'ARRIVEE FIXE
 MO-TMO1-VM-101 GARE DE RACLEUR DE DEPART FIXE



- NOTES:**
1. CONNEXION POUR GARE DE RACLEUR DE DEPART FIXE.
 2. CONNEXION POUR GARE DE RACLEUR D'ARRIVEE MOBILE.
 3. CONNEXION POUR GARE DE RACLEUR DE DEPART MOBILE.
 4. APPLICATION D'ÉLÉMENTS DE COORDONNÉE.
 5. CONNEXION POUR GARE DE RACLEUR D'ARRIVEE FIXE.
 6. APPLICATION DE METRANVILLE ET DÉMARRAGE DU PUIT.
 7. POUR LA SYMBOLISATION VOIR LA LEGENDE PFD 1146Z-TRHT-DA-C-130000.
 8. POUR LE DETAIL DES PUIS VOIR LE PFD 1146Z-TRHT-DA-C-130000.

H	16-01-2019	DEMS POUR APPROBATION	H.D.	M.A.	A.F.
A	05-06-2018	DEMS POUR APPROBATION	LA	MM	A.F.
REV	DATE	DESCRIPTION	ÉLABÉ	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ

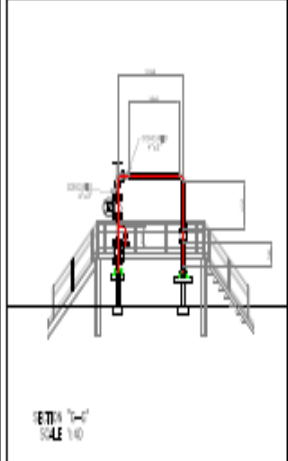
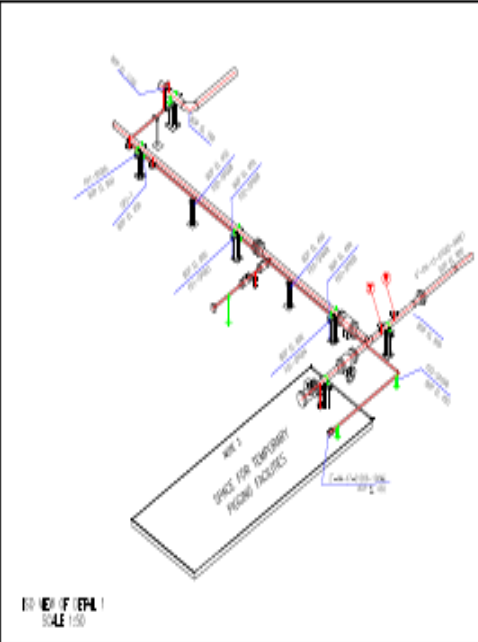
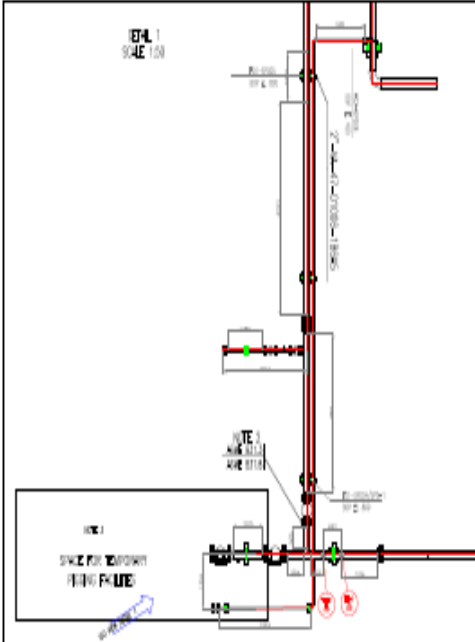
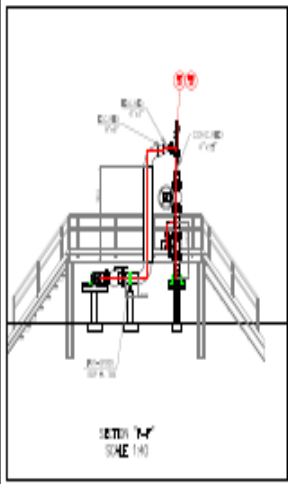
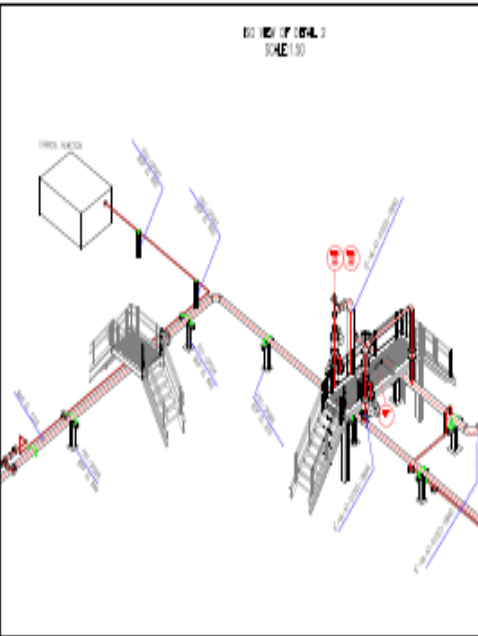
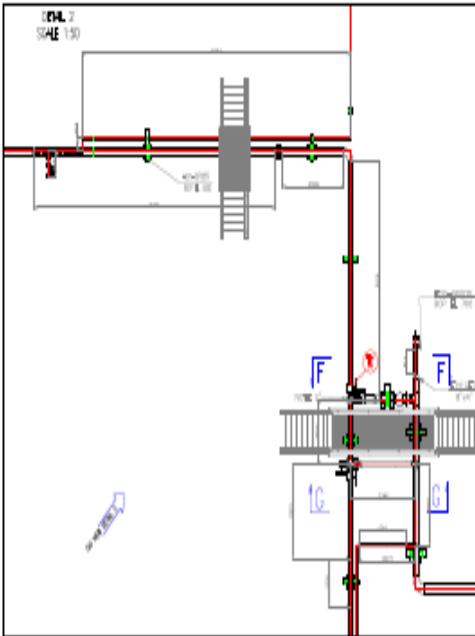
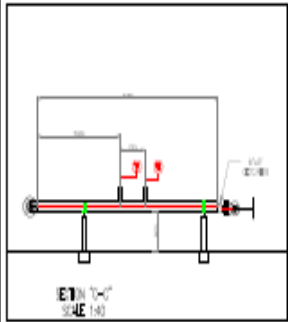
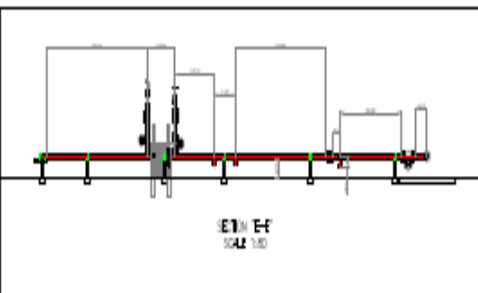
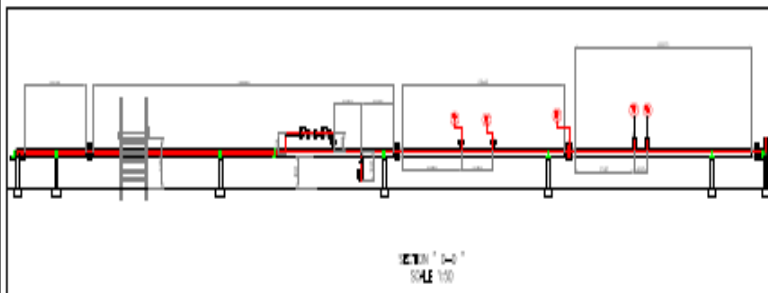
SONATRACH
 ACTIVITÉS EXPLORATION ET PRODUCTION
 DIVISION ENGINEERING & CONSTRUCTION

CONDOR CANALIZATIONS
 PEGAZ ENGINEERING

PROJET:
 Développement des Champs de TINRHERT
 Réalisation du réseau de collecte et Ouvrages
 Concentrés des champs de ORANET (First Gas)

TITRE:
 SCHEMA DES FLUX PFD
 POUR LE MANIFOLD M-TMO1

Forme	Article	N° de plan	1146Z-TRHT-DA-C-1300007	Échelle	1/1
A1					



REVISIONS

1	2024-01-15	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2024-01-15	1	1	1	1	1	1	1	1
3	2024-01-15	1	1	1	1	1	1	1	1
4	2024-01-15	1	1	1	1	1	1	1	1

REVISIONS

1. 2024-01-15 : 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

2. 2024-01-15 : 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

3. 2024-01-15 : 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

4. 2024-01-15 : 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

LEGEND

1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

2. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

3. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

4. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

5. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

1	2024-01-15	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2024-01-15	1	1	1	1	1	1	1	1
3	2024-01-15	1	1	1	1	1	1	1	1
4	2024-01-15	1	1	1	1	1	1	1	1

SONATRACH

ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

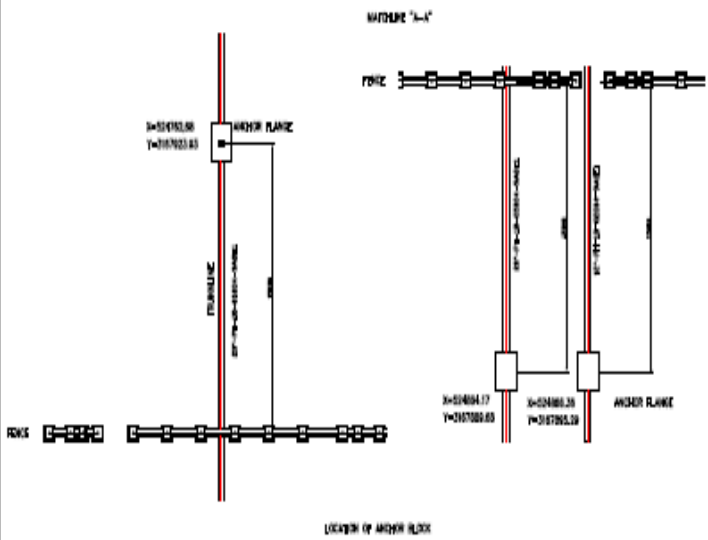
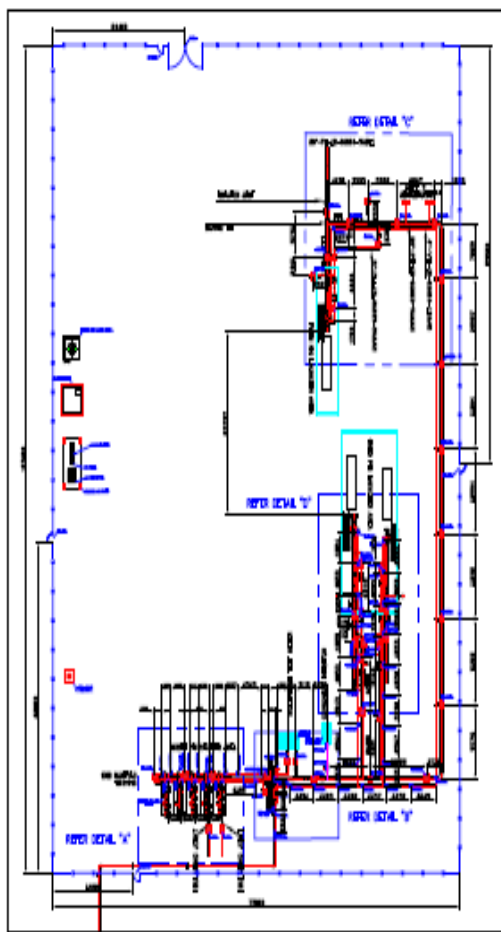
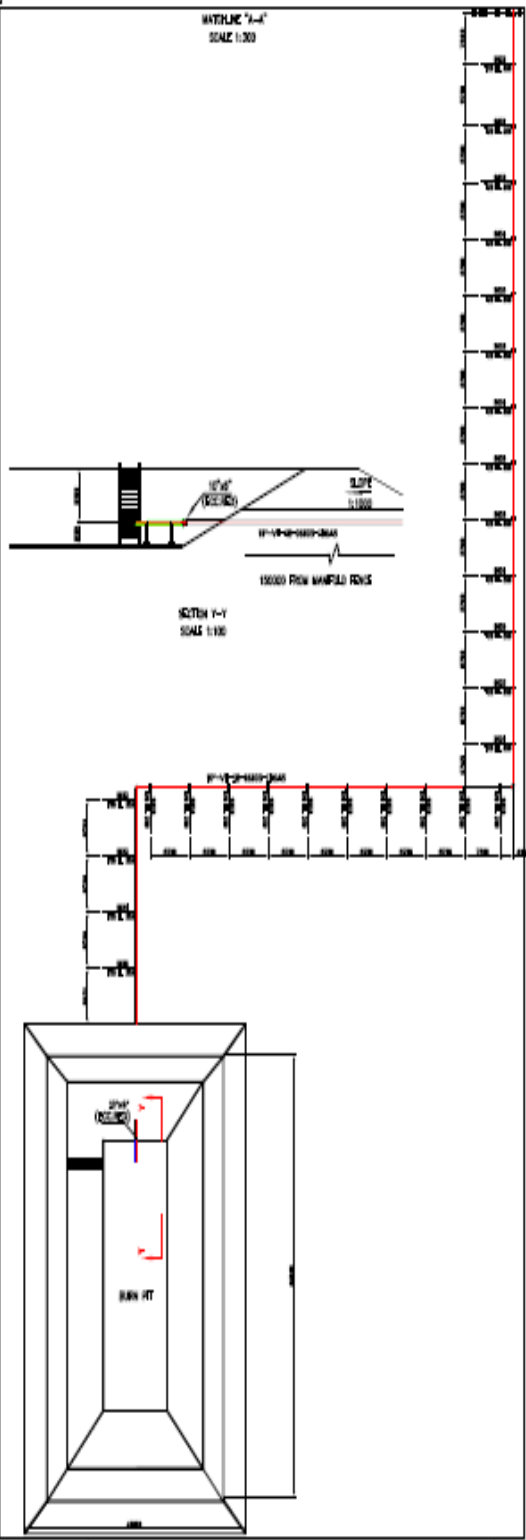
1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

2. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

3. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

4. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

5. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.



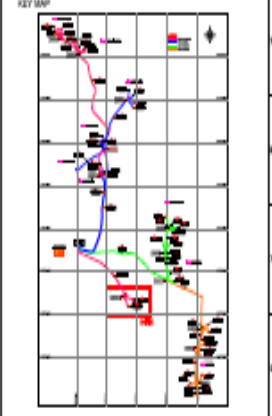
NOTES :

- 1- ALL DIMENSIONS ARE IN METERS.
- 2- ALL DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- 3- ALL DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- 4- ALL DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- 5- ALL DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- 6- ALL DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- 7- ALL DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- 8- ALL DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- 9- ALL DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
- 10- ALL DIMENSIONS ARE TO CENTER UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.

REFERENCE DRAWINGS :

- 1- DRAWING NO. 1-10000 FOR THE APPROVED DESIGN FOR THE WATER TANK.
- 2- DRAWING NO. 1-10000 FOR THE APPROVED DESIGN FOR THE WATER TANK.
- 3- DRAWING NO. 1-10000 FOR THE APPROVED DESIGN FOR THE WATER TANK.

- LEGEND :**
- PIPE CUT
 - (DIMENSION) PIPING
 - PIPE SUPPORT TYPE BASIC
 - PIPE SUPPORT TYPE CLAMP
 - TOP OF TANK
 - BOTTOM OF PIPE
 - LEVEL OF PIPE
 - WATER PIPE



1	APPROVED	DESIGN APPROVED	LA	SA	AS
2	APPROVED	DESIGN APPROVED	LA	SA	AS
3	APPROVED	DESIGN APPROVED	LA	SA	AS
4	APPROVED	DESIGN APPROVED	LA	SA	AS

SONATRACH
ACTIVITE OILIERE ET PÉTROLIERE
HYDRO-CARBONES & SERVICES

CONCEPT
DESIGN CONSULTING

PROJET : Développement des Champs de TERRAZZET
Réalisation de plans de réseau et ouvrages
Contrôle des champs de TERRAZZET (2014-2015)

**PLAN D'AMÉNAGEMENT DE LA TOUTE/ROUTE MAROULI
NO-TROLL SHEET 1/20**

Project Sheet No. 1 of 1
SNAZ-TRIT-05-7-400000

