



**MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES**

*Pour l'Obtention du*

**Diplôme d'Ingénieur d'état**

Spécialité : Conception Mécanique et Innovation

**Etude et conception de la station de  
compression Di Ammonium Phosphate  
lines 107D**

*Présenté par :*

**AYYOUB EL HRACH**

*Encadré par :*

- **Pr. YOUSSEF EL AOUNI (FST Fès)**
- **Mr. AZZEDDINE HARKATI (OPTIM TECHNIQUE)**

*Effectué à : OPTIM TECHNIQUE*

*Soutenu le : 19/07/2022*

**Le jury :**

- **Pr.El aouni Youssef, (FST FES)**
- **Pr.Jabri Abdelouahhab, (FST FES)**
- **Pr.Garziad Mouad, (FST FES)**

**Année Universitaire : 2021-2022**

## Mémoire Projet de Fin d'Etudes

### Dédicace

*Nous dédions cet humble travail...*

***À mes chers parents : Nezha et Idriss,***

*Aucune expression, aussi élaborée qu'elle soit, ne pourrait traduire ma profonde gratitude et notre reconnaissance pour toutes ces années, tant de sacrifices et de dévouement. Vous êtes symbole de bonté, de courage et de responsabilité. Vos prières, vos bénédictions, votre sacrifice étaient pour nous le principal support pour que nous puissions arriver à notre but.*

*Veillez trouver dans ce travail le témoignage de notre éternelle reconnaissance et notre amour indéfectible. Que Dieu vous garde, vous comble de santé, et vous accorde longue vie.*

***Mes chers frère et sœurs,***

*Que ce travail soit pour vous la preuve de mon attachement au symbole de la compassion que vous présentez pour moi. Veillez trouver ici l'expression de mes nobles sentiments. Je vous souhaite beaucoup de bonheur et de réussite.*

***À tous mes amis,***

*Vos affections et vos encouragements ont toujours été pour moi les plus précieux. Je vous souhaite beaucoup de bonheur et de réussite. Aux personnes spéciales et pour tous les moments inoubliables que j'ai passé avec vous, pour l'encouragement et le soutien que vous m'avez offert. Je vous dis MERCI.*

*Ayyoub.*

## Mémoire Projet de Fin d'Etudes

### REMERCIEMENT

La réalisation de ce Projet de Fin d'Etudes a été possible grâce à la contribution de plusieurs personnes à qui je voudrais adresser toute ma reconnaissance.

Je voudrais d'abord adresser toute ma gratitude à M. Mustapha IJJAALI, le doyen de la FST, ainsi que tout le corps administratif et professoral pour leurs efforts considérables afin d'assurer la qualité de notre formation.

Je désire aussi remercier M. le directeur de OPTIM TECHNIQUE, de m'avoir accueilli comme stagiaire au sein de son entreprise.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers mon encadrant industriel M. AZZEDDINE HARKATI, ainsi que mon encadrant pédagogique Pr. YOUSSEF EL AOUNI, pour leur patience, leur soutien, leur disponibilité et surtout leurs judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Un grand Merci à M. AZZEDDINE HABIBALAH, un directeur technique au sein de l'entreprise, pour son soutien, ses conseils, sa gentillesse qui ont grandement facilité mon travail.

Enfin, je tiens à remercier chaleureusement l'ensemble de personnels du département technique de OPTIM TECHNIQUE pour m'avoir accueilli parmi eux et permis de réaliser ce stage dans les meilleures conditions.

### RÉSUMÉ

Dans le but d'installation de tuyauterie, de transmettre un fluide sans perdu ses propriétaires, OPTIM TECHNIQUE cherche à la mise en place de projets d'installation de tuyauterie. C'est dans cette optique que OPTIM TECHNIQUE me a confié ce projet de fin d'études intitulé : Etude et conception de la station de compression DAP lines 107D ».

Installation du ligne DAP, dont la première partie consiste à suivre le processus d'installation du pipeline et la deuxième partie consiste à vérifier la flexibilité du pipeline là où des supports existent, est un projet qui nécessite des acquis énormes et un savoir-faire. Pour la mise en œuvre de cette installation, j'ai choisi d'utiliser la méthode de la société pour traiter ce sujet.

Mon étude s'est basée sur l'exécution de la démarche d'installation et en général sur l'installation d'air comprime de la ligne DAP. Ensuite, et après avoir pu exécuter les étapes existantes avant la mise en réalisation, j'ai pu déterminer la sécurité de l'installation après l'étude de la flexibilité du pipeline là où des supports existent afin d'élaborer un plan d'action. Ce dernier vise la mise en réalisation de l'installation. Ensuite, Je dois suivre la mise en œuvre jusqu'à ce que le test recommandé par le client soit satisfait. Enfin, j'ai une mission d'un dimensionnement du réservoir de  $0.5m^3$  selon la norme ASME et sa vérification sous le logiciel SolidWorks, en suite proposer une solution acceptable pour sécuriser le dimensionnement.

## Mémoire Projet de Fin d'Etudes

### ABSTRACT

In order to install pipelines to transport liquids without losing their properties, OPTIM TECHNIQUE tried to create pipeline installation projects. Against this background, OPTIM TECHNIQUE entrusted me with this final project entitled "Optimization of semi-finished products by improving SAP services".

The installation of DAP pipeline, the first part is to follow the pipeline installation process and the second part is to check the flexibility of the pipeline with support, it is a project that requires a lot of skills and expertise. For this installation, I chose the GMGRT method.

My research is based on performing the installation process and installing compressed air typically from a DAP line. Then, after being able to complete the existing pre-implementation steps, I was able to determine the safety of the installation after examining the flexibility of the pipeline to support the development of an action plan. The latter is intended to implement the installation. Then I have to track the implementation until the test recommended by the client is met. Finally, I made a sizing of the tank of  $0.5m^3$  according to the ASME standard and its verification under the SolidWorks software.

### LISTE DES ABRÉVIATIONS

BFD: Bloc Flow Diagram

PID: Piping Instrument Diagram

MTO: Materials Take Of

ASME: American Society of Mechanical Engineers

BD2 : service instrument air

QQOQCP : Qui ; Quoi ; Où ; Quand ; Comment ; Pourquoi

BB1: service plant air

DAP: DiAmmonium Phosphate

DWG: DraWinG

NDT: No Destruction Test

PMS: Piping Matériel Specification

SS: Stainless Steel

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Automatisation industrielle et instrumentation .....	13
Figure 2. Electricité Industrielle .....	13
Figure 3. Installation de réseaux air comprimé .....	14
Figure 4. Evolution de la société .....	15
Figure 5. Organigramme d'OPTIM TECHNIQUE .....	17
Figure 6. Composants d'une unité de production d'air comprimé .....	20
Figure 7. Méthodologie de travail de la société .....	21
Figure 8. Modélisations 2D et 3D .....	21
Figure 9. Isométrie .....	23
Figure 10. Opération du creusage .....	23
Figure 11. Montage avec boulonnage .....	24
Figure 12. Montage avec soudage .....	24
Figure 13. Montage avec système d'airnet .....	24
Figure 14. Système de supportage .....	24
Figure 15. Test ultrasons .....	25
Figure 16. Test radiographie .....	25
Figure 17. Test du ressuage .....	26
Figure 18. BFD de la centrale d'air comprimé .....	27
Figure 19. PID de la centrale d'air comprimé .....	28
Figure 20. Modélisation 3D et 2D de la centrale d'air comprimé .....	28
Figure 21. Modélisation du pipeline sur CAESAR 2 .....	30
Figure 22. Simulation avec l'écoulement du fluide par CAESAR 2 .....	30
Figure 23. Modélisation du pipeline par CAESAR 2 .....	30
Figure 24. Déplacement maximal dx .....	31
Figure 25. Déplacement maximal dy .....	31
Figure 26. Déplacement maximal dz .....	31
Figure 27. Contrainte du code maximale .....	31
Figure 28. Modélisation du pipeline par CAESAR .....	32
Figure 29. Simulation d'écoulement du fluide par CAESAR .....	32
Figure 30. Déplacement maximal dx .....	32
Figure 31. Déplacement maximal dy .....	32
Figure 32. Déplacement maximal dz .....	32

Figure 33.Contrainte du code maximale .....	33
Figure 34.Modélisation du pipeline par CAESAR.....	33
Figure 35.Simulation d'écoulement du fluide par CAESAR.....	33
Figure 36.Déplacement maximal dx .....	34
Figure 37.Déplacement maximal dy .....	34
Figure 38.Déplacement maximal dz.....	34
Figure 39.Contrainte du code maximale .....	34
Figure 40.Modélisation du pipeline par CAESAR 2.....	35
Figure 41.Simulation d'écoulement du fluide par CAESAR 2.....	35
Figure 42.Déplacement maximal dx .....	35
Figure 43.Déplacement maximal dz.....	35
Figure 44.Déplacement maximal dy .....	35
Figure 45.Contrainte du code maximale .....	36
Figure 46.Modélisation du pipeline par CAESAR 2.....	36
Figure 47.Simulation d'écoulement du fluide par CAESAR 2.....	36
Figure 48.Déplacement maximal dx .....	37
Figure 49.Déplacement maximal dz.....	37
Figure 50.Déplacement maximal dy .....	37
Figure 51.Contrainte du code maximale .....	37
Figure 52.Planification avec méthode PERT .....	40
Figure 53.Planification sous logiciel Ganttproject.....	40
Figure 54.Chemin critique sous logiciel Ganttproject. ....	41
Figure 55.Modélisation du réservoir sous SolidWorks .....	46
Figure 56.Réaction de fixation du réservoir .....	46
Figure 57.Modélisation de la température appliquée au réservoir .....	47
Figure 58.Modélisation de la pression au réservoir .....	47
Figure 59.Maillage du réservoir .....	47
Figure 60.Contrainte de van mises .....	48
Figure 61.Simulation de la déformation du réservoir.....	48
Figure 62.Simulation du déplacement du réservoir .....	49
Figure 63..Maillage du réservoir .....	50
Figure 64.contrainte de van mises .....	50
Figure 65.Simulation de la déformation du réservoir.....	51
Figure 66.Simulation du déplacement du réservoir .....	51



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.Fiche signalétique d'OPTIM TECHNIQUE.....	16
Tableau 2.L'analyse QQQQCP .....	19
Tableau 3.Dimensions du local .....	22
Tableau 4. . Déplacement maximal du pipeline .....	31
Tableau 5.Etude de la contrainte du code.....	31
Tableau 6.Déplacement maximal du pipeline .....	32
Tableau 7.Etude de la contrainte du code.....	33
Tableau 8.Déplacement maximal du pipeline .....	34
Tableau 9.Etude de la contrainte du code.....	34
Tableau 10.Déplacement maximal du pipeline .....	35
Tableau 11.Etude de la contrainte du code.....	36
Tableau 12.Déplacement maximal du pipeline .....	37
Tableau 13.Etude de la contrainte du code.....	37
Tableau 14.MTO .....	38
Tableau 15.Planification avec méthode PERT.....	39

## LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : isométries de la centrale d'air comprimé.....	55
ANNEXE 2 : contrainte du matériau Acier Inoxydable 304 selon la norme ASME .....	66
ANNEXE 3 : Renforcement de la vérole selon la norme ASME. ....	66
ANNEXE 4 : Catalogue du PMS. ....	67

## TABLE DES MATIÈRES

<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE .....</b>	<b>12</b>
<b>CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL .....</b>	<b>13</b>
<b>1.Introduction .....</b>	<b>13</b>
<b>2.Présentation du OPTIM TECHNIQUE : .....</b>	<b>13</b>
<b>4.Evolution de la société : .....</b>	<b>15</b>
<b>5.Clients et fournisseurs de la société :.....</b>	<b>15</b>
<b>6.Fiche signalétique d'OPTIM TECHNIQUE .....</b>	<b>16</b>
<b>7.Organigramme de la société.....</b>	<b>17</b>
<b>CHAPITRE II : CONTEXTE DU PROJET, APPROCHE ET MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>18</b>
<b>1.INTRODUCTION.....</b>	<b>18</b>
<b>2.CONTEXTE DU PROJET.....</b>	<b>18</b>
2.1. La problématique : .....	18
2.2. Définition du problème .....	19
2.3. Secteurs d'utilisations : .....	20
<b>3.APPROCHE ET MÉTHODOLOGIE : .....</b>	<b>20</b>
3.1. La démarche à suivre : .....	20
3.2. Génération BFD : .....	21
3.3. Génération PID : .....	21
3.4. Modélisations 2D et 3D : .....	21
3.5. Etude la flexibilité de la tuyauterie sur le logiciel CAESAR .....	22
3.6. Génération du MTO : .....	22
3.7. Génération l'ISOMÉTRIE .....	22
3.8. Réalisation sur le plan du chantier : .....	23
3.9. Vérification Les Dommages Sans Dommages : Essais Non Destructifs Pour Les Tuyaux En Acier Inoxydable (tous les tests sont exigé par les clients) : .....	25
<b>Outils de travail : .....</b>	<b>26</b>
<b>CHAPITRE III : MISE EN APPLICATION LA DEMARCHE SUR DE DAP LIGNES 107D/E/F ET CONCEPTION DU RÉSERVOIR.....</b>	<b>27</b>
<b>1.Mise en application la démarche sur DAP lignes 107D/E/F .....</b>	<b>27</b>
1.1. Génération du BFD de la centrale : .....	27
1.2. Génération du PID de la centrale : .....	27
1.3. Modalisation 2D et 3D .....	28

## Mémoire Projet de Fin d'Etudes

1.4. Etude de flexibilité des tuyaux :	29
1.5. Génération des isométries d'installation :	38
1.6. Génération MTO :	38
1.7. Planification :	39
<b>2. Conception du réservoir selon la norme ASME sec 8 et sa vérification avec simulation sur SolidWorks :</b>	<b>42</b>
2.1. Définition de la norme ASME sec 8.....	42
2.2. Conception sur le logiciel de SolidWorks.....	46
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>53</b>
<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>54</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>55</b>

## Mémoire Projet de Fin d'Etudes

### INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans mon période du stage J'ai concerné à travailler sur deux sujets, installation de la station de compression DAP lines 107D comme sujet principal, et comme sujet secondaire la conception d'un réservoir selon la norme ASME.

Le première chapitre il vas être sur la définition d'accueil de la société qui donne domaine et secteurs du travail de la société, évolution de la société depuis sa création, l'organigramme, fiche signalétique, clients et fournisseurs de la société.

En suite j'ai cité dans le deuxième chapitre la définition de la démarche de la société pour faire une installation de tuyauterie, et définition la problématique et contexte de mon projet, installation de la centrale d'air comprimé et la conception du réservoir selon la norme ASME.

Finalement j'ai fini mon rapport par un chapitre d'application de la démarche pour réaliser la centrale d'air comprimé et sa planification, puis la conception d'un réservoir selon la norme ASME et sa conception sur le logiciel SolidWorks.

## CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL

### 1.Introduction :

Ce chapitre sera consacré à la présentation de l'organisme d'accueil et ses activités, son organigramme, fiche signalétique, clients et

### 2.Présentation du OPTIM TECHNIQUE :

OPTIM TECHNIQUE est une société de forme juridique société à responsabilité limitée créée le 2013, et il est une entreprise à forte croissance sur un marché mature. Toujours en avance dans ses développements et spécialisée dans l'ingénierie, les études et la réalisation des projets clés en main dans plusieurs domaines, à savoir :

- Automatisation des procédés industriels (systèmes de contrôle commande) ;
- Electricité industrielle MT/BT et mise en armoire ;
- Installation fluides (tuyauterie industrielle : air, eau vapeur, incendie ...) ;
- Audit énergétique ;
- Air comprimé ;

### 3.Les principaux secteurs de OPTIM TECHNIQUE :

#### Automatisme industriel et instrumentation

Des études de la conception à la simulation, de la réalisation à la mise en service et à la maintenance, OPTIM TECHNIQUE propose des solutions novatrices automatisées qui intègrent robotique et informatique industrielle. Avec intégration d'automates programmables, de systèmes numériques de conduites centralisées.



Figure 1. Automatisme industriel et instrumentation

#### Electricité Industrielle

De l'étude à la réalisation des projets en Electricité industrielle :

- Réalisation et câblage des armoires électriques dans leur ateliers.
- Réalisation et équipement des tableaux généraux basse tension (TGBT).



Figure 2. Electricité Industrielle

Nous nous chargeons de la pose des chemins de câble, des passages de câbles, des raccordements aux API/capteurs/actionneurs.

### Plomberie

OPTIM TECHNIQUE réalise des travaux de plomberie sur sites industriels et tertiaires.

- Distribution et installation de réseaux air comprimé, d'eau froide, eau chaude et gaz
- Conception, réalisation, tube inox, tube galvanisé, tube aluminium, serti ou soudé, PPR, PVC,
- PER (polyéthylène réticulé) ;
- Installation des équipements ;
- Canalisation eau usée, eau vanne, eau pluviale ;
- Chauffe-eau solaire ;



Figure 3. installation de réseaux air comprimé

### Air comprimé, vide industriel, production d'azote ou d'oxygène

- Etudier, concevoir, réaliser et maintenir les installations d'air comprimé :
- Dimensionnement des compresseurs, sécheurs, réservoirs et réseaux d'air comprimé
- Aménagement et réaménagement des locaux de production d'air comprimée
- Audit des installations existantes
- Réalisation de réseaux d'alimentation de vos postes de travail : tuyauteries et accessoires de distribution
- Les solutions que nous pouvons optimiser en réponse à vos besoins, dans le respect de la réglementation en vigueur et l'application de référentiels contractuels
- Etudier, concevoir, réaliser et maintenir des dispositifs de protection incendie :
- Détection incendie
- Réseaux RIA, installations sprinklers
- Robinet d'incendie armé RIA / Poteau incendie
- Réseau d'extinction par gaz inerte

#### 4. Evolution de la société :

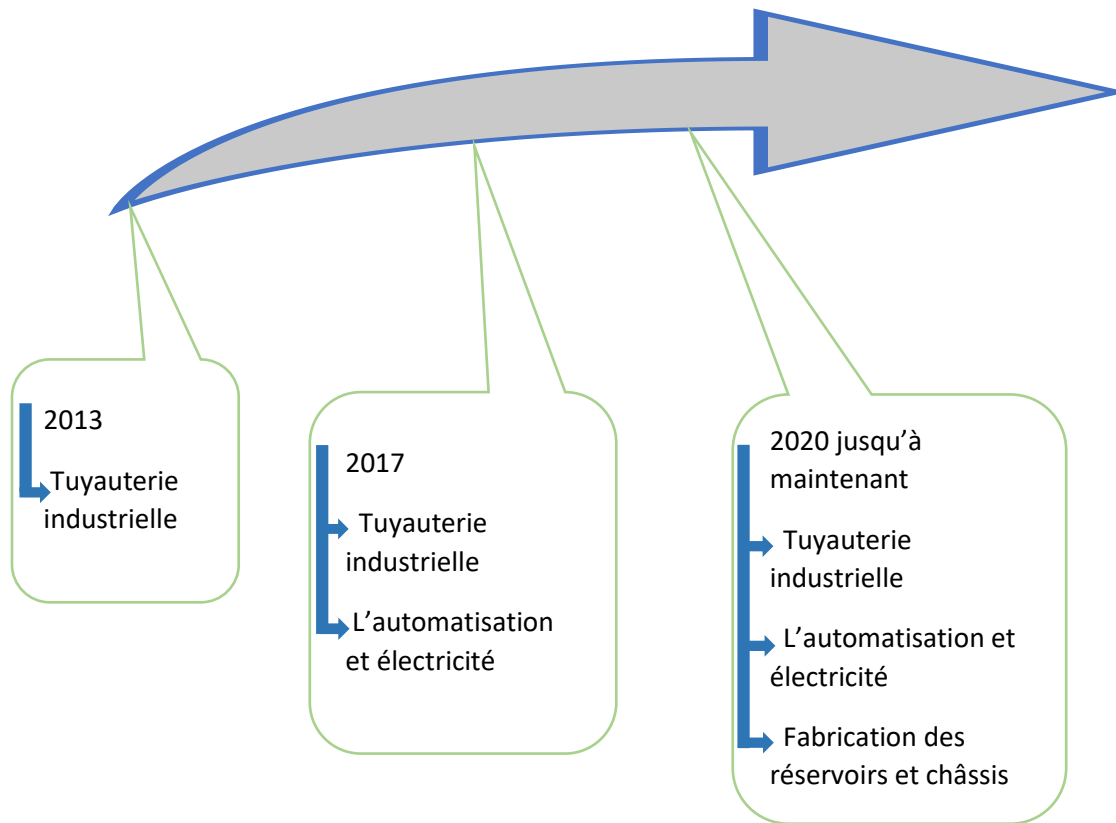


Figure 4. Evolution de la société

#### 5. Clients et fournisseurs de la société :

##### Clients de la société :

- JESA
- SNEP
- DANONE
- VIVO GAZ
- AFRIQUIA GAZ

##### Fournisseurs de la société :

Pour réaliser son activité la société OPTIM TECHNIQUE s'approvisionne de différents fournisseurs à savoir :

- GROS INOX : la distribution inox, fer, tôle

- ALPHA INOX chaudronnerie, tuyauterie inox - équipements pour industries agroalimentaire et pharmaceutique
- ATCOMA : constructions métalliques – chaudronnerie
- SANILEC : vente de matériel sanitaire, chauffage et robinetterie
- SOFA distribution en gros de matériel électrique
- ATLAS COPCO commerce de matériel à air comprimé et hydraulique

### 6.Fiche signalétique d'OPTIM TECHNIQUE :

La fiche signalétique donnée par le tableau regroupe quelques informations pratiques sur l'organisme

Tableau 1.Fiche signalétique d'OPTIM TECHNIQUE

Nom d'entreprise	Optim technique
Date de création	2013
Implantation	N° 208, Hassania 2 Bloc B Alia - Mohammedia (M)
Telephone	0661826642
Industries principales	Tuyauterie, infrastructures
Forme juridique	Société à responsabilité limitée
Effectif	50-100



## 7.Organigramme de la société :

L'organisation au sein de l'entreprise OPTIM TECHNIQUE est caractérisée par un équilibrage dans la structure organisationnelle et fonctionnelle, ce qui engendre les départements suivants :



Figure 5.Organigramme d'OPTIM TECHNIQUE

## Mémoire Projet de Fin d'Etudes

# CHAPITRE II : CONTEXTE DU PROJET, APPROCHE ET MÉTHODOLOGIE

## 1.INTRODUCTION

Ce chapitre sera consacré au processus d'installation. En suite à la présentation de contexte du projet, son cahier des charges et la méthodologie de travail à suivre. Enfin, je vais présenter les différents outils utilisés tout au long du projet.

## 2.CONTEXTE DU PROJET

### 2.1. La problématique :

Afin de mieux suivre le projet dans son intégralité, il est nécessaire de bien cerner la problématique avant d'entamer toute autre action. La meilleure méthode pour cela est la méthode QQQQCP.

La méthode QQQQCP est une méthode d'analyse formelle, critique et constructive basée sur le questionnement.

En résumé, le but de cette méthode est d'obtenir un ensemble d'informations pour comprendre quelles sont les raisons ou les causes principales d'une situation ; d'identifier clairement et de manière structurée les aspects à traiter ou à améliorer.

Tableau 2.L'analyse QQQCP

Quoi ? De quoi s'agit le projet ?	-Réalisation une centrale d'air comprimé  -dimensionnent d'un réservoir selon la norme ASME
Où ? Dans quel milieu ?	-Centrale air comprimé Ocp jerf lmlha -atelier OPTIM TECHNIQUE
Qui ? Qui est concerné par le projet ?	Les responsables d'optim technique
Quand ? Quand prend de temps le projet ?	Du mois mars jusqu'à la fin du mois octobre
Comment ? Comment résoudre le problème ?	-Suivre la démarche de la société -Support de la norme ASME
Pourquoi ? Pour quelle finalité ?	-Pour réalise une centrale d'air comprimé qui satisfait les exigences du client  -Pour dimensionner un réservoir

## 2.2. Définition du problème

Le projet traite deux partie, l'une l'étude d'une installation d'air comprimé, et l'autre dimensionnent d'un réservoir selon la norme ASME et sa vérification par simulation sur SolidWorks

Etude d'installation concerner, il s'agit d'installation d'air comprimé. A savoir-faire les étapes installations et l'étude de flexibilité de tuyauterie

Air comprimé est de plus en plus utilisé par l'industrie ou les services grâce à sa souplesse de mise en œuvre ; les impératifs économiques incitent les utilisateurs à mieux anticiper les coûts de production afin de maîtriser les dépenses en énergie et en maintenance.

Au fur et à mesure que les utilisations de l'air comprimé se développent, les industriels installent dans leurs usines ou sur leurs chantiers des centrales d'air comprimé et des réseaux de distribution.

### 2.3. Secteurs d'utilisations :

L'air comprimé industriel est souvent employé comme une source d'énergie et d'air actif. En effet, il peut entraîner des engins pneumatiques, tels que des marteaux, des foreuses, des meuleuses ou des clés à choc et l'air actif pouvant être en contact direct avec le produit, doivent être sèches, propres et non contaminées. Lorsque les fabricants issus de l'industrie chimique veulent garantir la qualité de leurs produits, ils doivent utiliser un air comprimé ne présentant aucune trace d'huile. Cette forme d'air est également indispensable dans la production automobile, car elle est essentielle pour la création de véhicules de qualité supérieure. Dans l'industrie, surtout dans les travaux de construction, les lignes de production, les interventions mécaniques ou la voirie, l'air comprimé est largement utilisé. Dans le secteur agroalimentaire, il est employé pour la manutention des produits, les lames d'air, les machines de remplissage agroalimentaires, les pompes à fluide et le conditionnement.

### Composants d'une unité de production d'air comprimé

- Des compresseurs actionnés par des moteurs électriques.
- Séparateur d'huile et de condensats.
- Réservoir tampon.
- Sécheur.
- Des filtres à particules.

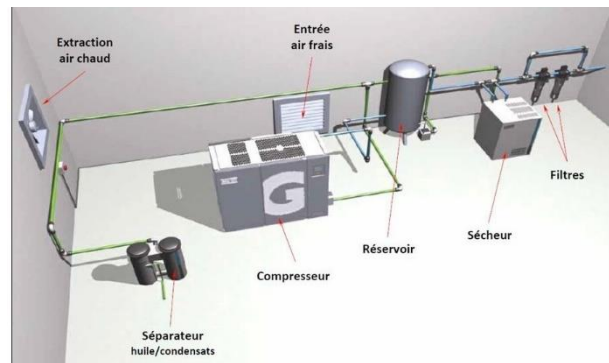


Figure 6. Composants d'une unité de production d'air comprimé

Et dans notre cas on a la centrale d'air a un but de transmettre deux services :

Service BB1 : service d'air comprimé, sécher et filtrer à l'aide aux l'instrumentations comme, le sécheur et les filtres...

Service BD2 : service d'air comprimé.

## 3.APPROCHE ET MÉTHODOLOGIE :

### 3.1. La démarche à suivre :

J'ai utilisé la démarche de la société qui peut être décrite comme étant un processus structuré de résolution des problèmes qui se fonde sur ce domaine :

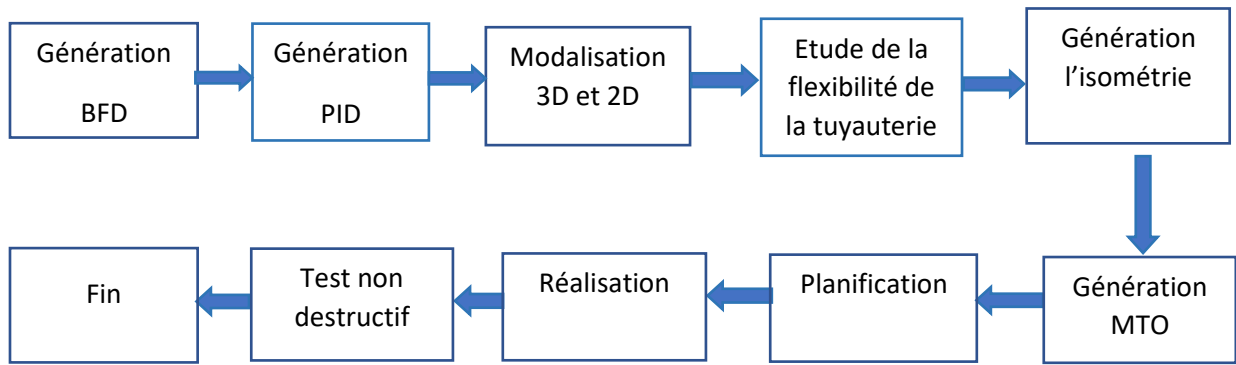


Figure 7.Méthodologie de travail de la société

### 3.2. Génération BFD :

Le schéma BFD, ou schéma fonctionnel, est un document fondamental de la voie d'accès décrivant l'ensemble des enchaînements ou étapes (réaction, séparation, mise en forme...) qui conduisent des matières premières au produit fini.

### 3.3. Génération PID :

Un schéma P&ID est un schéma qui permet de décrire l'ensemble du circuit de tuyauterie et d'instrumentation d'une installation. En effet, pour concevoir une usine de procédés que ce soit une raffinerie de pétrole, une centrale thermique ou encore une machine spéciale faisant nécessitant de la tuyauterie et des instruments de mesure industriels, des schémas P&ID sont souvent utilisés. Conçus par des ingénieurs spécialisés en contrôle process et instrumentation, les schémas P&ID peuvent aussi être utilisés en phase d'exploitation afin de permettre aux exploitants de comprendre le fonctionnement global du système.

### 3.4. Modélisations 2D et 3D :

Modélisation suivant les contraintes en espace et les exigences du client

- Contraintes du local :

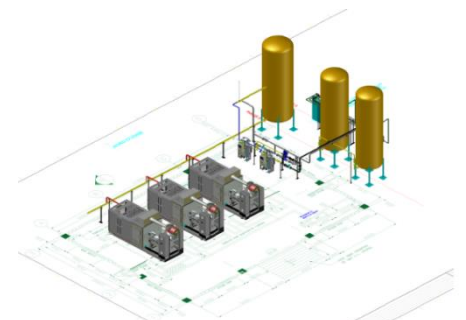


Figure 8.Modélisations 2D et 3D

Tableau 3. Dimensions du local

Longueur	Largeur	Hauteur
10m	6m	5m

- Exigences du client :

Catalogue de cahier de la charge qui contient les spécifications du pipeline et les instrumentations du réseau.

### 3.5. Etude la flexibilité de la tuyauterie sur le logiciel CAESAR :

Après avoir examiné la faisabilité du support, l'analyste du client concerné nous donne un rapport. Ce rapport contient une évaluation étayée par des captures d'écran, des commentaires et des conclusions concernant le choix des instruments.

**Vert** : Valide. **Orange** : A risque. **Rouge** : Invalide.

### 3.6. Génération du MTO :

Le prélèvement de matériaux (MTO) est un terme utilisé dans l'ingénierie et la construction et fait référence à une liste de matériaux avec des quantités et des types (tels que des nuances d'acier spécifiques) qui sont nécessaires pour construire le réseau du pipeline. Cette liste est générée par l'analyse le plan de conception (DWG).

### 3.7. Génération l'ISOMÉTRIE

L'isométrie est une méthode de représentation en perspective d'un objet réel. Les plans isométriques sont employés dans les dessins industriels ou dessins techniques. En tuyauterie industrielle, les plans isométriques servent à la préfabrication et au montage des tuyauteries. et pour un but de faciliter la tâche de chef chantier

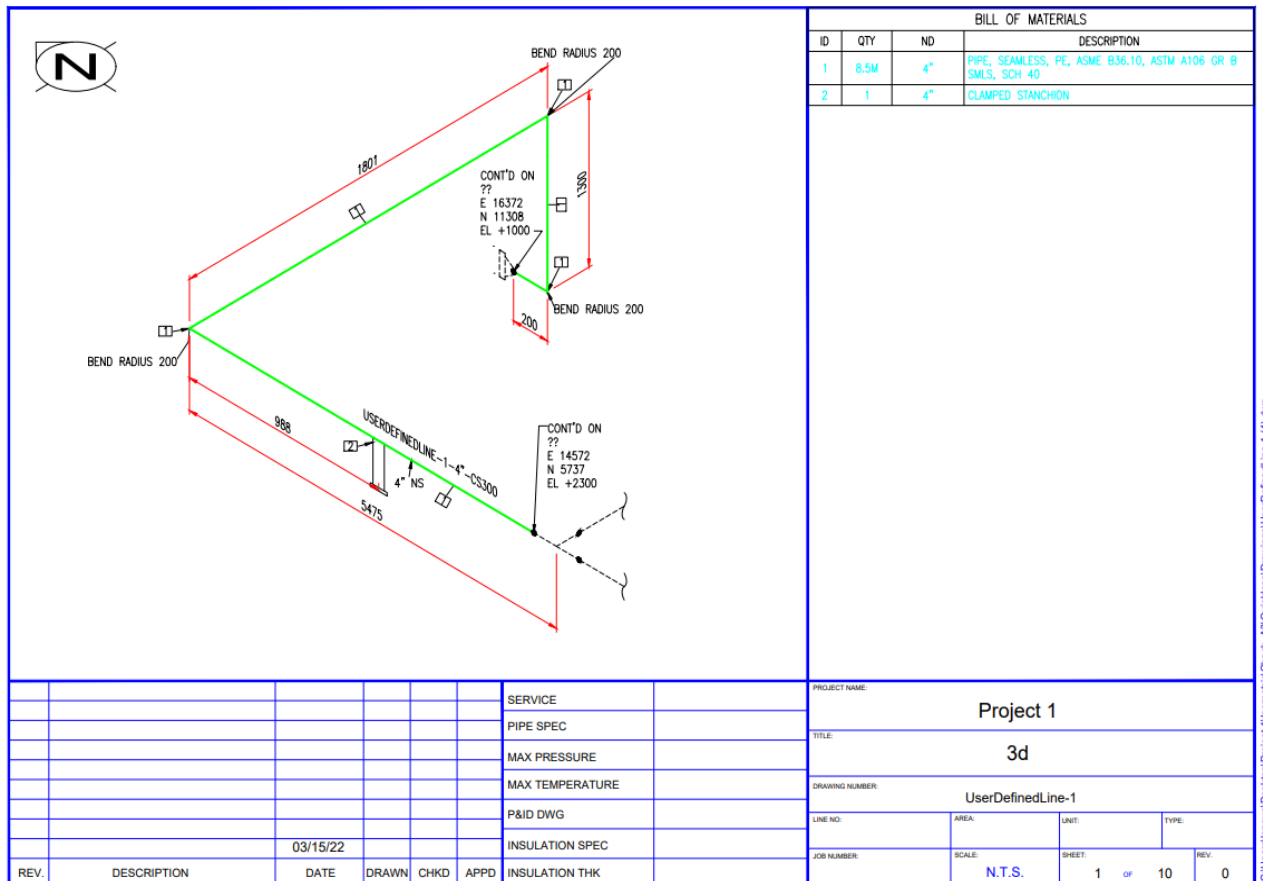


Figure 9. Isométrie

## 3.8. Réalisation sur le plan du chantier :

Moyens :

Creusage :



Figure 10. Opération du creusage



## Montage :

-Avec soudage et boulonnage :



Figure 11. Montage avec boulonnage



Figure 12. Montage avec soudage

-Avec système d'airnet



Figure 13. Montage avec système d'airnet

## Supportages :



Figure 14. Système de supportage



### 3.9. Vérification Les Dommages Sans Dommages : Essais Non Destructifs Pour Les Tuyaux En Acier Inoxydable (tous les tests sont exigé par les clients) :

Il existe une méthode d'inspection appelée contrôle non destructif pour tuyaux en acier inoxydable les types d'essais non destructifs les plus utilisés pour les tuyaux en acier inoxydable sont inclus :

**Test visuel direct** : est un contrôle suffisant pour la détection des défauts débouchant en surface et surtout des hétérogénéités locales et superficielles (taches de différentes natures)

**Ultrasons (UT)** : Détecter, imager et localiser les fissures grâce aux ondes acoustiques

Test par ultrasons (UT) est réalisée à l'aide d'ondes sonores. Le son se déplace linéairement dans le métal et l'onde sonore se reflète dans la transition entre les deux matériaux. Ce phénomène est utilisé pour détecter des irrégularités. Tous les matériaux pénétrables par ultrasons conviennent à cette méthode : métal, aluminium, cuivre, inox, etc.



Figure 15. Test ultrasons

Test par ultrasons peut détecter des défauts dans la profondeur du matériau avec différents matériaux sur toute la plage d'épaisseur sans test destructif. L'échographie est également plus rapide que la radiographie. Applications : Mesure d'épaisseur de paroi, détection de fissures, détection de soudure, détection de corrosion.

**Radiographie (RT)** : Voir dans les matériaux

et déceler les défauts par rayons X et gamma

La Radiographie X ou  $\gamma$  (gamma) est une méthode de contrôle des matériaux en volume qui utilise les rayonnements électromagnétiques de faible longueur d'onde (X ou  $\gamma$ ).

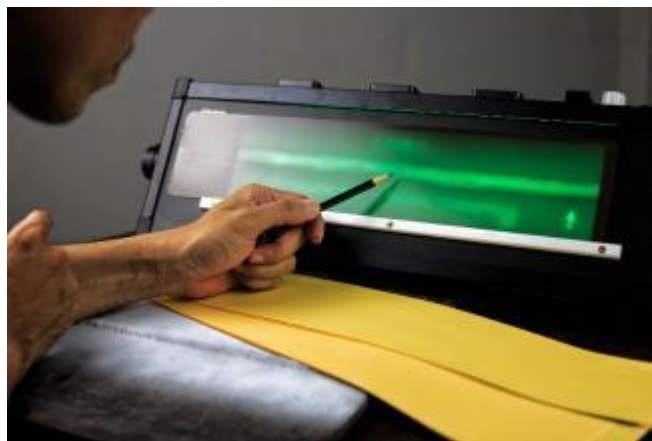


Figure 16. Test radiographie

L'image argentique ou numérique obtenue

permet d'identifier les manques de densité d'une pièce où sont localisés les défauts. Cette technique

est utilisée dans les différents types de soudure.

**Ressuage (PT) :** Utiliser la mécanique des fluides pour débusquer les défauts des matériaux

Il s'agit d'une méthode de contrôle des matériaux qui permet de détecter et de localiser des discontinuités de surface. Utilisez un agent pénétrant pour pénétrer la zone endommagée. Ensuite, montrez la partie endommagée par l'agent d'affichage.



Figure 17. Test du ressage

Applications : tous matériaux non poreux, inspection de surface de soudage, soudage de supports, etc.

**Test magnétique (MT) :** peut identifier les défauts directement sous la surface. Cela ne peut être fait que dans des nuances d'acier magnétisables. Les matériaux sont testés à l'aide de champs magnétiques et d'encres de test. Des fissures, des défauts de fixation, etc. interfèrent avec le champ magnétique.

Applications : inspection de surface de soudure, tuyaux en acier inoxydable haute pression, soudage de supports, œillets de levage, accessoires d'élingue, etc.

### Outils de travail :

-Autocad Plant 3D pour faire la modélisation 2D et 3D

-Caesar 2 pour l'étude de vérification la flexibilité du pipeline où il y a les supports

## CHAPITRE III : MISE EN APPLICATION LA DEMARCHE SUR DE DAP LIGNES 107D/E/F ET CONCEPTION DU RÉSERVOIR

### 1. Mise en application la démarche sur DAP lignes 107D/E/F

#### 1.1. Génération du BFD de la centrale :

Le BFD Qui nous concerne, c'est faire installation d'un central d'air comprimé tel qu'à l'entrée du bloc, on trouve l'air à 1 bar et à la sortie du bloc, on trouve deux services plant air et instrument air ont 11 bars.

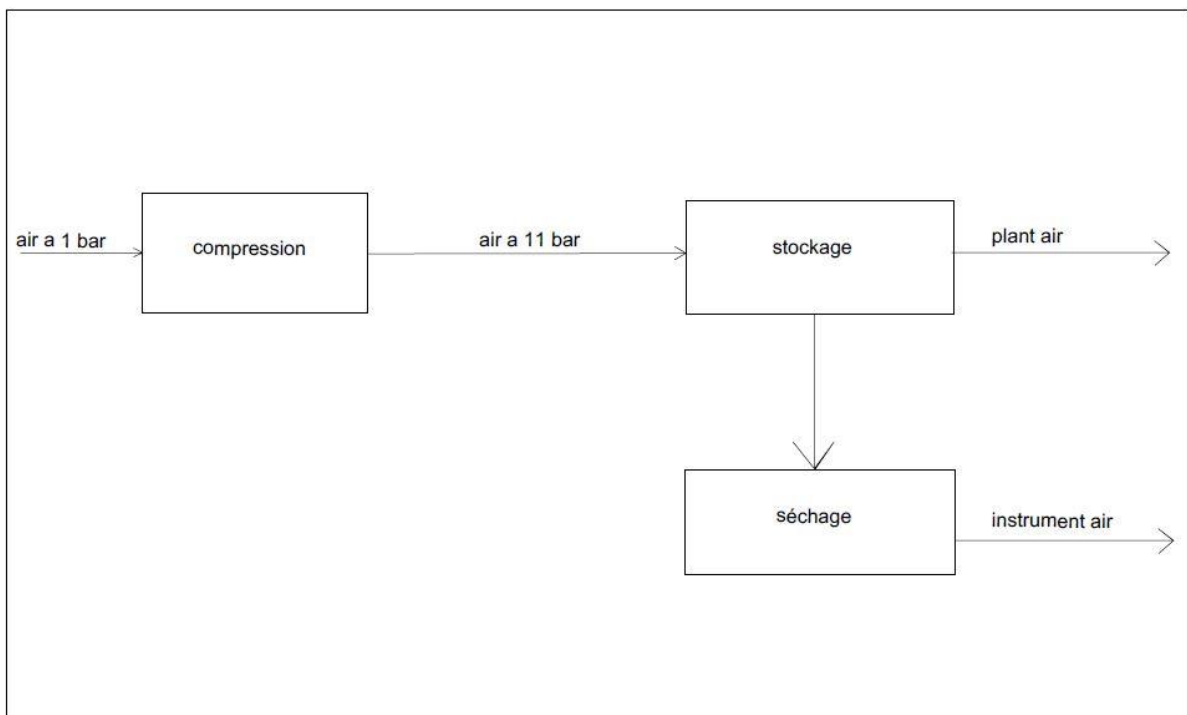


Figure 18. BFD de la centrale d'air comprimé

#### 1.2. Génération du PID de la centrale :

Le PID de cette centrale est fournie par JESA. Ce PID nous donne les instrumentations qu'elle constitue le circuit.

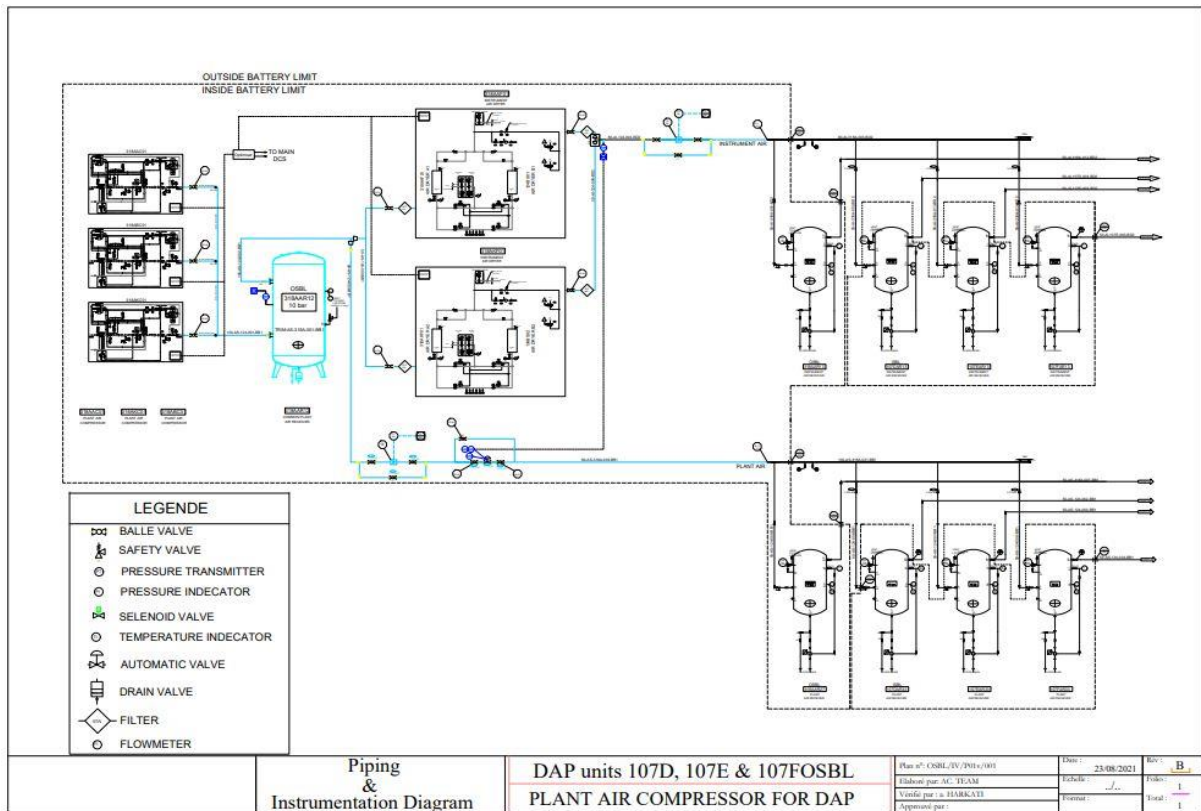


Figure 19. PID de la centrale d'air comprimé

### 1.3. Modalisation 2D et 3D de la centrale :

Après les exigences du client concernant les instrumentations nécessaires pour construire le central on passe à la modélisation 2D et 3D du central sous Autocad plant 3D.

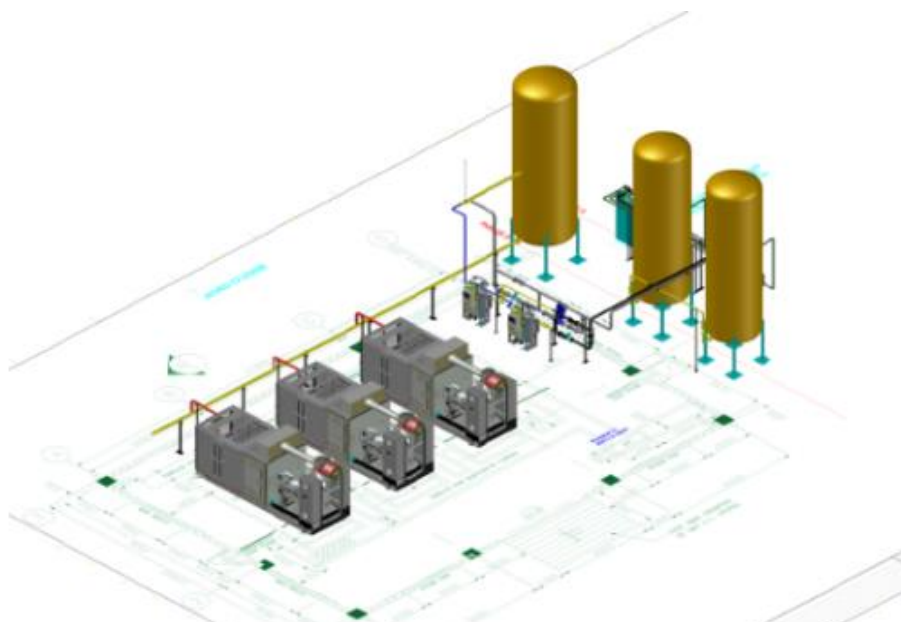


Figure 20. Modalisation 3D et 2D de la centrale d'air comprimé

### 1.4. Etude de flexibilité des tuyaux :

#### 1.4.1. Description de 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 CADWorx 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

#### Interprétation avec CAESAR II

Les "contraintes du Code" sont celles qui sont spécifiquement traitées par le Code tuyauterie sous pression B31 traitent des contraintes de flexion (et des contraintes de torsion) dues à la dilatation/contraction thermique et ils traitent également de la contrainte de flexion longitudinale (due au poids) ajoutée à la contrainte de pression longitudinale.

Donc l'étude se fait par le calcul de ratio qui est égal au rapport de la contrainte du code divisée par la contrainte admissible qui doit être inférieure à 1.

Ratio=contrainte du code/contrainte admissible

## 1.4. 2.Modélisation et analyse :

Dans la partie de la modélisation et analyse sous CAESAR 2 on traite pour chaque réseau les déplacements maximaux et leurs positions, et l'analyse du ratio.

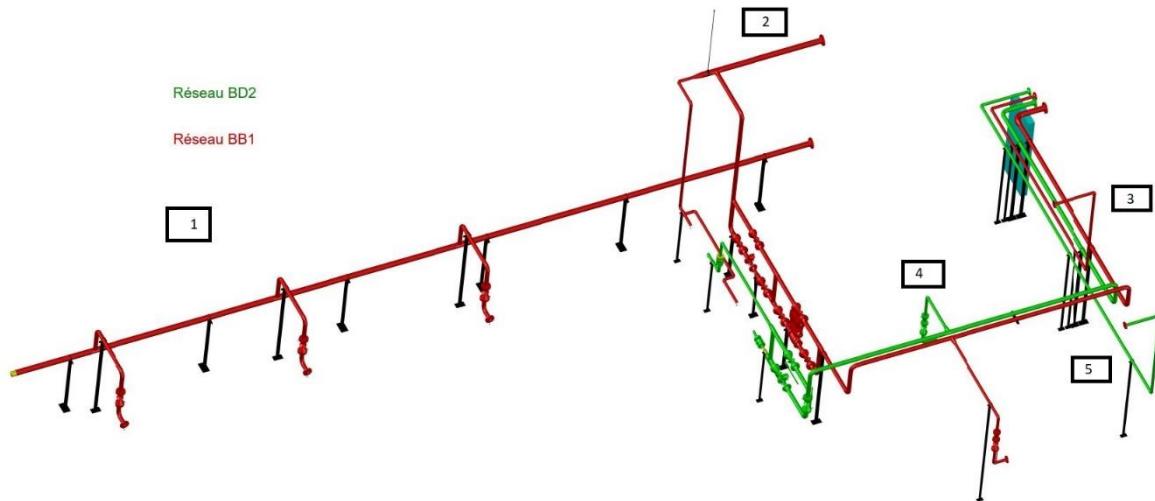


Figure 21.Modélisation du pipeline sur CAESAR 2

### Service BB1 : Plant Air

Matière du pipeline : L'acier inoxydable 316

Matière de vanne : L'acier inoxydable 316

Condition d'écoulement : 11 Kg/cm<sup>2</sup>g @ 90°C (156.5 psig @ 194°F);

### ➤ Réseau de tuyauterie 1, modélisation et interprétation

#### Modélisation et simulation :

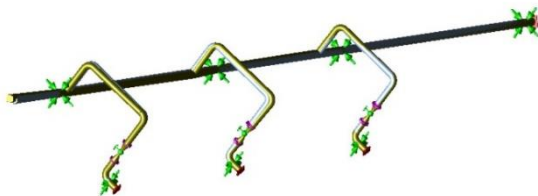


Figure 22..Simulation avec l'écoulement du fluide par CAESAR 2

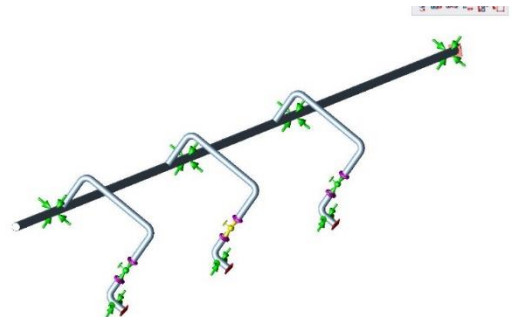


Figure 23.Modélisation du pipeline par CAESAR 2



## Déplacements maximaux

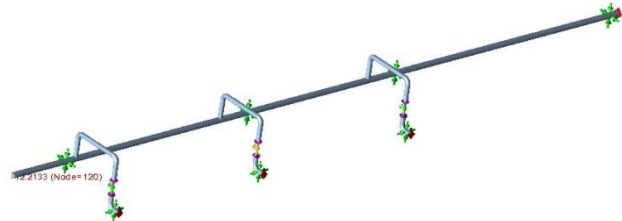


Figure 24.déplacement maximal dx

Tableau 4.Déplacement maximal du pipeline

Vecteur	dx	dy	dz
Déplacement (mm)	-12,21	-1,9	1,04
Nœud	120	120	50

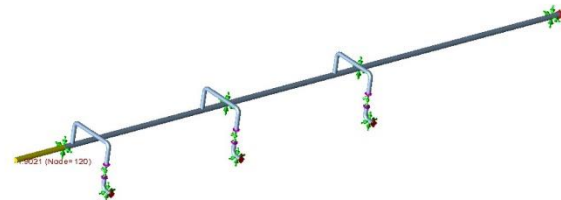


Figure 25.déplacement maximal dy



Figure 26..déplacement maximal dz

## Analyse et calcule du ratio

Tableau 5.Etude de la contrainte du code

Contrainte admissible (MPa)	110	Nœud
Contrainte du code (MPa)	78,36	285
Ratio	0.709	285

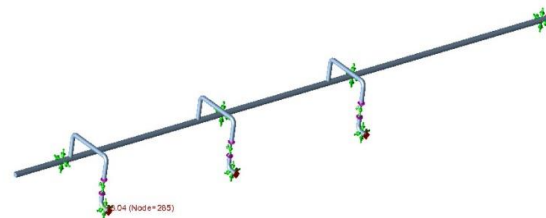


Figure 27.Contrainte du code maximale

## Interprétation

On voit que le ratio est acceptable, alors le réseau de tuyauterie est dimensionné.

## ➤ Réseau de tuyauterie 2, modélisation et interprétation

### Modélisation et simulation :

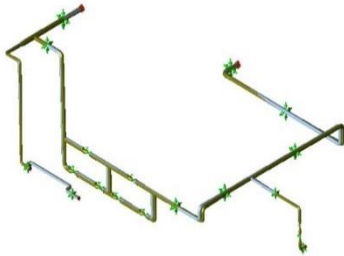


Figure 29. Simulation d'écoulement du fluide par CAESAR

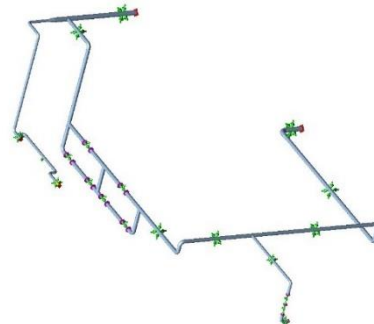


Figure 28. Modélisation du pipeline par CAESAR

### Déplacements maximaux :

Tableau 6. Déplacement maximal du pipeline

Vecteur	dx	Dy	dz
Déplacement (mm)	7,5	-9.64	-3,1
Nœud	419	388	189

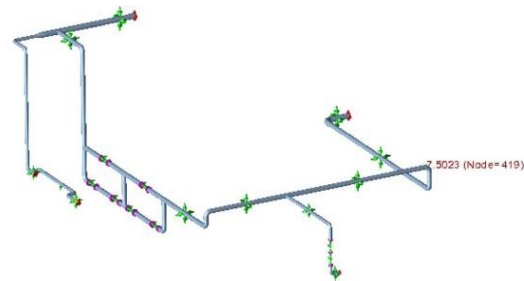


Figure 30. Déplacement maximal dx

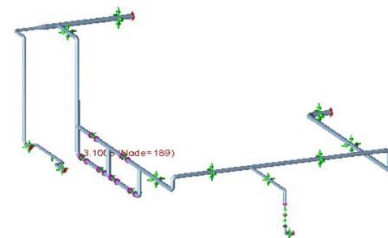


Figure 31. déplacement maximal dy

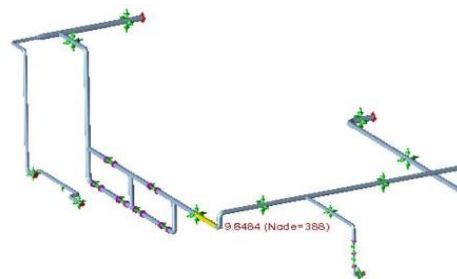


Figure 32. déplacement maximal dz



## Analyse et calcul du ratio :

Tableau 7. Etude de la contrainte du code

Contrainte admissible (MPa)	110	Nœud
Contrainte du code (MPa)	96,15	50
Ratio	0,87	50

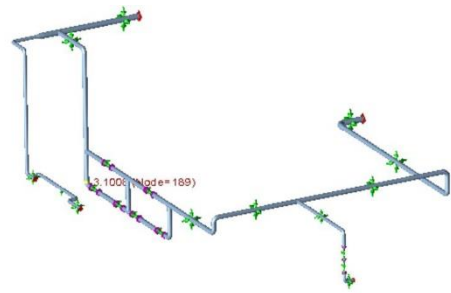


Figure 33. Contrainte du code maximale

## Interprétation :

On voit que le ratio est acceptable, alors le réseau de tuyauterie est dimensionné.

### ➤ Réseau de tuyauterie 3, modélisation et interprétation

#### Modélisation et simulation :

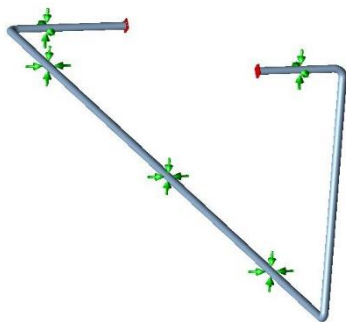


Figure 34. Modélisation du pipeline par CAESAR

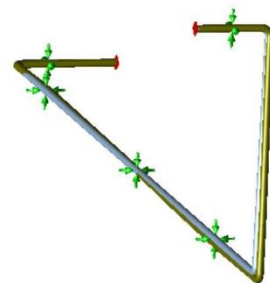


Figure 35. Simulation d'écoulement du fluide par CAESAR

## Déplacements maximaux :

Tableau 8. Déplacement maximal du pipeline

Vecteur	dx	Dy	dz
Déplacement (mm)	1,275	-8,924	-2,54
Nœud	25	29	31

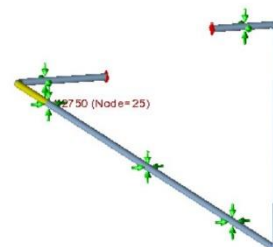


Figure 38. Déplacement maximal dx

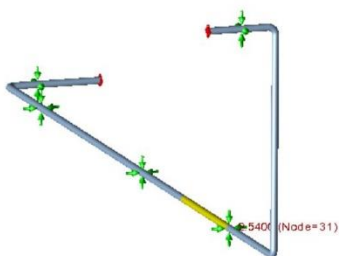


Figure 36. Déplacement maximal dz

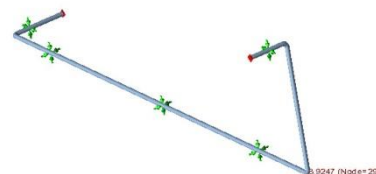


Figure 37. Déplacement maximal dy

## Analyse et calcul du ratio :

Tableau 9. Etude de la contrainte du code

Contrainte admissible (MPa)	110	Nœud
Contrainte du code (MPa)	57,09	10
Ratio	0,519	10

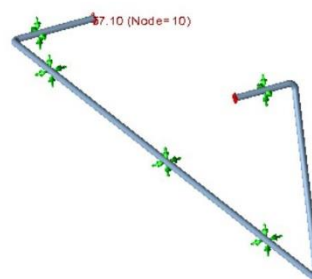


Figure 39. Contrainte du code maximale

## Service BD2 : Instrument Air

Matière du pipeline : 316/316L Acier inoxydable.

Matière de vanne : 316 Acier inoxydable.

Condition d'écoulement : 13.83 Kg/cm<sup>2</sup>g @ 204°C (SS316) (180psig @ 400°F)

### ➤ Réseau de tuyauterie 4, modélisation et interprétation

#### Modélisation et simulation :

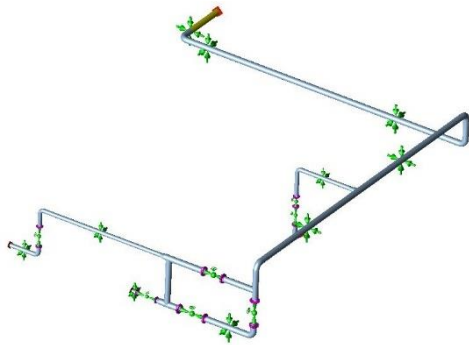


Figure 41. Modélisation du pipeline par CAESAR 2

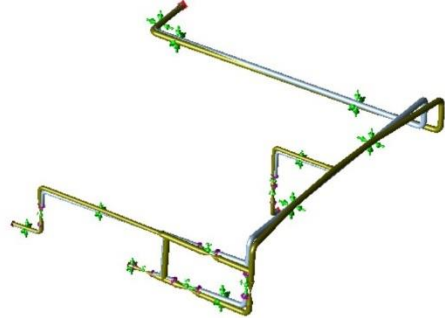


Figure 40. Simulation d'écoulement du fluide par CAESAR 2

#### Déplacements maximaux :

Tableau 10. Déplacement maximal du pipeline

Vecteur	dx	dy	dz
Déplacement (mm)	-7,53	-12,5	-3,21
Nœud	69	29	329

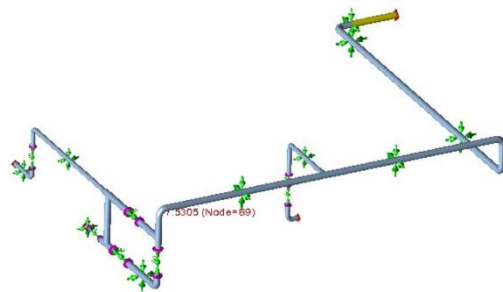


Figure 44. Déplacement maximal dx

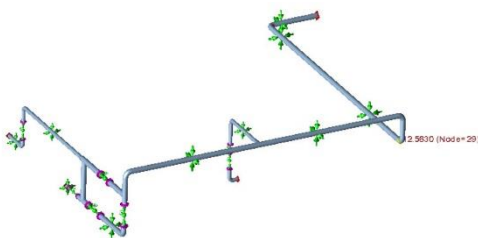


Figure 42. Déplacement maximal dy

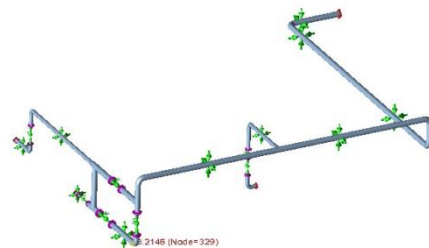


Figure 43. Déplacement maximal dz

## Analyse et calcul du ratio :

Tableau 11. Etude de la contrainte du code

Contrainte admissible (MPa)	110	Nœud
Contrainte du code (MPa)	55	365
Ratio	0,5	365

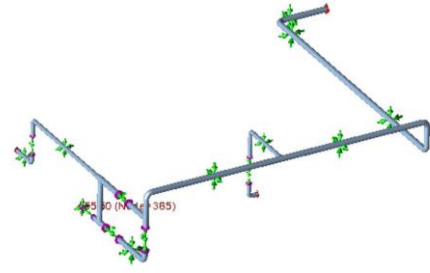


Figure 45. Contrainte du code maximale

## Interprétation :

On voit que le ratio est acceptable, alors le réseau de tuyauterie est dimensionné.

### ➤ Réseau de tuyauterie 5, modélisation et interprétation

## Modélisation et simulation :

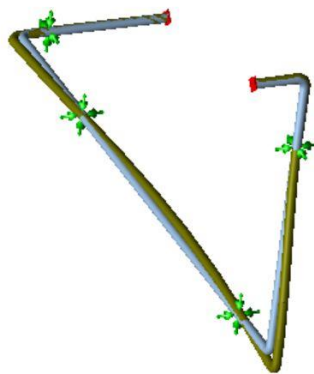


Figure 46. Simulation d'écoulement du fluide par CAESAR 2

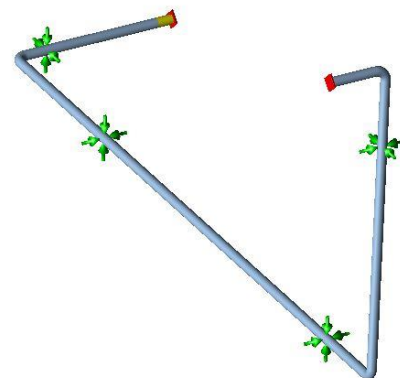


Figure 47. Modélisation du pipeline par CAESAR 2

## Déplacements maximaux :

Tableau 12. Déplacement maximal du pipeline

Vecteur	dx	dy	dz
Déplacement (mm)	-5,59	-5,18	-2,05
Nœud	19	31	29

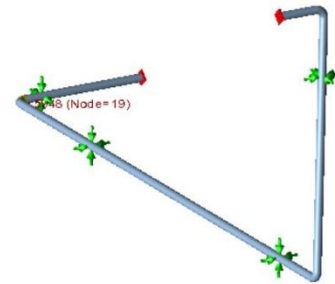


Figure 48. Déplacement maximal dx

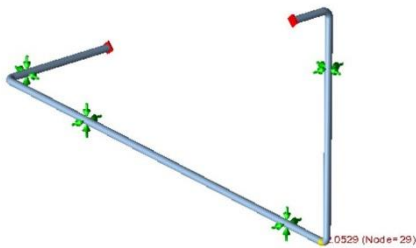


Figure 50. Déplacement maximal dz

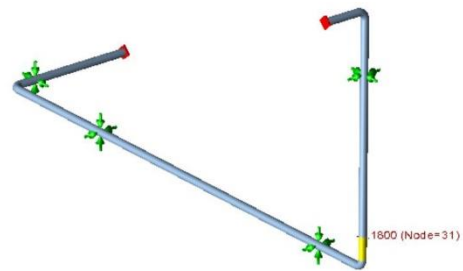


Figure 49. Déplacement maximal dy

## Analyse et calcul du ratio :

Tableau 13. Etude de la contrainte du code

Contrainte admissible (MPa)	110	Nœud
Contrainte du code (MPa)	74,76	30
Ratio	0,679	30

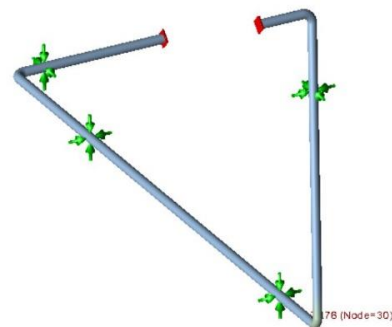


Figure 51. Contrainte du code maximale

## Interprétation :

On voit que le ratio est acceptable, alors le réseau de tuyauterie est dimensionné.

## 1.5. Génération des isométries d'installation :

Les isométries générées sont figurées sur l'annexe 1.

## 1.6. Génération MTO :

D'après l'isométrie et le catalogue fournit par JESA (voir l'annexe 4) on peut définir notre MTO suivante :

Tableau 14.MTO

						U	QTE	Fourniture		Fabrication U		Montage		TOTAL DH
Fluide	Matière	Désignation	SIZE 1	SIZE2	Qté			PRIX U	PRIX T	PRIX U	PRIX T	PRIX U	PRIX T	
AIR	SS	Pipe	4"	4"	32	m	32							
			3"	3"	90	m	90							
			2"	2"	46	m	46							
AIR	SS	Coude 90°	4"	4"	1		1							
			3"	3"	21		21							
			2"	2"	17		17							
AIR	SS	Coude T	3"		9		9							
			2"		1		1							
			4"×3"×4"		1		1							
			4"×2"×4"		1		1							
AIR	SS	Vanne	3"	3"	12		12							
			2"	2"	6		6							
AIR	SS	Réducteur	4"	3"	2		2							
			3"	2"	5		5							
AIR	SS	Bride	4"		3		3							
			3"		34		34							
			2"		6		6							
						PRIX TOTAL DH								

## 1.7. Planification :

Dans cette étape on se base sur les méthodes PERT et Gantt pour planifier l'excutions du projet.

Les tache de projet :

- A : Etude préliminaire de projet
- B : les détails d'ingénierie (GAD, ISOS...)
- C : Achat du matériel et stockage
- D : installation de chantier (plan base de vie, ouverture de chantier, construction du local)
- E : Manutention et pose matériel
- F : Installation du pipeline
- G: Tach up(nettoyage)
- H: NDT

## Méthode PERT :

Tableau 15. Planification avec méthode PERT

Tâches	Durée (jours)	Tâche antérieure	Tâche postérieur	Rang
A	10	-	D	0
B	5	-	C, D	0
C	2	B	E, F	1
D	12	A, B	E	1
E	5	C, D	F	2
F	20	E, C	G	3
G	3	F	H	4
H	5	G	-	5

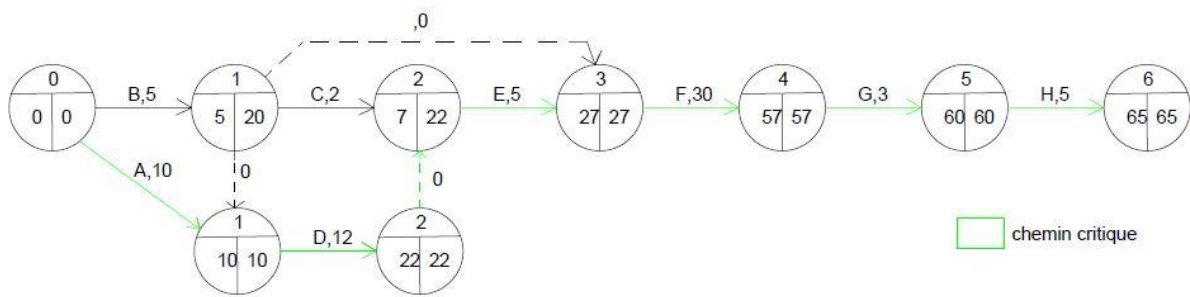


Figure 52. Planification avec méthode PERT

Les tâches critiques :

A-D-E-F-G-H

## Méthode Gantt :

Pour bien comprendre notre planification, nous avons simulé les tâches sous logiciel Ganttproject

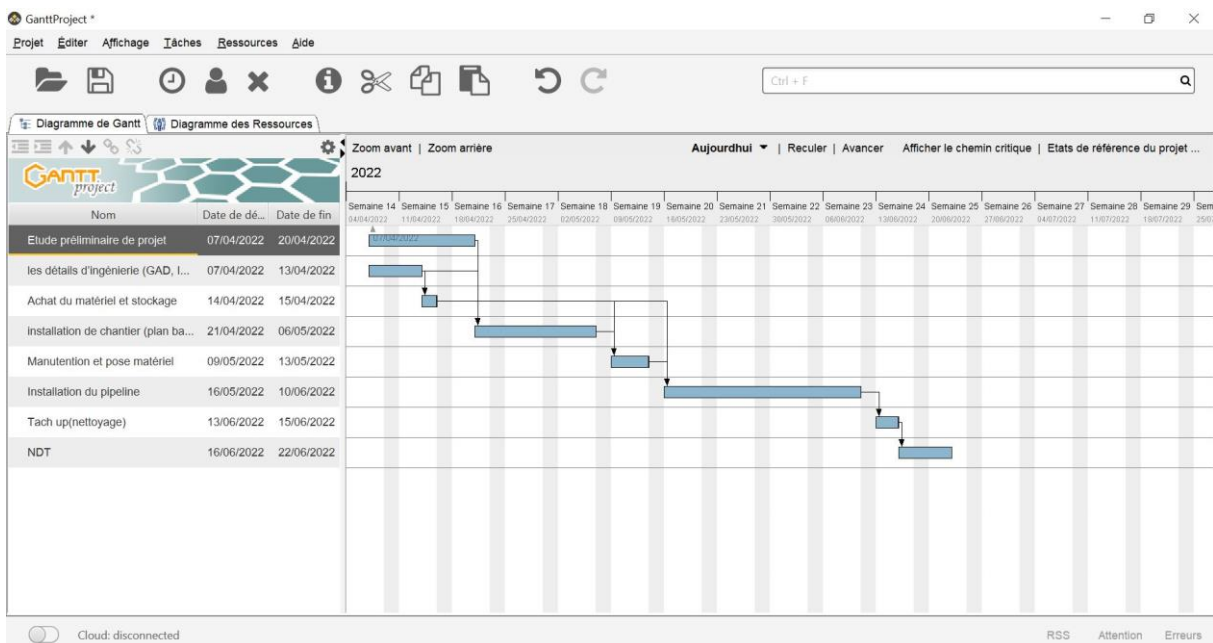


Figure 53. Planification sous logiciel Ganttproject

Le chemin critique :

Comme indiqué dans la figure le chemin critique est : A-D-E-F-G-H



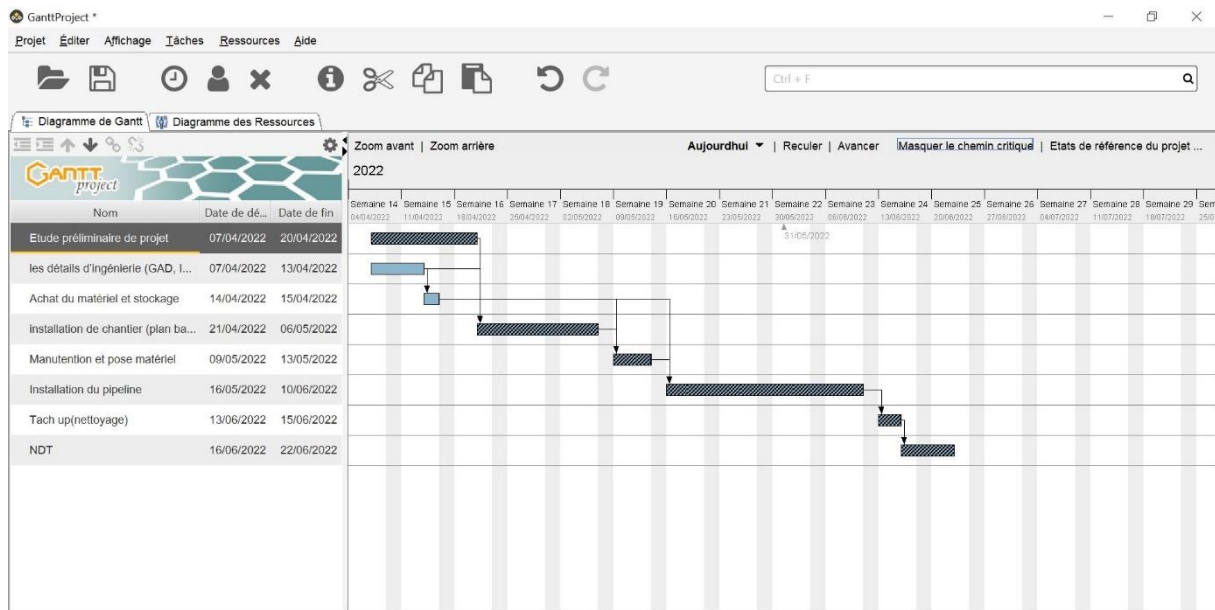


Figure 54. Chemin critique sous logiciel Ganttproject.

## 2. Conception du réservoir selon la norme ASME sec 8 et sa vérification avec simulation sur SolidWorks :

### 2.1. Définition de la norme ASME sec 8

Le code ASME Section VIII Division 1, soumis au Code canadien CSA B51, contient toutes les exigences de conception, de fabrication, d'inspection et de certification pour tous les réservoirs surpression.

#### Calcul du dimensionnement de récipient sous pression

Données d'entrée :

Fluide à stocker à l'intérieur du récipient sous pression = air

Type=Parois minces

Volume =  $0.5 \text{ m}^3$

Pression=  $1.6 \text{ MPa}$

Température =  $50 \text{ degrés C}$

#### Dimensionnement :

Critères pour récipient sous pression à paroi mince :  $R/t \geq 10$

Nous utiliserons  $R/t = 100$

Supposons Epaisseur ( $t$ ) =  $4 \text{ mm}$

Donc, Rayon ( $R$ ) =  $400 \text{ mm}$

Volume =  $0.5 \text{ mètre cube} = \pi R^2 h + \frac{4}{3} \pi R^3$

Donc, hauteur ( $h$ ) =  $1000 \text{ mm}$

#### Calcul de l'épaisseur de la coque cylindrique du récipient sous pression

Des données d'entrée :

Allocation de corrosion,  $C = 0.02 \text{ mm}$

Ainsi, le rayon intérieur après ajustement de la tolérance de corrosion,  $R_{i1} = R_i - C = 399.98 \text{ mm}$

Efficacité de la soudure  $E1 = 1$  lorsqu'une ouverture est dans la plaque pleine ou dans un

Joint bout à bout de catégorie B.

Matériau de la coque du récipient sous pression suivant AISI Acier inoxydable 304, (**voir l'annexe 2**)

Contrainte d'élasticité  $R_{0.02}$  pour Acier inoxydable 304,  $S = 205 \text{ MPa}$

Contrainte admissible à la traction pour Acier inoxydable 304,  $S_m = 515 \text{ MPa}$

## Équations nécessaires :

Les équations requises de l'ASME Sec. Huit Div.1 sont,

Épaisseur minimale requise au niveau des cordons de soudure longitudinaux,

$$E1 = P \cdot R_{i1} / (S \cdot E - 0.6 \cdot P) \dots\dots\dots \text{Eq.1}$$

Épaisseur minimale requise au niveau des cordons de soudure circulaires,

$$E2 = P \cdot R_{i1} / (2 \cdot S \cdot E + 0.4 \cdot P) \dots\dots\dots \text{Eq.2}$$

Où,

Et, l'épaisseur de conception minimale requise pour la coque du navire sera  $E3 = \text{Maximum de } (E1, E2) + C \dots\dots\dots \text{Eq.3}$

En utilisant les données d'entrée de l'Eq.1, nous obtenons,

$$E1 = 3.886 \text{ mm}$$

En utilisant les données d'entrée de l'Eq.2, nous obtenons,

$$E2 = 1.8 \text{ mm}$$

Maintenant, à partir de l'Eq.3, nous obtenons,

Épaisseur de coque de conception minimale requise,  $E3 = 3.886 \text{ mm}$

J'ai initialement supposé l'épaisseur de la coque,  $E = 4 \text{ mm}$

## Calcul de la pression maximale admissible selon les codes ASME Section viii division i.

La vérification de la pression maximale admissible pour la zone de coque du récipient sous pression à paroi mince est importante du point de vue du dimensionnement ou de la conception du récipient. Nous verrons la méthodologie de calcul conforme à l'ASME section viii division 1 pour notre réservoir.

Les équations requises selon la norme Sec.8 div.1 sont :

Pression longitudinale appliquée à la coque du récipient sous pression (PV),

$$P1 = (S \cdot E \cdot E_n) / (R_{i1} + 0.6 \cdot E_n) \dots\dots\dots \text{Eq.1}$$

Pression circulaire appliquée sur la coque PV,

$$P2 = (2 \cdot S \cdot E \cdot E_n) / (R_{i1} - 0.4 \cdot E_n) \dots\dots\dots \text{Eq.2}$$

Où,

$E_n = \text{Épaisseur nominale de la coque} = \text{Épaisseur réelle de la coque} - \text{Tolérance de corrosion}$

$R_{i1}$  = Rayon intérieur du récipient sous pression compte tenu de la tolérance de corrosion = rayon intérieur réel – tolérance de corrosion

Les directives ASME section huit division 1 disent que,

Pression maximale admissible à l'intérieur du récipient,  $P_m$  = Minimum de ( $P_1$ ,  $P_2$ )

Maintenant, si la pression de travail réelle à l'intérieur du récipient est inférieure à la pression maximale admissible calculée ci-dessus, on peut en conclure que le PV est sûr.

Ou en d'autres termes, le réservoir doit être en bon état de fonctionnement,

$P \leq P_m$ .

Donnée :

$E_n = 4 - 0,02$  (La tolérance de corrosion est supposée selon l'application) = 3,98 mm

Pression interne du récipient sous pression,  $P = 1.6 \text{ MPa}$

En appliquant les données ci-dessus aux Eq.1 et Eq.2, nous obtenons,

$P_1 = 1,731 \text{ MPa}$

$P_2 = 3,481 \text{ MPa}$

Donc,  $P_m = \min. (P_1, P_2) = 1,731 \text{ MPa}$

Nous pouvons voir que  $P < P_m$ .

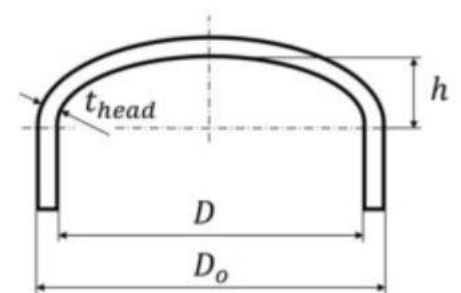
On peut donc conclure que le récipient sous pression est sûr du point de vue du calcul de la pression maximale admissible selon les codes ASME section 8 division 1.

## Le tête ellipsoïdale :

$$e = P \cdot D / (2S \cdot E - 0.2 \cdot P) \quad [1]$$

$$e = 1.6 \cdot 800 / (2 \cdot 205 \cdot 0.85 - 0.2 \cdot 1.6) = 3,67 \text{ mm}$$

$$h = D/4 = 800/4 = 200 \text{ mm} \quad [2]$$



## Vérole :

$$E = P \cdot R_i / (S \cdot E - 0.6 \cdot P) \quad [3]$$

$$= 1.6 \cdot 50 / (205 \cdot 0.85 - 0.6 \cdot 1.6) = 4 \text{ mm}$$

tr épaisseur requise par le corps ou la tête, en raison de la pression.  $= P \cdot D / (2S \cdot E - 0.2 \cdot P) = 1.6 \cdot 400 / (2 \cdot 205 \cdot 1 - 0.2 \cdot 1.6) = 4 \text{ mm}$

Soit  $t = tr + 1 \text{ mm} = 5 \text{ mm}$

d diamètre final de l'ouverture  $= 50 \text{ mm}$

On suppose que  $ti = 1 \text{ mm}$

F facteur de correction qui tient compte de la variation de la contrainte de pression, selon l'angle  $\theta$  du plan considéré, par rapport à l'axe longitudinal du récipient, soit  $\theta = 0$

$F = 0.5 (1 - \cos(\theta)) = 1$

$t(rn)$  épaisseur nominale d'ouverture.  $= P \cdot R / (2S \cdot E - 0.2 \cdot P)$   
 $= 1.6 \cdot 25 / (2 \cdot 205 \cdot 1 - 0.2 \cdot 1.6) = 0.1 \text{ mm}$

Pour renforcer l'épaisseur de vérole

$tn = t(rn) + 0.9 \text{ mm} = 1 \text{ mm}$

$Sn$  contrainte admissible du matériau de l'ouverture.

$Sv$  contrainte admissible du matériau du récipient.

$fr1$  facteur de réduction (pas supérieur à 1), qui est égal au quotient entre la contrainte admissible du matériau de la branche  $Sn$  et du contenant  $Sv$ , soit :

$fr1 = \min(1; Sn / Sv) = 1$  car  $Sn = Sv$ .

$A = tr \cdot d \cdot F + 2 \cdot tn \cdot F \cdot tr (1 - fr1) = 4 \cdot 50 = 200 \text{ mm}$

$A2 = d(E1 \cdot t \cdot F \cdot tr) - 2 \cdot tn(E1 \cdot t \cdot F \cdot tr) (1 - fr1) = 50(1 \cdot 5 - 1 \cdot 4) = 50$

$A1 = 2(t + tn)(E1 \cdot t \cdot F \cdot tr) - 2 \cdot tn(E1 \cdot t \cdot F \cdot tr) (1 - fr1) = 2(5 + 1)(1 \cdot 5 - 1 \cdot 4) = 12 \text{ mm}$

$A2 = 5(tn - tr) t = 5(1 - 0.1) 5 = 22.5 \text{ mm}$

$A2 = 5(tn - tr) tn = 5(1 - 0.1) 1 = 4.5 \text{ mm}$

$A3 = 5t \cdot ti = 5 \cdot 1 = 5$

$A3 = 5ti \cdot ti = 5 \cdot 1 = 5$

$A3 = 5tn \cdot ti = 5$

$A1 + A2 + A3 = 59.5 \text{ mm}$  inf a A

Alors on va ajouter une surface complémentaire pour renforcer l'ouverture

Soit  $te = 2 \text{ mm}$

Alors  $A5 = (Dp - d - 2tn) te = 140.5$

Qui nous donne  $D_p=122\text{mm}$  (voir l'annexe 3)

## Interprétation :

C'est vrai que la norme ASME nous donne des résultats théoriques efficaces pour le dimensionnement mais il faut faire d'autre études avec une simulation pour confirmer le dimensionnement pour ce là, je vais faire la conception sur le logiciel de SolidWorks.

## 2.2. Conception sur le logiciel de SolidWorks

### Modélisation

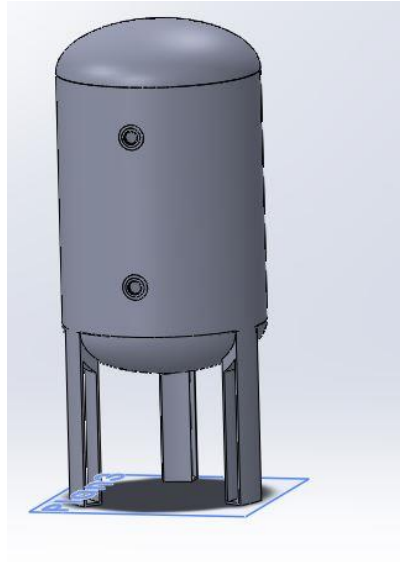


Figure 55. Modélisation du réservoir sous SolidWorks

### Modélisation la fixation

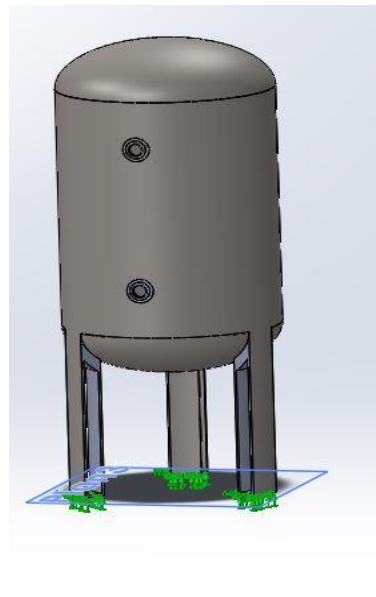


Figure 56. Réaction de fixation du réservoir

## Modélisation de la température

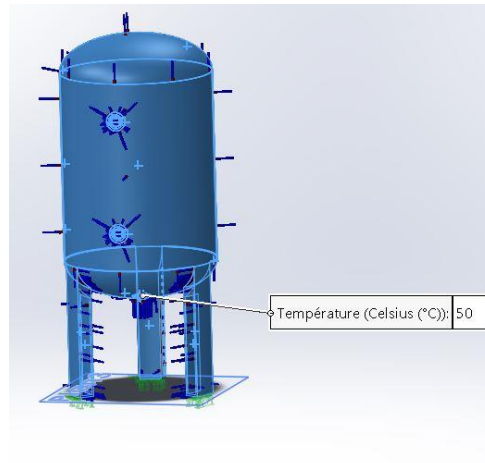


Figure 57. Modélisation de la température appliquée au réservoir

## Modélisation de la pression

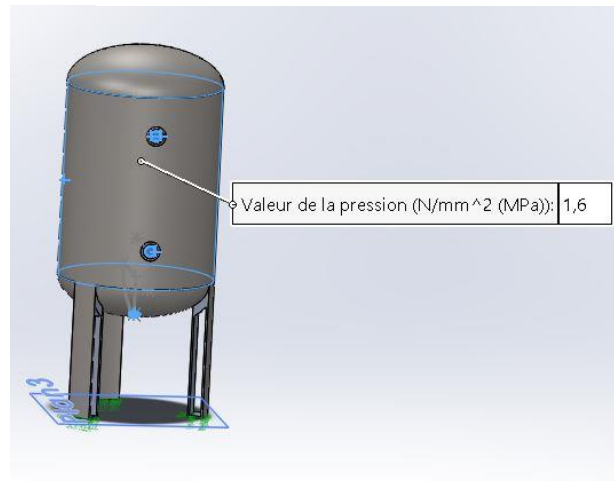


Figure 58. Modélisation de la pression au réservoir

## Maillage

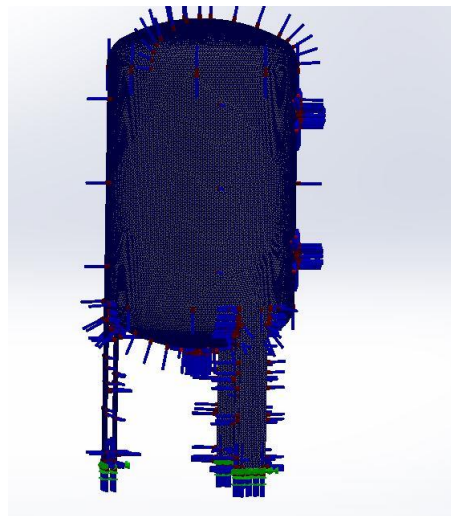


Figure 59. Maillage du réservoir

## Contrainte de van mises

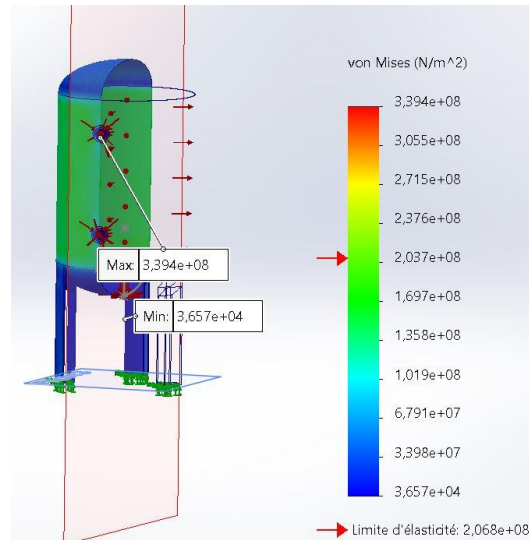


Figure 60. Contrainte de van mises

## Déformation

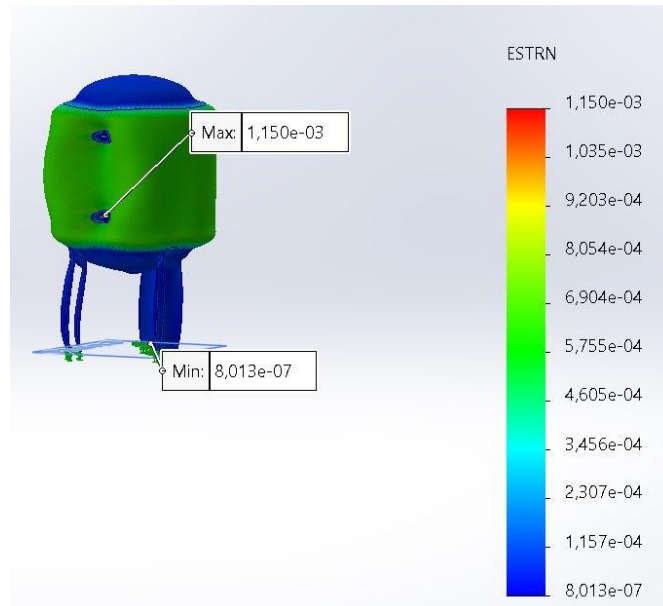


Figure 61. Simulation de la déformation du réservoir



## Déplacement :

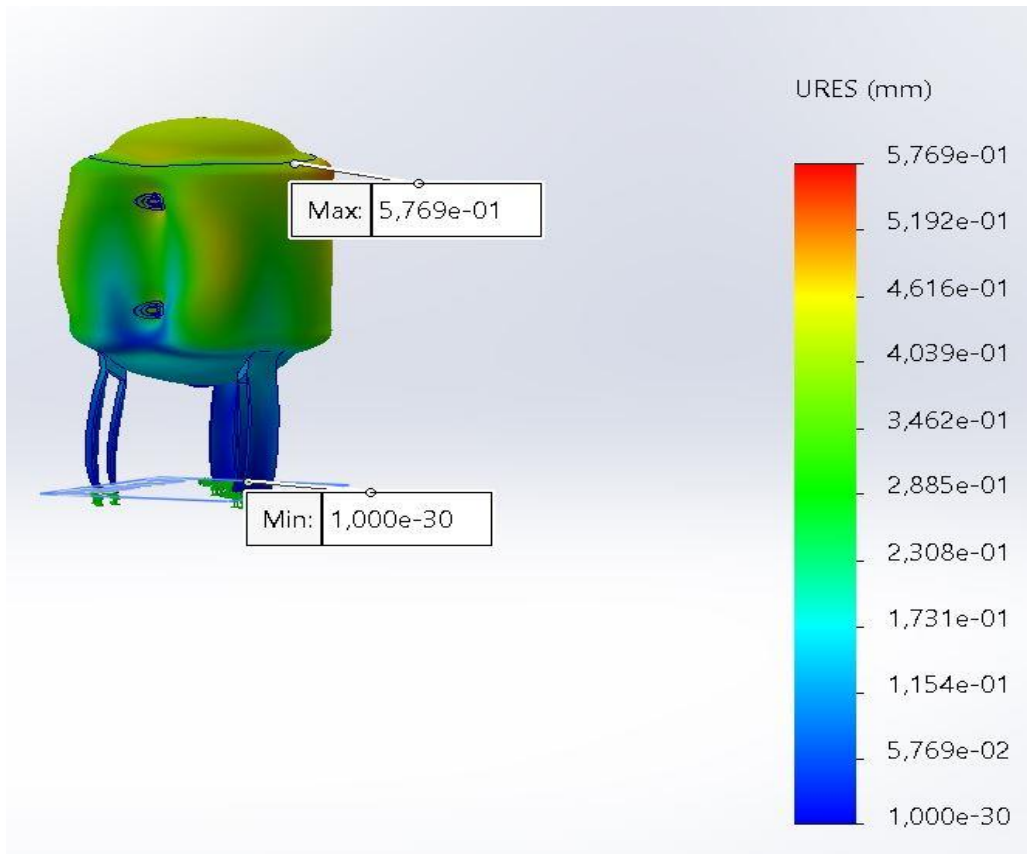


Figure 62. Simulation du déplacement du réservoir

## Interprétation

Critère de von mises est un critère de plasticité, ou critère d'écoulement plastique, est un critère permettant de savoir, sous des sollicitations données, si une pièce se déforme plastiquement ou si elle reste dans le domaine élastique.

Condition

On a :  $\sigma_{\text{limite}} * Cs \geq \sigma_{\text{vonMises}}$

Soit Coefficient de sécurité (CS) =  $\sigma_{\text{vonMises}} / \sigma_{\text{limite}} = 1$

Alors ( $\sigma_{\text{limite}}$ ) = 200MPa <  $\sigma_{\text{vonMises}}$  = 394MPa

On peut dit que notre réservoir il vas passer à la déformation élastique

## Conclusion

C'est vrai que la norme ASME facilite notre calcule, mais on ne peut pas justifier et baser sur la norme ASME comme calcule théorique pour notre dimensionnement pour ce là on va améliorer notre dimensionnement par simulation d'autre matériaux. Et après notre simulation j'ai trouvé le matériau suivant : DIN Acier inoxydable 1.4306 avec  $Re=400\text{MPa}$  et  $Rm=600\text{MPa}$ .

J'ai obtenu les résultats suivants de notre réservoir :

## Maillage

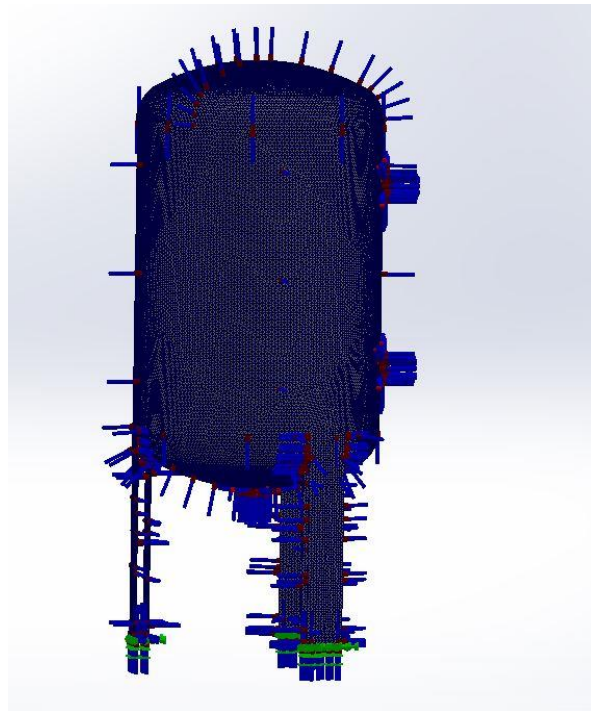


Figure 63..Maillage du réservoir

## Contrainte de van mises

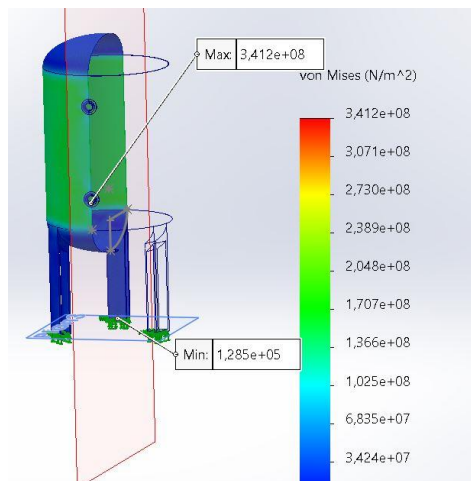


Figure 64.contrainte de van mises

## Déformation

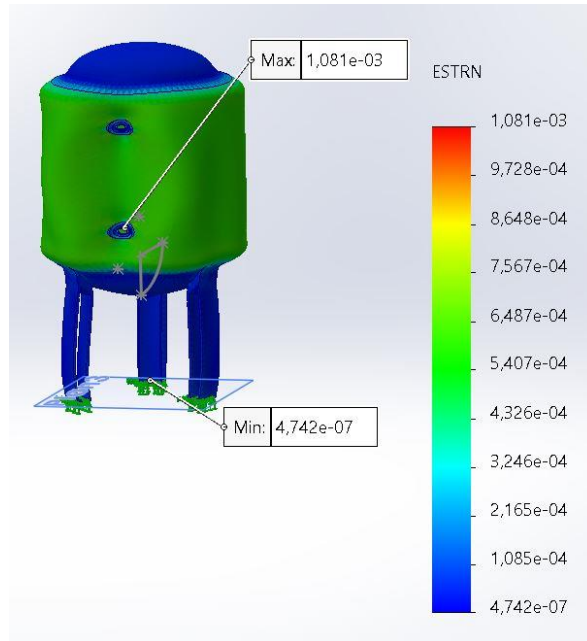


Figure 65. Simulation de la déformation du réservoir

## Déplacement

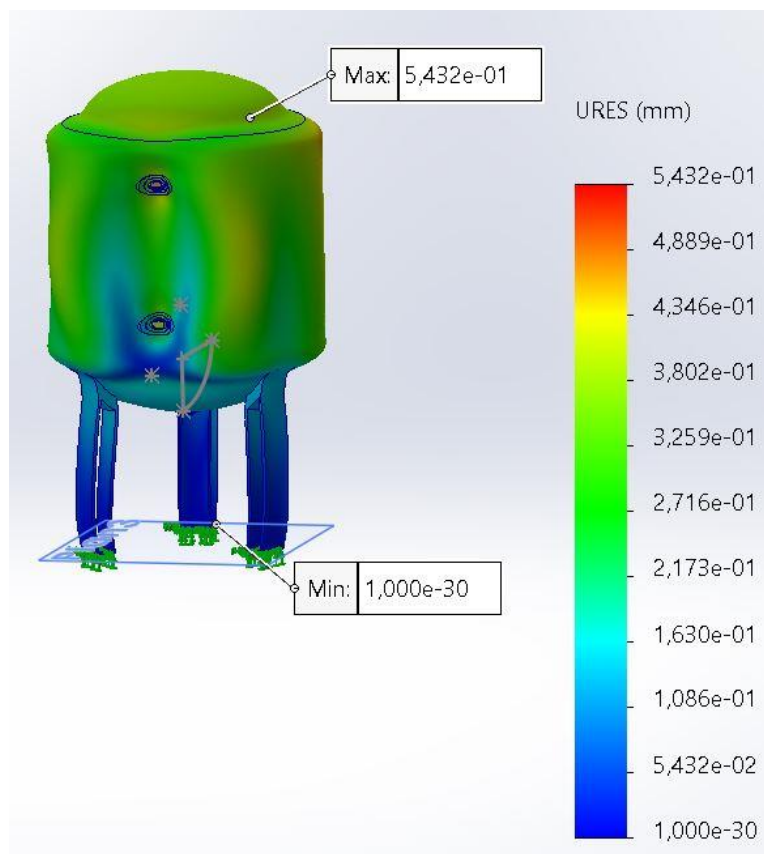


Figure 66. Simulation du déplacement du réservoir

### Interprétation

Application le critère de von Mises :

Alors  $\sigma_{\text{vonMises}} = 388 \text{ MPa} \leq (\sigma_{\text{limite}} = 400 \text{ MPa})$

On peut dire que notre réservoir va rester dans la déformation élastique

### CONCLUSION

Pendant les trois années passées à FST dans le cadre de notre formation, nous avons reçu une formation pleine mais beaucoup plus théorique. C'est ainsi qu'afin de compléter cette dernière année sur le plan pratique, il s'est avéré nécessaire et même incontournable pour nous d'effectuer un passage en entreprise. C'est pour répondre à cette exigence que nous avons demandé et obtenu un stage de fin d'étude à OPTIM TECHNIQUR ; stage qui s'est déroulé du 1 mars au 7 juillet 2022.

En guise de conclusion, je mets le point sur les différentes étapes de mon projet qui m'ont permis d'atteindre les objectifs tracés comme finalité pour mon sujet de stage et qui concernent précisément L'installation du l'air comprimé.

Ma mission durant ce projet de fin d'étude est faire une étude de flexibilité de tuyauterie d'une centrale d'air comprimé. Pendant cette période effectue beaucoup de travaux parmi lesquels celui four poussant d'où le thème : « Etude et conception de la station de compression Di Ammonium Phosphate lines 107D », nous avons aussi constaté un certain nombre de problème et nous avons essayé d'apporter des propositions et des solutions visant à contribuer à leur réalisation. Et le dimensionnement d'un réservoir de  $0,5m^3$  et sa vérification sur SolidWorks avec la solution acceptable de changer le matériau acier inoxydable 304 par acier inoxydable 304L à cause de sa forte résistance.

Pendant cette période qui m'a permis de me familiariser avec le monde professionnel et de découvrir les réalités de l'entreprise ; nous avons développé un esprit de travail en équipe, une approche méthodique de l'environnement du travail. Bref nous avons pu faire un rapprochement entre la théorie et la pratique. C'est ainsi que nous avons eu

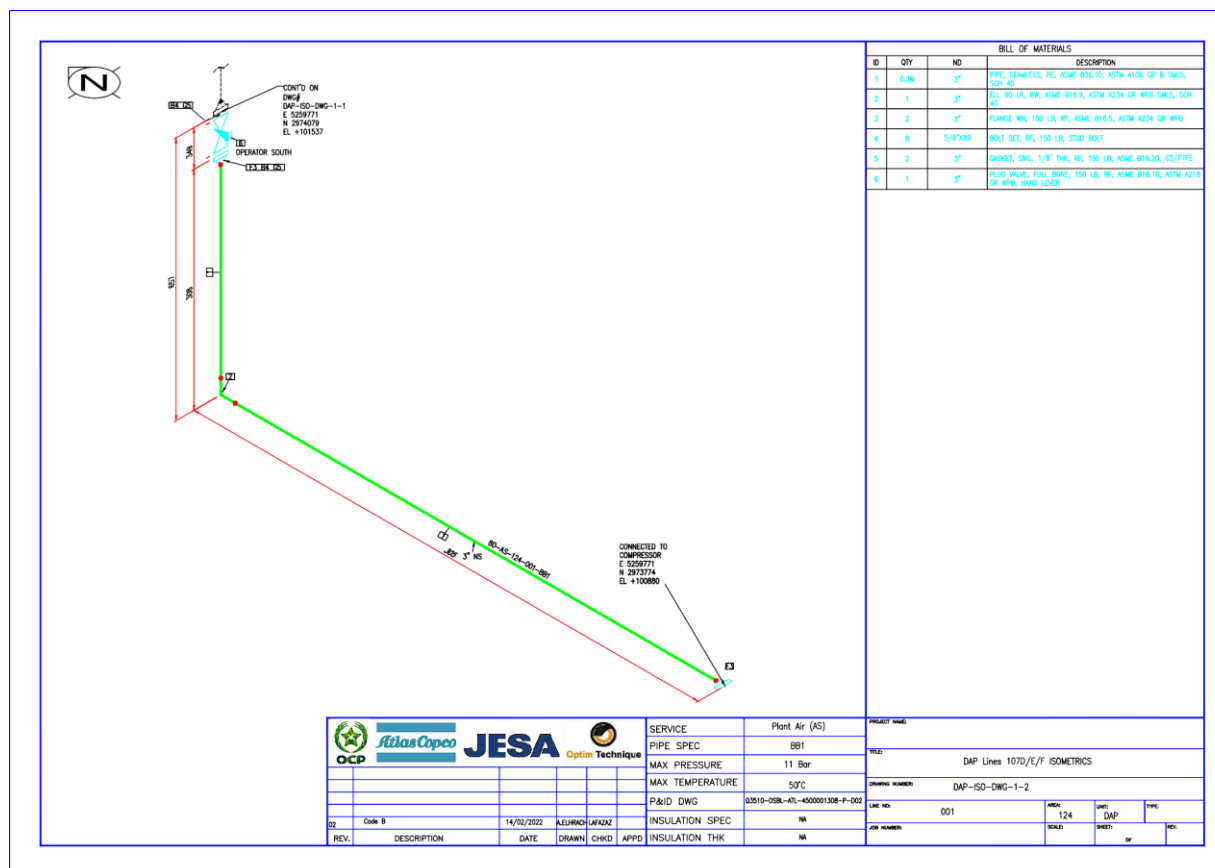
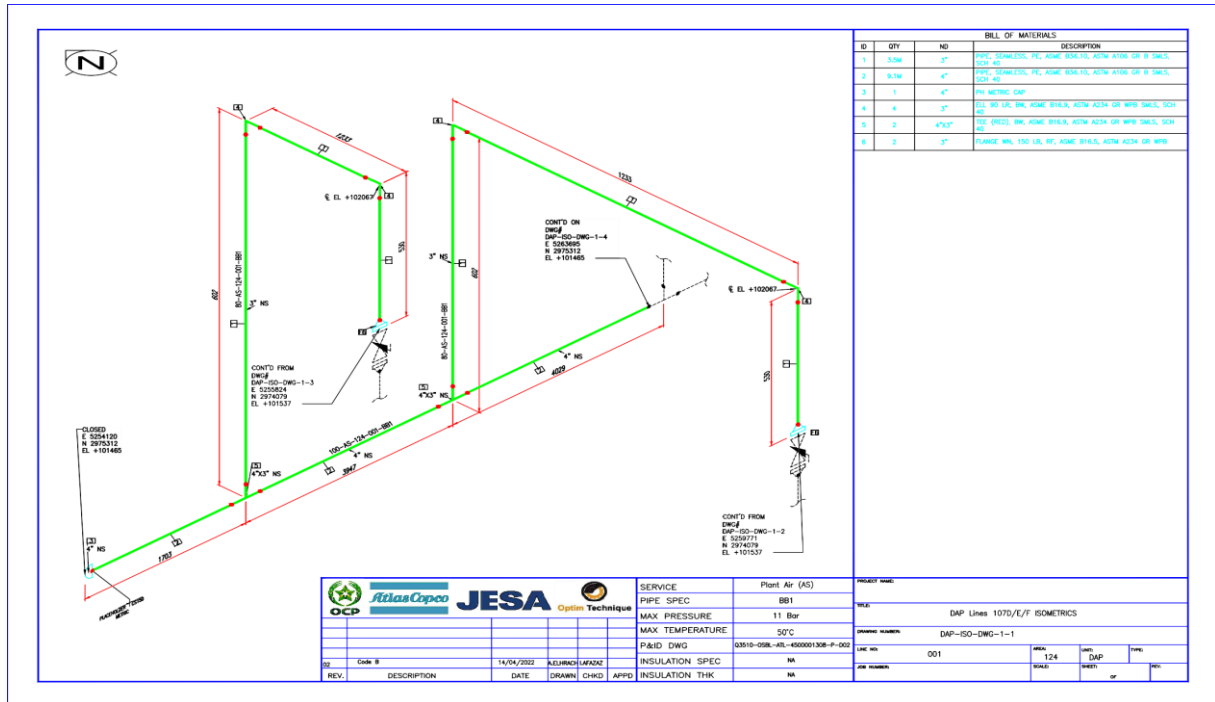
### RÉFÉRENCES

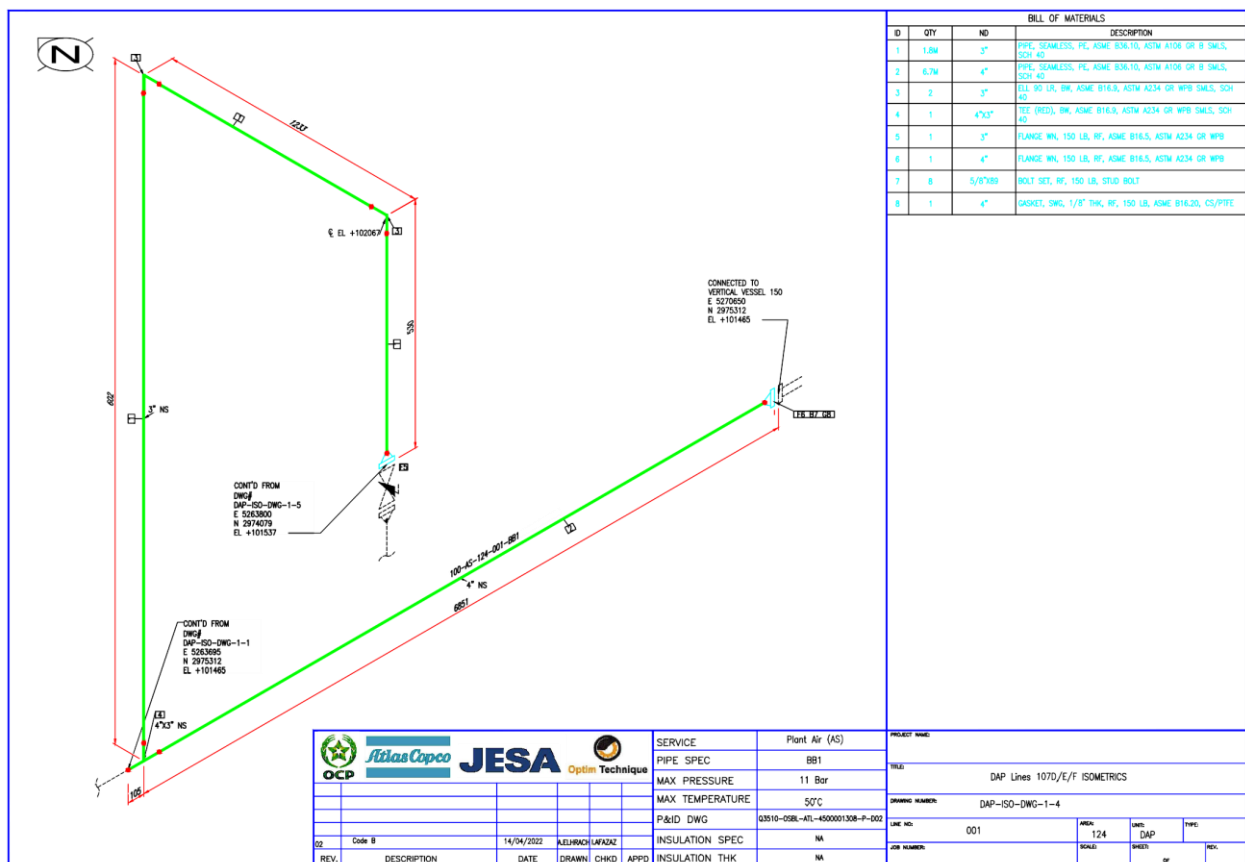
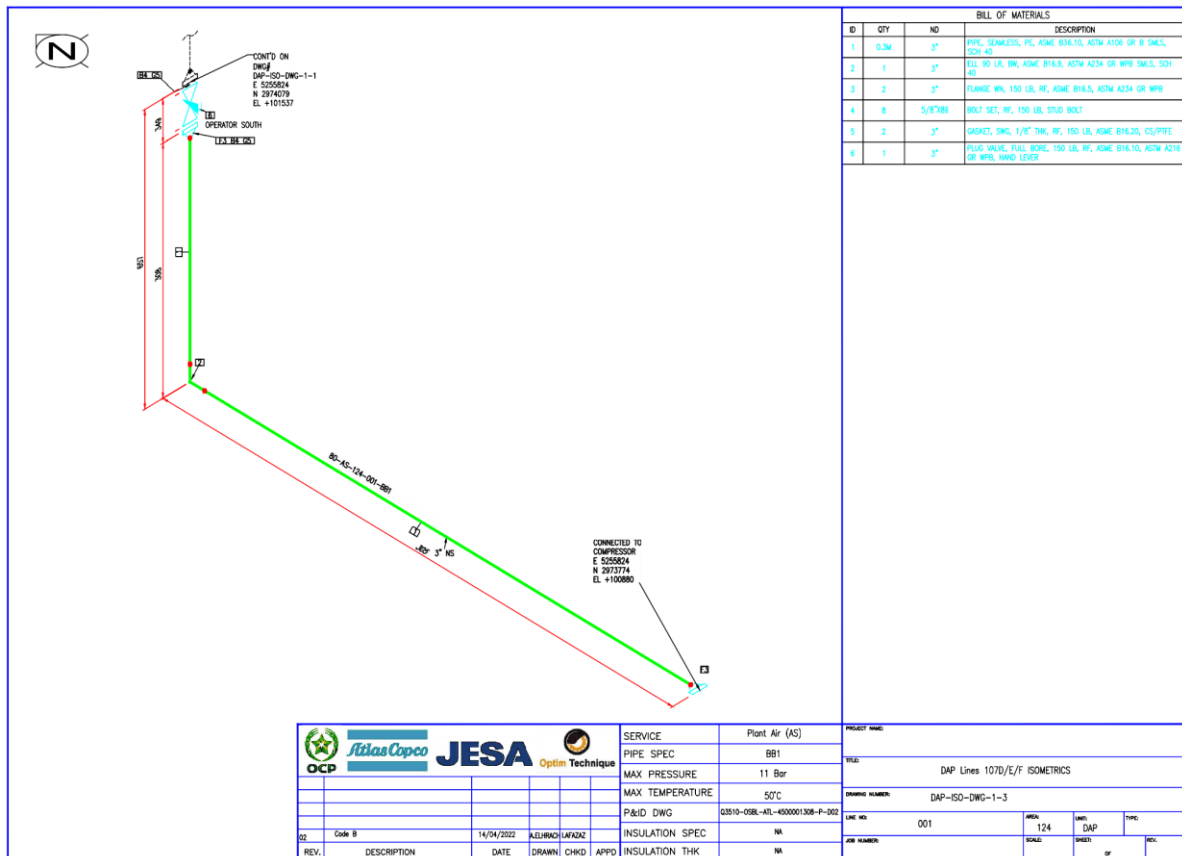
#### Ouvrages

- ASME B31.1 Power Piping .
- ASME SEC VIII DIV-1 Boiler & Pressure Vessel Code 2013\_ Rules for Construction of Pressure Vessels .
- ASME B36
- Introduction à la résistance des matériaux. Jérôme Bastien

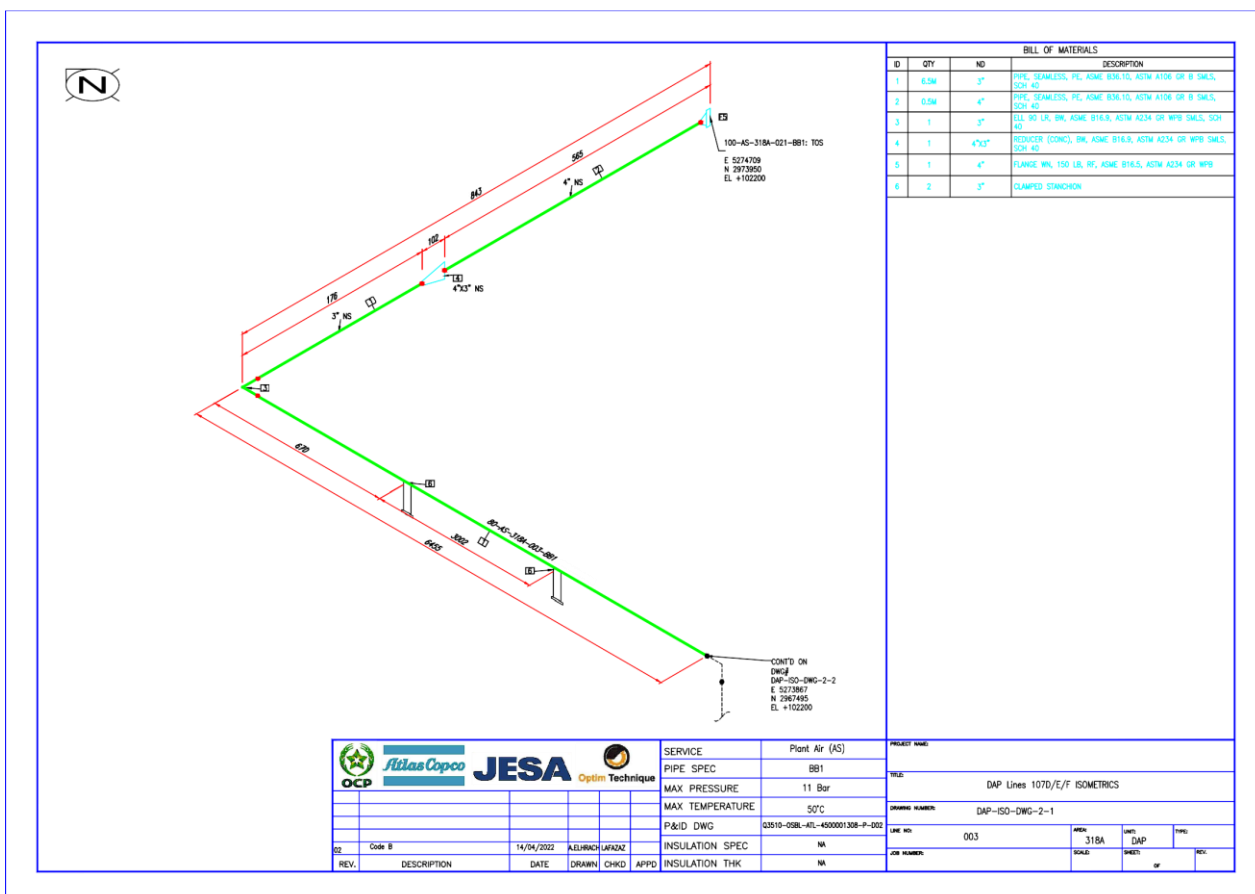
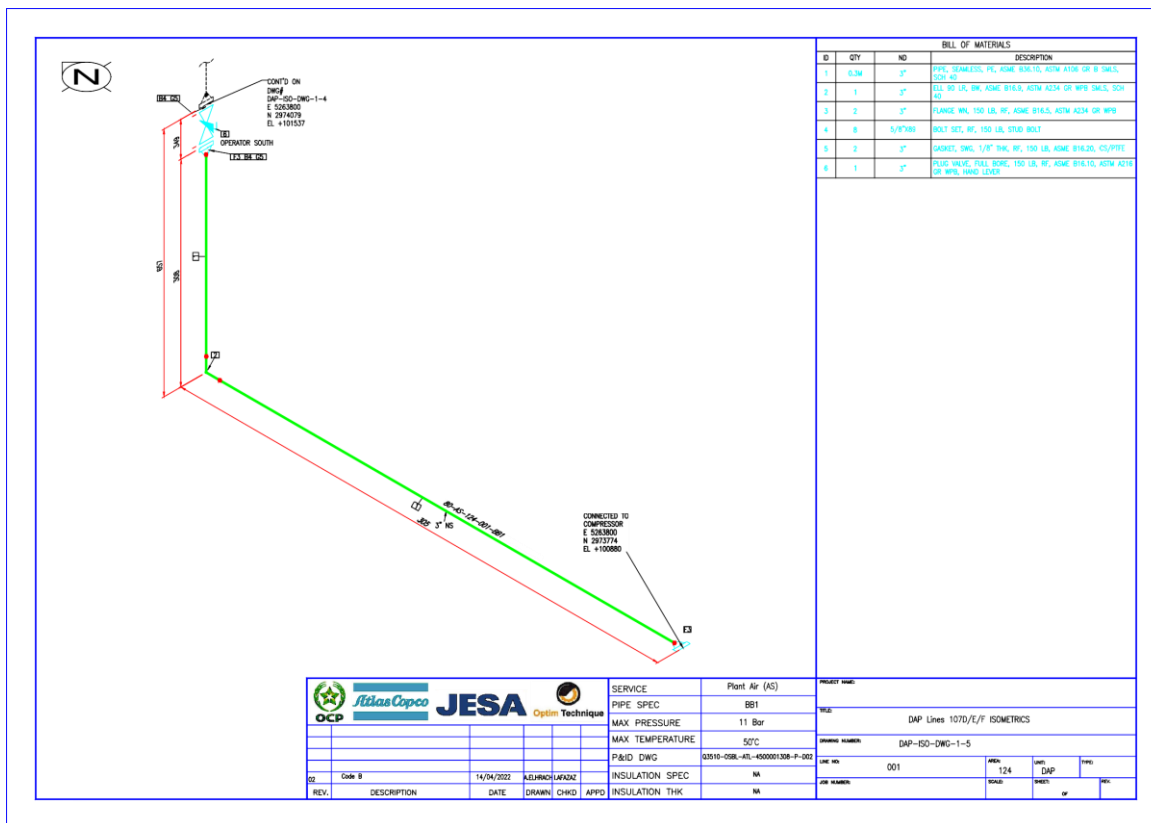
## ANNEXES

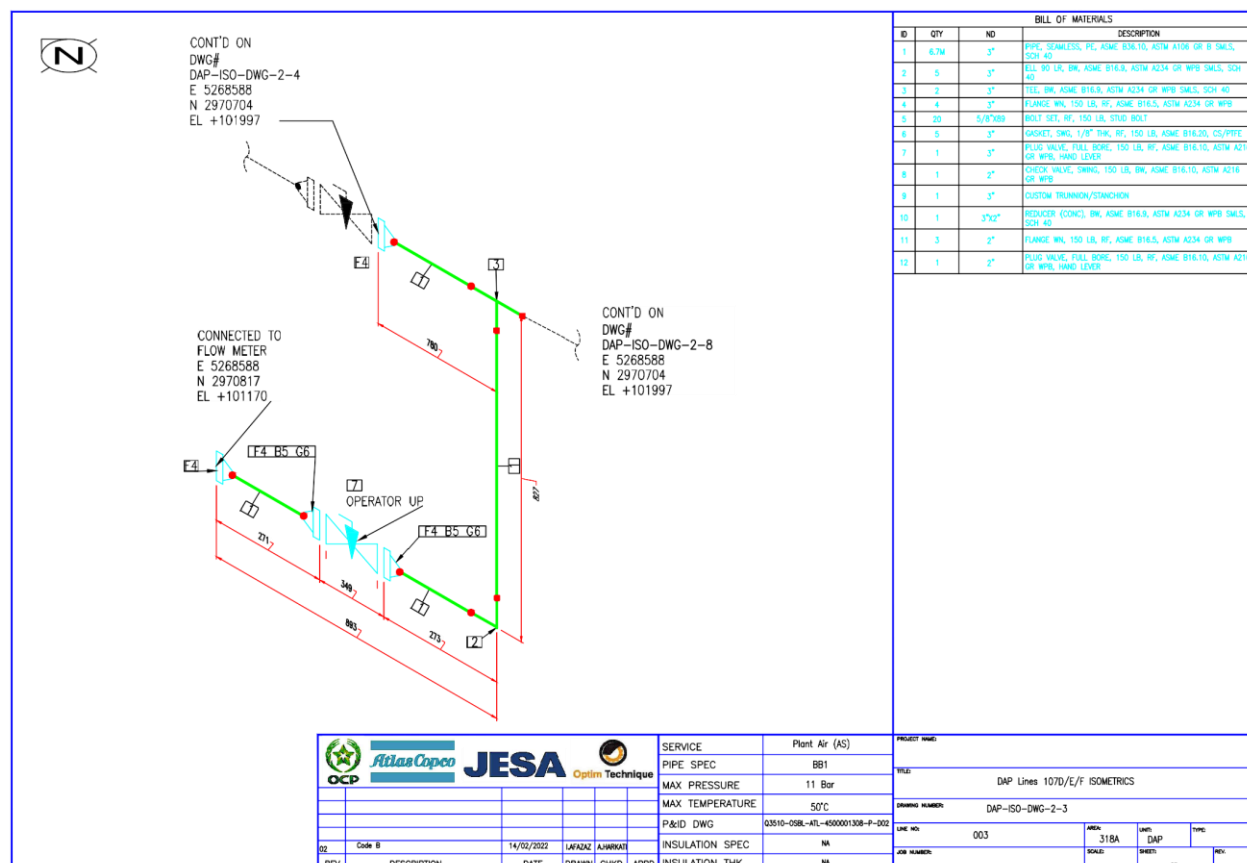
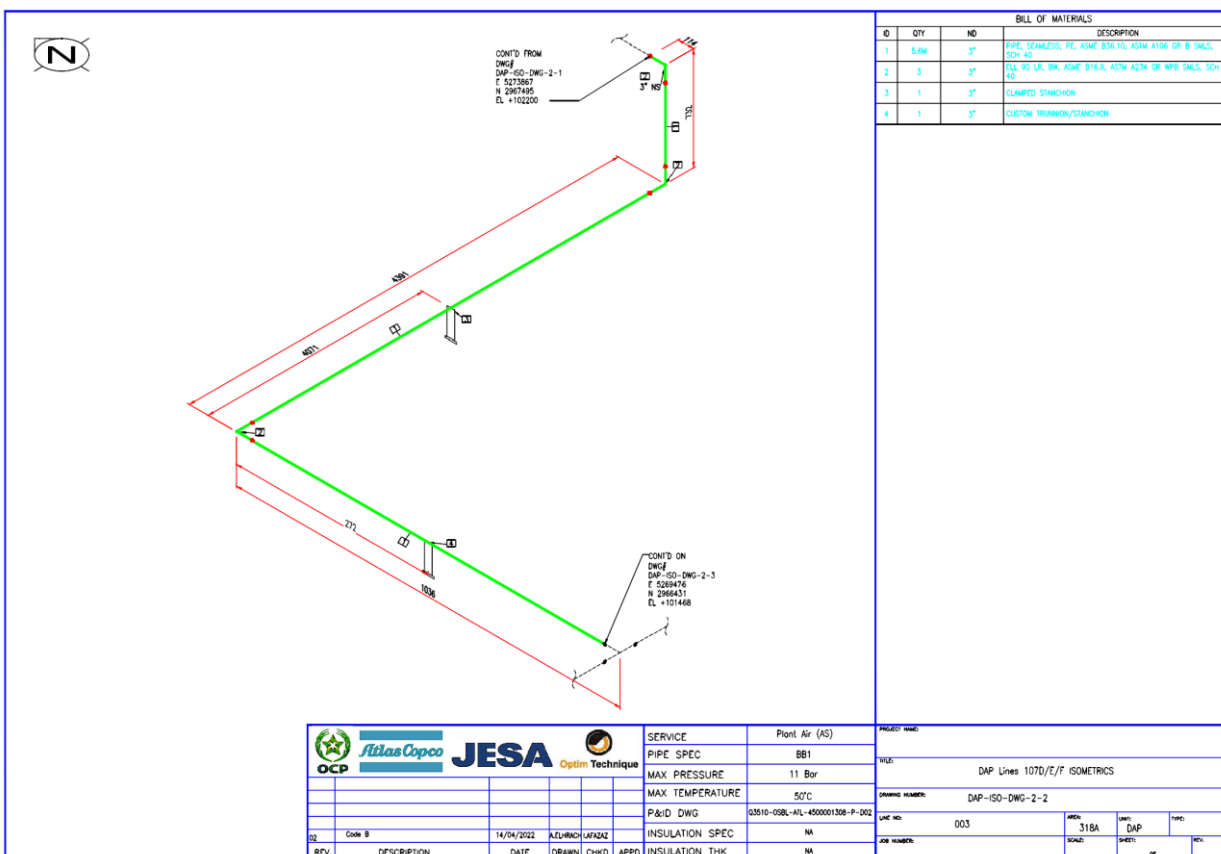
### ANNEXE 1 : isométries de la centrale d'air comprimé.

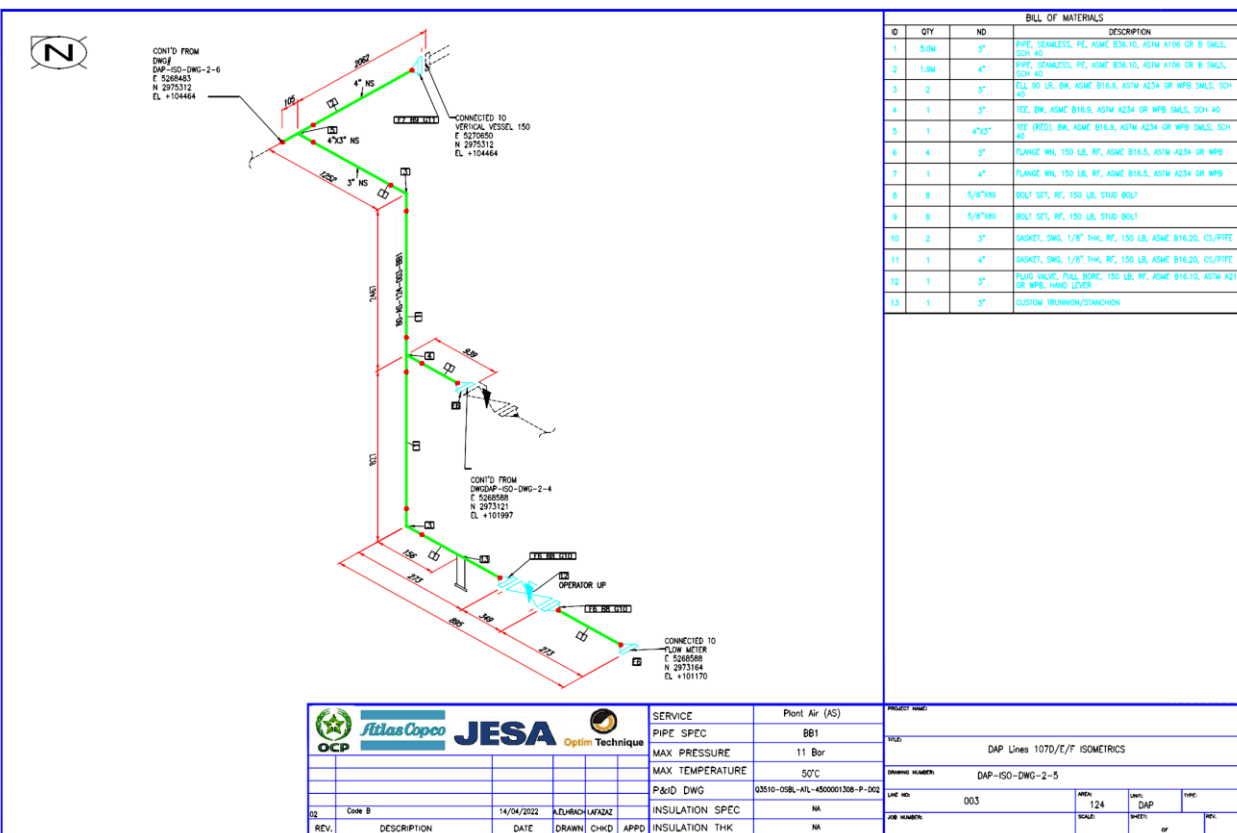
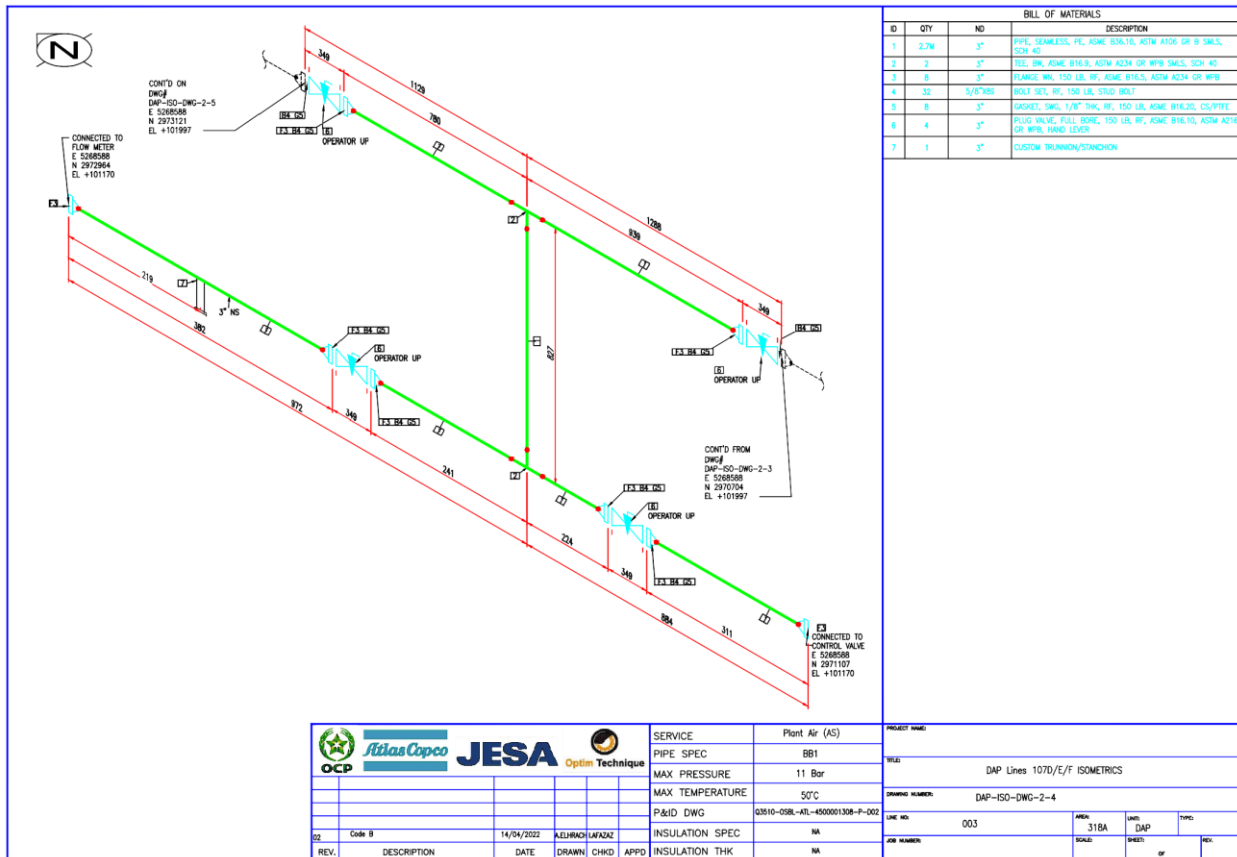


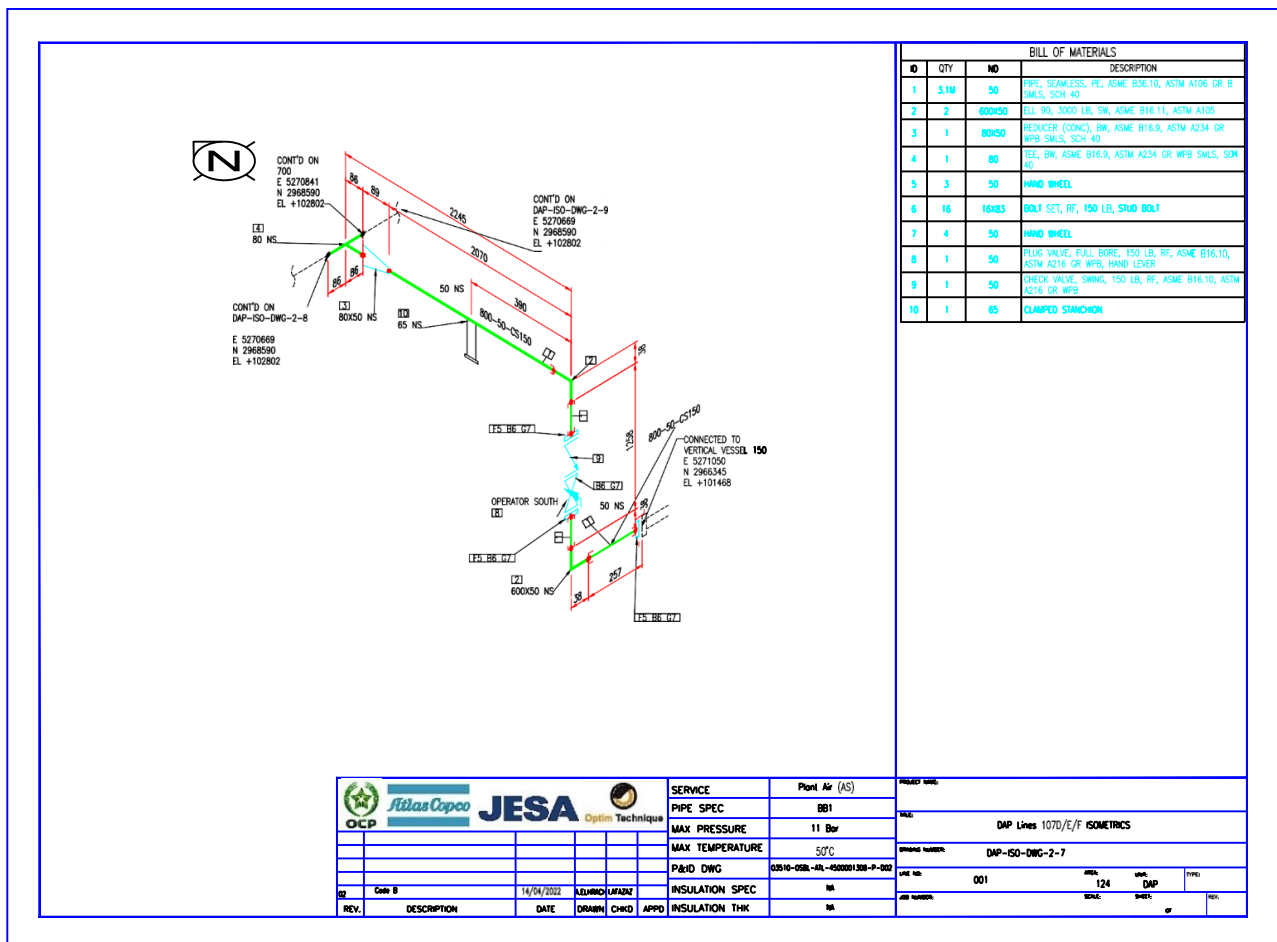
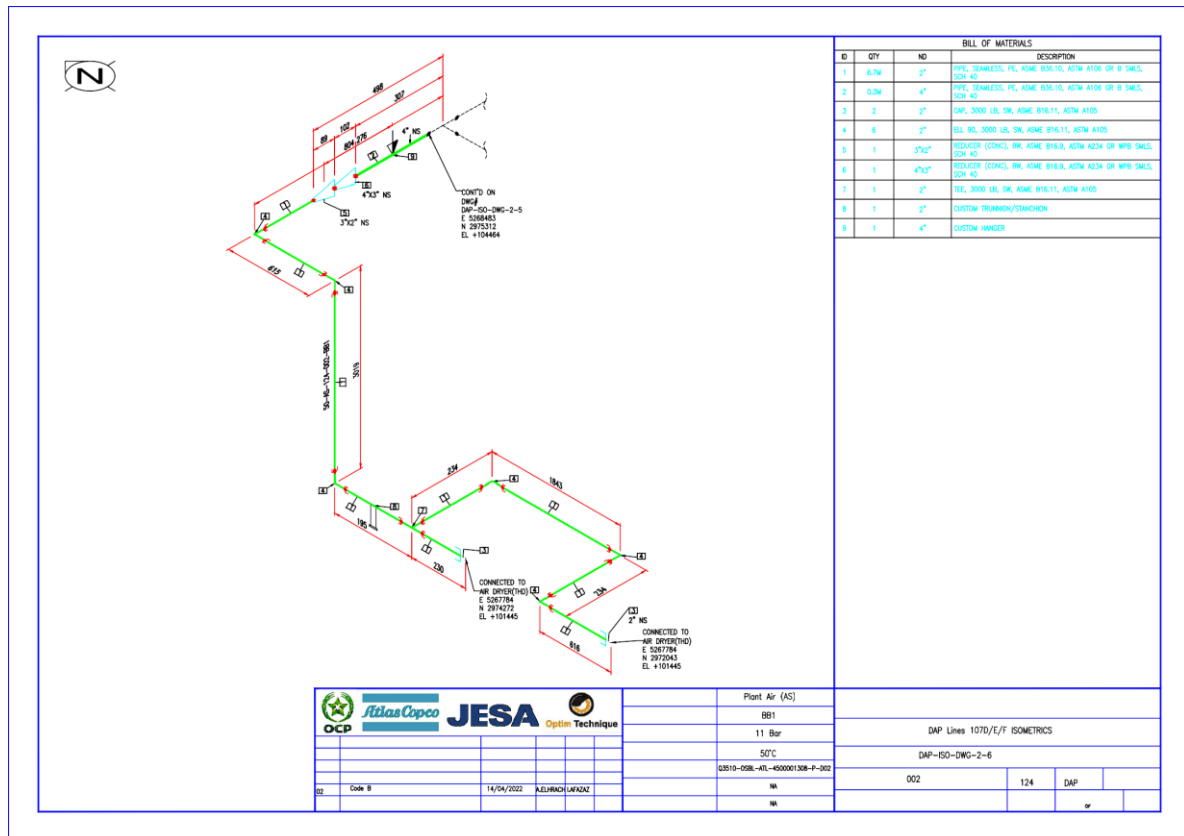


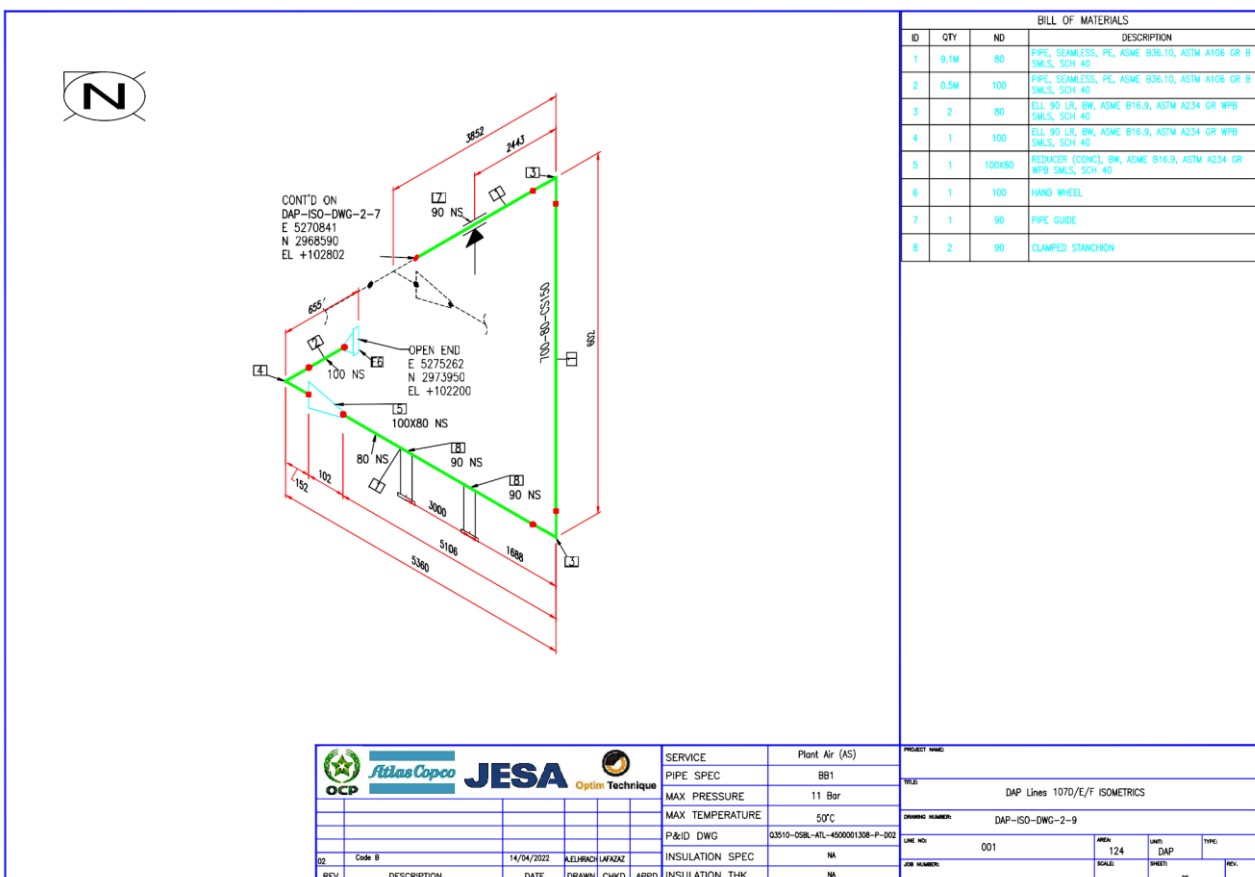
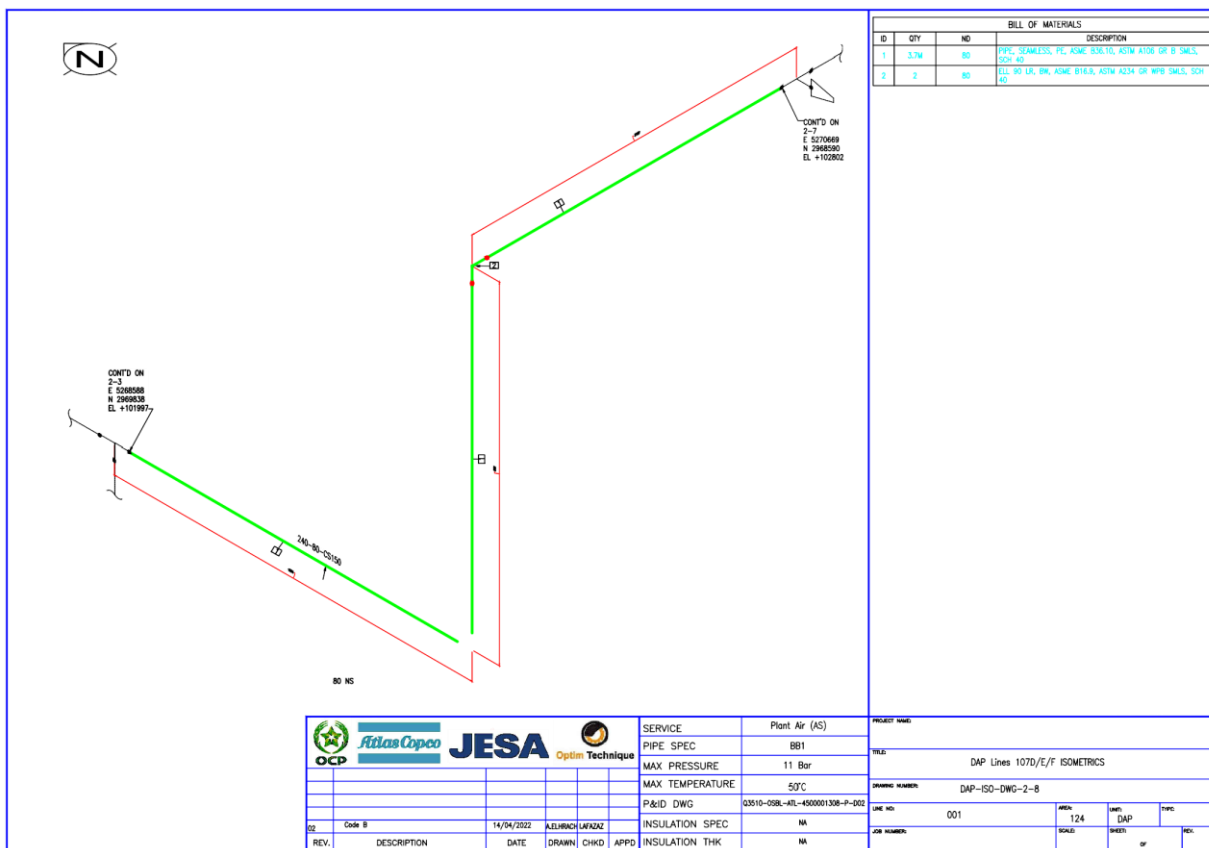




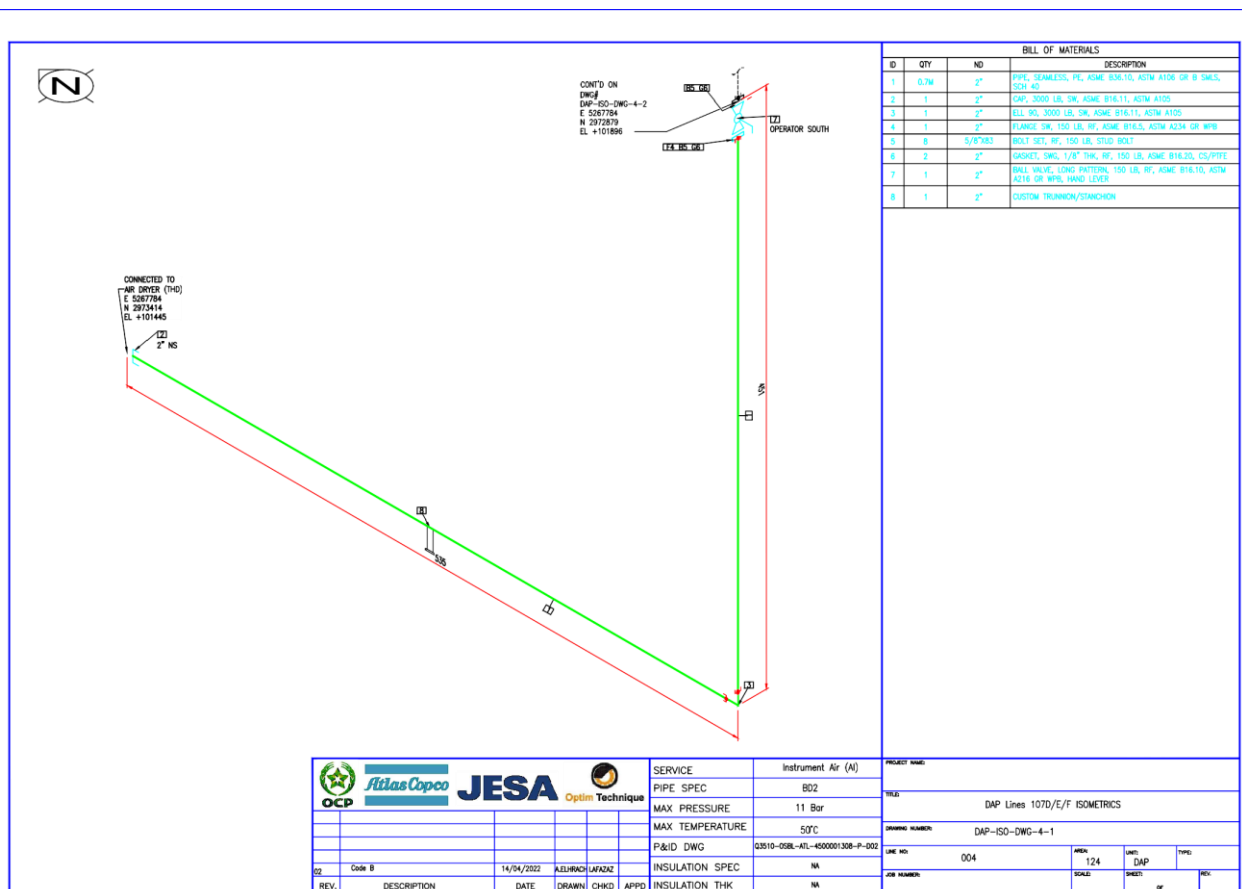
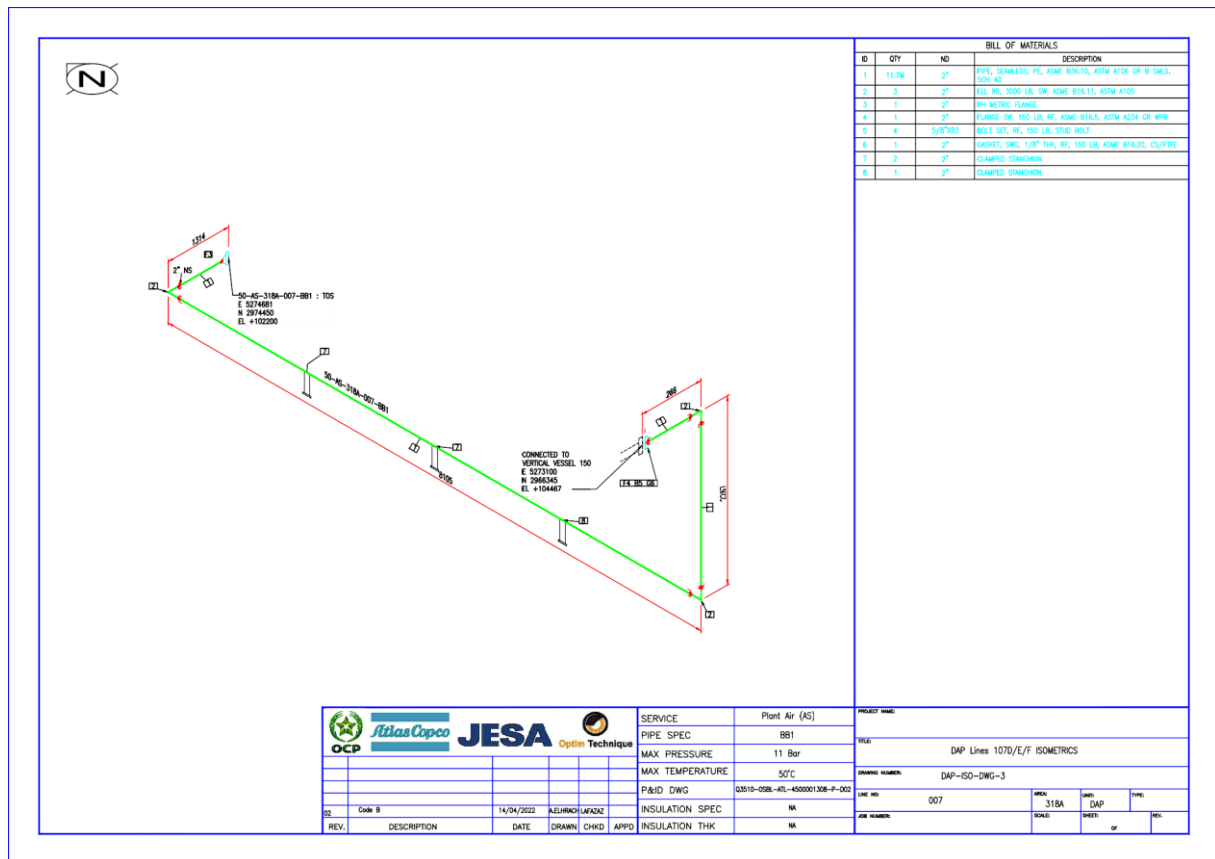


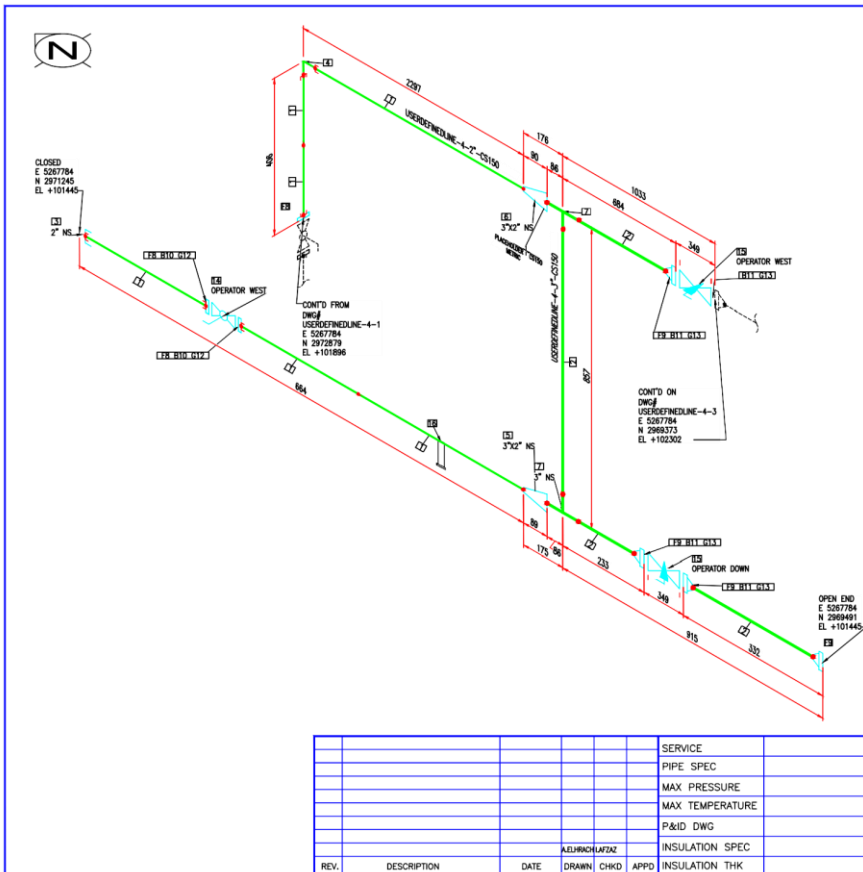






# Mémoire Projet de Fin d'Etudes

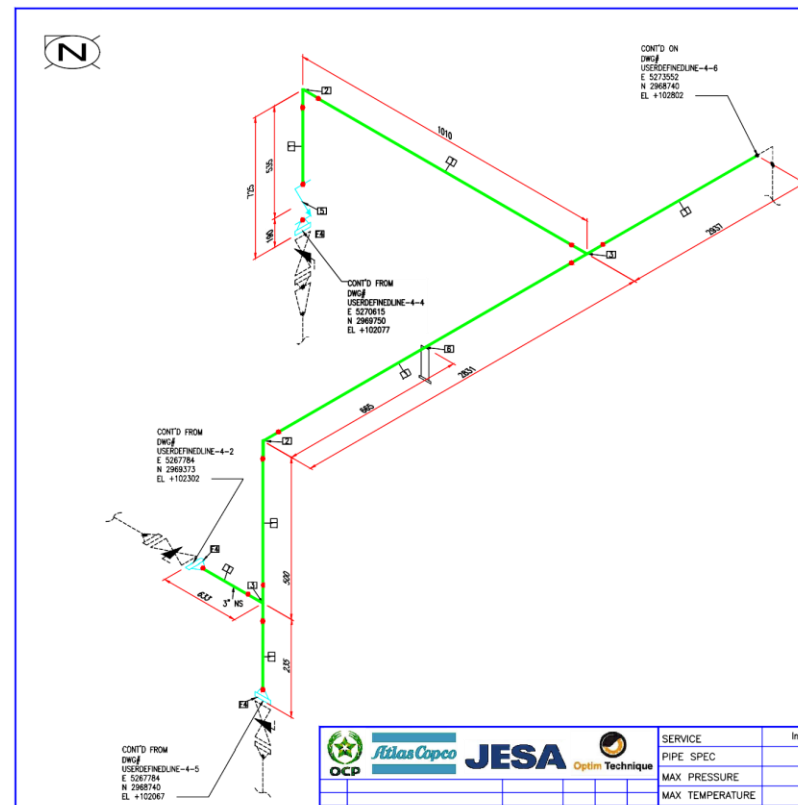




BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	NO	DESCRIPTION
1	3.1M	2"	PIPE, SEAMLESS, PE, ASME B36.10, ASTM A106 GR B SMLS, SCH 40
2	1.5M	3"	PIPE, SEAMLESS, PE, ASME B36.10, ASTM A106 GR B SMLS, SCH 40
3	1	2"	WFL, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A105
4	1	2"	ELL, 90, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A105
5	1	3/4"	REDUCER (CONC), BW, ASME B16.9, ASTM A234 OR WPB SMLS, SCH 40
6	1	3/4"	PH METRIC REDUCER CONC.
7	2	3"	TEE, BW, ASME B16.9, ASTM A234 OR WPB SMLS, SCH 40
8	3	2"	FLANGE SW, 150 LB, RF, ASME B16.5, ASTM A234 OR WPB
9	4	3"	FLANGE WN, 150 LB, RF, ASME B16.5, ASTM A234 OR WPB
10	8	5/8"x83	BOLT SET, RF, 150 LB, STUD BOLT
11	16	5/8"x88	BOLT SET, RF, 150 LB, STUD BOLT
12	2	2"	GASKET, SWG, 1/8" THK, RF, 150 LB, ASME B16.20, CS/PTFE
13	4	3"	GASKET, SWG, 1/8" THK, RF, 150 LB, ASME B16.20, CS/PTFE
14	1	2"	BALL VALVE, LONG PATTER, 150 LB, RF, ASME B16.10, ASTM A216 OR WPB HAND LEVER
15	2	3"	FLD VALVE, FULL BORE, 150 LB, RF, ASME B16.10, ASTM A216 OR WPB HAND LEVER
16	1	2"	CLAMPED STANCHION

REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD	SERVICE	INSULATION THK
						PIPE SPEC	
						MAX PRESSURE	
						MAX TEMPERATURE	
						P&ID DWG	
						INSULATION SPEC	

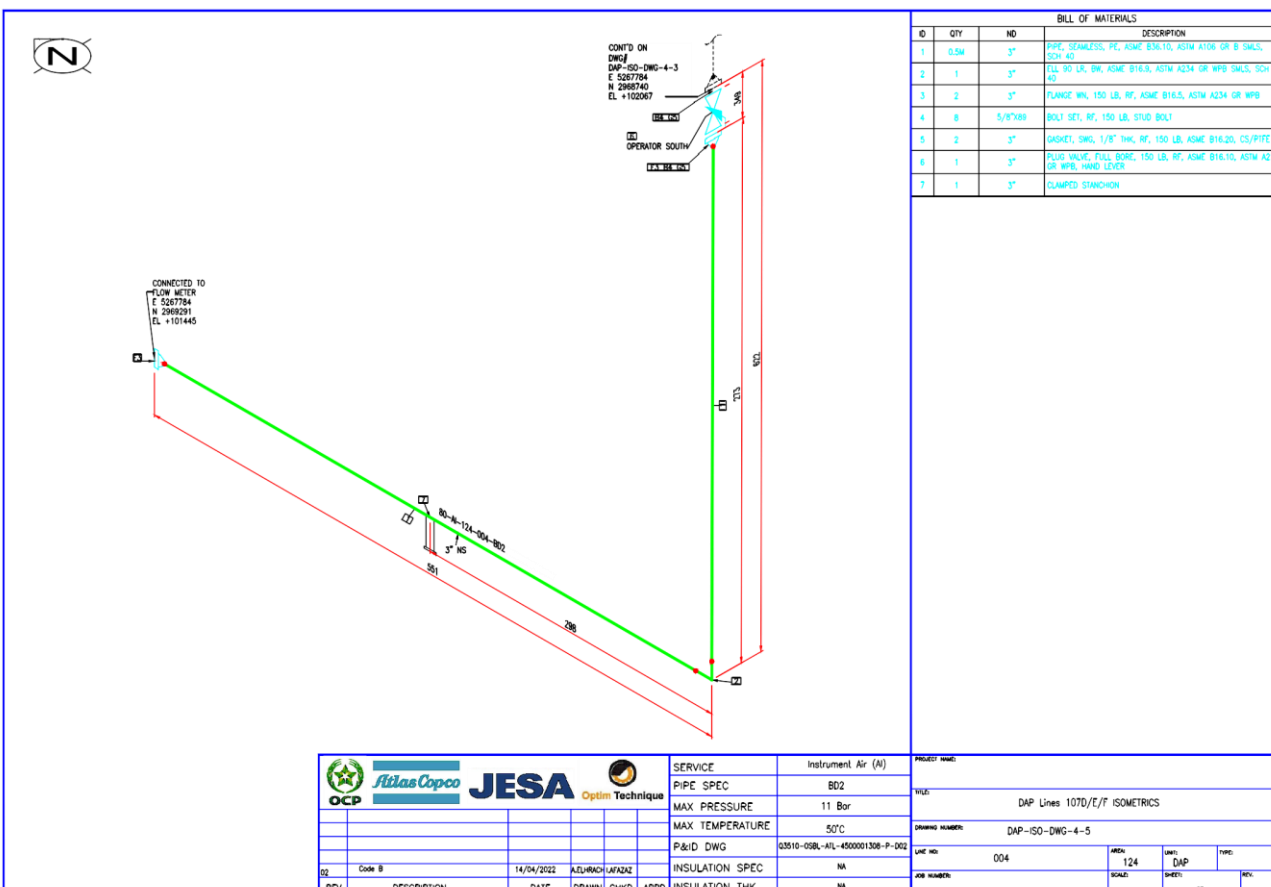
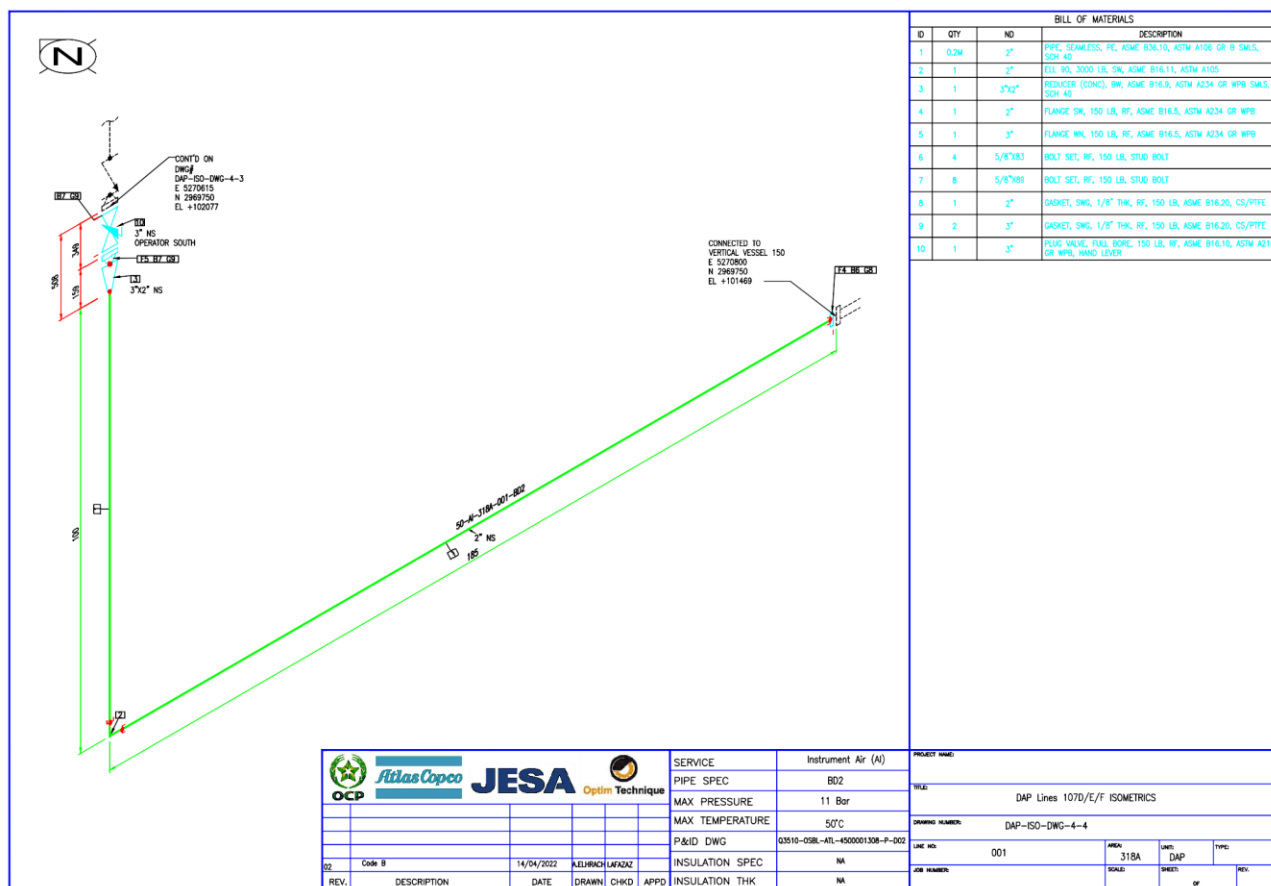
PROJECT NAME:			
TITLE:			
DRAWING NUMBER:			
LINE NO:	AREA:	UNIT:	TYPE:
JOB NUMBER:	SCALE:	SHEET:	OF: REV:



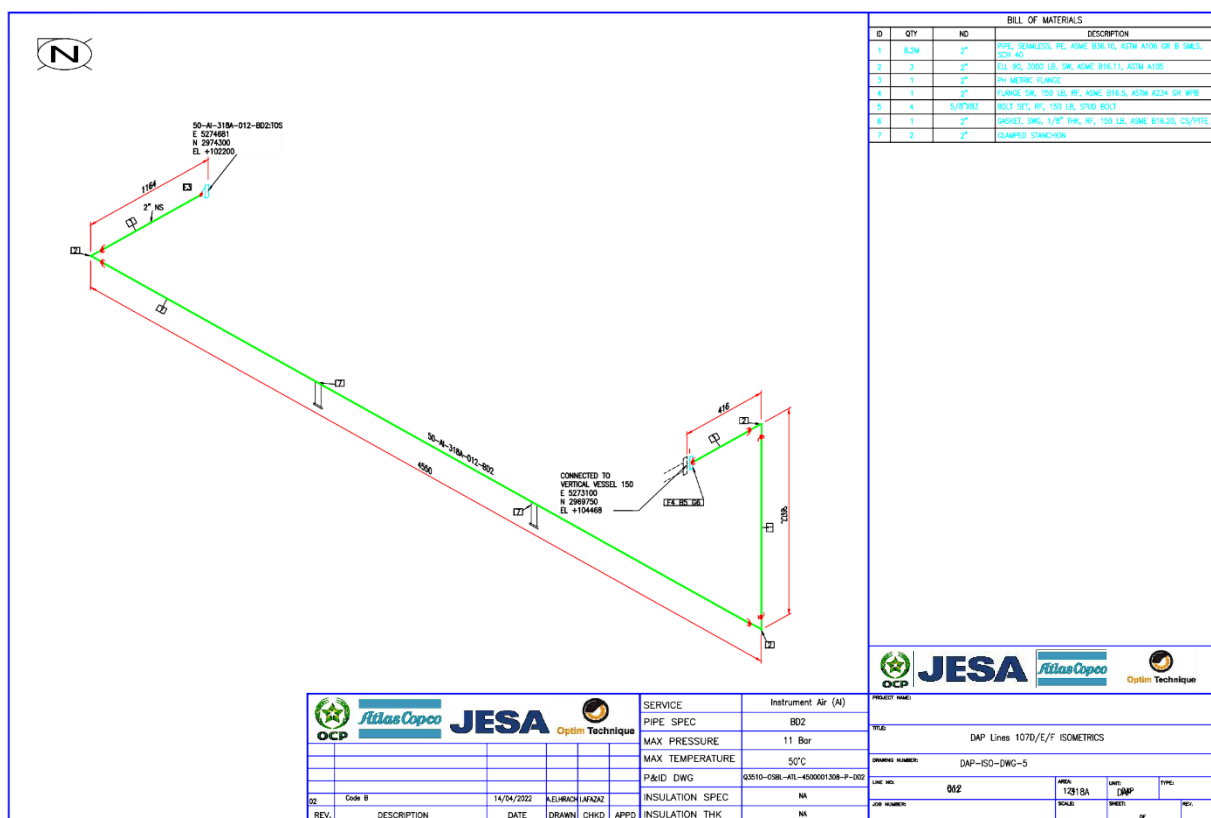
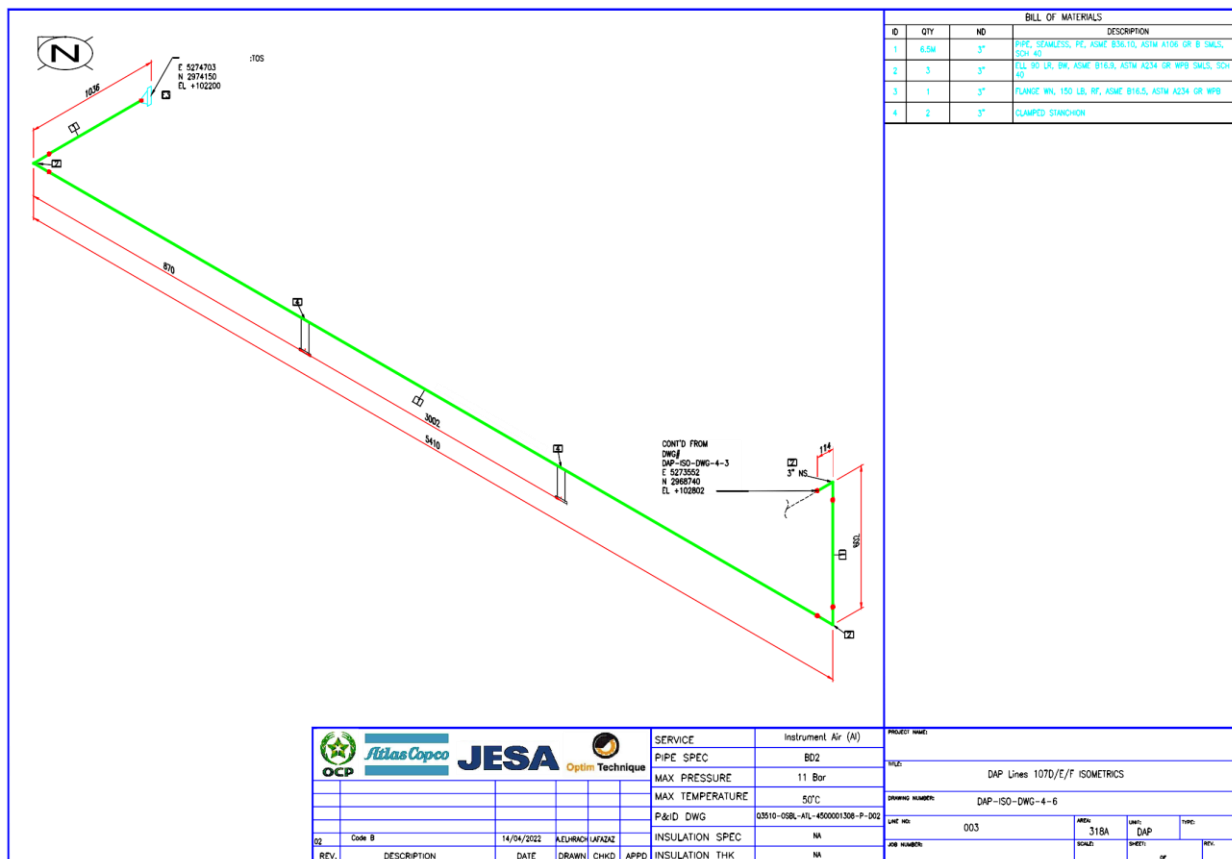
BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	NO	DESCRIPTION
1	7.5M	3"	PIPE, SEAMLESS, PE, ASME B36.10, ASTM A106 GR B SMLS, SCH 40
2	2	3"	ELL, 90 LB, BW, ASME B16.9, ASTM A234 OR WPB SMLS, SCH 40
3	2	3"	TEE, BW, ASME B16.9, ASTM A234 OR WPB SMLS, SCH 40
4	3	3"	FLANGE WN, 150 LB, RF, ASME B16.5, ASTM A234 OR WPB
5	1	3"	CHECK VALVE, SWING, 150 LB, BW, ASME B16.10, ASTM A216 OR WPB
6	1	3"	CUSTOM TRUNION/STANCHION

REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD	SERVICE	INSULATION THK
						PIPE SPEC	
						MAX PRESSURE	
						MAX TEMPERATURE	
						P&ID DWG	
						INSULATION SPEC	

PROJECT NAME:			
TITLE: DAP Lines 107D/E/F ISOMETRICS			
DRAWING NUMBER: DAP-ISO-DWG-4-3			
LINE NO: 004	AREA: 124	UNIT: DAP	TYPE:
JOB NUMBER:	SCALE:	SHEET: OF	REV:









# Mémoire Projet de Fin d'Etudes

## ANNEXE 4 : Catalogue du PMS.

FLANGES	USE	RATING/FACE	END CONN.	DESCRIPTION
15 mm - 50 mm	Flg'd Eqpt.	150 Lb RF	Threaded, NPT	Carbon Steel, ASTM A105, per ASME B16.5 (Note-6)
80 mm - 600 mm	Normal	150 Lb RF	Slip-on	Carbon Steel, ASTM A105, per ASME B16.5
80 mm - 600 mm	Agst. Fitg.	150 Lb RF	Weld Neck	Carbon Steel, ASTM A105, Std. Wt. Bore, per ASME B16.5
15 mm - 50 mm	Orifice	300 Lb RF	Weld Neck	Carbon Steel, ASTM A105 Sch. XS Bore, per ASME B16.36
80 mm - 600 mm	Orifice	300 Lb RF	Weld Neck	Carbon Steel, ASTM A105 Std. Wt. Bore, per ASME B16.36
15 mm - 600 mm	Blind	150 Lb RF	Blind	Carbon Steel, ASTM A105, per ASME B16.5
15 mm - 50 mm	Instrument.	300 Lb RF	Threaded, NPT(F)	Carbon Steel, ASTM A105, per ASME B16.5 (Note-6)
100 mm - 200 mm	Instrument	300 Lb RF	Slip-on	Carbon Steel, ASTM A105, per ASME B16.5
15 mm - 200 mm	Normal	150 Lb	RF	Fig.8, 150#, ASTM A515 Gr. 70, As per ASME B16.48
250 mm - 600 mm	Normal	150 Lb	RF	Spacer & Blind, 150#, ASTM A515 Gr. 70, As per ASME B16.48

NIPPLES	SCHEDULE	END CONN.	DESCRIPTION
15 mm - 50 mm	XS (Note 4)	PE / Thrd	CS, SMLS, ASTM A106-B (Ej=1.00)
15 mm - 50 mm	XS	NPT(M)	Nipple, CS, ASTM A106 Gr. B, Smls B36.10 4 inch Long
15 mm - 50 mm	XS	NPT(M)	Nipple, CS, ASTM A106 Gr. B, Smls B36.10 6 inch Long

VALVES	TYPE	USE	END CONN.	JESA TAG NO.
80 mm - 150 mm	Butterfly	Normal (Note 4)	150 Lb Lug	V-301
200 mm - 300 mm	Butterfly	Normal (Note 4)	150 Lb Lug	V-302
350 mm - 600 mm	Butterfly	Normal (Note 4)	150 Lb Lug	V-303
350 mm	Butterfly	(Note 7)	150 Lb Lug	V-303E
80 mm - 150 mm	Gate	Normal	150 Lb RF	V-401
200 mm - 300 mm	Gate	Normal	150 Lb RF	V-402
15 mm - 50 mm	Globe	Throttling	Threaded	V-508
80 mm - 350 mm	Globe	Normal	150 Lb RF	V-502
15 mm - 50 mm	Ball Check	Horiz/Vert Up	Threaded	V-616
80 mm - 600 mm	Wafer Check	Horiz/Vert Up	Wafer	V-617
15 mm - 50 mm	Ball	Normal	Threaded	V-703
80 mm - 200mm	Ball	Normal	150 Lb. RF	V-702
10 mm - 50mm	Needle	Fire Water	Threaded	V-801

PIPE	SCHEDULE	END CONN.	DESCRIPTION
15 mm - 50 mm	XS	Threaded, NPT & Coupled	Seamless Carbon Steel, ASTM A106 Gr. B, Ej=1.00, B36.10
80 mm - 600 mm	Std. Wt.	Bevelled	ERW Carbon Steel, ASTM A53 Gr. B, Ej=0.85, B36.10
65 mm - 400 mm	SCH40	Grooved	Seamless Carbon Steel, ASTM 53 Gr. B, B36.10

FITTINGS	SCHEDULE	END CONN.	DESCRIPTION
15 mm - 50 mm	300 Lb	Threaded, NPT	Malleable Iron, 300 Lb., ASTM A197, per ASME B16.3
80 mm - 350 mm	Std. Wt.	Butt Weld	Carbon Steel, ASTM A234 Gr. WPBS, per ASME B16.9
400 mm - 600 mm	Std. Wt.	Butt Weld	Carbon Steel, ASTM A234 Gr. WPBW, per ASME B16.9
65 mm - 400 mm	Sch. 40	Grooved (Note 8 & 9)	D.I., ASTM A536, Gr. 65-45-12 or ASTM A53, Gr.B (as per Manf. Std.)

THREDOLETS	SCHEDULE	END CONN.	DESCRIPTION
(Note 3)			
15 mm - 50 mm	3000 Lb	Threaded, NPT	Carbon Steel, ASTM A105, MSS SP-97



WELDOLETS	SCHEDULE	END CONN.	DESCRIPTION
80 mm - 300 mm	Std. Wt.	Butt Weld	Carbon Steel, ASTM A105, MSS SP-97

## CLASS CODE: BB1

PLUG	SCHEDULE	END CONN.	DESCRIPTION
15 mm - 50 mm	3000 Lb	Threaded, NPT	Carbon Steel, ASTM A105, Round Head, ASME B16.11

SWAGES	SCHEDULE	END CONN.	DESCRIPTION
15 mm - 50 mm	XS	PE / TE (F)	CS, ASTM A234-WPBS, MSS SP-95
15 mm - 50 mm	XS	PE / TE (M)	CS, ASTM A234-WPBS, MSS SP-95
50 mm - 100 mm	Match pipe	BE X TE	CS, ASTM A234-WPBS, MSS SP-95

UNIONS	SCHEDULE	END CONN.	DESCRIPTION
15 mm - 50 mm	300 Lb	Threaded, NPT	Malleable Iron, 300 Lb Ground Jt., Iron to Iron Seats, ASTM A197

MECHANICAL COUPLINGS	END CONN.	DESCRIPTION
----------------------	-----------	-------------

65 mm - 400 mm	-	(Note 8 & 9)	Rigid or Flexible D.I., ASTM A536, Gr. 65-45-12
----------------	---	--------------	-------------------------------------------------

65 mm - 400 mm	-		Victaulic style 920N Mechanical Tee female threaded outlet.
----------------	---	--	-------------------------------------------------------------

VALVES	TYPE	USE	END CONN.	JESA TAG NO.
15 mm - 50 mm	Plug	Normal	Socketweld	V-102
15 mm - 80 mm	Plug	Normal (Note 9)	150 Lb RF	V-103
100 mm - 400 mm	Plug	Normal (Note 9)	150 Lb RF	V-104
150 mm	Plug	Normal (Note 20)	150 Lb RF	V-104E
80 mm - 100 mm	Butterfly	Normal (Note 2)	150 Lb Lug Type	V-306
150 mm - 500 mm	Butterfly	Normal (Note 2)	150 Lb Lug Type	V-307
50 mm - 150 mm	Butterfly	(Note 10)	150 Lb Lug Type	V-308
200 mm - 450 mm	Butterfly	(Note 10)	150 Lb Lug Type	V-309
15 mm - 50 mm	Swing Check	Horiz/Vert Up (Note 9)	Socketweld	V-608
80 mm - 650 mm	Wafer Check	Horiz/Vert Up (Note 9)	Wafer	V-614
15 mm - 50 mm	Ball	Normal	Socketweld	V-718
50 mm	Ball	(Note 19)	Socketweld	V-718E
15 mm - 50 mm	Ball	V, DR, Instr Conns	SW x SCR'D	V-719
80 mm - 100 mm	Ball	Normal	150 Lb RF	V-720
15 mm - 50 mm	Globe	Normal	Socketweld	V-528
150 mm - 250 mm	Globe	Normal	150 Lb RF	V-531
50 mm	Gate	(Note14)	150 Lb RF	V-454
25 mm	Gate	(Note14)	800 Lb SCRF	V-456

PIPE	SCHEDULE	END CONN.	DESCRIPTION
15 mm - 50 mm	80S	Plain	Seamless ASTM A312 Gr TP316/316L (Dual Certified), B36.19 (Ej = 1.00)
80 mm - 450 mm	10S	Bevelled (Note 7)	EFSW ASTM A312 Gr TP316/316L, DSAW (Dual Certified), B36.19, (Ej = 1.00)

FITTINGS	SCHEDULE	END CONN.	DESCRIPTION
15 mm - 50 mm	3000 Lb	Socketweld	ASTM A182, Gr. F316/316L (Dual Certified), per ASME B16.11
80 mm - 200 mm	10S	Butt Weld (Note 7)	ASTM A403 Gr. WP316/ 316L-S (Dual Certified), per ASME B16.9
250 mm - 450 mm	10S	Butt Weld (Note 7)	ASTM A403 Gr. WP316/ 316L-WX (Dual Certified), per ASME B16.9
15 mm - 50 mm	3000 Lb	Threaded NPT(F)	ASTM A182, Gr. F316/316L (Dual Certified), per ASME B16.11 (Note-15)

STUB-ENDS	SCHEDULE	END CONN.	DESCRIPTION	
80 mm - 200 mm	10S	Butt Weld (Note 7)	MSS SP43 Type "A" short, ASTM A403 Gr. WP316/316L-S (Dual Certified)	
250 mm - 450 mm	10S	Butt Weld (Note 7)	MSS SP43 Type "A" short, ASTM A403 Gr. WP316/316L-WX (Dual Certified)	
OLETS	SCHEDULE	END CONN.	DESCRIPTION (Note 16)	
15 mm - 50 mm	3000Lb	SW / Thrd.	SS, ASTM A182, Gr. F316/316L (Dual Certified), per MSS SP-97	
WELDOLETS	SCHEDULE	END CONN.	DESCRIPTION	
80 mm - 300 mm	10S	Butt Weld (Note 7)	SS, ASTM A182, Gr. F316/316L (Dual Certified), per MSS SP-97	
PLUG	SCHEDULE	END CONN.	DESCRIPTION	
15 mm - 50 mm	3000 Lb	Threaded NPT(M)	ASTM A182, Gr. F316/316L (Dual Certified), per ASME B16.11(Note 15)	
UNION	SCHEDULE	END CONN.	DESCRIPTION	
15 mm - 50 mm	3000Lb	SW	SS, ASTM A182, Gr. F316/316L (Dual Certified), per MSS SP-83	
SWAGES	SCHEDULE	END CONN.	DESCRIPTION	
15 mm - 50 mm	80S	PBE	SS, ASTM A403 Gr. WP316/ 316L-S (Dual Certified), MSS SP-95	
80 mm - 100 mm	10S	BE X PE	SS, ASTM A403 Gr. WP316/ 316L-S (Dual Certified), MSS SP-95	
NIPPLES	SCHEDULE	END CONN.	DESCRIPTION	
15 mm - 50 mm	80S	PE X THRD (M)	Seamless ASTM A312 Gr TP316/316L (Dual Certified), ASME B36.19M (Ej = 1.00) 6 inch Long	
FLANGES	USE	RATING/FACE	END CONN.	DESCRIPTION
15 mm - 50 mm	Normal	150 Lb RF	Socketweld	ASTM A182 Gr. F316/316L (Dual Certified), Sch. 80S Bore, per ASME B16.5
15 mm - 50 mm	Normal	150 Lb FF	Socketweld	ASTM A182 Gr. F316/316L (Dual Certified), Sch. 80S Bore, per ASME B16.5
15 mm - 50 mm	Normal 300Lb.	300 Lb RF	Socketweld	ASTM A182 Gr. F316/316L (Dual Certified), Sch. 80S Bore, per ASME B16.5
15 mm - 150 mm	Normal	150 Lb RF	Blind	ASTM A182 Gr. F316/316L (Dual Certified), per ASME B16.5
80 mm - 450 mm	Reducing	150 Lb RF	Slip-on	ASTM A182 Gr. F316/316L (Dual Certified), per ASME B16.5
80 mm - 100 mm	Normal	150 Lb FF	Slip-on	ASTM A182 Gr. F316/316L (Dual Certified), per ASME B16.5

## Mémoire Projet de Fin d'Etudes

80 mm - 450 mm	Normal	150 Lb RF	Lap Joint (Note -17)	Carbon Steel, ASTM A105 (use with Type "A" Stub-Ends), per ASME B16.5, Hot Dipped Galvanized
40 mm - 450 mm	Orifice	300 Lb RF	Weld Neck (Note 7)	ASTM A182 Gr. F316/316L (Dual Certified), Sch. Bore to match pipe, per ASME B16.36
80 mm - 450 mm	Normal	300 Lb RF	Lap Joint	Carbon Steel, ASTM A105 (use with Type "A" Stub-Ends), per ASME B16.5, Hot Dipped Galvanized
15 mm - 200 mm	Normal	150 Lb	RF	Fig.8, 150# ASTM A240 TP 316/316L (Dual Certified) As per ASME B16.48
250 mm - 350 mm	Normal	150 Lb	RF	Spacer & Blind, 150# ASTM A240 TP 316/316L (Dual Certified) As per ASME B16.48

GASKETS	TYPE	THICKNESS/MATERIAL	MANUFACTURER & MODEL NO. OR APPROVED EQUAL
All	Spiral Wound (Per B16.20) 150/300 Lb	4.5 mm, 316L/PTFE	Flexitallic Style CGI Spiral Wound for ASME B16.5 flanges, 316L inner and outer rings, 316L windings with PTFE filler.
(NOTE 13)	Flat Ring 150Lb/300Lb	3.0 mm	Garlok Gylon Style 3500
15 mm - 100 mm	Full Face 150# FF	3 mm	ASME B16.21, PTFE W/silica FLR

BOLTING	TYPE	DESCRIPTION
All	Stud Bolts	Stainless Steel, Threaded Full Length, ASTM A193 Gr.B8M CL2 With Two Heavy Hex Nuts each ASTM A194 Gr.8M.

HEADER SIZE	BRANCH SIZE	TYPE FITTING	NOTES
			Refer to branch connection table within this class code.

GASKETS	TYPE	THICKNESS/MATERIAL	MANUFACTURER & MODEL NO. OR APPROVED EQUAL
All	Flat Ring (Per B16.21)	2 mm Synthetic Fiber with EPDM Binder	Garlock Bluegard #3700 Non-asbestos, per ASME B16.5 Class 150 or 300.
65 mm - 400 mm	Coupling	EPDM	Manufactures Standard for Grooved Coupling.

BOLTING	TYPE	DESCRIPTION
All	Stud Bolts	Alloy Steel, Threaded Full Length, ASTM A193 Gr. B7 With Two Heavy Hex Nuts each ASTM A194 Gr. 2H

### CLASS CODE: BB1

HEADER SIZE	BRANCH SIZE	TYPE FITTING	NOTES
			Refer to branch connection table within this class code.

INST. CONN.	TYPE	SIZE/TYPE CONN.
All	Pressure Instrument W/O Diaphragm seal	15 mm NPTF
All	Temperature	40 mm, Flanged
All	Orifice Tap	15 mm NPTF
All	Pressure Instrument With Diaphragm Seal	50 mm, Flanged