

**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

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

**Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Construction mécanique**

THEME

**Etude d'analyse de stress sur CAESAR II 2019 de la
tuyauterie raccordée au puits BRS-31**

Présenté par :
Oudni YOUNES

Promoteur : Mr. Merah ABDELKRIM

Promotion 2023- 2024

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à ceux qui ont rendu possible la réalisation de ce mémoire.

Tout d'abord, je remercie Dieu, le Tout-Puissant, pour sa guidance et ses bénédictions infinies tout au long de cette entreprise académique.

Je souhaite également exprimer ma reconnaissance et mon amour à mes chers parents pour leur soutien inconditionnel et leurs sacrifices constants. À ma mère, en particulier, merci pour votre amour et vos prières qui m'ont toujours inspiré à donner le meilleur de moi-même.

À mon encadreur, Monsieur MERAH, merci pour votre expertise, vos conseils avisés et votre disponibilité qui ont grandement enrichi cette recherche. Votre patience et votre dévouement ont été essentiels à la réalisation de ce travail.

Je remercie également les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce mémoire. Vos critiques constructives et vos observations seront d'une grande aide pour mon développement futur.

Mes remerciements vont aussi à tous mes enseignants, dont l'enseignement et le soutien ont été fondamentaux pour mon apprentissage et mon succès académique. Vous avez tous contribué à forger mon savoir et mes compétences.

Enfin, je remercie mes frères pour leur soutien et leur présence constante. Vous avez été une source de réconfort et d'encouragement tout au long de ce parcours.

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, je vous adresse mes plus sincères remerciements. Votre soutien et vos encouragements ont été essentiels à l'aboutissement de ce projet.



Dédicaces

À ma mère et mon père, avec tout mon amour et ma gratitude, pour leur soutien indéfectible et leurs sacrifices constants.

À mes chères sœurs, pour leur encouragement et leur affection qui m'ont toujours inspiré.

À mon frère Amrou, qui est en France, merci pour ton soutien et ta présence, même à distance.

À mon pote Karim, pour ton amitié précieuse et ton aide tout au long de ce parcours.

À mon équipe de soldats, pour leur camaraderie et leur soutien inébranlable.

À tous les hommes que nous avons connus dans cette faculté, merci pour les moments partagés et le soutien tout au long de cette aventure académique.

Avec toute ma reconnaissance.

SOMMAIRE

<i>Remerciement</i>	A
<i>Sommaire</i>	A
<i>Liste des tableaux</i>	D
<i>Liste des figures</i>	E
<i>Nomenclature</i>	H

Introduction générale

Introduction générale.....	1
Présentation de l'entreprise.....	4
Organisation de l'entreprise.....	6

Chapitre I : Pétrole, puits et réseau de collecte

I. Introduction.....	8
I.1. Généralités sur le pétrole brut.....	8
I.1.1 L'utilisation de pétrole.....	8
I.1.2 Le pétrole brut en Afrique.....	9
I.1.3 Les émulsions et les mousses.....	10
I.1.4 Gisement.....	10
I.2 Généralités sur les puits.....	11
I.2.1 Définition de Puits.....	11
I.2.2 Types de puits.....	12
I.3 Généralités sur le réseau de collecte.....	15
I.3.1 Plan du réseau de collecte.....	16
I.3.2 La composition d'un réseau de collecte.....	16
I.4 Matériels de tuyauterie.....	17
Conclusion.....	24

Chapitre II : Le puits BRS-31, ASME B31.3, étude d'analyse de stress

II. Introduction.....	26
II.1 Description de projet.....	27
II.1.1 Le puits BRS-31.....	27
II.2 ASME B31.....	28

II.2.1 ASME B.31.3.....	29
II.2.2 Les principales caractéristiques de l'ASME B31.3.....	29
II.2.3 ASME B.31.4.....	29
II.2.4 ASME B31.8.....	29
II.2.5 Les classe de pressions	30
II.3 L'étude de stress	31
II.3.1 La contrainte Mécanique	31
II.3.2 Les types des contraintes	31
II.3.3 Les moments	33
II.3.4 Stress.....	35
II.3.5 Les types de stress et les lois de calculs.....	35
Conclusion.....	38

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D de puits BRS-31

III. Introduction.....	40
III.1 Présentation de CAESAR II 2019	41
III.1.1 Historique et évolution du logiciel	41
III.1.2 Fonctionnalités principales	41
III.1.3 Interface utilisateur et ergonomie	42
III.1.4 Domaines d'application	42
III.2 Nouveautés de CAESAR II 2019	42
III.2.1 Améliorations de l'interface utilisateur	42
III.2.2 Outils de modélisation 3D avancés	43
III.2.3 Analyse de contraintes et de tensions	43
III.2.4 Intégration de technologies de pointe	43
III.2.5 Exemples concrets d'utilisation des nouvelles fonctionnalités	43
III.3 Avantages de CAESAR II 2019	44
III.3.1 Gains de productivité et d'efficacité	44
III.3.2 Conception de systuits plus fiables et optimisés	44
III.3.3 Réduction des coûts et des délais de développement	44
III.3.4 Amélioration de la qualité et de la sécurité des installations.....	44

III.3.5 Etudes de cas démontrant les bénéfices du logiciel	45
III.4 Mise en œuvre de CAESAR II 2019	45
III.4.1 Prérequis techniques.....	45
III.4.2 Installation et configuration.....	45
III.4.3 Formation et support utilisateur.....	45
III.4.4 Exemples de projets réussis.....	46
III.4.5 Perspectives d'avenir de CAESAR II 2019.....	46
III.4.6 Évolutions futures du logiciel (roadmap)	46
III.4.7 Tendances de l'industrie de la CAO et de l'analyse de systuits	46
III.4.8 Rôle de CAESAR II 2019 dans l'innovation produit et la transition énergétique.....	47
III.4.9 Synergies avec d'autres outils et technologies émergentes.....	47
III.5 Modélisation 3D de puits BRS-31	47
III.5.1 Configuration de logiciel	47
III.5.2 Les outils importants de modélisation	50
III.5.3 Les étapes de modélisation	52
<u>Chapitre IV : Analyse et simulation</u>	
IV.1 Vérification d'erreurs	83
IV.2 Analyse de stress	84
IV.2.1 Rapports et simulation	85
Conclusion	96

TABLEAUX

Chapitre I

TAB 1 : Les plus grands pays producteurs de pétrole en Afrique.....10

Chapitre III

TAB III.1 : Tableau de configuration des unités.....49

TAB III.2 : Tableau de Matériels numéroté.....53

TAB III.3 : Tableau des instruments de partie D6AS.....56

TAB III.4 : Tableau de matériels D1ES 1/4.....58

TAB III.5 : Tableau de matérielle D1ES 2/4.....60

TAB III.6: Tableau de matérielle D1ES 3/4.....62

TAB III.7 : Tableau de matérielle D1ES 4/4.....64

TAB III.8 : Tableau de matérielle D1FS 1/2.....66

TAB III.9 : Tableau de matériels D1FS 2/2.....68

TAB III.10 : Tableau de matériels D1E.....70

TAB III.11 : Tableau de matériels B2C 1/1.....74

TAB III.12 : Tableau de matériels B2C 2/2.....76

TAB III.13 : Tableau de Matérielle B2C 1/1.....76

TAB III.14 : Tableau de matériels B2C 4inch.....78

TAB III.15 : Tableau de matériels B2C 1/1.....79

FIGURES

Introduction générale

FIG. 1 : Implantation de la GTP sur le territoire national.4
 FIG 2 : Evolution du capital social de la GTP.6
 FIG 3 : organigramme de l'ENGTP.....6

Chapitre I

FIG I.1 : composition d'un puits.....11
 FIG I.2 : Les différents domaines d'un puits.....12
 FIG I.3 : Ecoulement du fluide d'un réservoir.....12
 FIG I.4 : Réservoir et trou de forage.....13
 FIG I.5 : Schéma typique puits producteur.....13
 FIG I.6 : Schéma typique puits injecteur.....14
 FIG I.7 : Schéma typique puits témoins.....15
 FIG I.7 : Schéma typique puits témoins.....16
 FIG I.9 : Tête de puits.....17
 FIG I.10 : vannes.....18
 FIG I.11 : Tuyaux.....19
 FIG I.12 : images de types de tee.....20
 FIG I.13 : image de types de coude.....20
 FIG I.14 : image de types de bride.....21
 FIG I.15 : Photo de ligne de torche.....22

Chapitre II

FIG II.1 : Localisation de projet.....27
 FIG II.2 : ASME B31 Pressure Piping Codes.....28
 FIG II.3 : Caractéristiques des tubes.....31
 FIG II.4 : moments mécanique au tuyau.....33
 FIG II.5 : Moments au coude.....34
 FIG II.6 : moments à la connexion.....34

Chapitre III

FIG III.1 : Page d’ouverture de logiciel CAESAR II 2019.....	41
FIG III.2 : Post de travaille CAESAR II 2019.....	47
FIG III.3 : L’étape de créer un nouveau model.....	48
FIG III.4 : L’étape de créer le nom de travaille.....	48
FIG III.5 : L’étape de spécifions le code de tuyauterie.....	50
FIG III.6 : Plan P&ID de réseau de collecte BRS-31.....	51
FIG III.7 : plan isométrique de partie J1CS.....	52
FIG III.8 : fenêtre des données.....	54
FIG III.9 : Modèle 3D de partie J1CS.....	55
FIG III.10 : Plan isométrique de partie (D6AS)	56
FIG III.11 : L’étape d’ajouter les forces.....	57
FIG III.12 : Plan isométrique de partie D1ES 1/4.....	57
FIG III.15 : Modélisation 3D de partie D1ES 1/4.....	58
FIG III.16 : Plan isométrique de partie D1ES 2/4.....	59
FIG III.17 : Modélisation 3D de partie D1ES 2/4.....	61
FIG III.18 : Plan isométrique de partie D1ES 3/4.....	61
FIG III.19 : Modélisation 3D de partie D1ES 3/4.....	63
FIG III.20 : Plan isométrique de partie D1ES 4/4.....	63
FIG III.21 : Modélisation 3D de partie D1ES 4/4.....	65
FIG III.22 : Plan isométrique de partie D1FS 1/1.....	65
FIG III.23 : Modélisation 3d de partie D1FS 1/2.....	66
FIG III.24 : Plan isométrique de partie D1FS 2/2.....	67
FIG III.25 : Modélisation 3D de partie D1FS 2/2.....	69
FIG III.26 : Plan isométrique de partie D1E.....	69
FIG III.27 : Modélisation 3D de partie D1E.....	71
FIG III.28 : Plan isométrique de partie B2C 1/2.....	71
FIG III.29 : Modélisation 3D de partie B2C 1/1.....	73
FIG III.30 : Plan isométrique de partie B2C 2/2.....	73

FIG III.31 : Modélisation 3D de partie B2C 2/2.....74

FIG III.32 : Plan isométrique de partie B2C 1/1.....75

FIG III.33 : Modélisation 3D de partie B2C 1/1.....77

FIG III.34 : Plan isométrique de plan B2C 4inch.....77

FIG III.35 : Modélisation 3D de B2C 4inch.....78

FIG III.36 : Plan isométrique de plan B2C 1/1.....79

FIG III.37 : Modélisation 3D de B2C 1/1.....80

FIG IV.1 : Vérification d’erreurs.....83

FIG IV.2 : Tableau des erreurs et remarque.....83

FIG IV.3 : l’étape de l’analyse de stress.....84

BIBLIOGRAPHIE :

Code et règlement :

- [1] <https://ifp.hal.science/hal-02054030/document>
- [2] <https://www.cetim.fr/formation/formation/conception/Equipements-sous-pression/Asme/asme-b31-3-process-piping-142>
- [3] https://www.spedweb.com/images/piping_stress_analysis_101_reid_mcnally_sped.pdf
- [4] <https://afry.com/en-us/node/1546/REF9367H-piping-engineer-stress-analysis-ingenieur-ingenieure-en-tuyauterie-analyse-des-contraintes>
- [5] <https://www.moncoachzerodechet.fr/loi-de-lhormese-comment-renforcer-sa-vitalite/>
- [6] <https://appx.cchic.ca/svilleneuve/materiaux/chap6.pdf>
- [7] <https://apps.dtic.mil/sti/trecms/pdf/AD1173774.pdf>
- [8] <https://apps.dtic.mil/sti/trecms/pdf/AD1173774.pdf>
- [9] <https://cade.osd.mil/News/blog>
- [10] <https://original-ufdc.uflib.ufl.edu/AA00062626/00051>
- [11] <https://docs.hexagonppm.com/r/en-US/CAESAR-II-Users-Guide-2019-Service-Pack-1/Version-2019-11.0-Service-Pack-1/980270>
- [12] <https://www.pveng.com/home/pipe-stress-analysis/types-of-stresses-in-piping-systems/>
- [13] <https://stressman.no/main-types-of-stress-in-piping/>
- [14] <https://www.pipe.fr/formes-de-pipes-238>

Mémoires :

- [1] <https://fr.scribd.com/document/488786648/memoire-hanane-pdf>

Logiciel :

- [1] CAESAR II 2019

Nomenclature :

- API : American Petroleum Institute
- AIE : L'Agence internationale de l'énergie
- Statista : Est un portail en ligne allemand offrant des statistiques issues de données d'instituts, d'études de marché et d'opinion ainsi que de données provenant du secteur économique
- OPEP : L'organisation des pays exportateurs de pétrole
- ANSI : American national standards institue
- ISO : the international organisation for standardization
- ASME : American Society of Mechanical Engineers
- CPP : Contrat de partage de production
- HMD : Hassi Messaoud
- SL : le stress longitudinal
- P : la pression interne
- D : le diamètre extérieur du tuyau
- t : l'épaisseur de la paroi du tuyau
- M : le moment de flexion
- Z : le module de section du tuyau
- SE : le stress de dilatation
- α : le coefficient de dilatation thermique du matériau
- E : le module d'Young du matériau
- T1 : la température maximale de fonctionnement
- T0 : la température initiale de montage
- P : la pression interne
- D : le diamètre extérieur du tuyau
- t : l'épaisseur de la paroi du tuyau
- OPE : Charge + Température + Pression
- SUS : Charge + Pression
- EXP : Expansion thermique
- σ_x, σ_y : les contraintes normales
- τ_{xy} : La contrainte de cisaillement
- σ : Le stress occasionnel
- SMYS : Limite d'élasticité spécifiée du matériau
- CAO : Centrale application office
- ASCE : American Society of Civil Engineers
- P&ID : piping and instrumentation diagram

Introduction générale

Introduction Générale :

Le pétrole demeure une ressource énergétique majeure qui joue un rôle crucial dans l'économie mondiale et le développement industriel. Il alimente divers secteurs, allant du transport à la production d'électricité, en passant par la pétrochimie et les matériaux plastiques. Le pétrole brut, dans son état naturel, est une substance complexe composée de divers hydrocarbures et d'autres composés organiques. Sa gestion, depuis l'extraction jusqu'à la distribution, est un processus sophistiqué nécessitant des technologies avancées et des standards rigoureux pour assurer une exploitation efficiente et sécurisée.

Contexte et Importance du Sujet

L'Afrique, riche en ressources naturelles, possède plusieurs des plus grands gisements de pétrole au monde. La valorisation de ces ressources nécessite des infrastructures complexes, incluant des puits de forage sophistiqués et des réseaux de collecte bien conçus pour transporter le pétrole brut vers les raffineries et les marchés internationaux. Comprendre les spécificités des puits de pétrole et des réseaux de collecte est crucial pour optimiser la production, minimiser les pertes et assurer la sécurité des opérations.

Structure de l'Étude

Ce mémoire est divisé en plusieurs chapitres, chacun abordant des aspects spécifiques du pétrole, des puits de forage, des réseaux de collecte, et des technologies de modélisation et d'analyse utilisées pour optimiser ces systèmes.

Chapitre I : Pétrole, puits et réseau de collecte

Ce chapitre introduit les concepts fondamentaux du pétrole brut, son utilisation, et les particularités de son exploitation en Afrique. Il couvre également les émulsions et mousses, les types de gisements, et les caractéristiques des puits de forage. Enfin, il détaille les réseaux de collecte et les matériels de tuyauterie utilisés dans l'industrie pétrolière.

Chapitre II : Le puits BRS-31, ASME B31.3, étude d'analyse de stress

Le second chapitre se concentre sur le puits spécifique BRS-31 et l'application des normes ASME B31.3 pour l'analyse de stress. Il présente les caractéristiques des différentes normes ASME B31, les classes de pression, et les méthodes d'étude de stress, incluant les contraintes mécaniques et les types de stress.

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D de puits BRS-31

Ce chapitre explore le logiciel CAESAR II 2019, un outil essentiel pour la modélisation 3D et l'analyse de contraintes des systèmes de tuyauterie. Il décrit les fonctionnalités, les nouveautés, et les avantages de ce logiciel, ainsi que sa mise en œuvre pratique pour la modélisation du puits BRS-31.

Chapitre IV : Analyse et simulation

Le dernier chapitre traite de l'analyse et de la simulation des systèmes modélisés. Il aborde la vérification des erreurs, les rapports de simulation, et l'analyse de stress détaillée pour assurer la fiabilité et la sécurité des installations.

Objectifs du Mémoire :

L'objectif principal de ce mémoire est de fournir une compréhension approfondie des systèmes d'extraction et de transport du pétrole brut, en mettant l'accent sur les techniques modernes de modélisation et d'analyse. En examinant le puits BRS-31 et en utilisant CAESAR II 2019 pour la modélisation 3D, cette étude vise à démontrer comment les outils avancés peuvent améliorer l'efficacité, la sécurité et la fiabilité des opérations pétrolières.

Contribution à la Recherche et à l'Industrie

Cette étude contribue à la recherche académique en fournissant une analyse détaillée et une application pratique des normes ASME et des technologies de modélisation. Pour l'industrie, elle offre des insights précieux sur les meilleures pratiques et les innovations qui peuvent conduire à des améliorations significatives en termes de performance et de sécurité des systèmes pétroliers.

Présentation de l'entreprise :

La GTP (Entreprise Nationale des Grands Travaux Pétroliers) - filiale du groupe SONATRACH, est une entreprise d'envergure spécialisée dans la construction, en tous corps de métiers, de grands ensembles industriels et de canalisations dans différents domaines principalement les Hydrocarbures et l'Énergie.

Cette Entreprise a réussi en 50 ans de présence sur le marché de l'énergie, à développer un large portefeuille d'activités en réunissant un savoir-faire, une expertise et des compétences riches. La classant comme leader de la construction des installations industrielles dans tout le pays.

En effet, la GTP est implantée au niveau des plateformes pétrochimiques du nord du pays comme au niveau des champs pétroliers et gaziers du sud, s'occupant de la construction des installations industrielles destinées à la production, la transformation, le transport et la distribution des hydrocarbures.



FIG. 1 : Implantation de la GTP sur le territoire national.

Histoire :

- **15 novembre 1967** : Création de 'ALTRA' : Entreprise Algérienne de Grands Travaux. Avec l'association de SONATRACH et du groupe Français UIE (spécialisé dans la construction d'installations pétrolières de surface) opérant en Algérie.
 - **1972** : ALTRA devient à 100% filiale du groupe Sonatrach Holding SPP, à son rachat, au lendemain de la nationalisation des hydrocarbures.
 - **1974** : Algérianisation du capital social de la société, en priorisant la formation des ingénieurs et conducteurs de travaux. Les instituts nationaux tels que l'IAP et l'INH de Boumerdès, formant la majorité de ces managers.
- Subventions des stages et des formations à l'étranger pour leurs ingénieurs.
- Création de centres de formation sur le territoire national, diplômants des responsables et experts de tous les départements et domaines d'expertise.
- **1980** : Adoption du nom actuel « GTP » (acronyme de Grands Travaux Pétroliers) lors de la restructuration de Sonatrach.
 - **19-02-1989** : Transformation de L'EN- GTP en Société par Actions –EPE.
 - **29-06-1997** : Refonte des statuts de l'entreprise, suite à la loi sur les capitaux marchands de l'État de 1995.
 - **Décembre 2005** : L'entreprise devient une Société par Actions à capitaux totalement publics, détenue à 100% par Sonatrach - HOLDING Services Para Pétroliers. (Contre 51% en 2004 en copossession avec le holding public TRAVEN détenant les 49% restants).
 - **De 2007 à 2018** : Enregistrement d'un réel pic positif de l'évolution du capital social par siège social du GTP à Reghaia, avec un chiffre d'affaires de 17,43 millions \$ en 2016. [2]

Organisation de l'entreprise :

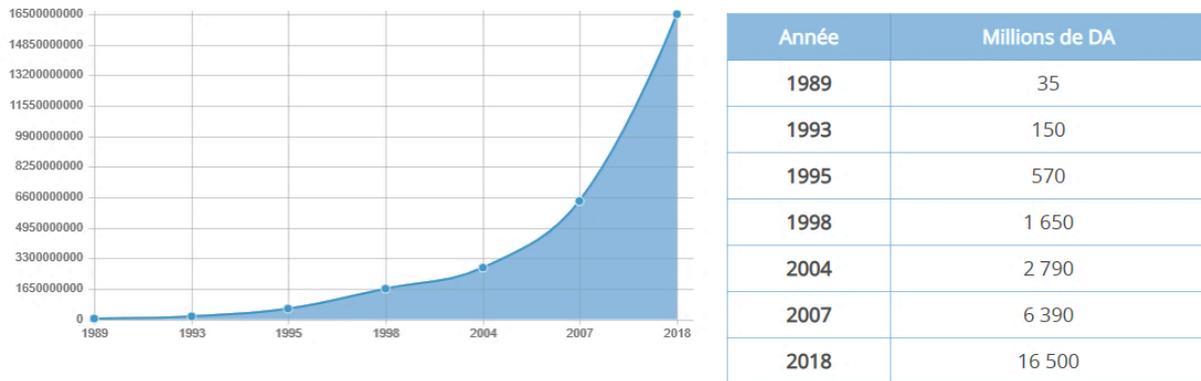


FIG 2 : Evolution du capital social de la GTP.

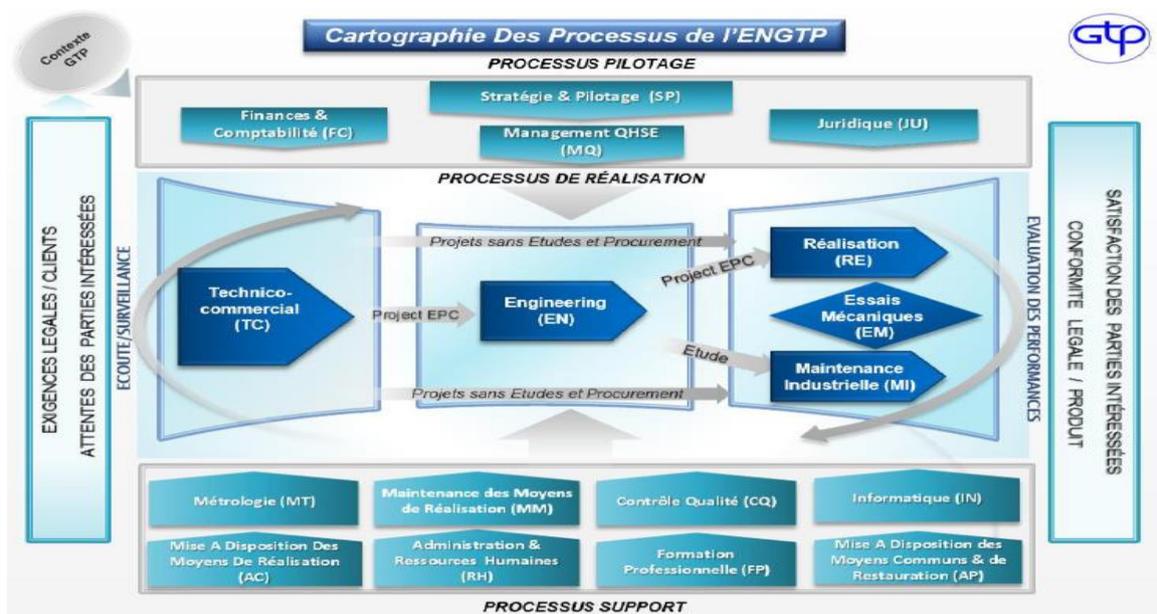


FIG 3 : organigramme de l'ENGTP

CHAPITRE I :

Pétrole, puits et réseau de collecte

Introduction :

Le pétrole est l'une des ressources énergétiques les plus importantes de notre époque, jouant un rôle clé dans la production d'énergie et la croissance économique mondiale. Pour extraire et transporter ce précieux fluide, des infrastructures complexes sont nécessaires, allant des puits de forage aux réseaux de collecte et de transport. Au cœur de ces systèmes, les équipements de piping jouent un rôle essentiel, permettant de collecter, de transporter et de stocker le pétrole de manière sécurisée et efficace.

Les puits de pétrole, souvent situés dans des régions reculées, sont les premiers points de contact avec le pétrole brut. Une fois extrait, le pétrole est collecté et transporté à travers des réseaux de tuyauterie complexes, qui nécessitent des équipements spécifiques pour garantir la sécurité, la fiabilité et l'efficacité du processus. Les brides, les coudes, les tees et les autres composants de piping sont des éléments clés de ces réseaux, permettant de diriger, de contrôler et de mesurer le flux de pétrole.

Dans ce chapitre, nous allons explorer les différents aspects de l'industrie pétrolière, en nous concentrant sur les puits de pétrole, les réseaux de collecte et les équipements de piping qui les rendent possibles. Nous examinerons les principes de base de l'extraction du pétrole, les différents types de puits et de réseaux de collecte, ainsi que les équipements de piping essentiels pour le transport et la manutention du pétrole.

1. Généralités sur le pétrole brut :

Le pétrole brut est un mélange complexe d'hydrocarbures de différentes familles (paraffinique, naphthénique, aromatique) associés à des composants organiques (oxygénés, azotés, sulfurés) ainsi qu'à des traces de métaux particuliers (Vanadium, Molybdène, Nickel). Les hydrocarbures constituent les éléments essentiels des pétroles ; leurs molécules ne contiennent que du carbone et de l'hydrogène dont les teneurs sont respectivement de (83% à 87%) et (11% à 14%). Elles se divisent en plusieurs familles chimiques selon leurs structures. Toutes ces structures sont basées sur la tétravalence du carbone. La composition du pétrole dépend du lieu où il est extrait, il y a actuellement une centaine de bruts différents sur le marché pétrolier caractérisés par leurs densités (lourds, moyens ou légers) souvent exprimées en degrés API (American Petroleum Institute). On distingue trois catégories d'hydrocarbures présents dans les fractions des pétroles bruts : les alcanes ou paraffines (18 à 65%), les cycloalcanes ou naphthènes (25 à 90%) et des composants aromatiques (jusqu'à 15%).

1.1 L'utilisation de pétrole :

Le pétrole est un Carburant pour les transports, source d'électricité, matière première pour les plastiques et les produits chimiques, le pétrole joue un rôle incontournable dans notre vie quotidienne. Outre les produits en plastique, on le trouve en effet partout : dans les cosmétiques, les peintures, les colorants, les routes, mais aussi le textile synthétique et les composants électriques de nos portables... De quoi expliquer que le pétrole soit aujourd'hui intimement lié dans l'inconscient collectif à la société de consommation.

Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), plus de 100 millions de barils de pétrole brut sont consommés chaque jour à l'échelle mondiale, contre 30 millions il y a trente ans. Dans le détail, 70 % de cette quantité est utilisée pour les carburants de transports (les véhicules, les avions et les navires), 18 % est convertie en produits chimiques, notamment les plastiques, qui dominent l'industrie pétrochimique. Parmi les gros consommateurs de pétrole, on trouve aussi l'agriculture (5 %), qui l'emploie pour produire des engrais et des pesticides.

1.2 Le pétrole brut en Afrique :

L'exportation de pétrole brut constitue la principale source de revenus pour de nombreux pays africains. Selon un rapport de portail allemand, statista, les réserves prouvées de pétrole brut de l'Afrique s'élevaient, en 2021, à 125,3 milliards de barils. Les plus grosses réserves se trouvent en Libye, au Nigeria, en Algérie, en Angola, au Soudan, en Égypte, au Congo Brazzaville, en Ouganda, au Gabon et au Tchad.

Par ailleurs, voici la liste des dix pays africains qui ont produit le plus de pétrole brut en 2021. Les chiffres indiqués s'appuient sur les données fournies à la fois par l'organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP) et par d'autres bases de données fiables.

- **Nigeria** : ce pays d'Afrique de l'ouest était le plus grand producteur de brut. Sa production quotidienne moyenne, en 2021, était de 1,27 million de barils.
- **Libye** : première réserve en Afrique, la Libye occupe la deuxième place des plus grands pays producteurs de pétrole. En 2021, elle a produit en moyenne 1,21 million de barils de brut par jour.

CHAPITRE 1 : Pétrole, puits et réseau de collecte

- **Angola** : ce pays riche en pétrole a produit une moyenne quotidienne de 1,11 million de barils de brut.
- **Algérie** : ce pays a produit une moyenne de 959 000 barils de brut par jour. Il arrive ainsi en 4^e position des pays producteurs d'or noir en Afrique.
- **Égypte** : l'Égypte a produit 559 000 barils par jour.
- **Congo** : la production de ce pays en 2021 s'est élevée à une moyenne quotidienne de 253 000 barils.
- **Gabon** : la production du Gabon s'est établie à une moyenne de 188 000 barils par jour.
- **Ghana** : la production quotidienne de brut de ce pays d'Afrique de l'ouest s'est élevée à 176 000 barils en 2021.
- **Guinée Équatoriale** : la production quotidienne moyenne de ce pays était de 71 000 barils.
- **Tchad** : sa production était de 70 000 barils par jour.

PRODUCTION DE PÉTROLE BRUT - LISTE DES PAYS - AFRIQUE							
Monde	Europe	Amérique	Asie	Afrique	Australie	G20	↓ Export ▼
Pays	Dernier	Précédent	Référence	Unité			
Nigeria	1335	1250	2023-12	BBL/D/1K			
Libye	1179	1206	2023-12	BBL/D/1K			
Angola	1084	1147	2023-11	BBL/D/1K			
Algérie	954	960	2023-12	BBL/D/1K			
Égypte	558	570	2023-09	BBL/D/1K			
République Du Congo	260	253	2023-12	BBL/D/1K			
Gabon	226	218	2023-12	BBL/D/1K			
Soudan	157	157	2023-08	BBL/D/1K			
Ghana	155	155	2023-09	BBL/D/1K			
Tchad	125	125	2023-09	BBL/D/1K			
Cameroun	52	53	2023-09	BBL/D/1K			
Guinée Équatoriale	52	53	2023-12	BBL/D/1K			
Tunisie	33	31	2023-09	BBL/D/1K			
Côte d'Ivoire	29	29	2023-09	BBL/D/1K			
Congo	19	19	2023-08	BBL/D/1K			

TAB 1 : Les plus grands pays producteurs de pétrole en Afrique

1.3 Les émulsions et les mousses :

Les émulsions et les mousses sont largement utilisés dans l'industrie pétrolière pour diverses applications. Les émulsions pétrolières sont présentes à tous les niveaux de l'industrie, notamment dans la production, la raffinerie et le transport du pétrole. Elles peuvent être formées en tête de puits et poser des problèmes importants. Les émulsions désirées peuvent provenir de la mise en émulsion des bruts lourds, des fluides de forage ou de la récupération assistée. D'autre part, les mousses sont exploitées dans l'industrie pétrolière pour des applications telles que la flottaison des minerais, l'extinction des feux de pétrole en utilisant des tensioactifs fluorés, ou encore pour nettoyer ou décontaminer des conduites comme celles des centrales nucléaires. La texture et les propriétés d'écoulement des mousses, combinant celles d'un fluide et d'un solide avec une densité plus faible, les rendent particulièrement utiles dans ces contextes industriels.

1.4 Gisement :

Un gisement pétrolier est un volume de roche poreuse contenant du pétrole et du gaz naturel. Dans les champs pétroliers où l'injection d'eau ou de gaz est utilisée pour améliorer la production, le pétrole est généralement piégé entre des couches d'eau et de gaz. La pression exercée par l'eau et le gaz pousse le pétrole vers le puits de forage, permettant ainsi son extraction. Lorsqu'un puits est foré et complété, une zone de basse pression est créée autour du puits, ce qui permet au pétrole de s'écouler vers le puits et d'être produit. Dans les gisements de gaz, le principe est similaire, le gaz étant piégé entre des couches d'eau. La pression de l'eau pousse le gaz vers le puits de forage, facilitant ainsi son extraction.

2. Généralités sur les puits :

2.1 Définition de Puits :

Les puits de pétrole sont des structures essentielles pour l'extraction des hydrocarbures du sous-sol. Ils servent à relier la surface aux réservoirs souterrains, permettant ainsi de ramener le mélange d'hydrocarbures et d'eau du gisement aux installations de surface pour traitement. En plus de leur fonction principale d'extraction, les puits peuvent également être utilisés pour l'injection de fluides afin de maintenir la pression du gisement et maximiser la production d'hydrocarbures. Chaque puits est composé de deux sous-ensembles : les équipements de fond, tels que les cuvelages et la complétion, et les équipements de surface, comme la tête de puits (wellhead) et l'arbre de Noël (Christmas tree). Le forage d'un puits peut prendre plusieurs mois

CHAPITRE 1 : Pétrole, puits et réseau de collecte

et nécessite une planification minutieuse pour estimer les réserves récupérables, les conditions de production et les taux de récupération du pétrole. Une fois le pétrole extrait, il est transporté et raffiné pour être transformé en produits utilisables, tels que l'essence et le kérosène, répondant ainsi aux besoins de divers secteurs industriels et de transport.

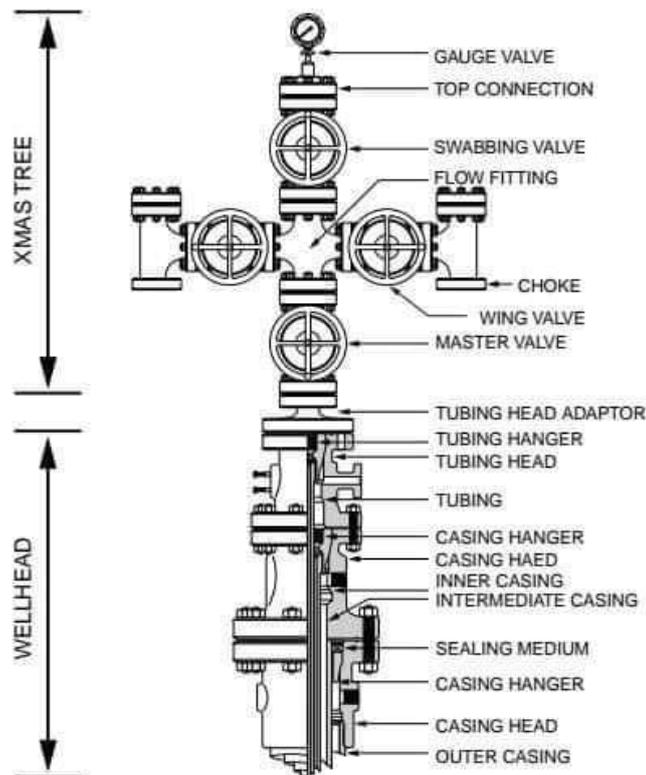


FIG I.1 : composition d'un puits

Toutefois, un puits est un ensemble plus conséquent comprenant de nombreux autres domaines. Il s'étend depuis le gisement jusqu'au manifold de production.

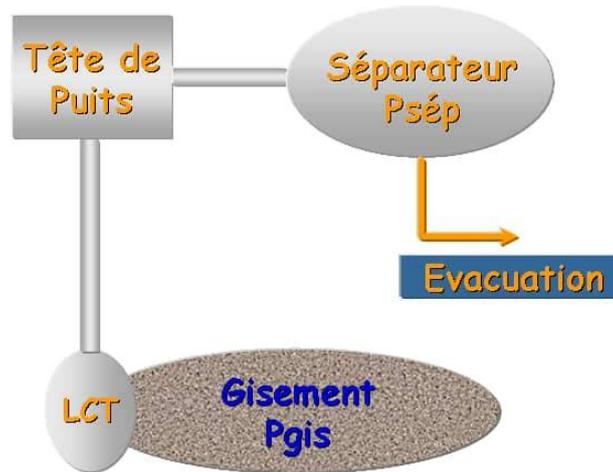


FIG I.2 : Les différents domaines d'un puits

2.2 Types de puits :

Le fonctionnement d'un puits diffère selon son type et selon son mode d'activation s'il est non éruptif. Un puits est éruptif s'il existe une différence de pression entre le réservoir et le trou de forage. Quand la différence de pression augmente, le débit augmente. Un puits n'est pas éruptif si : La pression en surface est égale à la pression du réservoir.

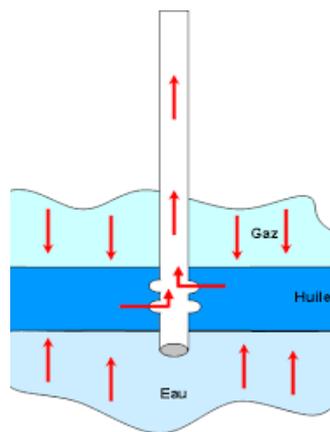


FIG I.3 : Ecoulement du fluide d'un réservoir

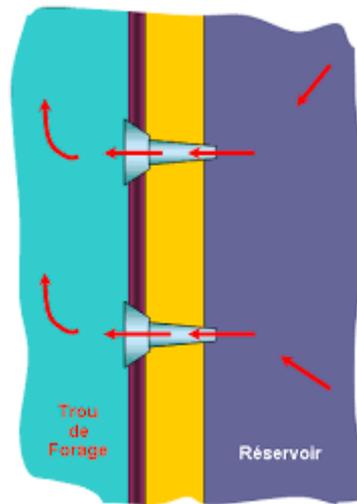


FIG I.4 : Réservoir et trou de forage

Les types de puits de pétrole et de gaz sont généralement classés en trois catégories principales :

- les puits de production :

Les puits de production sont utilisés pour extraire le pétrole ou le gaz naturel des réservoirs souterrains

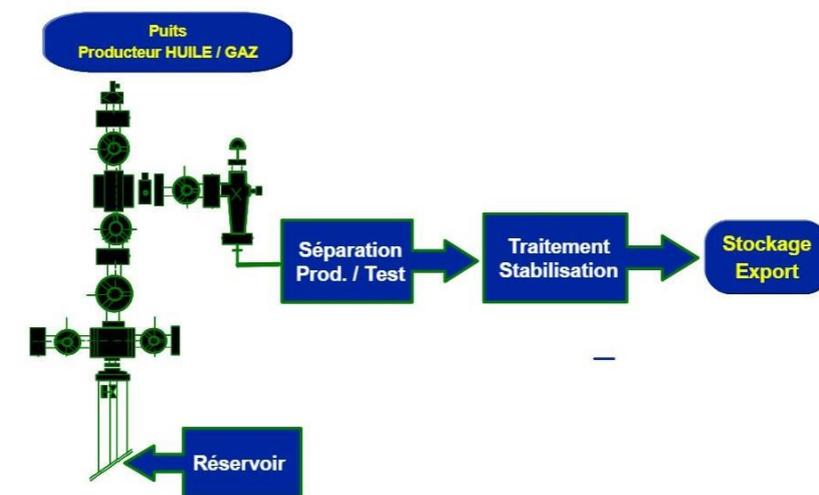


FIG I.5 : Schéma typique puits producteur

- Les puits d'injection :

Les puits d'injection servent à réinjecter de l'eau ou du gaz dans le réservoir pour maintenir la pression et faciliter l'extraction

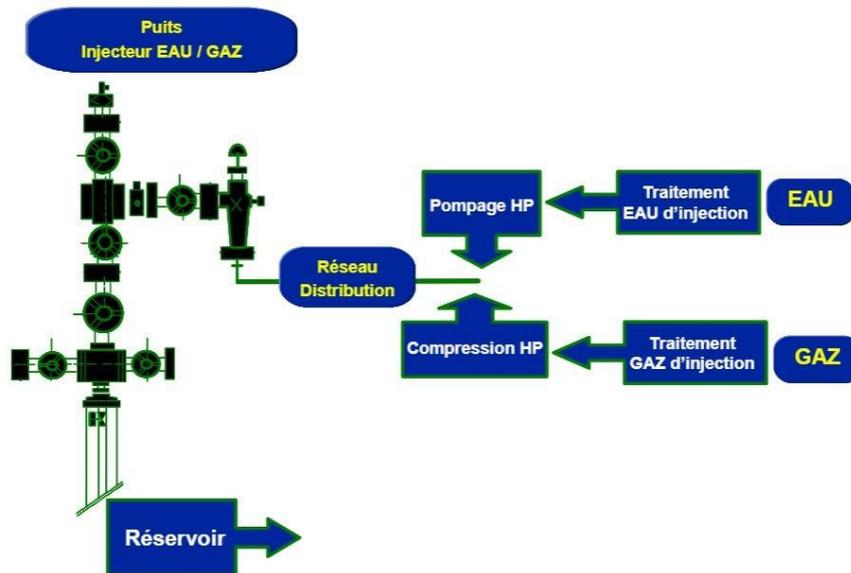


FIG I.6 : Schéma typique puits injecteur

- **Les puits témoins :**

Ils ne véhiculent pas d'effluent mais permettent le contrôle de certains paramètres du réservoir.

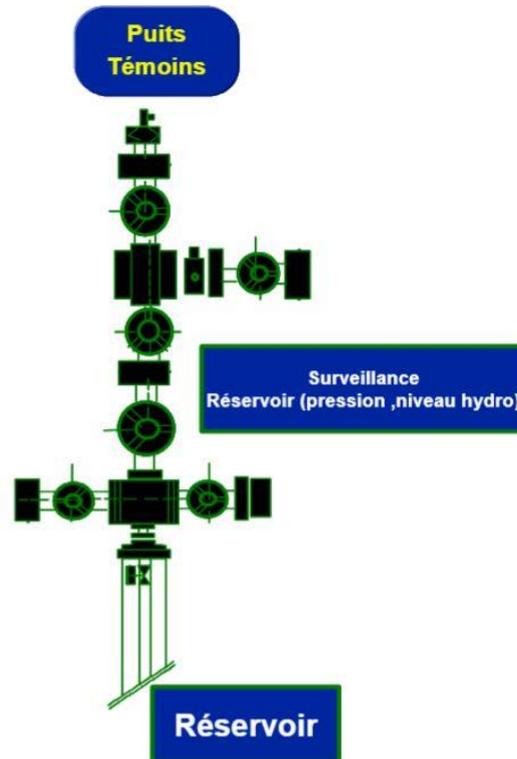


FIG I.7 : Schéma typique puits témoins

3. Généralités sur le réseau de collecte :

Le réseau de collecte de pétrole est un ensemble de canalisations, d'installations et d'équipements utilisés pour transporter le pétrole brut des puits de production vers les installations de traitement et de raffinage. Il est essentiel pour le transport et la distribution efficaces du pétrole brut, qui est ensuite transformé en produits pétroliers raffinés utilisés dans divers secteurs.

Les réseaux de collecte de pétrole sont conçus pour gérer les différentes pressions et les caractéristiques physiques et chimiques du pétrole brut, qui peuvent varier en fonction des gisements et des conditions de production. Ils sont généralement constitués de canalisations enterrées, de stations de pompage, de vannes et d'autres équipements nécessaires pour maintenir la pression et le débit du pétrole brut pendant le transport.

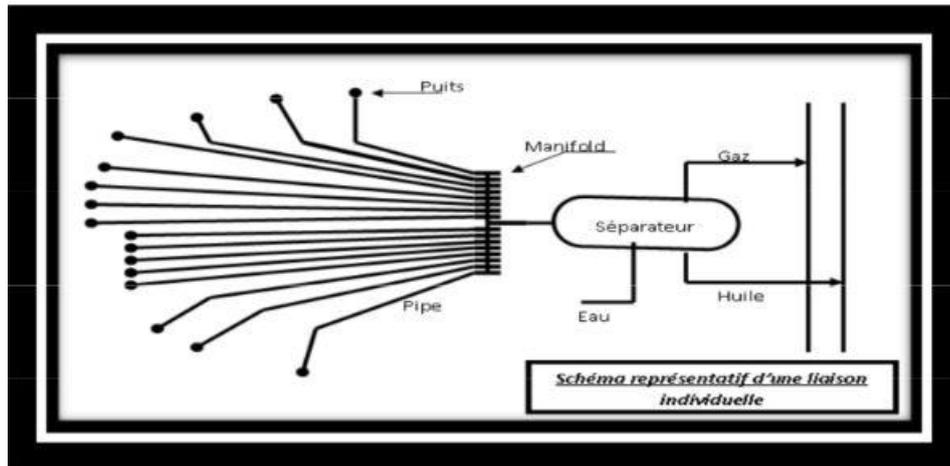


FIG I.8 : Schéma de réseau de collecte avec liaison individuelle

3.1 Plan du réseau de collecte :

Lors de la conception d'un projet de réseau de collecte, il est essentiel de déterminer le tracé optimal des conduites et le type de réseau de rassemblement garantissant le fonctionnement le plus efficace.

3.2 La composition d'un réseau de collecte :

La composition d'un réseau de collecte de pétrole dépend de plusieurs facteurs, notamment le type de fluide collecté, la distance entre les puits de production et les installations de traitement, les conditions de température et de pression, et les réglementations environnementales applicables.

En général, un réseau de collecte de pétrole est composé de plusieurs éléments, tels que des canalisations, des pompes, des vannes, des détecteurs de fuite, des systèmes de contrôle et de surveillance, des réservoirs de stockage temporaire, et des équipements de traitement. Les canalisations sont généralement fabriquées en acier ou en matériaux composites résistants à la corrosion, tels que les résines époxy.

Le choix des matériaux et des équipements dépend de plusieurs facteurs, tels que la composition du fluide collecté, la température et la pression de service, la distance entre les puits de production et les installations de traitement, et les réglementations environnementales applicables.

4. Matériels de tuyauterie :

- Tête de puits (arbre de Noël) :

L'arbre de Noël de pétrole, également connu sous le nom de "Christmas tree" en anglais, est un équipement utilisé dans l'exploitation des hydrocarbures, situé au sommet d'un puits de pétrole. Il s'agit d'un ensemble d'éléments mécaniques et de vannes qui permettent de contrôler la pression et le débit du pétrole extrait, ainsi que de protéger le puits contre les risques de surpression ou de fuite.

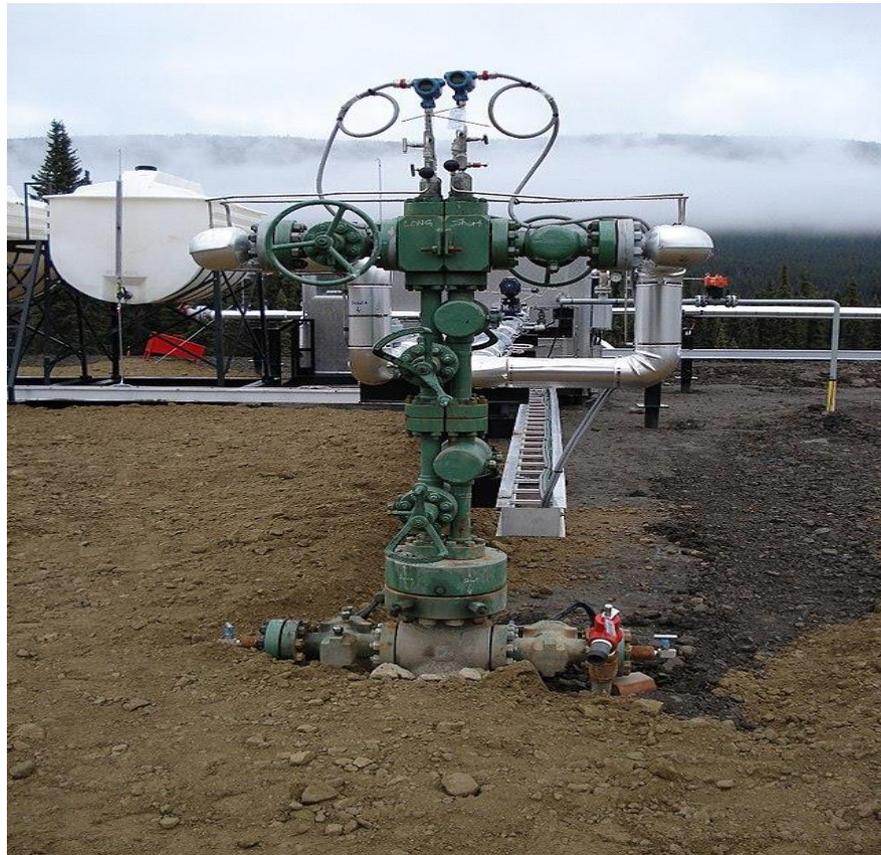


FIG I.9 : Tête de puits

Vannes :

Les vannes sont des éléments essentiels pour contrôler le débit et la pression du pétrole extrait. Ces vannes peuvent être de différents types, notamment des vannes maîtresses, des vannes de régulation, des vannes d'isolement, et des vannes de sécurité. Ces vannes permettent de gérer efficacement la production de pétrole, de réguler la pression dans le puits, et de prévenir les risques de fuites ou de surpressions.



FIG I.10 : vannes

Il existe plusieurs types de vannes utilisées dans l'industrie pétrolière et gazière pour contrôler et réguler le débit des fluides dans les pipelines. Voici les principaux types de vannes rencontrés :

- **Vannes à boisseau sphérique**

Les vannes à boisseau sphérique offrent une très bonne ouverture/fermeture en tournant le levier de 90°. Lorsque le boisseau est aligné avec le tuyau, le fluide peut circuler. Tourné à 90°, il bloque l'écoulement. Elles sont utilisées pour des fluides propres comme l'eau, le gaz et le pétrole.

- **Vannes papillon**

Le disque métallique de la vanne papillon est monté sur une tige. Fermé, il bloque le passage. Ouvert d'un quart de tour, il permet au fluide de passer. Elles sont utilisées dans les industries chimiques, pharmaceutiques et alimentaires pour interrompre l'écoulement de produits comme l'eau, l'air comprimé ou le gaz.

- **Vannes d'étranglement**

Ces vannes spécifiques à l'industrie pétrolière et gazière restreignent l'écoulement du fluide pour accélérer sa vitesse (effet Venturi). Elles permettent de contrôler le débit des puits de pétrole qui nécessitent un entretien régulier de ces vannes.

- **Autres types**

D'autres vannes sont également utilisées, comme les vannes à clapet anti-retour qui permettent l'écoulement dans une seule direction, ou les vannes à diaphragme idéales pour les fluides chargés de solides.

L'industrie pétrolière a ses propres normes API à respecter pour les vannes afin d'accroître la sécurité, réduire l'impact environnemental et promouvoir la durabilité.

- **Tuyaux :**

Les tuyaux utilisés peuvent être fabriqués en différents matériaux, tels que l'acier ou les matériaux composites résistants à la corrosion, comme les résines époxy. Ces tuyaux sont conçus pour transporter le pétrole brut, l'eau de mer, les produits chimiques ou d'autres fluides associés à l'exploitation pétrolière. Ils doivent être dimensionnés en fonction des besoins de l'installation, des températures de service et des pressions de fonctionnement. Les tuyaux en matériaux composites offrent des avantages tels qu'une résistance à la corrosion à long terme, une faible perte de charge par rapport à l'acier, et la possibilité de raclage pour éliminer les accumulations de paraffine. Ces tuyaux sont utilisés dans divers réseaux de collecte de pétrole, tels que les réseaux de collecte de pétrole brut, les réseaux d'injection et les réseaux d'eau de mer pour l'alimentation de protection incendie.



FIG I.11 : Tuyaux

- **Tee :**

Un tee (ou pipe tee) est un type de raccord de tuyauterie en forme de T, utilisé pour relier des tuyaux à angle droit avec la ligne principale. Il est composé d'un court tuyau avec une sortie latérale, permettant de connecter des tuyaux à un angle de 90 degrés avec la ligne principale.

Les tees sont largement utilisés dans les réseaux de tuyauterie pour transporter des mélanges de fluides à deux phases. Ils sont fabriqués dans divers matériaux et sont disponibles dans une variété de tailles et de finitions.



FIG I.12 : images de types de tee

- **Coude :**

Un coude, est un morceau de tuyau plié à un certain angle pour relier deux tuyaux ensemble. Il existe deux types principaux de coudes : les coudes standard préfabriqués en tant que pièces de bobine et conçus pour être vissés, bridés ou soudés à la tuyauterie, et les coudes fabriqués sur mesure sur place à l'aide d'une cintreuse pour répondre à des besoins spécifiques. Les coudes peuvent avoir des angles de 45 ou 90 degrés et des rayons courts ou longs, et ils sont utilisés pour changer la direction du flux de manière progressive dans les réseaux de pipelines.

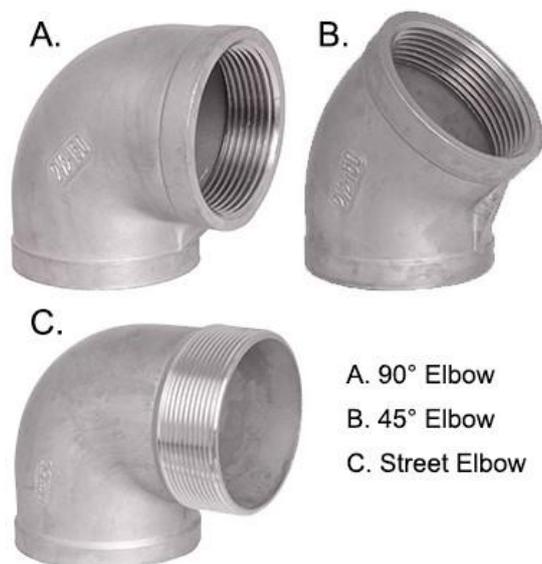


FIG I.13 : image de types de coude

- **Bride :**

Une bride (ou flange en anglais) est un organe mécanique de blocage utilisé en tuyauterie pour assembler des éléments hydrauliques tels que des tubes, vannes, clapets, robinets et instruments de mesure.

C'est un disque ou un anneau métallique raccordé perpendiculairement à un tuyau pour permettre sa jonction avec d'autres parties de la canalisation.

Les brides sont généralement soudées ou vissées à l'extrémité des tuyaux et sont connectées entre elles à l'aide de boulons. Un joint est inséré entre les deux brides pour assurer l'étanchéité. Elles existent sous différents types comme les brides plates, à emboîtement, filetées, à collerette, etc. selon les applications et les normes (ANSI, ISO, etc.).

Les brides sont utilisées dans de nombreux secteurs industriels comme le bâtiment, le pétrole, la chimie, l'agroalimentaire, etc. pour relier les tuyaux entre eux ou bloquer une partie de la tuyauterie. Elles permettent un démontage facile tout en assurant la solidité et l'étanchéité des assemblages de tuyaux.

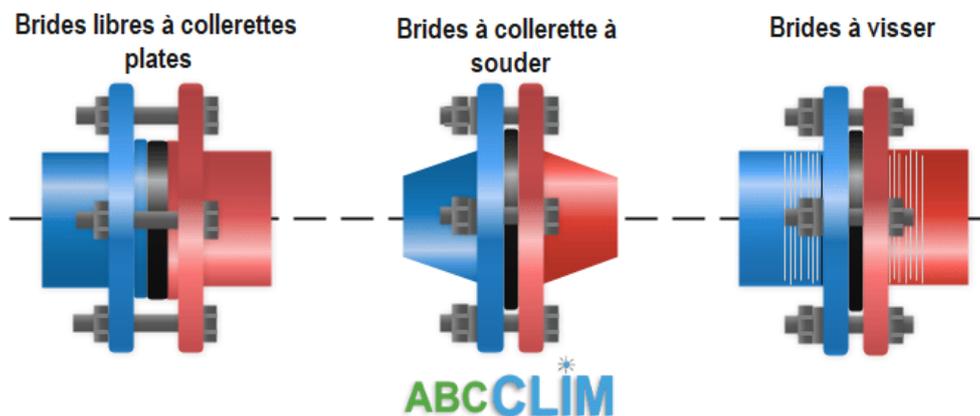


FIG I.14 : image de types de bride

- **Ligne d'injection skid inhibitor :**

La ligne skid inhibitor est une installation compacte et modulaire comprenant des équipements, des instruments et des accessoires pour injecter des inhibiteurs de corrosion dans une canalisation. Ces inhibiteurs de corrosion sont des composés chimiques ajoutés en petites concentrations à un milieu corrosif pour ralentir ou arrêter le processus de corrosion des métaux en contact avec ce milieu. Cette installation est utilisée dans diverses industries, notamment l'industrie pétrolière et gazière, pour protéger les équipements et les canalisations de la corrosion.

CHAPITRE 1 : Pétrole, puits et réseau de collecte

- **Ligne de torche :**

La ligne de torche est un dispositif de sécurité utilisé dans les installations pétrolières, de raffinage et de pétrochimie pour brûler des gaz dont on n'a pas besoin. Elle permet de brûler les gaz excédentaires qui ne peuvent pas être relâchés en toute sécurité dans l'atmosphère en raison des préoccupations environnementales et de sécurité. Elle est utilisée lorsque la pression dans les équipements devient trop importante, pour éviter les explosions. Elle est conçue pour répondre à l'incident majorant, c'est-à-dire le cas le plus extrême en termes de quantités de gaz à évacuer. Les gaz brûlés à la torche sont généralement dirigés vers le haut pour assurer une meilleure dispersion des polluants résiduels et limiter ainsi l'impact sur les populations.



FIG I.15 : Photo de ligne de torche

- **Manifold :**

Un manifold dans l'industrie pétrolière est un ensemble de tuyaux et de vannes conçu pour diriger et contrôler le flux de fluides, comme le pétrole brut, vers différents points.

Voici les principales caractéristiques d'un manifold :

- Il permet de distribuer et de transférer le pétrole brut entre les puits de production et les installations de traitement.
- Il est souvent monté sur un châssis métallique autoportant pour faciliter son installation.
- Il peut être équipé de vannes pour isoler et purger les lignes d'impulsion vers les transmetteurs de pression.
- Certains manifolds sont conçus pour des fonctions spécifiques comme le contrôle du débit (choke manifold) ou les opérations de fracturation (frac manifold).
- Le manifold permet de centraliser et de contrôler le flux de fluides de manière organisée et sécuritaire dans les installations pétrolières.

En résumé, le manifold est un élément clé de la distribution et du transfert du pétrole brut dans l'industrie pétrolière.

Conclusion :

L'étude approfondie du pétrole, des puits et du réseau de collecte a mis en lumière l'importance cruciale de ces éléments dans l'industrie pétrolière et gazière.

Tout d'abord, les puits pétroliers représentent la porte d'entrée vers les réserves souterraines de pétrole et de gaz. Leur conception, leur construction et leur exploitation doivent répondre à des normes de sécurité et de fiabilité élevées. Une attention particulière doit être accordée au vieillissement des matériaux des puits, tels que le ciment et l'acier, afin de prévenir les défaillances potentielles.

Ensuite, le réseau de collecte, composé d'un ensemble de conduites, joue un rôle essentiel pour acheminer les hydrocarbures des puits vers les centres de traitement. La conception optimale de ce réseau, en tenant compte des écoulements polyphasiques complexes et des pertes de charge importantes, est primordiale pour assurer un transport efficace et sûr.

En conclusion, la compréhension approfondie du pétrole, des puits et du réseau de collecte est cruciale pour garantir l'exploitation sécuritaire et durable des ressources pétrolières et gazières. Les normes industrielles fournissent des lignes directrices essentielles pour relever ces défis techniques. Une approche intégrée, combinant l'expertise technique et les meilleures pratiques, est nécessaire pour optimiser l'ensemble de la chaîne de valeur de l'industrie pétrolière.

CHAPITRE II :
Le puits BRS-31, ASME B31, étude
de stress

Introduction :

L'étude d'analyse de stress de la tuyauterie raccordée au puits BRS-31 est cruciale pour comprendre les implications de cette analyse sur la sécurité et la fiabilité des installations. Cette étude vise à évaluer les contraintes et les déformations subies par la tuyauterie en raison de diverses charges, telles que la pression, la température, les mouvements du sol, etc. L'objectif principal est d'assurer que la tuyauterie est conçue pour résister à ces contraintes sans compromettre son intégrité structurelle.

Dans ce contexte, l'ASME B31.3 joue un rôle essentiel en fournissant des directives précises pour l'analyse de stress des tuyauteries industrielles. Cette norme établit des critères rigoureux pour la conception, la fabrication, l'installation et l'inspection des systèmes de tuyauterie, garantissant ainsi des normes élevées de sécurité et de performance. L'application de l'ASME B31.3 dans l'étude d'analyse de stress de la tuyauterie raccordée au puits assure une approche méthodique et conforme aux meilleures pratiques de l'industrie.

En outre, l'analyse de stress de la tuyauterie est essentielle pour identifier les zones critiques susceptibles de défaillance, permettant ainsi de prendre des mesures préventives pour assurer le bon fonctionnement et la durabilité des installations. Cette étude approfondie contribue à la prise de décisions éclairées en matière de maintenance, de réparation et d'amélioration des systèmes de tuyauterie, assurant ainsi la sécurité des opérations et la protection de l'environnement.

1. Description de projet :

Contrat de partage de production (CPP) pour les blocs 433a et 416b, permis de Touggourt, en Algérie, a été conclu entre Sonatrach et la Corporation d'exploration et de Production Petrovietnam - PVEP (anciennement appelée PIDC) le 10 juillet 2002 et est devenu effectif depuis le 30 juin 2003. Ces blocs couvrent une superficie d'environ 6 472 km² et sont situés à 550 km au sud-est d'Alger et à 130 km au nord-est du gigantesque champ pétrolifère de Hassi Messaoud (HMD). La superficie initiale était de 6 472 km² et la superficie actuelle est d'environ 4 530 km² après la première rétrocession. Les participations sont partagées entre PVEP (40%), PTTEP Algérie (35%) et SONATRACH (25%).

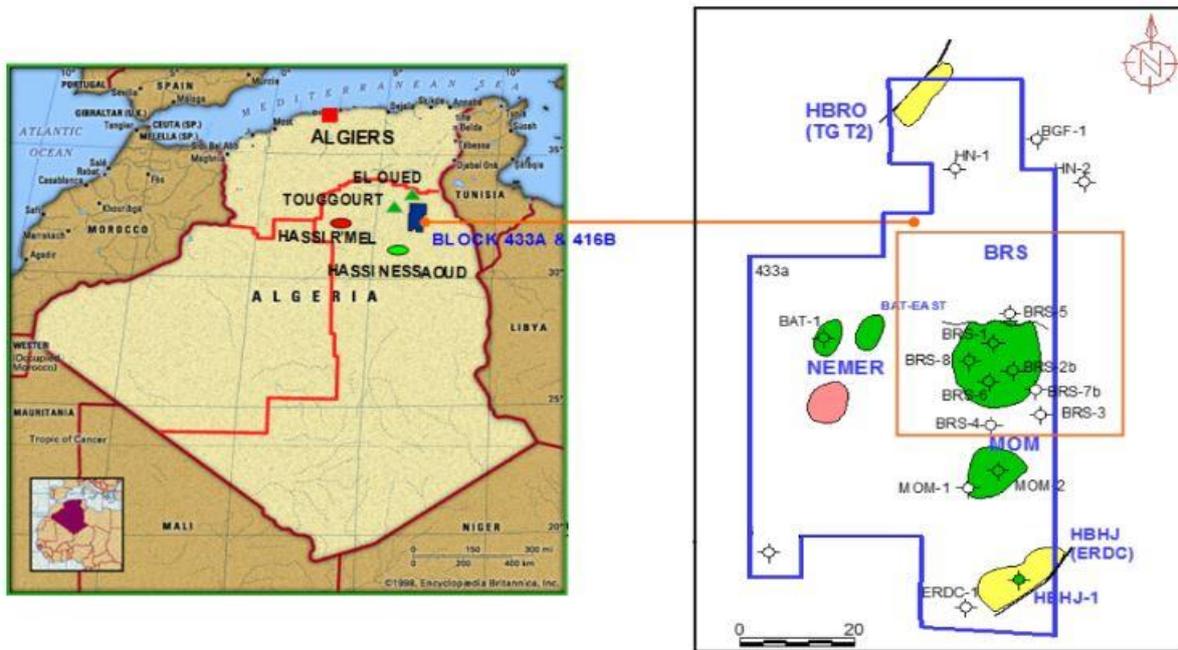


FIG II.1 : Localisation de projet

Le développement du BRS est divisé en deux phases pour atténuer les incertitudes techniques et les dépenses initiales.

1.1 Le puits BRS-31:

- **BRS phase 1 :**

Le développement de la Phase 1 du BRS a été réalisé dans le but de fournir des informations détaillées sur les caractéristiques et les performances du réservoir, de mieux définir les réserves dans le champ BRS et de générer des revenus. Toutes les installations de la Phase 1 ont été mises en service complètement en 2015, avec comme principale installation : un train de traitement du pétrole d'une capacité de 20 000 barils par jour (BOPD), des systèmes utilitaires, des réseaux de collecte et une base industrielle. De plus, un pipeline d'exportation de pétrole de 12" x 121 km a été mis en place pour exporter le pétrole brut et le condensat vers Haoud El

Hamra (HEH), ainsi qu'un pipeline de livraison de gaz de 12" x 123 km pour acheminer le gaz brut vers HMD (ZCINA).

- **BRS phase 2 :**

Dans le cadre du développement de la Phase 2 du BRS, l'ensemble des installations sera mis en œuvre. Un train identique de la Centrale de Production Centrale (CPF) sera fourni, ainsi que la récupération du pétrole par technologie de levage artificiel et le maintien de la pression du

CHAPITRE II : Le puits BRS-31, ASME B 31, Etude de stress

réservoir par injection d'eau. Le développement des puits sur le champ avec les réseaux de collecte sera nécessaire pour le développement à grande échelle du champ. La production est prévue de commencer en 2026. Le projet de raccordement des cinq puits d'accélération (EPC6) fait partie du projet de développement de la Phase 2 du BRS, mais sera exécuté séparément. Le projet de raccordement des puits BRS-28, BRS-29, BRS-30, BRS-31 et BRS-32 est prévu pour démarrer la production en 2025. Les fluides des puits de ces cinq (5) puits seront également acheminés via les réseaux de collectes existantes et seront traités par l'installation de traitement de la Phase 1 dans la CPF.

1. ASME B31 (ASME code for pressure piping) :

ASME B31 fait référence à un ensemble de codes et de normes développés par l'American Society of Mechanical Engineers (ASME) pour régir la conception, la fabrication, l'installation, l'inspection et l'exploitation des systèmes de tuyauterie sous pression.



FIG II.2 : ASME B31 Pressure Piping Codes

2.1 ASME B.31.3 (process piping) :

ASME B31.3 est un code de tuyauterie sous pression largement utilisé dans diverses industries telles que :

- Les raffineries de pétrole
- L'industrie chimique et pharmaceutique
- La production d'hydrogène

CHAPITRE II : Le puits BRS-31, ASME B 31, Etude de stress

- L'industrie textile, papetière et de la pâte à papier
- La production d'énergie
- Les installations cryogéniques

2.2 Les principales caractéristiques de l'ASME B31.3 :

- Il établit des normes pour la conception, la fabrication, l'installation, l'inspection, les essais et la maintenance des systèmes de tuyauterie de procédés.
- Il s'applique à une grande variété de fluides, y compris les produits chimiques, les gaz, la vapeur, l'eau, les réfrigérants et les fluides cryogéniques.
- Il vise à garantir la sécurité et la fiabilité des systèmes de tuyauterie dans ces environnements industriels.
- Il est souvent utilisé pour accéder à de nouveaux marchés où les codes nationaux ou les normes européennes sont moins reconnus.

2.3 ASME B.31.4 (pipeline transportation système for liquids and slurries)

ASME B31.4 établit les exigences techniques et de sécurité pour la construction et l'exploitation des pipelines de transport de liquides et de slurries dans l'industrie, en complément des autres codes de la série ASME B31, ASME B31.4 est une norme qui couvre

- La conception, les matériaux, la construction, l'assemblage, l'inspection, les essais, l'exploitation et la maintenance des pipelines de transport de liquides et de boues.

Contrairement à ASME B31.3 qui s'applique aux tuyauteries de procédés industriels, ASME B31.4 est spécifiquement dédié aux systèmes de pipelines pour le transport de liquides et de boues, comme par exemple les pipelines pétroliers.

2.4 ASME B31.8 (gas transmission and distribution pipping systems) :

ASME B31.8 établit les exigences techniques et de sécurité pour la construction et l'exploitation des pipelines de transport de gaz, en complément des autres codes de la série ASME B31, ASME B31.8 est une norme qui couvre :

- La conception, la fabrication, l'installation, l'inspection, l'examen et les essais des installations de pipelines utilisées pour le transport du gaz.

CHAPITRE 11 : Le puits BRS-31, ASME B 31, Etude de stress

Contrairement à ASME B31.3 qui s'applique aux tuyauteries de procédés industriels, et à ASME B31.4 qui concerne les pipelines de transport de liquides et de boues, ASME B31.8 est spécifiquement dédié aux systèmes de pipelines pour le transport du gaz.

2.5 Les classes de pressions :

Les classes de pression #150 jusqu'à #2500 font référence à un système de classification des tuyauteries et des accessoires industriels en fonction de leur pression de service maximale admissible.

Voici les pressions minimales et maximales pour chaque classe de pression:

- **Classe #150 :**

- Pression minimale : 10,3 bar
- Pression maximale : 20 bar

- **Classe #300 :**

- Pression minimale : 20,7 bar
- Pression maximale : 50 bar

- **Classe #600 :**

- Pression minimale : 41,4 bar
- Pression maximale : 110 bar

- **Classe #900 :**

- Pression minimale : 62,1 bar
- Pression maximale : 150 bar

- **Classe #1500 :**

- Pression minimale : 103,4 bar
- Pression maximale : 260 bar

CHAPITRE II : Le puits BRS-31, ASME B 31, Etude de stress

- **Classe #2500 :**

- Pression minimale : 172,4 bar
- Pression maximale : 420 bar

Les classes de pression sont définies par des normes comme l'API 6A, l'ANSI B16.34 et l'ISO PN, et sont largement utilisées dans l'industrie pétrolière et gazière pour spécifier les caractéristiques techniques des tuyauteries, vannes et autres équipements.

2. L'étude de stress :

L'analyse du stress est cruciale dans la conception et l'exploitation des systèmes de tuyauterie, car les contraintes mécaniques peuvent entraîner des défaillances catastrophiques. Les tuyaux sont soumis à divers types de stress, notamment les contraintes de pression interne, les forces de réaction aux extrémités, les charges de poids propre, les charges sismiques et les charges thermiques. Les concepteurs de tuyauterie utilisent des logiciels d'analyse par éléments finis comme CAESAR II pour simuler le comportement des systèmes de tuyauterie sous ces charges et s'assurer que les contraintes restent dans les limites de sécurité. Une attention particulière est accordée aux points critiques comme les coudes, les vannes et les supports, qui concentrent les contraintes. Des analyses de stress détaillées sont effectuées pour optimiser la conception des tuyaux, des supports et des ancrages afin de minimiser les risques de fuite, de rupture ou de dommages aux équipements connexes. La gestion du stress est essentielle pour garantir l'intégrité à long terme des systèmes de tuyauterie et la sécurité des opérations dans les industries de transformation, en particulier le pétrole et le gaz.

3.1 La contrainte Mécanique :

La contrainte mécanique, également appelée tension ou "fatigue élastique" dans le passé, est une force exercée par les particules élémentaires d'un matériau les unes sur les autres par unité de surface. En mécanique des milieux continus et en résistance des matériaux, la contrainte mécanique est conceptualisée par un tenseur des contraintes, et elle est associée à une déformation de la matière sur laquelle elle agit. La contrainte mécanique est exprimée en pascals (Pa) et est essentielle pour comprendre le comportement des matériaux sous différentes charges et contraintes.

3.2 les types des contraintes :

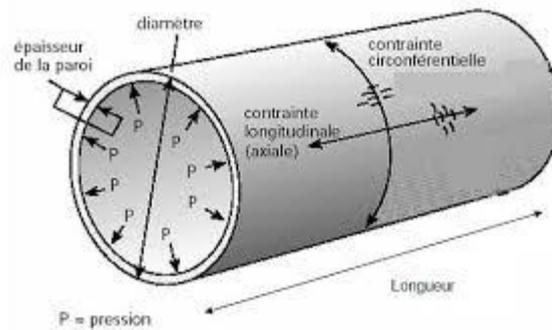


FIG II.3 : Caractéristiques des tubes

- **Contraintes mécaniques dans les tuyaux**

1. Contrainte de pression interne : Contrainte exercée par le fluide à l'intérieur du tuyau, tendant à dilater le tuyau.

2. Contrainte de poids propre : Contrainte due au poids du tuyau et de son contenu, pouvant causer de la flexion et du cisaillement.

3. Contrainte thermique : Contrainte induite par les variations de température, pouvant causer de la dilatation et de la flexion.

4. Contrainte de réaction aux extrémités : Contrainte exercée par les supports, les brides et les raccords aux extrémités du tuyau.

5. Contrainte sismique : Contrainte dynamique causée par les mouvements sismiques, pouvant causer de la flexion et du cisaillement.

- **Contraintes dans les raccords de tuyauterie**

6. Contrainte de concentration aux coudes : Contrainte élevée au niveau des coudes due au changement de direction de l'écoulement.

7. Contrainte de concentration aux vannes et brides : Contrainte élevée aux points de fixation des vannes, brides et autres accessoires.

CHAPITRE II : Le puits BRS-31, ASME B 31, Etude de stress

8. Contrainte de contact aux supports : Contrainte de compression exercée par les supports sur le tuyau.

Ces différents types de contraintes doivent être pris en compte dans la conception et l'analyse des systèmes de tuyauterie afin de garantir leur intégrité et leur sécurité.

3.3 Les moments :

- **Moments mécaniques dans les tuyaux**

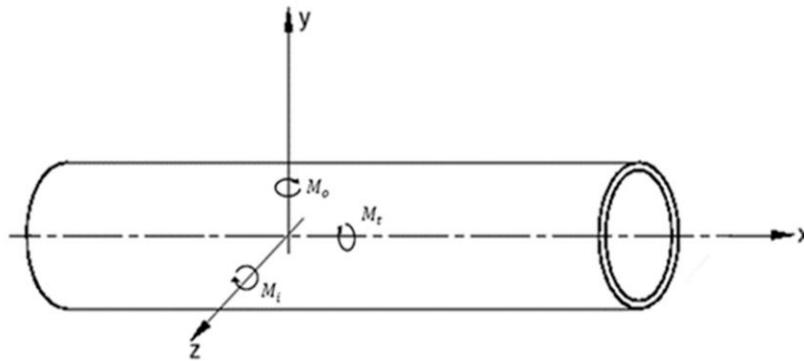


FIG II.4 : moments mécanique au tuyau

1. Moment de flexion : Moment qui tend à courber le tuyau, causé par des forces perpendiculaires à l'axe du tuyau, comme le poids propre ou les charges sismiques.

2. Moment de torsion : Moment qui tend à faire tourner le tuyau autour de son axe, causé par des forces appliquées de manière excentrée par rapport à l'axe du tuyau.

3. Moment de réaction aux extrémités : Moment exercé par les supports, brides et raccords aux extrémités du tuyau, en réaction aux forces appliquées.

4. Moment thermique : Moment induit par les variations de température, causant des dilatations différentielles dans le tuyau.

- **Moments dans les raccords de tuyauterie**

5. Moment de concentration aux coudes : Moment élevé au niveau des coudes dû au changement de direction de l'écoulement.

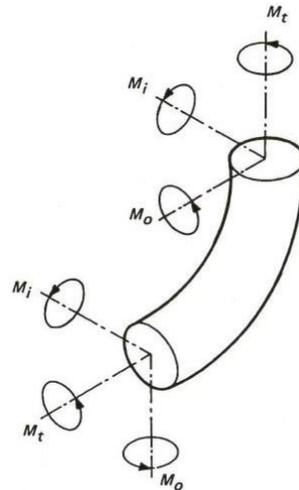


FIG II.5 : Moments au coude

5. Moment de concentration aux vannes et brides : Moment élevé aux points de fixation des vannes, brides et autres accessoires.

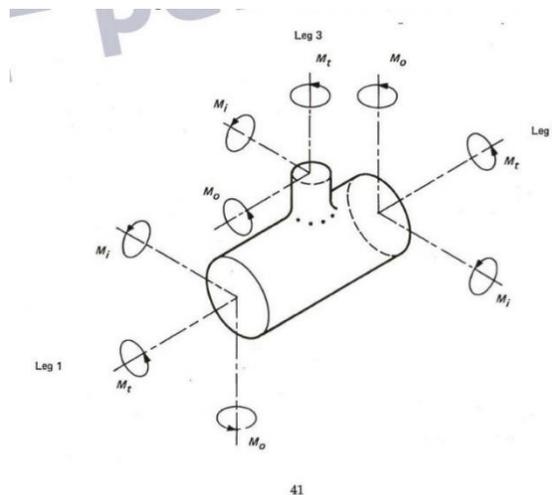


FIG II.6 : moments à la connexion

7. Moment de contact aux supports : Moment de compression exercé par les supports sur le tuyau.

Ces différents types de moments mécaniques doivent être pris en compte dans l'analyse de la tuyauterie afin de s'assurer de la résistance et de l'intégrité du système.

3.4 Stress :

Le stress dans les tuyauteries (pipe stress) fait référence aux contraintes mécaniques qui s'exercent sur un système de tuyauterie en raison de différents types de charges et de conditions de fonctionnement. Les principaux types de stress dans les tuyauteries sont :

3.5 Les types de stress et les lois de calculs :

- **Stress de soutien ou longitudinal (SL)**

C'est la somme des contraintes longitudinales dans un composant dues à la pression, au poids et aux autres charges permanentes.

La loi de calcul du stress longitudinal (SL) dans les tuyauteries est la suivante :

$$SL = \frac{PD}{4t} + \frac{M}{Z}$$

Où:

- P est la pression interne
- D est le diamètre extérieur du tuyau
- t est l'épaisseur de la paroi du tuyau
- M est le moment de flexion
- Z est le module de section du tuyau

Le premier terme $P * D / (4 * t)$ représente la contrainte longitudinale due à la pression interne. Le second terme M / Z représente la contrainte longitudinale due au moment de flexion.

Pour calculer le stress longitudinal, il faut donc connaître la pression interne, le diamètre extérieur et l'épaisseur de la paroi du tuyau, ainsi que le moment de flexion et le module de section du tuyau considéré.

CHAPITRE 11 : Le puits BRS-31, ASME B 31, Etude de stress

Cette formule permet de déterminer la contrainte longitudinale maximale dans un tronçon de tuyauterie, qui est un des critères de dimensionnement clés pour s'assurer de l'intégrité du système de tuyauterie sous les différentes charges de fonctionnement

- **Stress de déplacement ou de dilatation (SE)**

Ce sont les contraintes développées par les charges secondaires comme la dilatation thermique ou les déplacements de la tuyauterie.

La loi de calcul du stress de dilatation (SE) dans les tuyauteries est la suivante :

$$SE = \alpha * E * (T_1 - T_0) \frac{1 + 0.9 * PD}{Et}$$

Où:

- α est le coefficient de dilatation thermique du matériau
- E est le module d'Young du matériau
- T1 est la température maximale de fonctionnement
- T0 est la température initiale de montage
- P est la pression interne
- D est le diamètre extérieur du tuyau
- t est l'épaisseur de la paroi du tuyau

Cette formule permet de calculer la contrainte de dilatation thermique maximale dans un tronçon de tuyauterie, en tenant compte de la dilatation libre du tuyau et de la contrainte supplémentaire due à la pression interne.

CHAPITRE 11 : Le puits BRS-31, ASME B 31, Etude de stress

- **Stress occasionnel**

Ce sont les contraintes qui se développent dans la tuyauterie en raison d'effets sismiques, de vent, de soupapes de sécurité, de coups de bélier, etc. Ils peuvent dépasser les contraintes admissibles du code de conception de 15 à 20% selon leur fréquence et leur durée.

Pour calculer le stress occasionnel, on combine les différents cas de charge suivants :

- OPE : Charge + Température + Pression

- SUS : Charge + Pression

- EXP : Expansion thermique

De charge Le stress est calculé en utilisant la formule :

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x\sigma_y + 3\tau_{xy}^2)}$$

Où :

- σ_x, σ_y sont les contraintes normales

- τ_{xy} est la contrainte de cisaillement

Les contraintes calculées doivent respecter le critère suivant :

$$\sigma \leq 0,9 * SMYS$$

Avec SMYS = limite d'élasticité spécifiée du matériau

Le logiciel CAESAR II est souvent utilisé pour réaliser ces calculs de stress occasionnel dans les pipelines en combinant les différents cas selon les normes applicables.

CHAPITRE II : Le puits BRS-31, ASME B 31, Etude de stress

Conclusion :

Le Chapitre II a fourni une analyse approfondie du puits BRS-31 et des normes ASME B31, en particulier l'ASME B31.3, qui régit la conception et l'analyse des systèmes de tuyauterie dans l'industrie pétrolière. Nous avons examiné les caractéristiques spécifiques du puits BRS-31, soulignant son importance et ses particularités techniques. Ensuite, nous avons exploré les différentes sections de la norme ASME B31, en mettant l'accent sur l'ASME B31.3 qui est essentielle pour les systèmes de tuyauterie de procédés.

L'ASME B31.3, ainsi que les normes ASME B31.4 et B31.8, jouent un rôle crucial dans l'établissement des exigences de sécurité et de performance pour les systèmes de tuyauterie sous pression. Elles définissent les classes de pression, les types de matériaux, les méthodes de fabrication et d'installation, ainsi que les procédures d'essai nécessaires pour assurer la fiabilité et la sécurité des installations.

L'étude de stress a été un point central de ce chapitre, détaillant les types de contraintes mécaniques et les méthodes de calcul associées. Nous avons également examiné les moments et les types de stress auxquels les systèmes de tuyauterie sont soumis, ce qui est fondamental pour garantir leur intégrité structurelle et leur fonctionnement sûr sous diverses conditions d'exploitation.

En conclusion, ce chapitre a mis en lumière l'importance des normes ASME et des analyses de stress pour le développement et la gestion des systèmes de tuyauterie dans l'industrie pétrolière. La conformité à ces normes assure non seulement la sécurité et la fiabilité des installations, mais aussi leur efficacité opérationnelle. La compréhension et l'application rigoureuses de ces principes sont essentielles pour optimiser les performances des puits tels que BRS-31 et pour répondre aux exigences croissantes de l'industrie en matière de sécurité et de durabilité.

CHAPITRE III :
CAESAR II 2019, modélisation 3D de
puits BRS-31

Introduction

CAESAR II est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) de référence dans l'industrie des tuyauteries et des systuits de procédés. Développé par Intergraph, CAESAR II permet de modéliser, analyser et optimiser les réseaux de tuyauteries en tenant compte des contraintes de conception, des normes et des réglementations applicables.

La version 2019 de CAESAR II apporte de nombreuses améliorations et de nouvelles fonctionnalités pour répondre aux besoins toujours plus exigeants des ingénieurs et des concepteurs. Cette nouvelle mouture s'inscrit dans un contexte où la CAO joue un rôle essentiel dans l'innovation produit et l'optimisation des processus industriels.

Ce chapitre a pour objectifs de présenter les principales caractéristiques de CAESAR II 2019, d'en détailler les nouveautés, d'en souligner les avantages et d'aborder les aspects de mise en œuvre. Nous verrons comment ce logiciel contribue à relever les défis de la conception de systuits de tuyauteries fiables, sûrs et performants. Enfin, nous évoquerons les perspectives d'avenir de CAESAR II et de la CAO dans l'industrie.

1. Présentation de CAESAR II 2019 :

CAESAR II est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) de référence dans l'industrie des tuyauteries et des systuits de procédés. Développé par Intergraph, puis maintenant par Hexagon, CAESAR II permet de modéliser, analyser et optimiser les réseaux de tuyauteries en tenant compte des contraintes de conception, des normes et des réglementations applicables.



FIG III.1 : Page d'ouverture de logiciel CAESAR II 2019

1.1 Historique et évolution du logiciel :

Lancé pour la première fois en 1984, CAESAR II s'est progressivement imposé comme un outil incontournable pour l'analyse des contraintes dans les tuyauteries industrielles. Au fil des versions successives, le logiciel a intégré de nouvelles fonctionnalités et s'est adapté aux évolutions des normes et des technologies.

La version 2019 marque une étape importante avec l'ajout de nombreuses améliorations et innovations. Elle s'inscrit dans un contexte où la CAO joue un rôle essentiel dans l'optimisation des processus industriels et la transition énergétique.

1.2 Fonctionnalités principales :

CAESAR II permet de réaliser des analyses poussées des contraintes et des déformations dans les tuyauteries, en tenant compte de multiples paramètres tels que :

- Les charges thermiques, de pression et de poids
- Les forces sismiques et éoliennes
- Les réactions des soupapes de sécurité
- Les forces d'impact des fluides (coups de bélier, etc.)

Le logiciel intègre également des outils de modélisation 3D avancés, de vérification des erreurs et de génération de rapports détaillés.

1.3 Interface utilisateur et ergonomie :

L'interface utilisateur de CAESAR II a été conçue pour offrir une expérience de travail intuitive et productive. Elle permet de naviguer facilement entre les différentes vues (isométrique, élévation, plan) et de visualiser en temps réel les résultats des analyses.

Des fonctionnalités d'aide à la saisie, comme la détection automatique des collisions ou l'auto-complétion, facilitent la création des modèles. Des outils de personnalisation permettent en outre d'adapter l'interface aux préférences de chaque utilisateur.

1.4 Domaines d'application :

CAESAR II est utilisé dans de nombreux secteurs industriels nécessitant des analyses poussées de tuyauteries, tels que :

- La pétrochimie et le raffinage
- La production et le transport d'énergie (nucléaire, thermique, renouvelables)
- L'industrie minière et métallurgique
- Le génie civil et la construction

Grâce à sa flexibilité et à son intégration avec d'autres logiciels de CAO, CAESAR II s'adapte aux besoins spécifiques de chaque projet et intervient à différentes étapes du cycle de vie des installations.

2. Nouveautés de CAESAR II 2019 :

La version 2019 de CAESAR II apporte de nombreuses améliorations et de nouvelles fonctionnalités pour répondre aux besoins toujours plus exigeants des ingénieurs et des concepteurs. Parmi les principales nouveautés, on peut citer :

- Le support des charges sismiques et éoliennes selon les normes ASCE 7-2016 et GB 50009-2012
- L'ajout de nouvelles options de modélisation 3D avancées
- Des outils d'analyse de contraintes et de tensions encore plus puissants
- Une meilleure intégration avec d'autres logiciels de CAO et des technologies émergentes

2.1 Améliorations de l'interface utilisateur :

L'interface utilisateur de CAESAR II 2019 a été repensée pour offrir une expérience de travail encore plus intuitive et productive. De nouvelles fonctionnalités ont été ajoutées, comme :

- La possibilité de réorganiser les photos par pièces dans la page Annonces
- Des outils de personnalisation pour adapter l'interface aux préférences de chaque utilisateur
- Une meilleure navigation entre les différentes vues (isométrique, élévation, plan)
- Une visualisation en temps réel des résultats des analyses

2.2 Outils de modélisation 3D avancés :

CAESAR II 2019 intègre des outils de modélisation 3D encore plus performants, permettant de créer des représentations détaillées des réseaux de tuyauteries. Parmi les nouvelles fonctionnalités :

- La possibilité d'importer des modèles 3D depuis d'autres logiciels de CAO
- Des options de rendu réaliste avec gestion des matériaux et des textures
- Des outils de détection automatique des collisions et des interférences
- La génération automatique de vues isométriques à partir du modèle 3D

2.3 Analyse de contraintes et de tensions :

Les capacités d'analyse de CAESAR II ont été renforcées pour permettre une évaluation encore plus précise des contraintes et des tensions dans les tuyauteries.

Parmi les nouveautés:

- L'ajout de nouvelles méthodes d'analyse (éléments finis, dynamique des fluides, etc.)
- Une meilleure prise en compte des charges complexes (sismiques, éoliennes, etc.)
- Des outils de post-traitement avancés pour visualiser et exploiter les résultats
- La possibilité de réaliser des analyses paramétriques et d'optimisation

2.4 Intégration de technologies de pointe :

CAESAR II 2019 s'ouvre aux technologies émergentes pour offrir de nouvelles possibilités aux utilisateurs. On peut citer:

- L'intégration avec des outils de réalité augmentée pour visualiser les modèles en 3D sur chantier
- La possibilité de travailler en mode collaboratif grâce à l'hébergement des projets sur le cloud
- L'utilisation de l'intelligence artificielle pour assister l'utilisateur dans certaines tâches (détection d'erreurs, aide à la saisie, etc.)
- L'ajout de fonctionnalités de simulation avancées (écoulement des fluides, transferts thermiques, etc.)

2.5 Exemples concrets d'utilisation des nouvelles fonctionnalités :

Pour illustrer les apports de CAESAR II 2019, voici quelques exemples d'utilisation des nouvelles fonctionnalités sur des projets réels :

- Conception d'un réseau de tuyauteries pour une centrale nucléaire, avec prise en compte des charges sismiques et de la réglementation locale
- Optimisation des supports d'une ligne de transfert de gaz en offshore, grâce à l'analyse dynamique des efforts
- Modélisation 3D détaillée d'un échangeur de chaleur pour une raffinerie, avec simulation des écoulements et des transferts thermiques

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D

- Visualisation en réalité augmentée d'un modèle de tuyauterie sur chantier pour assister le montage et le contrôle

Ces exemples montrent comment CAESAR II 2019 permet de relever les défis de la conception de systuits de tuyauteries toujours plus complexes, en offrant des outils d'analyse et de modélisation de pointe.

3. Avantages de CAESAR II 2019 :

CAESAR II 2019 offre une multitude d'avantages qui contribuent à l'efficacité et à la fiabilité des projets de conception de tuyauteries. Voici en détail les principaux bénéfices de l'utilisation de ce logiciel:

3.1 Gains de productivité et d'efficacité :

Grâce à ses fonctionnalités avancées et à sa capacité à automatiser de nombreuses tâches, CAESAR II 2019 permet aux ingénieurs et concepteurs de gagner du temps et d'améliorer leur productivité. L'intégration puissante avec d'autres logiciels de CAO et d'analyse contribue à rationaliser les processus de conception et d'évaluation des tuyauteries.

3.2 Conception de systuits plus fiables et optimisés :

En identifiant les points de stress et les zones de faiblesse potentielles, CAESAR II 2019 aide à concevoir des systuits de tuyauteries plus fiables et optimisés. Les analyses détaillées des contraintes et des déformations permettent d'anticiper les problèmes et de garantir la robustesse des installations, réduisant ainsi les risques de défaillance et d'accidents.

3.3 Réduction des coûts et des délais de développement :

En optimisant la conception et en permettant une évaluation précise des performances des tuyauteries, CAESAR II 2019 contribue à réduire les coûts et les délais de développement des projets. En identifiant les solutions les plus efficaces dès la phase de conception, le logiciel permet d'éviter les retards et les dépassements budgétaires liés à des modifications ultérieures.

3.4 Amélioration de la qualité et de la sécurité des installations :

En garantissant une analyse approfondie des contraintes et des tensions, CAESAR II 2019 assure une meilleure qualité et une plus grande sécurité des installations de tuyauteries. La détection précoce des problèmes potentiels permet de corriger les défauts avant la mise en service, assurant

ainsi la conformité aux normes et réglementations en vigueur et la protection des opérateurs et de l'environnement.

3.5 Etudes de cas démontrant les bénéfices du logiciel :

Des études de cas pratiques et concrets peuvent illustrer de manière probante les avantages de l'utilisation de CAESAR II 2019. Ces exemples mettent en lumière comment le logiciel a permis d'optimiser des projets, de résoudre des problèmes complexes et d'améliorer la performance des systuits de tuyauteries. Ces études de cas démontrent de manière tangible les bénéfices en termes de productivité, de fiabilité et de sécurité apportés par CAESAR II 2019.

4. Mise en œuvre de CAESAR II 2019 :

L'implémentation réussie de CAESAR II 2019 dans les entreprises nécessite de prendre en compte plusieurs aspects clés, de l'installation du logiciel à la formation des utilisateurs en passant par les prérequis techniques. Voici un aperçu des principales étapes de la mise en œuvre de CAESAR II 2019 :

4.1 Prérequis techniques

CAESAR II 2019 fonctionne sur les systèmes d'exploitation Windows les plus récents. Les configurations matérielles recommandées incluent:

- Processeur Intel Core i5 ou équivalent AMD, avec au moins 4 cœurs
- 8 Go de RAM minimum, 16 Go recommandés
- Carte graphique compatible DirectX 11, avec au moins 2 Go de mémoire vidéo
- Espace disque dur de 10 Go minimum pour l'installation

Une connexion Internet est également nécessaire pour les mises à jour et l'activation du logiciel.

4.2 Installation et configuration

L'installation de CAESAR II 2019 se fait de manière standard, à l'aide du programme d'installation fourni par Hexagon. Les utilisateurs peuvent ensuite personnaliser l'interface et les paramètres en fonction de leurs préférences et des besoins spécifiques de leur entreprise.

Des outils d'administration permettent également de gérer les licences, les mises à jour et les paramètres de sécurité de manière centralisée, facilitant ainsi le déploiement à grande échelle.

4.3 Formation et support utilisateur

Hexagon propose diverses formations, en présentiel ou en ligne, pour permettre aux utilisateurs de se former efficacement à l'utilisation de CAESAR II 2019. Ces formations couvrent aussi bien les fonctionnalités de base que les aspects plus avancés du logiciel.

Un service de support technique est également disponible pour répondre aux questions des utilisateurs et les aider à résoudre d'éventuels problèmes. Des ressources en ligne, telles que des tutoriels et une base de connaissances, complètent ce dispositif de formation et d'assistance.

4.4 Exemples de projets réussis

CAESAR II 2019 est utilisé avec succès dans de nombreux secteurs industriels nécessitant des analyses poussées de tuyauteries, comme la pétrochimie, l'énergie ou la construction.

Par exemple, dans le cadre de la construction d'une nouvelle centrale nucléaire, CAESAR II 2019 a permis de modéliser en détail le réseau de tuyauteries, d'analyser les contraintes sismiques et de garantir la conformité aux normes en vigueur. Le logiciel a ainsi contribué à la réussite de ce projet complexe.

De même, pour l'optimisation d'une ligne de transfert de gaz en offshore, CAESAR II 2019 a été utilisé pour analyser les efforts dynamiques sur les supports, conduisant à des gains de fiabilité et de performance.

Les utilisateurs de CAESAR II 2019 soulignent les principaux bénéfices du logiciel, tels que :

- Une productivité accrue grâce à l'automatisation de nombreuses tâches
- Une meilleure fiabilité des conceptions de tuyauteries
- Une réduction significative des coûts et des délais de développement
- Une amélioration de la sécurité et de la conformité des installations

Ils apprécient également la convivialité de l'interface, la puissance des outils d'analyse et l'excellent support technique fourni par Hexagon.

4.5 Perspectives d'avenir de CAESAR II 2019

L'avenir de CAESAR II 2019 s'annonce prometteur, avec des évolutions futures qui visent à renforcer sa position en tant qu'outil incontournable pour l'analyse des tuyauteries. Voici un aperçu des perspectives d'avenir du logiciel, en se basant sur les tendances de l'industrie et les informations disponibles :

4.6 Évolutions futures du logiciel (roadmap)

CAESAR II 2019 continuera probablement à évoluer pour intégrer de nouvelles fonctionnalités et améliorations, en réponse aux besoins croissants des utilisateurs. La roadmap du logiciel devrait inclure des mises à jour régulières pour rester à la pointe de la technologie et répondre aux exigences changeantes de l'industrie de la conception assistée par ordinateur (CAO).

4.7 Tendances de l'industrie de la CAO et de l'analyse de systuits

L'industrie de la CAO évolue rapidement, avec l'émergence de nouvelles technologies et pratiques qui influencent la manière dont les ingénieurs conçoivent et analysent les systuits. CAESAR II 2019 devrait suivre ces tendances en intégrant des outils avancés d'analyse des contraintes, de simulation et de modélisation 3D pour répondre aux besoins actuels et futurs des professionnels de l'ingénierie.

4.8 Rôle de CAESAR II 2019 dans l'innovation produit et la transition énergétique

CAESAR II 2019 joue un rôle crucial dans l'innovation produit en permettant aux concepteurs de créer des systuits de tuyauteries plus fiables, efficaces et conformes aux normes en vigueur. De plus, le logiciel contribue à la transition énergétique en facilitant la conception de réseaux de tuyauteries plus durables et respectueux de l'environnement, notamment dans les secteurs de l'énergie renouvelable et de la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

4.9 Synergies avec d'autres outils et technologies émergentes

CAESAR II 2019 devrait continuer à explorer les synergies avec d'autres outils de CAO, d'analyse et de simulation pour offrir une solution complète aux professionnels de l'ingénierie. L'intégration avec des technologies émergentes telles que la réalité augmentée, le cloud computing et l'intelligence artificielle pourrait également renforcer les capacités du logiciel et ouvrir de nouvelles perspectives pour ses utilisateurs.

En résumé, les perspectives d'avenir de CAESAR II 2019 sont marquées par une volonté d'innovation continue, d'adaptation aux tendances de l'industrie et de collaboration avec d'autres

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D

outils et technologies pour offrir une solution de pointe aux professionnels de la conception et de l'analyse des tuyauteries.

5. Modélisation 3D de puits BRS-31 :

5.1 Configuration de logiciel :

- Tout d'abord on va ouvrir notre logiciel CAESAR II 2019 en double-cliquant sur l'icône du logiciel sur notre bureau ou via le menu démarrer.

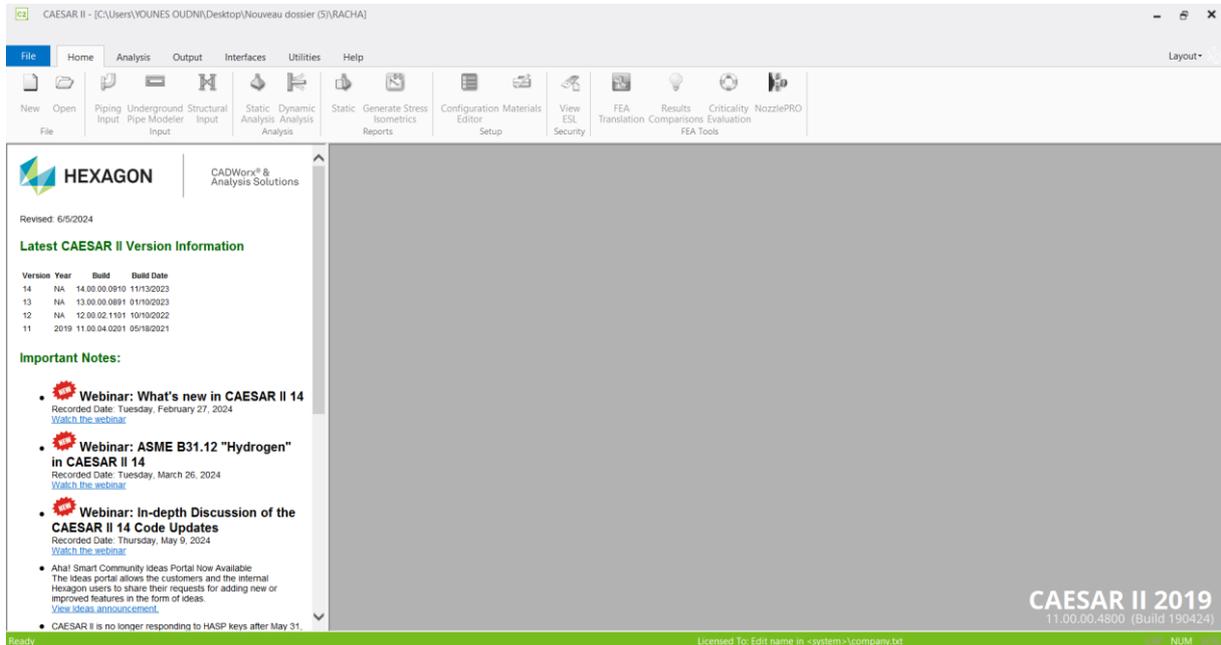


FIG III.2 : Post de travaille CAESAR II 2019

- Après nous Cliquons sur l'icône "New" dans l'onglet "Home" pour créer un nouveau modèle.

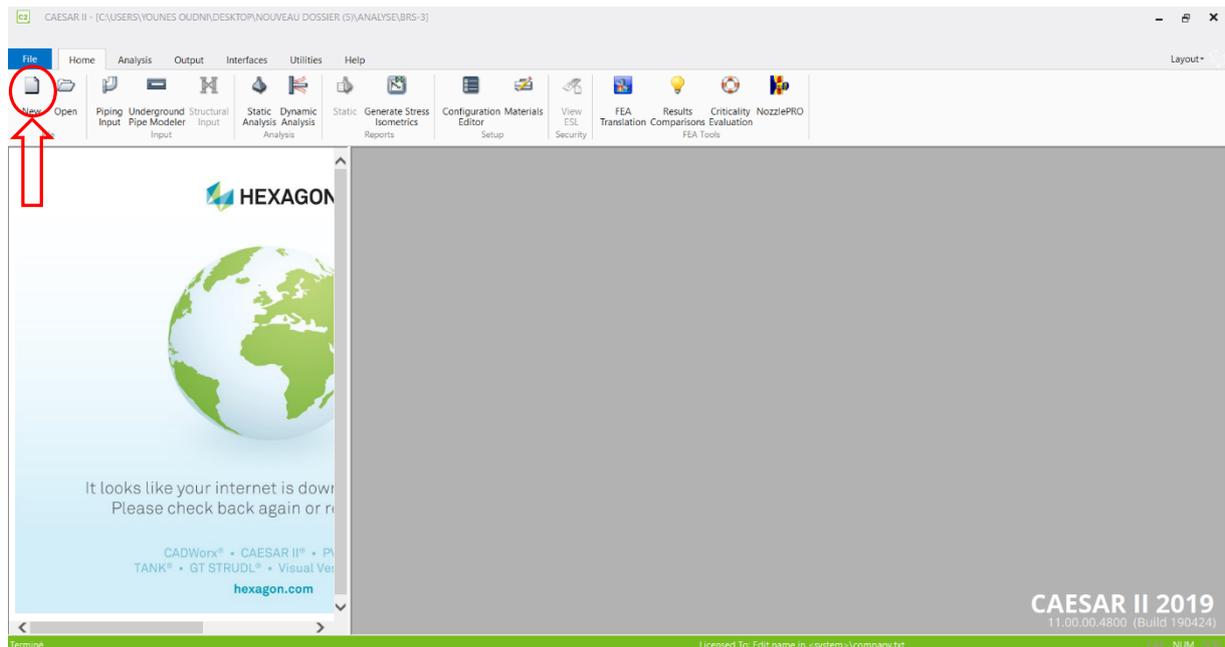


FIG III.3 : L'étape de créer un nouveau modèle

- Donnons un nom à notre modèle et spécifions le répertoire où l'enregistrer.

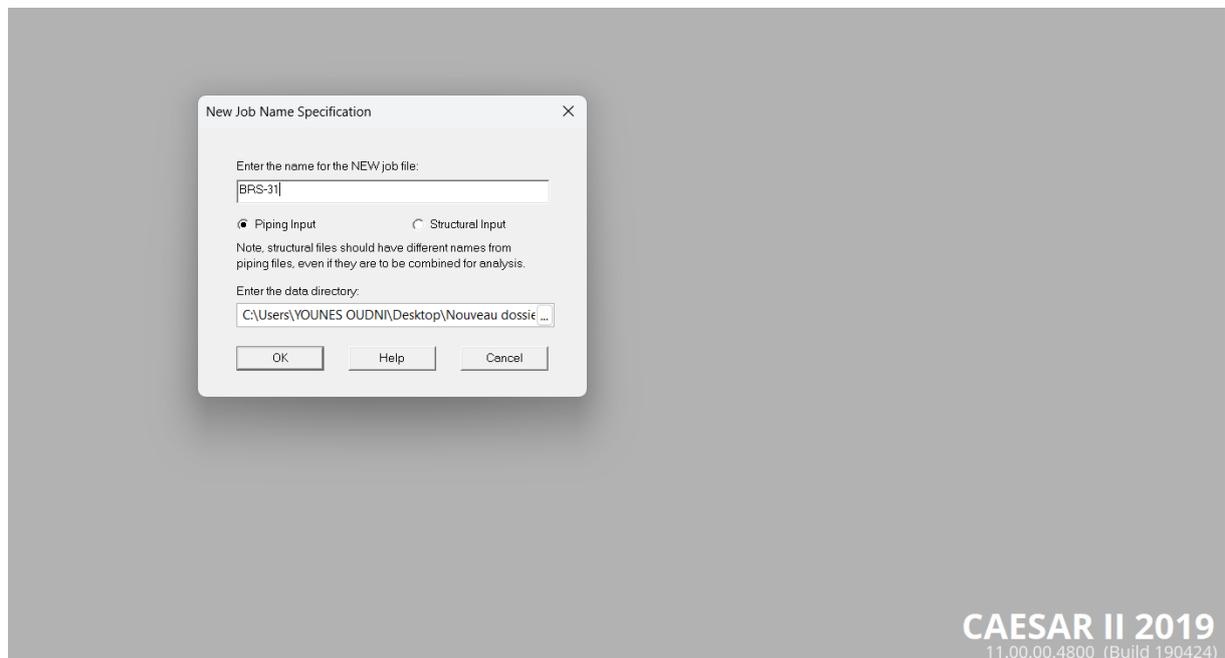
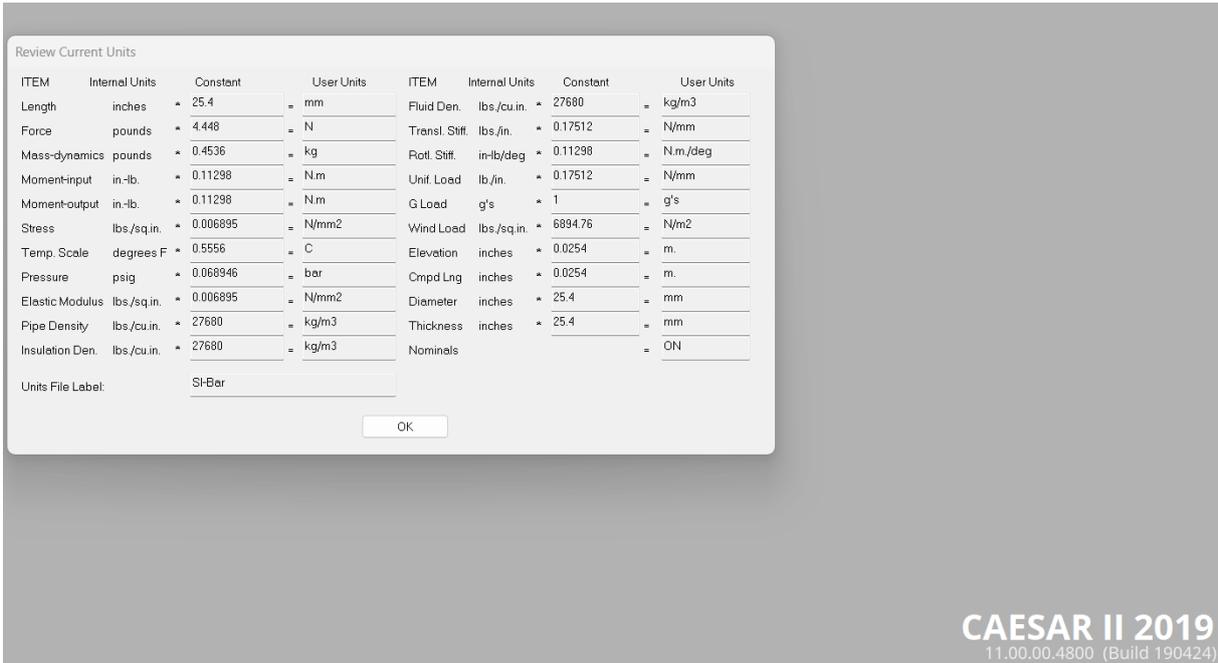


FIG III.4 : L'étape de créer le nom de travaille

- Configurons les paramètres de notre modèle dans l'éditeur de configuration (« Configuration Editor »),



TAB III.1 : Tableau de configuration des unités

- Définissez le code et norme à utiliser pour l'analyse ASME B31.3.

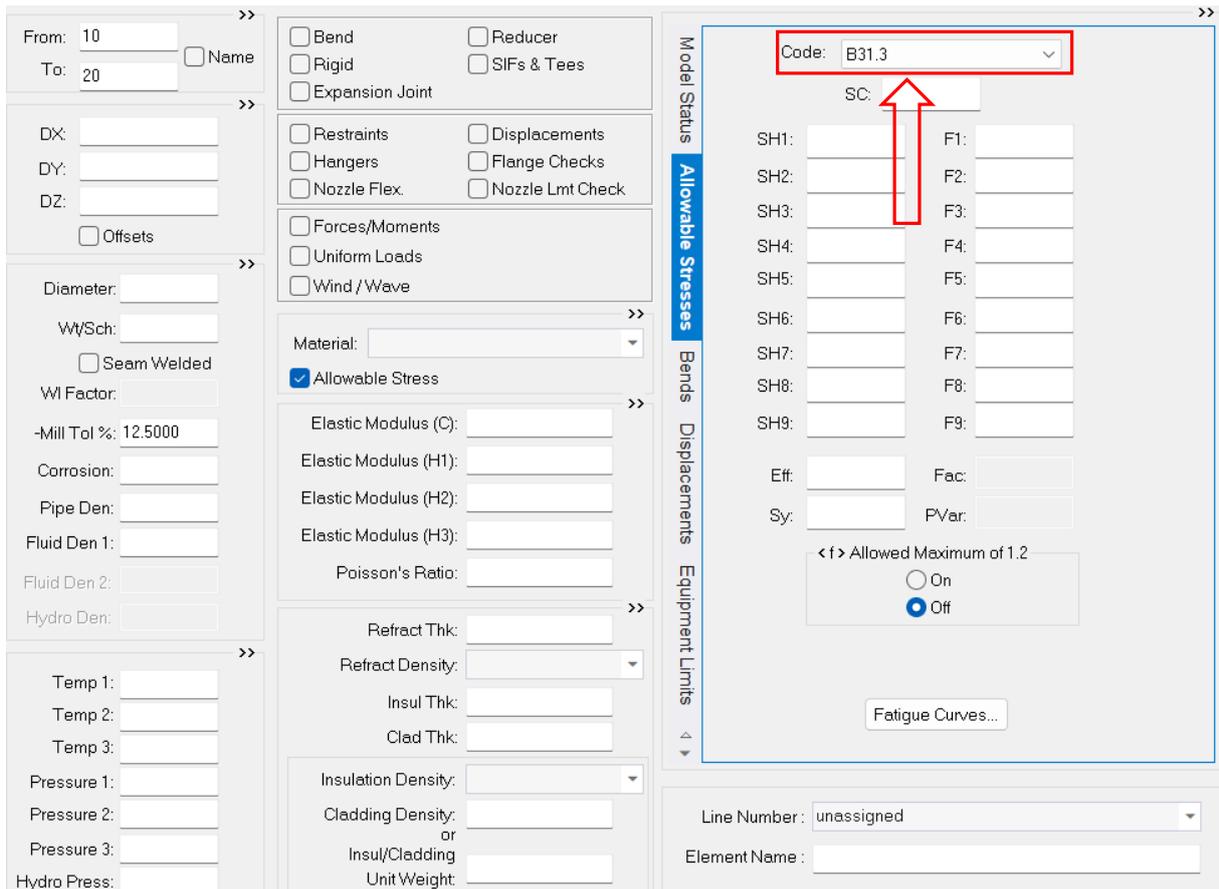


FIG III.5 : L'étape de spécifications le code de tuyauterie

5.2 Les outils importants de modélisation :

Pour fait une étude de cas sur Caesar II 2019 nous avons besoin des plans isométrique et P&ID de notre réseau de collecte.

1) Plan isométrique :

Un plan isométrique est une représentation en trois dimensions d'un objet ou d'un système. Elle permet de visualiser les éléments du système dans leur position réelle et de comprendre les relations entre eux. Les plans isométriques sont couramment utilisés dans l'ingénierie pour la conception et la planification de systèmes complexes, tels que les réseaux de tuyauterie et les installations industrielles

2) Plan P&ID :

Un plan P&ID, également appelé schéma de tuyauterie et instrumentation, est un diagramme qui définit tous les éléments d'un réseau de tuyauterie et d'un procédé industriel en conformité avec les normes industrielles. Il représente les équipements mécaniques, les éléments de contrôle et de mesure, les armatures, l'isolation et la protection, ainsi que la coordination des installations. Les plans P&ID sont utilisés pour planifier, concevoir et maintenir des installations industrielles et sont une base de travail importante pour les ingénieurs, les opérateurs, les techniciens et les chargés d'affaires

Comme dans notre cas, voici le plan P&ID qui représente le réseau :

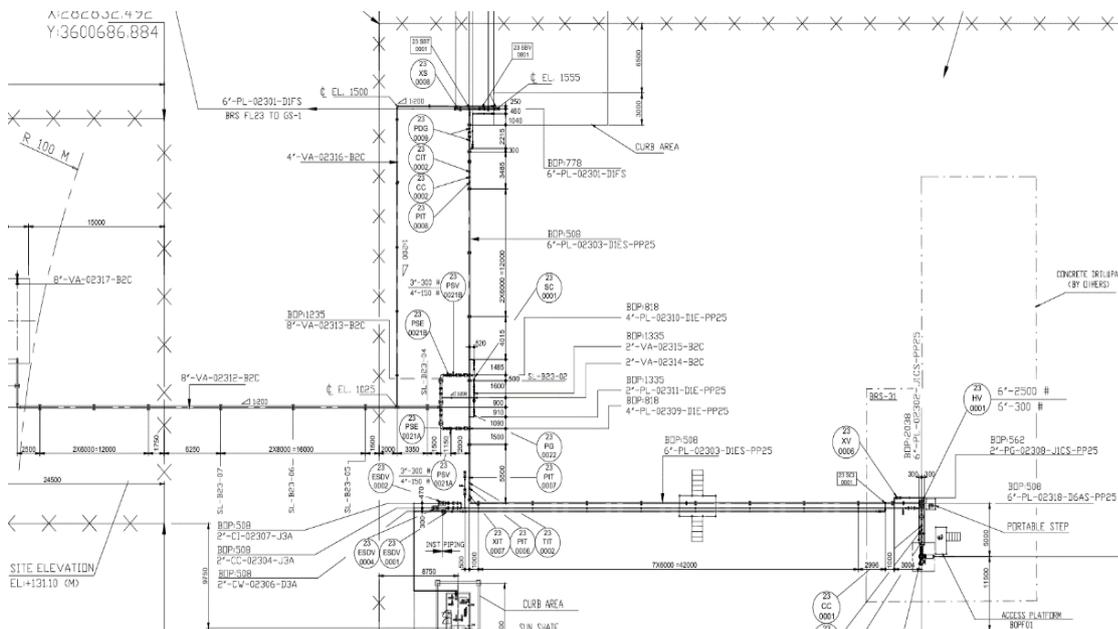


FIG III.6 : Plan P&ID de réseau de collecte BRS-31

Après ça on a besoin des plans plus détaillées, s'appelle plan isométrique qui détaille chaque partie de notre réseau avec les mesure, les diamètres les types des instruments, la température et la pression et la classe de pression.

5.3 Les étapes de modélisation :

On commence avec la première partie de notre réseau de collecte (J1CS) :

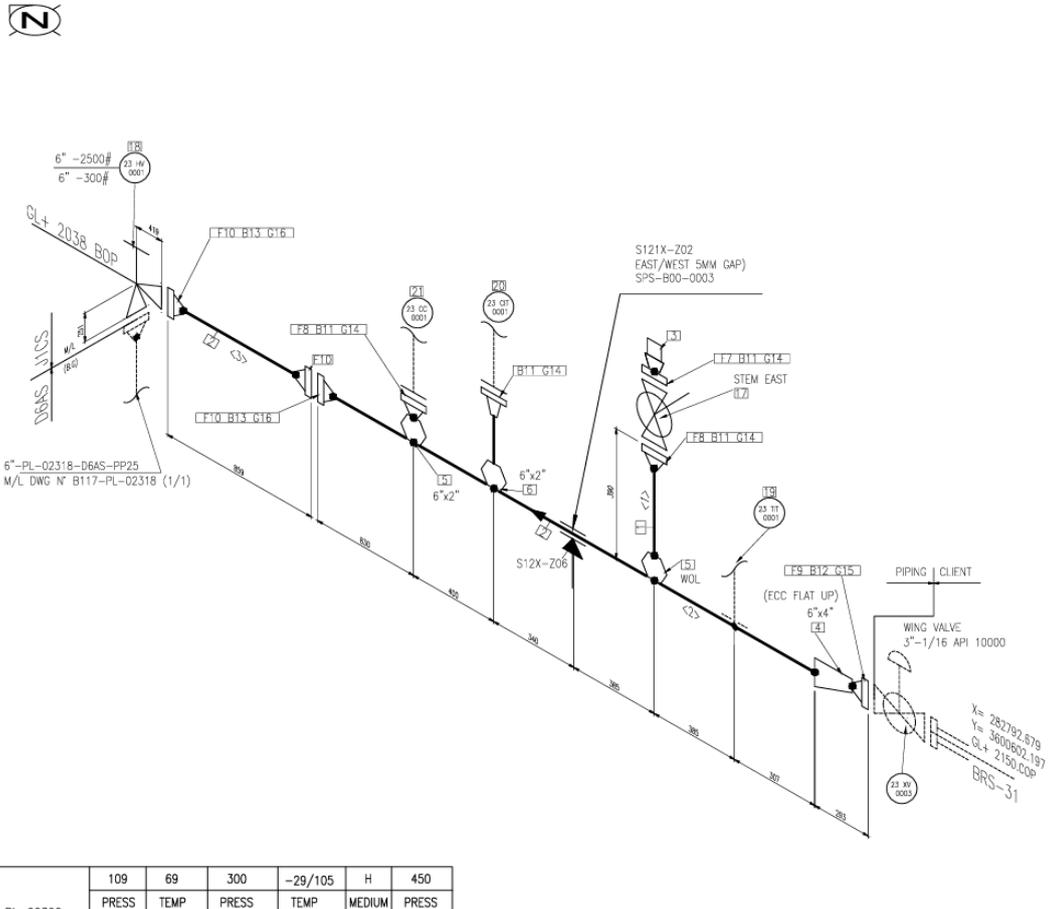


FIG III.7 : plan isométrique de partie J1CS

MATERIELS								
PT NO.	PART AND DESCRIPTION	SIZE (IN)	PART	OPT	MAT CLASS	SYMBOL	QTE	
PIPE								
1	PIPE API5L PSL1 GRADE X60 SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M BE IMPACT TESTED W.T 14.46 MM	2"	P	1	J1CS	P01A-004ER	0.1M	
2	PIPE API5L PSL1 GRADE X60 SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M BE IMPACT TESTED W.T 28.46 MM	6"	P	1	J1CS	P01A-004EU	2.7M	
FITTINGS								
3	PLUG, ASTM A694 GRAD F60 ASME B16.11 NPT HEX HEAD	1/2"	PL	1	J1CS	P30B-0004D	1	
4	ECCENTRIC REDUCER MSS SP-75 CLASS WPHY-60 SEAMLESS ASME B16.9 BW IMPACT TESTED W.T 28.46MM X W.T 21.53MM	6"X4"	RE	1	J1CS	P28A-00879	1	
OLETS								
5	OUTLET ASTM A694 GRADE F60 CLASS 9000 MSS SP-97 NPT IMPACT TESTED W.T 28.46MM X W.T 14.46MM	6"X2"	L	1	J1CS	P31B-00TH1	2	
6	FLANGED NIPPLE-OUTLET ASTM A694 GRADE F60 CLASS 2500 MSS SP-97 FLANGE ASME B16.5 RJ L=150MM IMPACT TESTED W.T 28.46MM X W.T 14.46MM	6"X2"	LNF	1	J1CS	P32B-0041M	1	
FLANGES								
7	REDUCING FLANGE NPT ASTM A694 GRADE F60 CLASS 2500 ASME B16.5 RJ IMPACT TESTED	2"X1/2"	FR	1	J1CS	P62B-000BU	1	
8	FLANGE WN ASTM A694 GRADE F60 CLASS 2500 ASME B16.5 RJ IMPACT TESTED W.T 14.46MM	2"	F	1	J1CS	P61B-005XU	2	
9	FLANGE WN ASTM A694 GRADE F60 CLASS 10000 STANDARD-DRAWING RJ IMPACT TESTED W.T 21.53 MM	4"	F	823	J1CS	P61B-007E0	1	
10	FLANGE WN ASTM A694 GRADE F60 CLASS 2500 ASME B16.5 RJ IMPACT TESTED W.T 28.46MM	6"	F	1	J1CS	P61B-005XX	3	
BOLTS								
11	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 180MM BOLT LENGTH	1"	B	1	J1CS	P80S-01806	32	
12	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED 8UN STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 180MM BOLT LENGTH	1"	B	823	J1CS	P80S-01FXL	8	
13	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED 8UN STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 410MM BOLT LENGTH	2"	B	1	J1CS	P80S-01F84	16	
GASKETS								
14	RING JOINT GASKET SOFT IRON CLASS 2500 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RJ OVAL TYPE	2"	G	1	J1CS	P75T-000SY	4	
15	RING JOINT GASKET SOFT IRON CLASS 10000 API 6A TYPE BX FLANGE API 6A-6BX RJ OCTAGONAL TYPE	4"	G	823	J1CS	P75T-000XA	1	
16	RING JOINT GASKET SOFT IRON CLASS 2500 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RJ OVAL TYPE	6"	G	1	J1CS	P75T-000T1	2	
MISCELLANEOUS COMPONENTS								
17	INTEGRAL DBB VALVE	2"			J1CS	DBB-CS25-50M-SD	1	
18	CHOKE VALVE	6"x6"			J1CS	23HV-0001	1	
INSTRUMENTS								
19	TEMPERATURE TRANSMITTER					23TIT-0001	1	
20	CORROSION PROBE	2"				23CIT-0001	1	
21	CORROSION COUPON	2"				23CC-0001	1	
SUPPORTS								
	SPECIAL PIPE SUPPORT					SPS-B00-0003	1	
	GUIDE FOR HORIZONTAL BARE PIPE					S121X-Z06	1	

TAB III.2 : Tableau de Matériels numéroté

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D

La première étape on va ajouter la température donnée, la pression, la référence de matériau le diamètre et l'épaisseur utilisée pour les tuyaux, les brides, et les autres matérielles.

The screenshot shows the 'Data Entry' window in CAESAR II. It is organized into several sections, each with a double arrow (>>) indicating it can be expanded or collapsed. The leftmost section contains geometric and material properties: Diameter (168.2750), Wt/Sch (28.4600), Seam Welded (checkbox), WI Factor (1.0000), -Mill Tol % (12.5000), Corrosion, Pipe Den (7833.43994), Fluid Den 1, Fluid Den 2, and Hydro Den. Below this is a section for operating conditions: Temp 1 (69.0000), Temp 2 (0.0000), Temp 3, Pressure 1 (109.0000), Pressure 2 (300.0000), Pressure 3 (450.0000), and Hydro Press. The top-right section has checkboxes for 'Uniform Loads' and 'Wind / Wave'. The middle-right section has a 'Material' dropdown menu set to '(103)A105' and an 'Allowable Stress' checkbox. The bottom-right section contains material properties: Elastic Modulus (C), (H1), (H2), and (H3) (all set to 2.0340E+05), Poisson's Ratio (0.2920), Refract Thk, Refract Density, Insul Thk, Clad Thk, Insulation Density, Cladding Density, or Insul/Cladding, and Unit Weight.

FIG III.8 : fenêtre des données

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D

Après on commence directement la modélisation 3D de notre première partie (J1CS) de notre réseau de collecte :

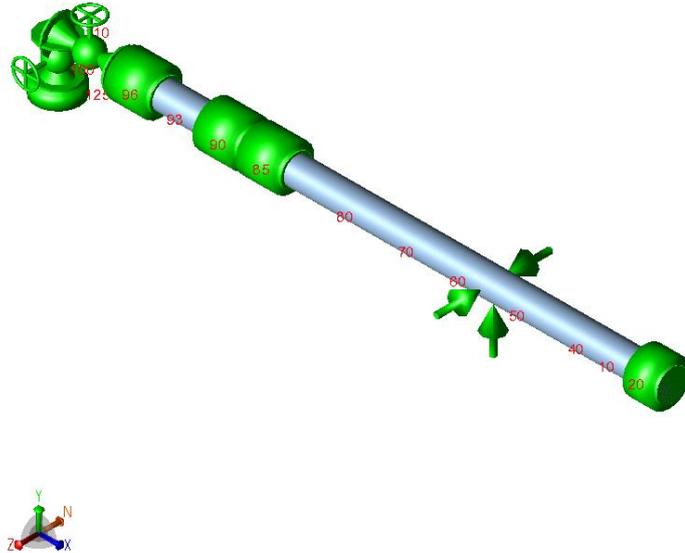
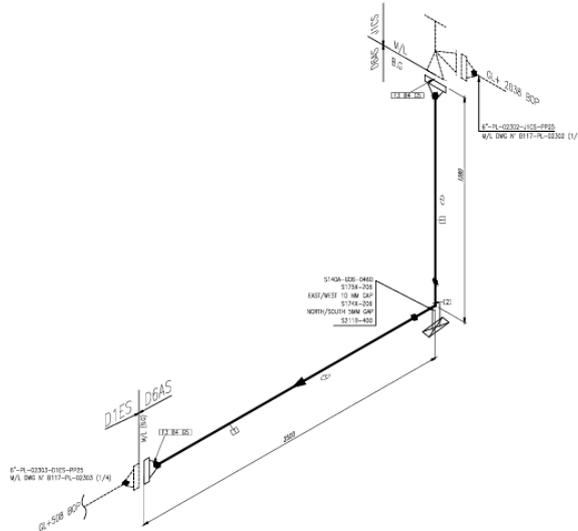


FIG III.9 : Modèle 3D de partie J1CS

On remarque le changement de classe de pression de class #2500 a classe #300 à cause de notre vannes qui diminuer la grande pression qui vienne de puits

On passe à notre deuxième partie de plan isométrique (D6AS) :



	24	60	45	-29/105	H	67.5
PI - 09 X 1 R	PRESS	TEMP	PRESS	TEMP	MEDIUM	PRESS

FIG III.10 : Plan isométrique de partie (D6AS)

MATERIELS							
PT NO.	PART AND DESCRIPTION	SIZE (IN)	PART	OPT	MAT CLASS	SYMBOL	QTE
PIPE							
1	PIPE ASTM B705 UNS N06625 CLASS 1 GRADE 1 WELD ASME B36.10M/B36.19M BE SCH 10S	6"	P	1	D6AS	P01M-00AE	3.2M
FITTINGS							
2	90 DEGREE ELBOW ASTM B366 GRADE WPNCMC CLASS S SEAMLESS ASME B16.9 BW LONG RADIUS SCH 10S	6"	9L	1	D6AS	P02M-0007H	1
FLANGES							
3	FLANGE WN ASTM B564 UNS N06625 CLASS 300 ASME B16.5 RF SCH 10S	6"	F	1	D6AS	P61P-000P3	2
BOLTS							
4	BOLT AND NUT ASTM A320 GRADE B8 CLASS 2 / A194 GRADE 8 ASME B1.1 UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 125MM BOLT LENGTH	6"	B	1	D6AS	P80S-01UBV	24
GASKETS							
5	INSULATION GASKET KIT CLASS 300 MANUFACTURER-STANDARD FLANGE ASME B16.5 RF	6"	G	3001	D6AS	P780-0001B	2
SUPPORTS							
	SLID STOOL				S140A-G06-0460		1
	STOPPER FOR STOOL				S175X-706		1
	HOLD DOWN GUIDE FOR STOOL				S174X-Z06		1
	ON PAVE FOUNDATION				S211B-400		1

TAB III.3 : Tableau des instruments de partie D6AS

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D

On va suivre les mêmes étapes de modélisation 3D et vérifier les changements de matériaux, épaisseur, diamètre, température et pression à partir de nos plans isométriques, après on ajoute les forces composées de supports en tuyau :

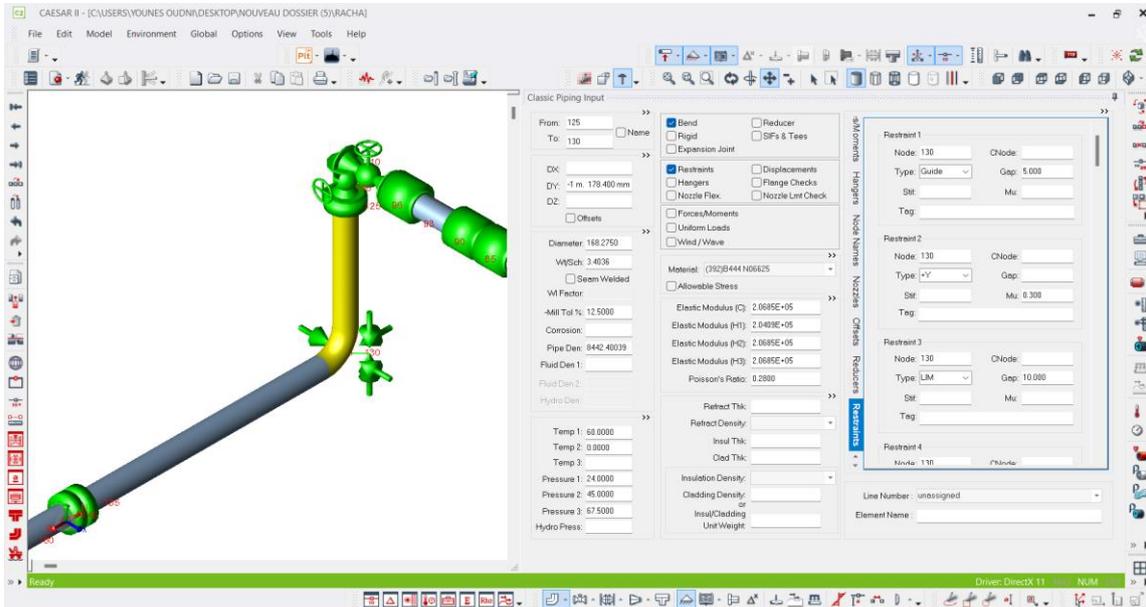


FIG III.11 : L'étape d'ajouter les forces

On passe à la partie (DIES) par notre plan isométrique et dans cette partie on à 4/4 SHT :

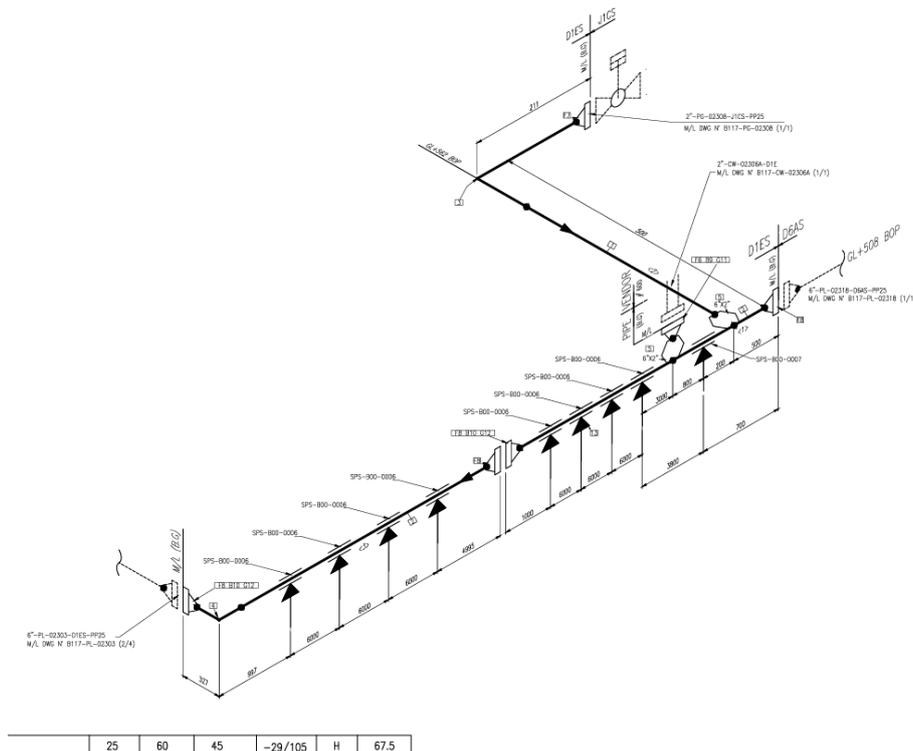


FIG III.12 : Plan isométrique de partie DIES 1/4

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D

MATERIELS							
PT NO.	PART AND DESCRIPTION	SIZE (IN)	PART	OPT	MAT CLASS	SYMBOL	QTE
PIPE							
1	PIPE ASTM A106 GRADE B SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M BE SCH-160	2"	P	1	D1ES	P01A-0019T	0.3M
2	PIPE ASTM A106 GRADE B SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M BE S-XS	6"	P	1	D1ES	P01A-000ZF	47.5M
FITTINGS							
3	90 DEGREE ELBOW ASTM A234 GRADE WPB SEAMLESS ASME B16.9 BW LONG RADIUS SCH-160	2"	9L	1	D1ES	P02A-000KW	1
4	90 DEGREE ELBOW ASTM A234 GRADE WPB SEAMLESS ASME B16.9 BW LONG RADIUS S-XS	6"	9L	1	D1ES	P02A-000DA	1
5	OUTLET ASTM A 105 MSS SP-97 BW S-XS X SCH160	6"X2"	L	1	D1ES	P31B-007SR	2
FLANGES							
6	FLANGE WN, ASTM A105 CLASS 600 ASME B16.5 RF SCH160	2"	F	781	D1ES	P61B-003T7	1
7	FLANGE WN ASTM A 105 CLASS 2500 ASME B16.5 RJ SCH160	2"	F	805	D1ES	P61B-0066M	1
8	FLANGE WN ASTM A105 CLASS 300 ASME B16.5 RF S-XS	6"	F	1	D1ES	P61B-001FE	4
BOLTS							
9	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED 8UN STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 110MM BOLT LENGTH	5/8	B	781	D1ES	P80S-017TC	8
10	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED 8UN STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 125MM LENGTH	3/4	B	1	D1ES	P80S-017V2	24
GASKETS							
11	INSULATION GASKET KIT CLASS 600 MANUFACTURER - STANDARD FLANGE ASME B16.5RF	2"	G	600	D1ES	-	1
12	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 300 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	6"	G	1	D1ES	P73T-0028L	2
SUPPORTS							
	SPECIAL PIPE SUPPORT					SPS-B00-0006	8
	SPECIAL PIPE SUPPORT					SPS-B00-0007	1

TAB III.4 : Tableau de matériels D1ES 1/4

Tout d'abord on va changer la valeur de pression, après on passe en changement de matériau et enfin commencer la modélisation :

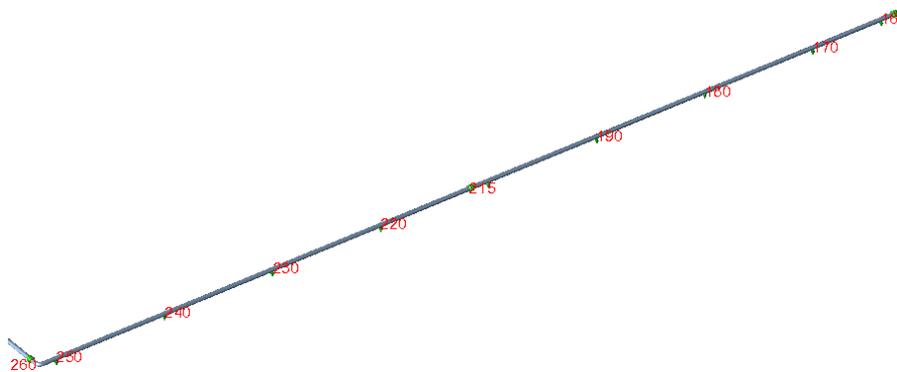
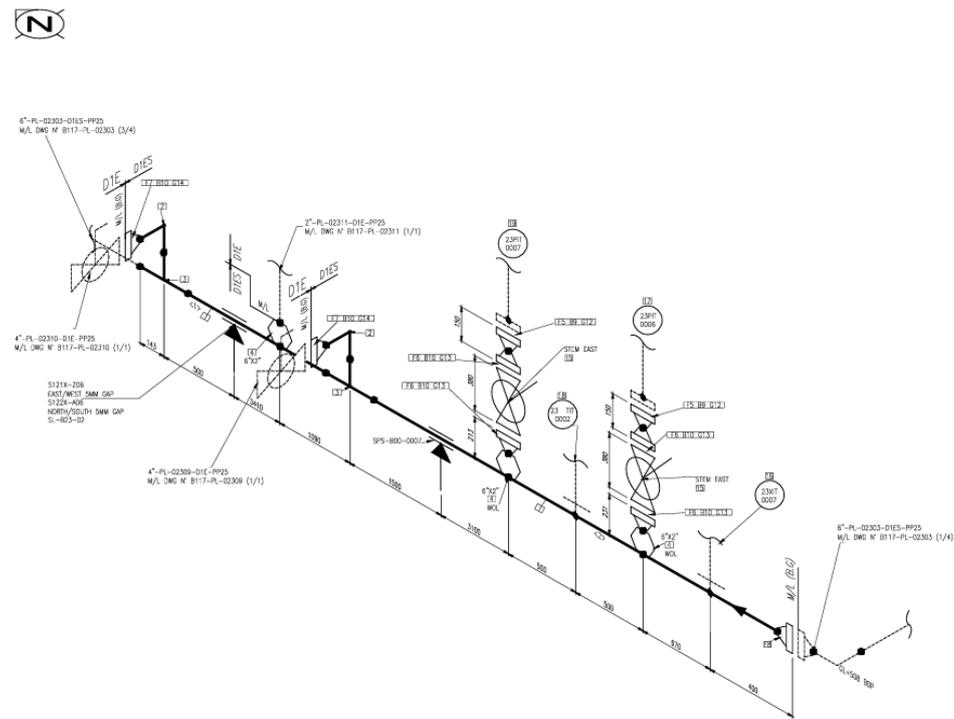


FIG III.15 : Modélisation 3D de partie D1ES 1/4

On passe à DIES 2/4 :



	24	60	45	-29/105	H	67.5
	PRESS	TEMP	PRESS	TEMP	MEDIUM	PRESS

FIG III.16 : Plan isométrique de partie D1ES 2/4

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D

PT NO.	PART AND DESCRIPTION	SIZE (IN)	PART	OPT	MAT CLASS	SYMBOL	QTE
MATERIELS							
PIPE							
1	PIPE ASTM A106 GRADE B SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M BE S-XS	6"	P	1	D1ES	P01A-000ZF	11.2t
FITTINGS							
2	90 DEGREE ELBOW ASTM A234 GRADE WPB SEAMLESS ASME B16.9 BW LONG RADIUS SCH-120	4"	9L	1	D1ES	P02A-000U5	2
3	REDUCING TEE ASTM A234 GRADE WPB SEAMLESS ASME B16.9 BW S-XS X SCH120	6"X4"	TR	1	D1ES	P24A-00GDZ	2
4	OUTLET ASTM A 105 MSS SP-97 BW S-XS X SCH160	6"X2"	L	1	D1ES	P31B-007SR	3
FLANGES							
5	FLANGE WN, ASTM A105 CLASS 600 ASME B16.5 RF SCH160	2"	F	781	D1ES	P61B-003T7	2
6	FLANGE WN ASTM A105 CLASS 300 ASME B16.5 RF SCH160	2"	F	1	D1ES	P61B-002R8	4
7	FLANGE WN ASTM A105 CLASS 300 ASME B16.5 RF SCH120	4"	F	1	D1ES	P61B-003MU	2
8	FLANGE WN ASTM A105 CLASS 300 ASME B16.5 RF S-XS	6"	F	1	D1ES	P61B-001FE	1
BOLTS							
9	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 145MM BOLT LENGTH	5/8"	B	1	D1ES	P80S-017TK	16
10	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 90MM LENGTH	5/8"	B	781	D1ES	P80S-017UV	32
11	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 115MM LENGTH	3/4"	B	1	D1ES	P80S-017V0	16
GASKETS							
12	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 600 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	2"	G	1	D1ES	P73T-0029N	2
13	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 300 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	2"	G	781	D1ES	P73T-0028H	4
14	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 300 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	4"	G	1	D1ES	P73T-0028K	2
MISCELLANEOUS COMPONENTS							
15	INTEGRAL DBB VALVE	2"			D1ES	DBB-CS3-50M-SD	2
INSTRUMENTS							
16	SAND DETECTION					23-XIT-0007	1
17	PRESSURE INDICATOR TRANSMITTER	2"				23-PIT-0006	1
18	TEMPERATURE INDICATOR TRANSMITTER					23-TIT-0002	1
19	PRESSURE INDICATOR TRANSMITTER	2"				23-PIT-0007	1
SUPPORTS							
	SPECIAL PIPE SUPPORT					SPS-B00-0007	1
	GUIDE FOR HORIZONTAL BAR PIPE					S121X-Z06	1
	STOPPER FOR HORIZONTAL BARE PIPE					S122X-A06	1

TAB III.5 : Tableau de matérielle D1ES 2/4

Il faut changer la pression encore et passe à la modélisation 3D :

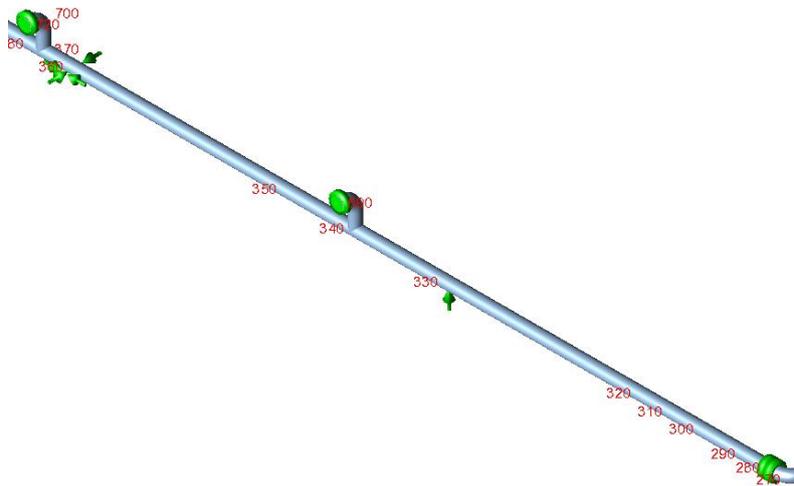
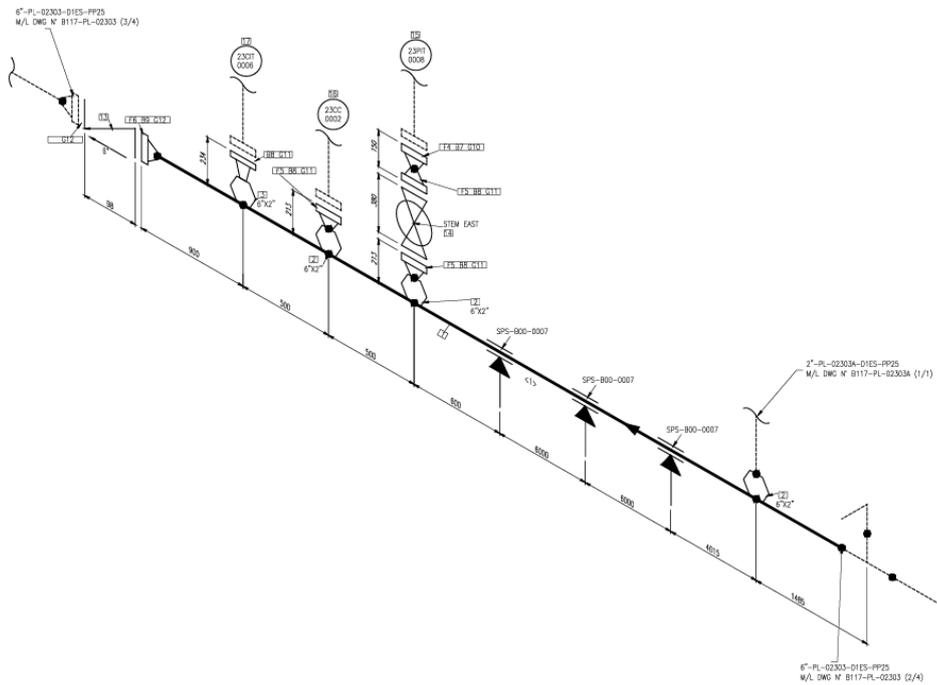


FIG III.17 : Modélisation 3D de partie D1ES 2/4



24	60	45	-29/105	H	67.5
PRESS	TEMP	PRESS	TEMP	MEDIUM	PRESS

FIG III.18 : Plan isométrique de partie D1ES 3/4

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D

PT NO.	PART AND DESCRIPTION	SIZE (IN)	PART	OPT	MAT CLASS	SYMBOL	QTE
MATERIELS							
PIPE							
1	PIPE ASTM A106 GRADE B SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M BE S-XS	6"	P	1	D1ES	P01A-000ZF	19.8M
FITTINGS							
2	OUTLET ASTM A 105 MSS SP-97 BW S-XS X SCH160	6"X2"	L	1	D1ES	P31B-007SR	3
3	FLANGED NIPPLE-OUTLET ASTM A105 CLASS 300 MSS SP-97 FLANGE ASME B6.5 RF L=150 MM S-XS X SCH160	6"X2"	LNF	1	D1ES	P32B-003Y4	1
FLANGES							
4	FLANGE WN, ASTM A105 CLASS 600 ASME B16.5 RF SCH160	2"	F	781	D1ES	P61B-003T7	1
5	FLANGE WN ASTM A105 CLASS 300 ASME B16.5 RF SCH160	2"	F	1	D1ES	P61B-002R8	3
6	FLANGE WN ASTM A105 CLASS 300 ASME B16.5 RF S-XS	6"	F	1	D1ES	P61B-001FE	1
BOLTS							
7	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED 8UN STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 145MM BOLT LENGTH	5/8"	B	781	D1ES	P80S-017TK	8
8	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED 8UN STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 90MM LENGTH	5/8"	B	1	D1ES	P80S-017UV	32
9	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 230MM BOLT LENGTH	3/4"	B	1	D1ES	P80S-017VP	12
GASKETS							
10	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 600 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	2"	G	781	D1ES	P73T-0029N	1
11	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 300 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	2"	G	1	D1ES	P73T-0028H	4
12	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 300 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	6"	G	1	D1ES	P73T-0028L	2
VALVES							
13	DUAL PLATE CHECK VALVE ASTM A216 GRADE WCB CLASS 300 API 594 LUG-TYPE ASME B16.5 RF TRIM NUMBER 5 INTERNAL WETTED PARTS SS316 FLUID-14 C.A.=6.0MM	6"	XDP	1	D1ES	P88C-0012A	1
MISCELLANEOUS COMPONENTS							
14	INTEGRAL DBB VALVE	2"			D1ES	DBB-CS3-50M-SD	1
INSTRUMENTS							
15	PRESSURE INDICATOR TRANSMITTER	2"				23-PIT-0008	1
16	CORROSION COUPON	2"				23-CC-0002	1
17	CORROSION PROBE	2"				23-CIT-0006	1
SUPPORTS							
	SPECIAL PIPE SUPPORT					SPS-B00-0007	3

TAB III.6: Tableau de matérielle D1ES 3/4

On passe directement à notre modélisation 3D :

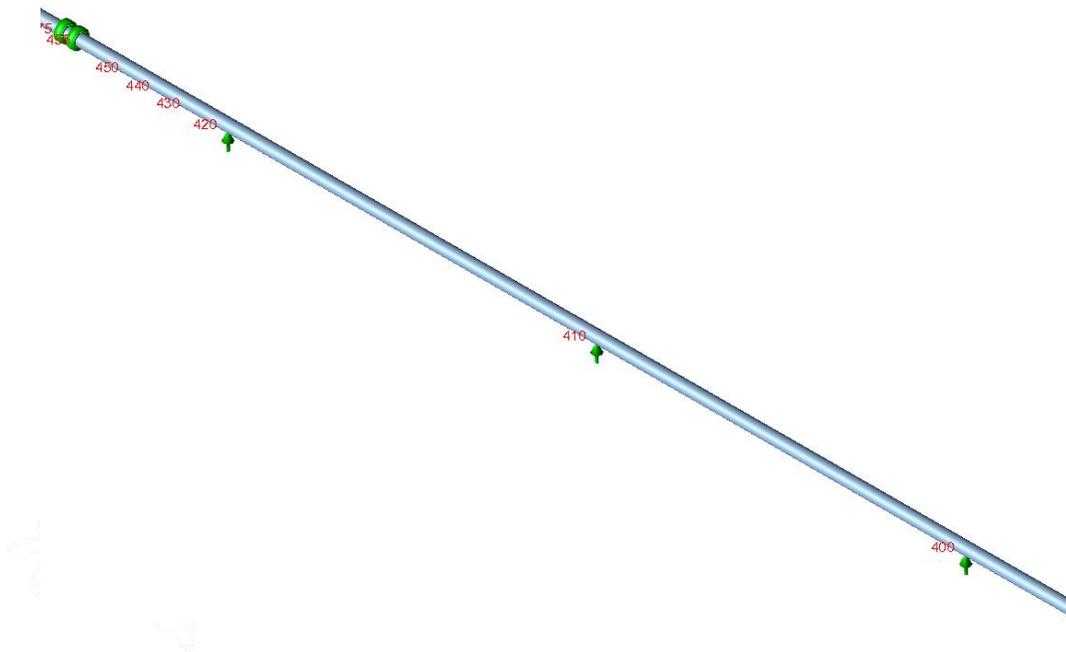
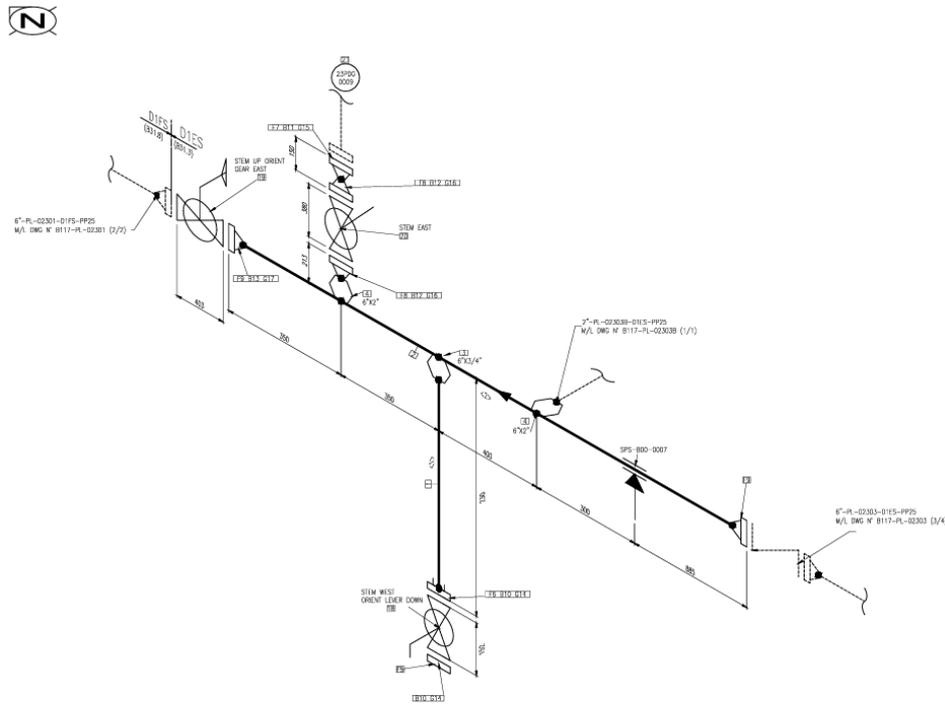


FIG III.19 : Modélisation 3D de partie D1ES 3/4

On passe au dernier shoot D1ES 4/4 :



	24	60	45	-29/105	H	67.5
	PRESS	TEMP	PRESS	TEMP	MEDIUM	PRESS

FIG III.20 : Plan isométrique de partie D1ES 4/4

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D

MATERIELS							
PT NO.	PART AND DESCRIPTION	SIZE (IN)	PART	OPT	MAT CLASS	SYMBOL	QTE
PIPE							
1	PIPE ASTM A106 GRADE B SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M PE S-XXS	3/4"	P	1	D1ES	P01A-0014D	0.1M
2	PIPE ASTM A106 GRADE B SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M BE S-XS	6"	P	1	D1ES	P01A-0002F	2.1M
FITTINGS							
3	OUTLET ASTM A 105 CLASS 9000 MSS SP-97 SW	6"X3/4"	L	1	D1ES	P31B-00ES2	1
4	OUTLET ASTM A 105 MSS SP-97 BW S-XS X SCH160	6"X2"	L	1	D1ES	P31B-007SR	2
FLANGES							
5	BLIND FLANGE ASTM A105 CLASS 300 ASME B16.5 RF	3/4"	FB	1	D1ES	P67B-000GJ	1
6	FLANGE WN ASTM A105 CLASS 300 ASME B16.5 RF S-XXS	3/4"	F	1	D1ES	P61B-001E1	1
7	FLANGE WN, ASTM A105 CLASS 600 ASME B16.5 RF SCH160	2"	F	781	D1ES	P61B-003T7	1
8	FLANGE WN ASTM A105 CLASS 300 ASME B16.5 RF SCH160	2"	F	1	D1ES	P61B-002R8	2
9	FLANGE WN ASTM A105 CLASS 300 ASME B16.5 RF S-XS	6"	F	1	D1ES	P61B-001FE	2
BOLTS							
10	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 80MM LENGTH	5/8"	B	1	D1ES	P80S-017UT	8
11	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 135MM BOLT LENGTH	5/8"	B	781	D1ES	P80S-017TH	8
12	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED 8UN STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 90MM LENGTH	5/8"	B	1	D1ES	P80S-017UV	16
13	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED 8UN STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 125MM LENGTH	3/4"	B	1	D1ES	P80S-017V2	12
GASKETS							
14	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 300 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	3/4"	G	1	D1ES	P73T-0028C	2
15	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 600 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	2"	G	781	D1ES	P73T-0029N	1
16	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 300 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	2"	G	1	D1ES	P73T-0028H	2
17	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 300 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	6"	G	1	D1ES	P73T-0028L	1
VALVES							
18	BALL VALVE LONG-PATTERN ASTM A105 CLASS 300 ISO 17292 FLANGE ASME B16.5 RF BALL TUNGSTEN CARBIDE OVERLAID SS316 SEAT TUNGSTEN CARBIDE OVERLAID SS316 TRIM SS316 FLOATING-TYPE SIDE-ENTRY WRENCH LEVER OPERATED FULL PORT FLUID-14 C.A.=6.0MM	3/4"	Q	24	D1ES	P84B-000RR	1
19	BALL VALVE LONG-PATTERN ASTM A216 GRADE WCB CLASS 300 API 6D FLANGE ASME B16.5 RF BALL TUNGSTEN CARBIDE OVERLAID SS316 SEAT TUNGSTEN CARBIDE OVERLAID SS316 TRIM SS316 TRUNNION-TYPE SIDE-ENTRY GEAR OPERATED REDUCED PORT FLUID-14 C.A.=6.0MM	6"	Q	1	D1ES	P84C-004W8	1
MISCELLANEOUS COMPONENTS							
20	INTEGRAL DBB VALVE	2"			D1ES	DBB-CS3-50M-SD	1
INSTRUMENTS							
21	PRESSURE DIFFERENTIAL GAUGE	2"				23PDG-0009	1
SUPPORTS							
	SPECIAL PIPE SUPPORT					SPS-B00-0007	1

TAB III.7 : Tableau de matérielle D1ES 4/4

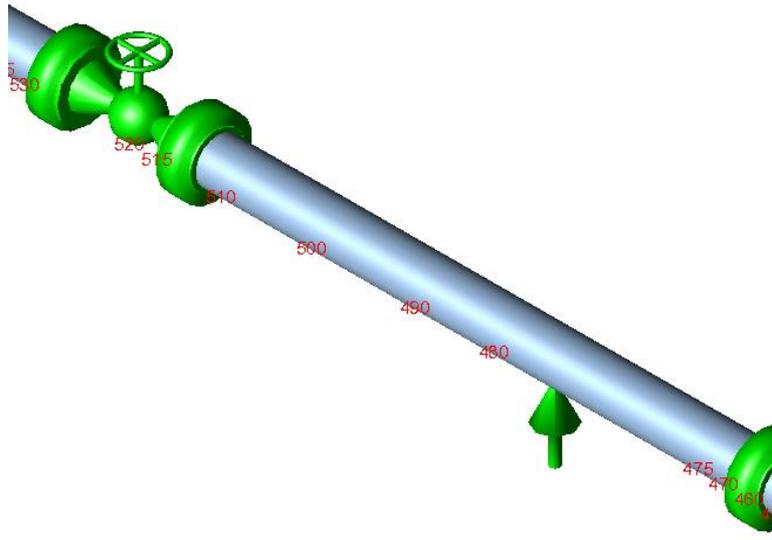


FIG III.21 : Modélisation 3D de partie D1ES 4/4

On passe à la partie D1FS 1/2 :

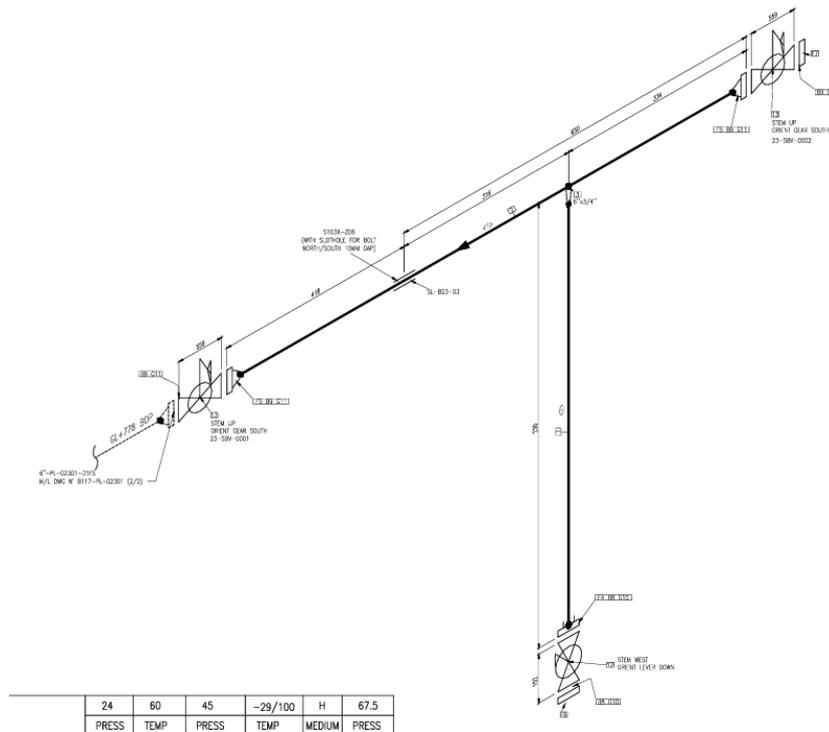


FIG III.22 : Plan isométrique de partie D1FS 1/2

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D

MATERIELS							
PT NO.	PART AND DESCRIPTION	SIZE (IN)	PART	QTY	MAT CLASS	SYMBOL	QTY
PIPE							
1	PIPE API5L PSL2 GRADE X60 SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M PE S-XXS	3/4"	P	1	D1FS	P01A-003Y6	0.1M
2	PIPE API5L PSL2 GRADE X60 SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M BE W.T 9.53MM	6"	P	1	D1FS		0.9M
FITTINGS							
3	OUTLET ASTM A694 GRADE F60 CLASS 9000 MSS SP-97 SW	6"X3/4"	L	1	D1FS	P31B-00TLF	1
FLANGES							
4	FLANGE SW, ASTM A694 GRADE F60 CLASS 300 ASME B16.5 RF S-XXS	3/4"	F	1	D1FS	P61B-005XF	1
5	FLANGE WN, ASTM A694 GRADE F60 CLASS 300 ASME B16.5 RF W.T 9.53	6"	F	1	D1FS	PFL-3F-150	2
6	BLIND FLANGE ASTM A694 GRADE F60 CLASS 300 ASME B16.5 RF	3/4"	FB	1	D1FS	P67B-001UH	1
7	BLIND FLANGE ASTM A694 GRADE F60 CLASS 300 ASME B16.5 RF	6"	FB	1	D1FS	PFB-3F-150	1
BOLTS							
8	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 80 MM BOLT LENGTH	5/8"	B	1	D1FS	P80S-017UT	8
9	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 125 MM BOLT LENGTH	3/4"	B	1	D1FS	P80S-017V2	48
GASKETS							
10	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 300 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	3/4"	G	1	D1FS	P73T-0028C	2
11	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 300 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	6"	G	1	D1FS	P73T-0028L	4
VALVES							
12	BALL VALVE ASTM A105 CLASS 300 ISO 17292 FLANGE ASME B16.5 RF BALL TUNGSTEN CARBIDE OVERLAID SS316 S TRIM SS316 FLOATING-TYPE SIDE-ENTRY WRENCH LEVER OPERATED FULL PORT FLUID-14 C.A.=6.0MM	3/4"	Q	24	D1FS	P84B-000SZ	1
MISCELLANEOUS COMPONENTS							
13	BALL VALVE, PIPELINE SUPPORTS U-BAND (TIGHT)	6"			D1FS	23-SBV-0001/0002 S103X-Z06	2

TAB III.8 : Tableau de matérielle D1FS 1/2

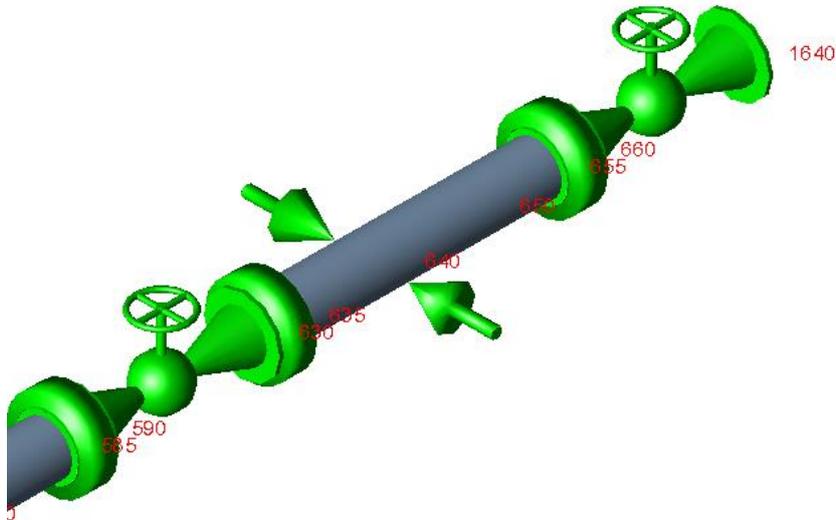


FIG III.23 : Modélisation 3d de partie D1FS 1/2

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D

MATERIELS							
PT NO.	PART AND DESCRIPTION	SIZE (IN)	PART	OPT	MAT CLASS	SYMBOL	QTE
PIPE							
1	PIPE API5L PSL2 GRADE X60 SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M PE S-XXS	1"	P	1	D1FS	P01A-003Y7	0.1M
2	PIPE API5L PSL2 GRADE X60 SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M BE W.T 9.53MM	6"	P	1	D1FS		3.7M
FITTINGS							
3	45 DEGREE ELBOW ASTM A694 GRADE F60 SEAMLESS ASME B16.9 BW LONG RADIUS W.T 9.53	6"	4L	1	D1FS	P4L-3F-150	2
4	OUTLET ASTM A694 GRADE F60 CLASS 9000 MSS SP-97 SW	6"X1"	L	1	D1FS	P31B-00TLH	1
5	OUTLET ASTM A694 GRADE F60 MSS SP-97 BW W.T 12.7 MM X SCH 160	6"X2"	L	1	D1FS	P31B-00THC	1
FLANGES							
6	FLANGE SW, ASTM A694 GRADE F60 CLASS 300 ASME B16.5 RF S-XXS	1"	F	1	D1FS	P61B-005XG	1
7	FLANGE WN, ASTM A694 GRADE F60 CLASS 600 ASME B16.5 RF SCH 160	2"	F	781	D1FS	P61B-007NH	1
8	FLANGE WN, ASTM A694 GRADE F60 CLASS 300 ASME B16.5 RF SCH 160	2"	F	1	D1FS	P61B-005XL	2
9	FLANGE WN, ASTM A694 GRADE F60 CLASS 300 ASME B16.5 RF W.T 9.53	6"	F	1	D1FS	PFL-3F-150	2
BOLTS							
10	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 110 MM BOLT LENGTH	5/8"	B	1	D1FS	P80S-017UT	4
11	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 145 MM BOLT LENGTH	5/8"	B	781	D1FS	P80S-017TC	8
12	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 90 MM BOLT LENGTH	5/8"	B	1	D1FS	P80S-017UV	16
13	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 125 MM BOLT LENGTH	3/4"	B	1	D1FS	P80S-017V2	12
GASKETS							
14	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 300 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	1"	G	1	D1FS	P73T-0028D	1
15	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 600 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	2"	G	781	D1FS	P73T-0029N	1
16	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 300 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	2"	G	1	D1FS	P73T-0028H	2
17	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 300 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	6"	G	1	D1FS	P73T-0028L	1
MISCELLANEOUS COMPONENTS							
18	BARRED TEE	6"X6"			D1FS	23-SBT-0001	1
19	MONOFLANGE DBB VALVE	1"X1/2"			D1FS	MDB-CS3-25-SD	1
20	INTEGRAL DBB VALVE	2"			D1FS	DBB-CS3-50M-SD	1
21	PIG DETECTION	2"			D1FS	23-XS-0008	1
INSTRUMENTS							
22	PRESSURE DIFFERENTIAL GAUGE	1/2"				01-PDG-0001	1
23	PRESSURE DIFFERENTIAL GAUGE	2"				23-PDG-0009	1
SUPPORTS							
	SPECIAL PIPE SUPPORT					SPS-B00-0008	1
	SPECIAL PIPE SUPPORT					SPS-B00-0007	1

TAB III.9 : Tableau de matériels D1FS 2/2

On passe à la modélisation avec un changement de matériaux :

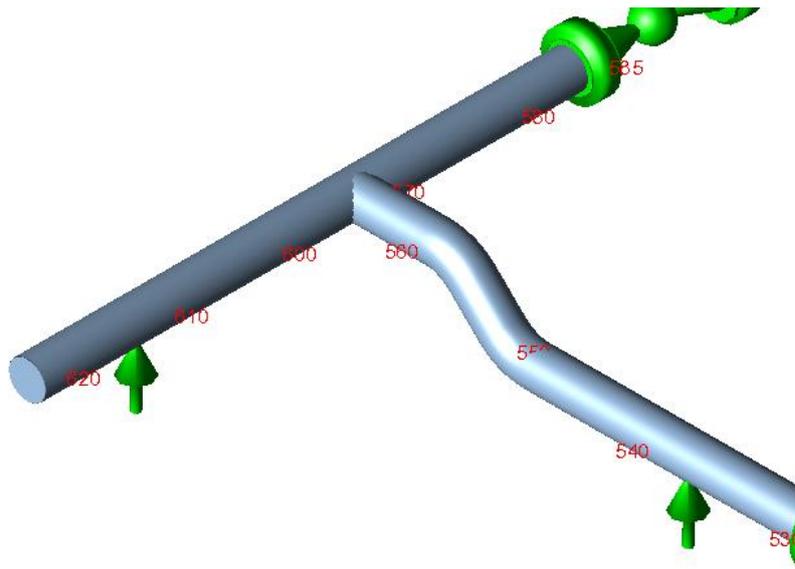


FIG III.25 : Modélisation 3D de partie D1FS 2/2

Après on passe à la prochaine partie de deux plans symétrique diamètre 4 inch D1E :

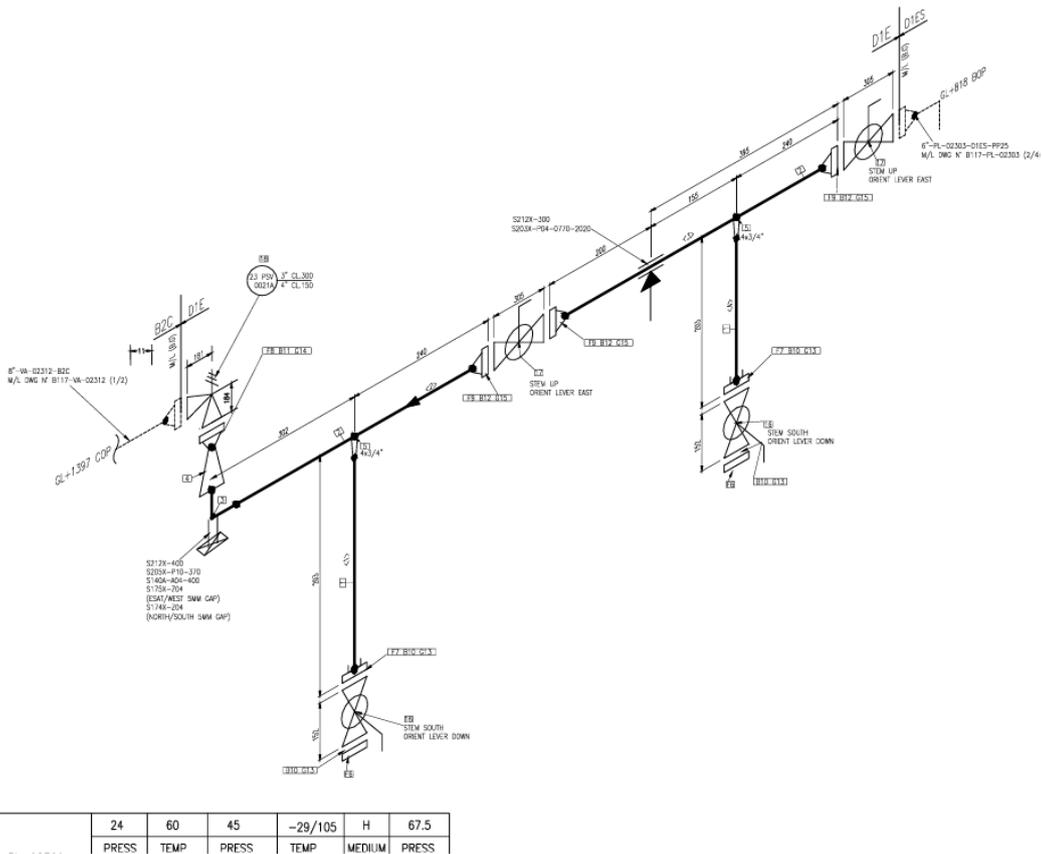


FIG III.26 : Plan isométrique de partie D1E

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D

MATERIELS							
PT NO.	PART AND DESCRIPTION	SIZE (IN)	PART	OPT	MAT CLASS	SYMBOL	QTE
PIPE							
1	PIPE ASTM A106 GRADE B SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M PE S-XXS	3/4"	P	1	D1E	P01A-0014D	0.2M
2	PIPE ASTM A106 GRADE B SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M PE SCH 120	4"	P	1	D1E	P01A-001TM	0.8M
FITTINGS							
3	90 DEGREE ELBOW ASTM A234 GRADE WPB SEAMLESS ASME B16.9 BW LONG RADIUS SCH 120	4"	9L	1	D1E	P02A-000U5	1
4	CONCENTRIC REDUCER ASTM A234 GRADE WPB SEAMLESS ASME B16.9 BW SCH 120 X SCH 160	4"X3"	RC	1	D1E	P27A-002NM	1
5	OUTLET ASTM A105 CLASS 9000 MSS SP-97 SW	4"X3/4"	L	1	D1E	P31B-00ES2	2
FLANGES							
6	BLIND FLANGE ASTM A105 CLASS 300 ASME B16.5 RF	3/4"	FB	1	D1E	P67B-000GJ	2
7	FLANGE SW ASTM A105 CLASS 300 ASME B16.5 RF S-XXS	3/4"	F	1	D1E	P61B-001E1	2
8	FLANGE WN ASTM A105 CLASS 300 ASME B16.5 RF SCH 160	3"	F	1	D1E	P61B-003JL	1
9	FLANGE WN ASTM A105 CLASS 300 ASME B16.5 RF SCH 120	4"	F	1	D1E	P61B-003MU	3
BOLTS							
10	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS BOLT LENGTH 80MM	5/8"	B	1	D1E	P80S-017UT	16
11	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS BOLT LENGTH 130MM	3/4"	B	1	D1E	P80S-017UZ	8
12	BOLT AND NUT ASTM A193 GRADE B7 / A194 GRADE 2H ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS BOLT LENGTH 115MM	3/4"	B	1	D1E	P80S-017V0	24
GASKETS							
13	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 300 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	3/4"	G	1	D1E	P73T-0028C	4
14	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 300 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	3"	G	1	D1E	P73T-0028J	1
15	SPIRAL WOUND GASKET SS316 WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 300 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING GALVANIZED CS INNER-RING GALVANIZED CS	4"	G	1	D1E	P73T-0028K	3
VALVES							
16	BALL VALVE LONG-PATTERN ASTM A105 CLASS 300 ISO 17292 FLANGE ASME B16.5 RF BALL SS316 SEAT R-PTFE TRIM SS316 FLOATING-TYPE SIDE-ENTRY WRENCH LEVER OPERATED FULL PORT C.A.=6.0mm	3/4"	Q	24	D1E	P84B-000PM	2
17	BALL VALVE LONG-PATTERN ASTM A216 GRADE WCB CLASS 300 API 6D FLANGE ASME B16.5 RF BALL SS316 SEAT R-PTFE TRIM SS316 TRUNNION-TYPE SIDE-ENTRY WRENCH LEVER OPERATED FULL PORT C.A.=6.0MM	4"	Q	24	D1E	P84C-003ZG	2
MISCELLANEOUS COMPONENTS							
18	PRESSURE RELIEF VALVE	3"X4"			D1E	23 PSV-0021A	1
SUPPORTS							
	BOX FOUNDATION					S212X-400	1
	DRUM SUPPORT					S205X-P10-0370	1
	SLIDE STOOL					S140A-A04-0400	1
	HOLD DOWN GUIDE FOR STOOL					S174X-Z04	1
	STOPPER FOR STOOL					S175X-Z04	1
	STANCHION					S203X-P04-0770-2020	1
	BOX FOUNDATION					S212X-300	1

TAB III.10 : Tableau de matériels D1E

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D

PT NO.	PART AND DESCRIPTION	SIZE (IN)	PART	QPT	MAT CLASS	SYMBOL	QTE
MATERIELS							
PIPE							
1	PIPE ASTM A333 GRADE 6 SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M PE SCH 160	3/4"	P	851	B2C	P01A-0016P	0.1M
2	PIPE ASTM A333 GRADE 6 SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M BE S-STD	4"	P	1	B2C	P01A-000YT	0.2M
3	PIPE ASTM A333 GRADE 6 SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M BE S-STD	8"	P	1	B2C	P01A-000Z8	0.9M
FITTINGS							
4	90 DEGREE ELBOW ASTM A420 GRADE WPL6 SEAMLESS ASME B16.9 BW LONG RADIUS S-STD	8"	9L	1	B2C	P02A-000EF	1
5	ECCENTRIC REDUCER ASTM A420 GRADE WPL6 SEAMLESS ASME B16.9 BW S-STD X S-STD	8"X4"	RE	1	B2C	P28A-001B9	1
6	OUTLET ASTM A350 GRADE LF2 CLASS 1 CLASS 6000 MSS+ SP-97 SW	8"X3/4"	L	1	B2C	P31B-00F01	1
FLANGES							
7	BLIND FLANGE ASTM A350 GRADE LF2 CLASS 1 CLASS 150 ASME B16.5 RF	3/4"	FB	1	B2C	P67B-000K3	1
8	FLANGE SW ASTM A350 GRADE LF2 CLASS 1 CLASS 150 ASME B16.5 RF S-XS	3/4"	F	851	B2C	P61B-0064L	1
9	FLANGE WN ASTM A350 GRADE LF2 CLASS 1 CLASS 150 ASME B16.5 RF S-STD	4"	F	1	B2C	P61B-001VW	3
10	FLANGE WN ASTM A350 GRADE LF2 CLASS 1 CLASS 150 ASME B16.5 RF S-STD	8"	F	1	B2C	P61B-001MX	1
BOLTS							
11	BOLT AND NUT ASTM A320 GRADE L7 / A194 GRADE 7 ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS BOLT LENGTH 65MM BOLT LENGTH	1/2"	B	1	B2C	P80S-01THH	8
12	BOLT AND NUT ASTM A320 GRADE L7 / A194 GRADE 7 ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 180 MM BOLT LENGTH	5/8"	B	1	B2C	P80S-01TJ7	8
13	BOLT AND NUT ASTM A320 GRADE L7 / A194 GRADE 7 ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS BOLT LENGTH 95MM BOLT LENGTH	5/8"	B	1	B2C	P80S-01TKA	8
14	BOLT AND NUT ASTM A320 GRADE L7 / A194 GRADE 7 ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS BOLT LENGTH 110MM BOLT LENGTH	3/4"	B	1	B2C	P80S-01T2P	16
GASKETS							
15	SPIRAL WOUND GASKET SS316L WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 150 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING SS316L INNER-RING SS316L	3/4"	G	1	B2C	P73T-0027E	2
16	SPIRAL WOUND GASKET SS316L WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 150 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING SS316L INNER-RING SS316L	4"	G	1	B2C	P73T-0027U	3
17	SPIRAL WOUND GASKET SS316L WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 150 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING SS316L INNER-RING SS316L	8"	G	1	B2C	P73T-0027W	2
VALVES							
18	BALL VALVE LONG-PATTERN ASTM A350 GRADE LF2 CLASS 1 CLASS 150 ISO 17292 FLANGE ASME B16.5 RF BALL SS316 SEAT R-PTFE TRIM SS316 FLOATING-TYPE SIDE-ENTRY WRENCH LEVER OPERATED FULL PORT	3/4"	Q	24	B2C	P84B-000NT	1
19	BALL VALVE LONG-PATTERN ASTM A352 GRADE LCC CLASS 150 API 6D FLANGE ASME B16.5 RF BALL SS316 SEAT R-PTFE TRIM SS316 TRUNNION-TYPE SIDE-ENTRY GEAR OPERATED FULL PORT	8"	Q	24	B2C	P84C-004TK	1
MISCELLANEOUS COMPONENTS							
20	RUPTURE DISC	4"			B2C	23-PSE-0021A	1
SUPPORTS							
	STANCHION					S203X-P08-1185-3535	1
	BOX FOUNDATION					S212X-400	1

TAB III.11 : Tableau de matériels B2C 1/1

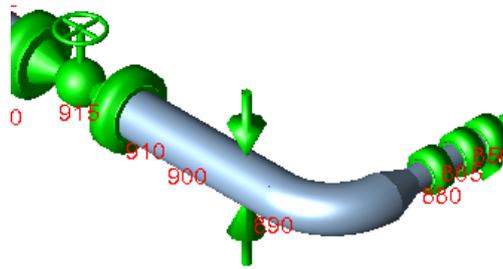


FIG III.29 : Modélisation 3D de partie B2C 1/1

B2C SHT 2/2 :

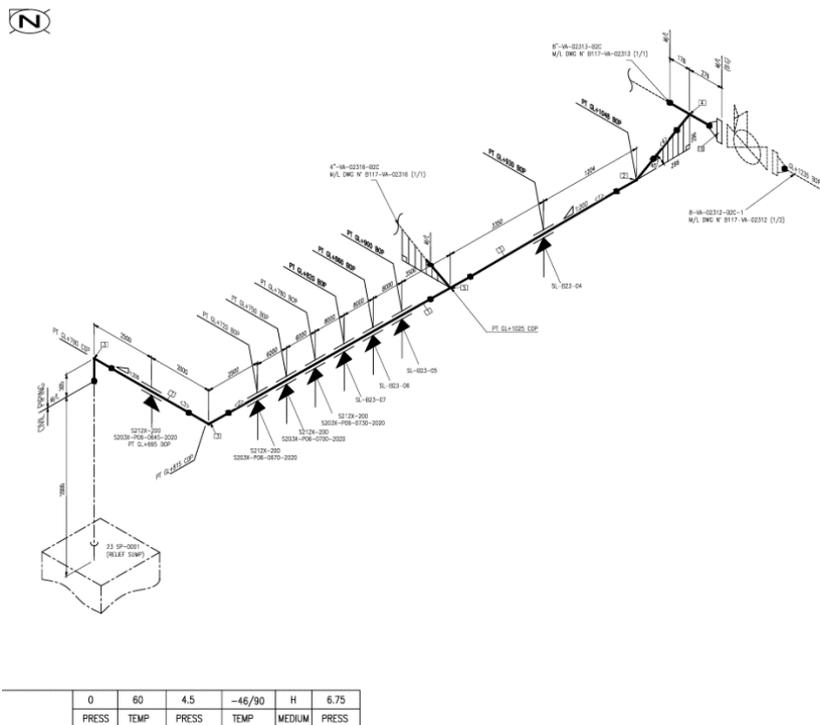


FIG III.30 : Plan isométrique de partie B2C 2/2

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D

MATERIELS							
PT NO.	PART AND DESCRIPTION	SIZE (IN)	PART	OPT	MAT CLASS	SYMBOL	QTE
PIPE							
1	PIPE ASTM A333 GRADE 6 SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M BE S-STD	8"	P	1	B2C	P01A-000Z8	50 M
FITTINGS							
2	45 DEGREE ELBOW ASTM A420 GRADE WPL6 SEAMLESS ASME B16.9 BW LONG RADIUS S-STD	8"	4L	1	B2C	P03A-000CB	1
3	90 DEGREE ELBOW ASTM A420 GRADE WPL6 SEAMLESS ASME B16.9 BW LONG RADIUS S-STD	8"	9L	1	B2C	P02A-000EF	2
4	STRAIGHT TEE ASTM A420 GRADE WPL6 SEAMLESS ASME B16.9 BW S-STD	8"	TS	1	B2C	P21A-001FL	1
5	REDUCING TEE ASTM A420 GRADE WPL6 SEAMLESS ASME B16.9 BW S-STD X S-STD	8"X4"	TR	1	B2C	P24A-0028B	1
FLANGES							
6	FLANGE WN ASTM A350 GRADE LF2 CLASS 1 CLASS 150 ASME B16.5 RF S-STD	8"	F	1	B2C	P61B-001MX	1
SUPPORTS							
	STANCHION	6			S203X-P06-0730-2020		1
	STANCHION	6			S203X-P06-0700-2020		1
	STANCHION	6			S203X-P06-0670-2020		1
	STANCHION	6			S203X-P06-0645-2020		1
	BOX FOUNDATION				S212X-200		4

TAB III.12 : Tableau de matériels B2C 2/2

En passe à la modélisation 3D :

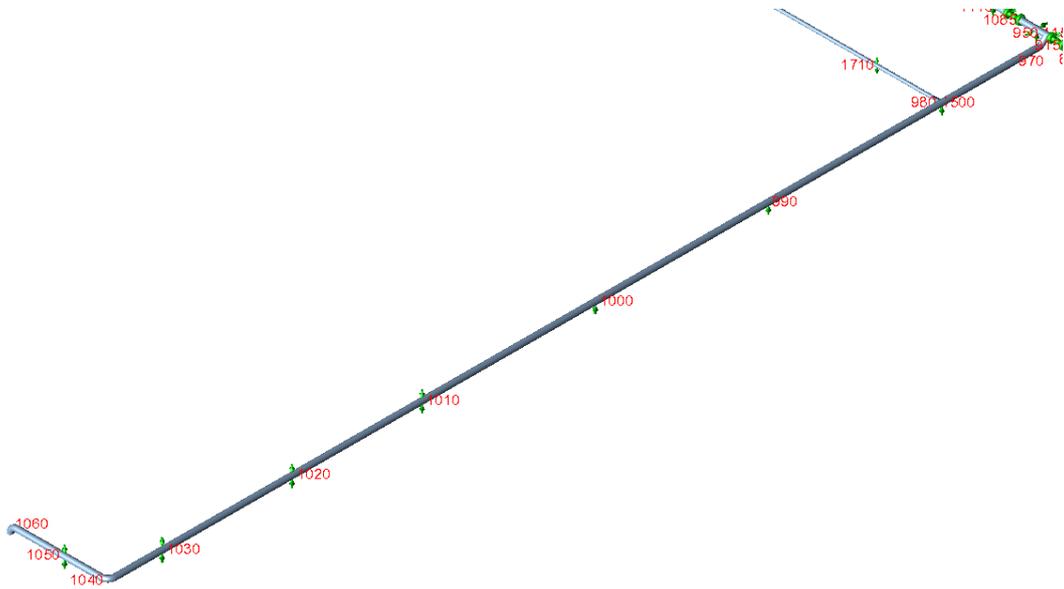


FIG III.31 : Modélisation 3D de partie B2C 2/2

En passe en partie B2C 1/1 :

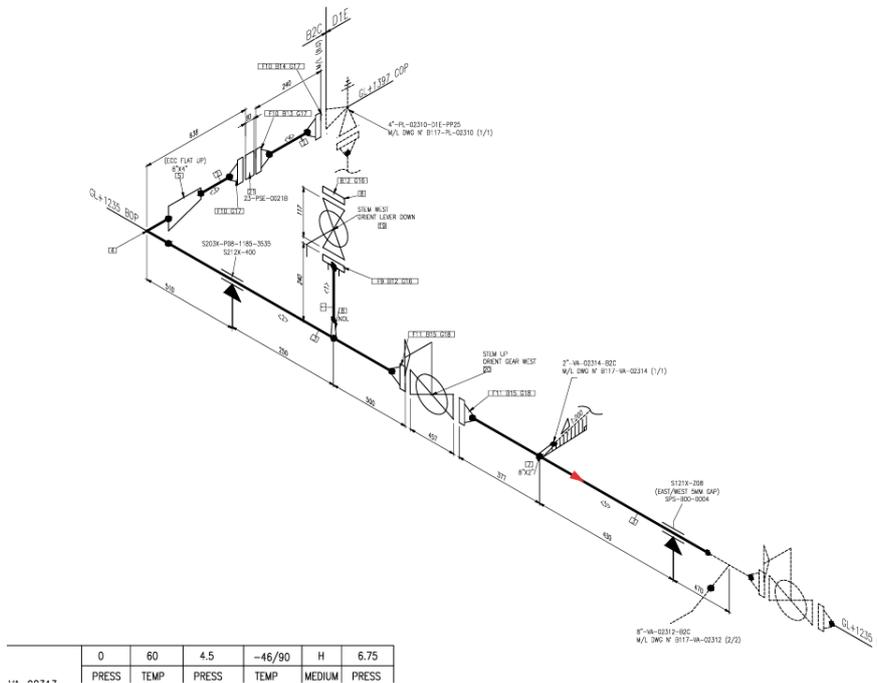


FIG III.32 : Plan isométrique de partie B2C 1/1

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D

PT NO.	PART AND DESCRIPTION	SIZE (IN)	PART	OPT	MAT CLASS	SYMBOL	QTE
MATERIELS							
PIPE							
1	PIPE ASTM A333 GRADE 6 SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M PE SCH 160	3/4"	P	851	B2C	P01A-0016P	0.1M
2	PIPE ASTM A333 GRADE 6 SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M BE S- STD	4"	P	1	B2C	P01A-000YT	0.2M
3	PIPE ASTM A333 GRADE 6 SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M BE S- STD	8"	P	1	B2C	P01A-000Z8	1.9M
FITTINGS							
4	90 DEGREE ELBOW ASTM A420 GRADE WPL6 SEAMLESS ASME B16.9 BW LONG RADIUS S-STD	8"	9L	1	B2C	P02A-000EF	1
5	ECCENTRIC REDUCER ASTM A420 GRADE WPL6 SEAMLESS ASME B16.9 BW S-STD X S-STD	8"X4"	RE	1	B2C	P28A-001B9	1
6	OUTLET ASTM A350 GRADE LF2 CLASS 1 CLASS 6000 MSS+ SP-97 SW	8"X3/4"	FB	1	B2C	P31B-00F01	1
7	OUTLET ASTM A350 GRADE LF2 CLASS 1 MSS SP-97 BW S-STD X S-XS	8"X2"	FB	1	B2C	P31B-00PAW	1
FLANGES							
8	BLIND FLANGE ASTM A350 GRADE LF2 CLASS 1 CLASS 150 ASME B16.5 RF	3/4"	FB	1	B2C	P67B-000K3	1
9	FLANGE SW ASTM A350 GRADE LF2 CLASS 1 CLASS 150 ASME B16.5 RF S-XS	3/4"	F	851	B2C	P61B-0064L	1
10	FLANGE WN ASTM A350 GRADE LF2 CLASS 1 CLASS 150 ASME B16.5 RF S-STD	4"	F	1	B2C	P61B-001VW	3
11	FLANGE WN ASTM A350 GRADE LF2 CLASS 1 CLASS 150 ASME B16.5 RF S-STD	8"	F	1	B2C	P61B-001MX	2
BOLTS							
12	BOLT AND NUT ASTM A320 GRADE L7 / A194 GRADE 7 ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS BOLT LENGTH 65MM BOLT LENGTH	1/2"	B	1	B2C	P80S-01THH	8
13	BOLT AND NUT ASTM A320 GRADE L7 / A194 GRADE 7 ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS 180 MM BOLT LENGTH	5/8"	B	1	B2C	P80S-01TJ7	8
14	BOLT AND NUT ASTM A320 GRADE L7 / A194 GRADE 7 ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS BOLT LENGTH 95MM BOLT LENGTH	5/8"	B	1	B2C	P80S-01TKA	8
15	BOLT AND NUT ASTM A320 GRADE L7 / A194 GRADE 7 ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS BOLT LENGTH 110MM BOLT LENGTH	3/4"	B	1	B2C	P80S-01T2P	16
GASKETS							
16	SPIRAL WOUND GASKET SS316L WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 150 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING SS316L INNER-RING SS316L	3/4"	G	1	B2C	P73T-0027E	2
17	SPIRAL WOUND GASKET SS316L WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 150 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING SS316L INNER-RING SS316L	4"	G	1	B2C	P73T-0027U	3
18	SPIRAL WOUND GASKET SS316L WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 150 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING SS316L INNER-RING SS316L	8"	G	1	B2C	P73T-0027W	2
VALVES							
19	BALL VALVE LONG-PATTERN ASTM A350 GRADE LF2 CLASS 1 CLASS 150 ISO 17292 FLANGE ASME B16.5 RF BALL SS316 SEAT R-PTFE TRIM SS316 FLOATING-TYPE SIDE-ENTRY WRENCH LEVER OPERATED FULL PORT	3/4"	Q	24	B2C	P84B-000NT	1
20	BALL VALVE LONG-PATTERN ASTM A352 GRADE LCC CLASS 150 API 6D FLANGE ASME B16.5 RF BALL SS316 SEAT R-PTFE TRIM SS316 TRUNNION-TYPE SIDE-ENTRY GEAR OPERATED FULL PORT	8"	Q	24	B2C	P84C-004TK	1
MISCELLANEOUS COMPONENTS							
21	RUPTURE DISC	4"			B2C	23-PSE-0021B	1
SUPPORTS							
	SPECIAL PIPE SUPPORT					SPS-B00-0004	1
	GUIDE FOR HORIZONTAL BARE PIPE					S121X-Z08	1
	STANCHION					S203X-P08-1185-3535	1
	BOX FOUNDATION					S212X-400	1

TAB III.13 : Tableau de Matérielle B2C 1/1

Chapitre III : CAESAR II 2019, modélisation 3D

MATERIELS							
PT NO.	PART AND DESCRIPTION	SIZE (IN)	PART	OPT	MAT CLASS	SYMBOL	QTE
PIPE							
1	PIPE ASTM A333 GRADE 6 SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M BE S-STD	4"	P	1	B2C	P01A-000YT	38.2M
FITTINGS							
2	90 DEGREE ELBOW ASTM A420 GRADE WPL6 SEAMLESS ASME B16.9 BW LONG RADIUS S-STD	4"	9L	1	B2C	P02A-000E9	1
3	ECCENTRIC REDUCER ASTM A420 GRADE WPL6 SEAMLESS ASME B16.9 BW S-STD X S-XS	4"X2"	RE	1	B2C	P28A-003PM	1
FLANGES							
4	BLIND FLANGE ASTM A350 GRADE LF2 CLASS 1 CLASS 150 ASME B16.5 RF	2"	FB	1	B2C	P67B-000KB	1
5	FLANGE WN ASTM A350 GRADE LF2 CLASS 1 CLASS 150 ASME B16.5 RF S-XS	2"	F	1	B2C	P61B-003R0	1
BOLTS							
6	BOLT AND NUT ASTM A320 GRADE L7 / A194 GRADE 7 ASME B1.1 GALVANIZED UNC STUD-BOLT WITH TWO HEAVY HEX NUTS BOLT LENGTH 85MM	5/8"	B	1	B2C	P80S-01TK8	8
GASKETS							
7	SPIRAL WOUND GASKET SS316L WINDING / GRAPHITE FILLER CLASS 150 ASME B16.20 FLANGE ASME B16.5 RF 4.5MM-T OUTER-RING SS316L INNER-RING SS316L	2"	G	1	B2C	P73T-0027H	2
VALVES							
8	BALL VALVE LONG-PATTERN ASTM A352 GRADE LCC CLASS 150 API 6D FLANGE ASME B16.5 RF BALL SS316 SEAT R-PTFE TRIM SS316 TRUNNION-TYPE SIDE-ENTRY WRENCH LEVER OPERATED REDUCED PORT	2"	Q	1	B2C	P84C-003VX	1
SUPPORTS							
	STANCHION				S203X-P03-0970-2020		1
	STANCHION				S203X-P03-1070-2020		1
	STANCHION				S203X-P03-1170-2020		1
	STANCHION				S203X-P03-1270-2020		1
	STANCHION				S203X-P03-1370-2020		1
	STANCHION				S203X-P03-1400-2020		1
	STANCHION				S203X-P03-1420-2020		1
	BOX FOUNDATION				S212X-200		7
	GUISE FOR HORIZONTAL BARE PIPE				S121X-Z04		1

TAB III.14 : Tableau de matériels B2C 4inch

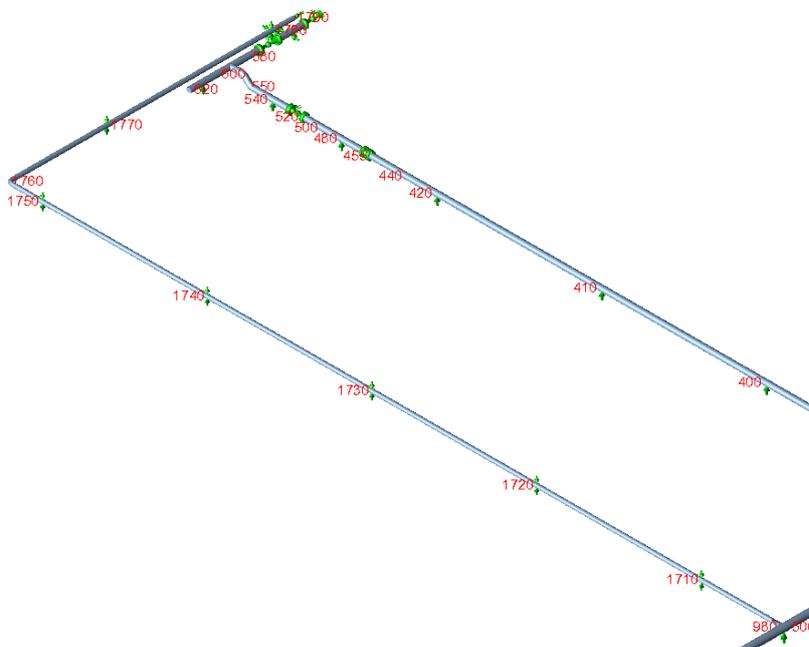
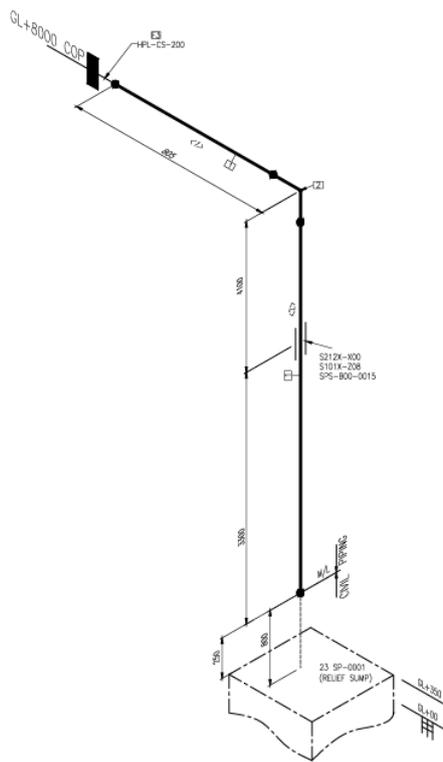


FIG III.35 : Modélisation 3D de B2C 4inch

Finalement on va modéliser la dernière partie de notre plan :



0	60	ATM	-46/90	V	---
PRESS	TEMP	PRESS	TEMP	MEDIUM	PRESS

FIG III.36 : Plan isométrique de plan B2C 1/1

MATERIELS							
PT NO.	PART AND DESCRIPTION	SIZE (IN)	PART	OPT	MAT CLASS	SYMBOL	QTE
PIPE							
1	PIPE ASTM A333 GRADE 6 SEAMLESS ASME B36.10M/B36.19M BE S-STD	8"	P	1	B2C	P01A-000Z8	7.6M
FITTINGS							
2	90 DEGREE ELBOW ASTM A420 GRADE WPL6 SEAMLESS ASME B16.9 BW LONG RADIUS S-STD	8"	9L	1	B2C	P02A-000EF	1
MISCELLANEOUS COMPONENTS							
3	HINGE PLATE					HPL-CS-200	1
SUPPORTS							
	SPECIAL PIPE SUPPORT					SPS-B00-0015	1
	U BOLT					S101X-Z08	1
	BOX FOUNDATION					S212X-X00	1

TAB III.15 : Tableau de matériels B2C 1/1

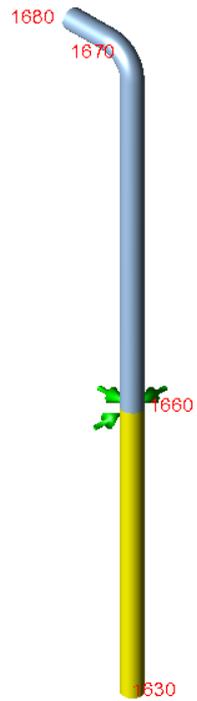


FIG III.37 : Modélisation 3D de B2C 1/1

Conclusion

Le Chapitre III a exploré en détail le logiciel CAESAR II 2019 et son application à la modélisation 3D du puits BRS-31. Ce chapitre a mis en lumière les capacités avancées du logiciel, ses fonctionnalités principales, et les améliorations apportées dans sa version 2019. CAESAR II 2019 s'avère être un outil essentiel pour les ingénieurs dans l'analyse et la conception des systèmes de tuyauterie, offrant une interface utilisateur intuitive, des outils de modélisation 3D avancés, et des capacités d'analyse de contraintes et de tensions de pointe.

L'historique et l'évolution de CAESAR II ont été discutés, montrant comment le logiciel a évolué pour répondre aux besoins croissants de l'industrie en matière de précision et d'efficacité. Les fonctionnalités principales du logiciel, telles que l'interface utilisateur améliorée, les outils de modélisation 3D avancés, et l'intégration de technologies de pointe, ont été présentées en détail. Les nouveautés de CAESAR II 2019, incluant des améliorations de l'interface et des outils de modélisation, ont été soulignées pour démontrer les avantages supplémentaires offerts par cette version.

Le chapitre a également abordé les avantages de l'utilisation de CAESAR II 2019, tels que les gains de productivité, la conception de systèmes plus fiables et optimisés, la réduction des coûts et des délais de développement, et l'amélioration de la qualité et de la sécurité des installations. Des études de cas concrètes ont illustré comment le logiciel peut être utilisé efficacement dans des projets réels, soulignant ses bénéfices tangibles pour les ingénieurs et les entreprises.

En ce qui concerne la mise en œuvre de CAESAR II 2019, les prérequis techniques, le processus d'installation et de configuration, ainsi que la formation et le support utilisateur ont été abordés. Des exemples de projets réussis ont montré comment le logiciel peut être intégré dans divers contextes industriels, offrant des perspectives d'avenir prometteuses.

Enfin, le chapitre a conclu avec la modélisation 3D du puits BRS-31, décrivant les étapes de configuration du logiciel, les outils importants de modélisation, et les différentes étapes de la modélisation. Cette section a démontré de manière pratique comment CAESAR II 2019 peut être utilisé pour créer des modèles précis et détaillés de systèmes de tuyauterie complexes, facilitant ainsi l'analyse et l'optimisation de ces systèmes.

En conclusion, le Chapitre III a mis en évidence l'importance et l'utilité de CAESAR II 2019 dans la modélisation et l'analyse des systèmes de tuyauterie. Grâce à ses fonctionnalités avancées et à ses outils de modélisation, ce logiciel est un atout précieux pour les ingénieurs cherchant à améliorer la performance, la sécurité et l'efficacité des installations pétrolières, comme le puits BRS-31.

CHAPITRE IV :
Analyse et simulation

1. Vérification d'erreurs :

Tout d'abord on va vérifier qu'on n'a pas des erreurs dans notre modélisation :

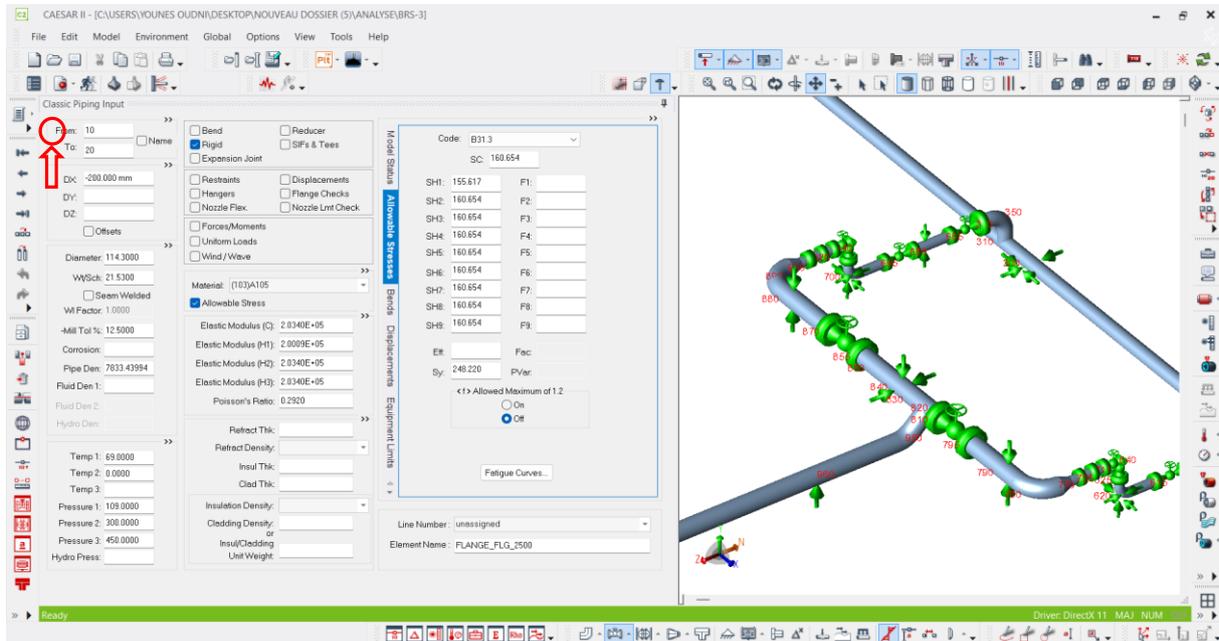


FIG IV.1 : Vérification d'erreurs

Et voilà on n'a aucune erreur dans le tableau :

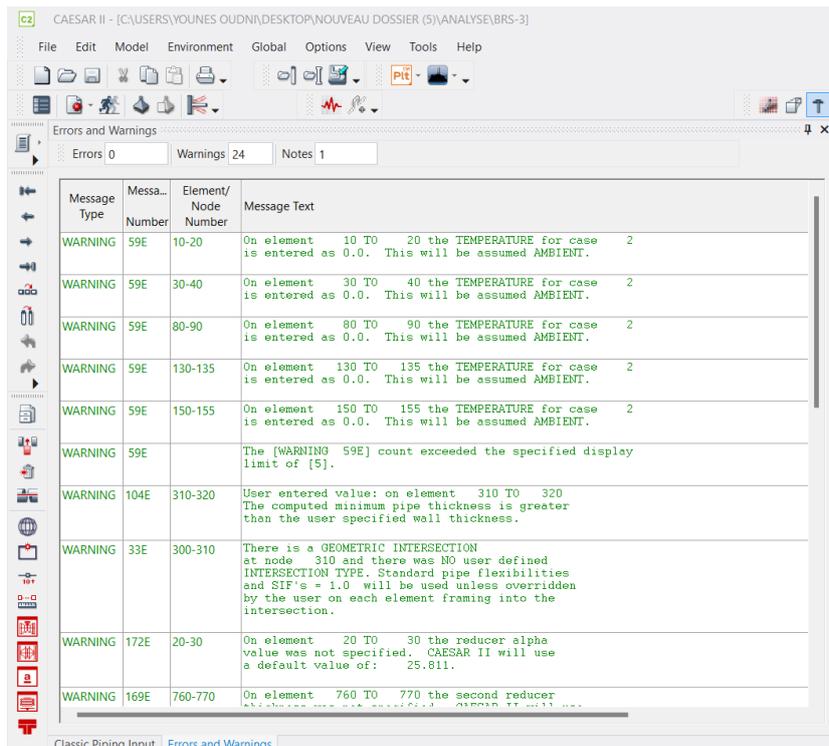


FIG IV.2 : Tableau des erreurs et remarque

2. Analyse de stress :

Pour passer à l'analyse de stress on va suivre l'étape Suivante :

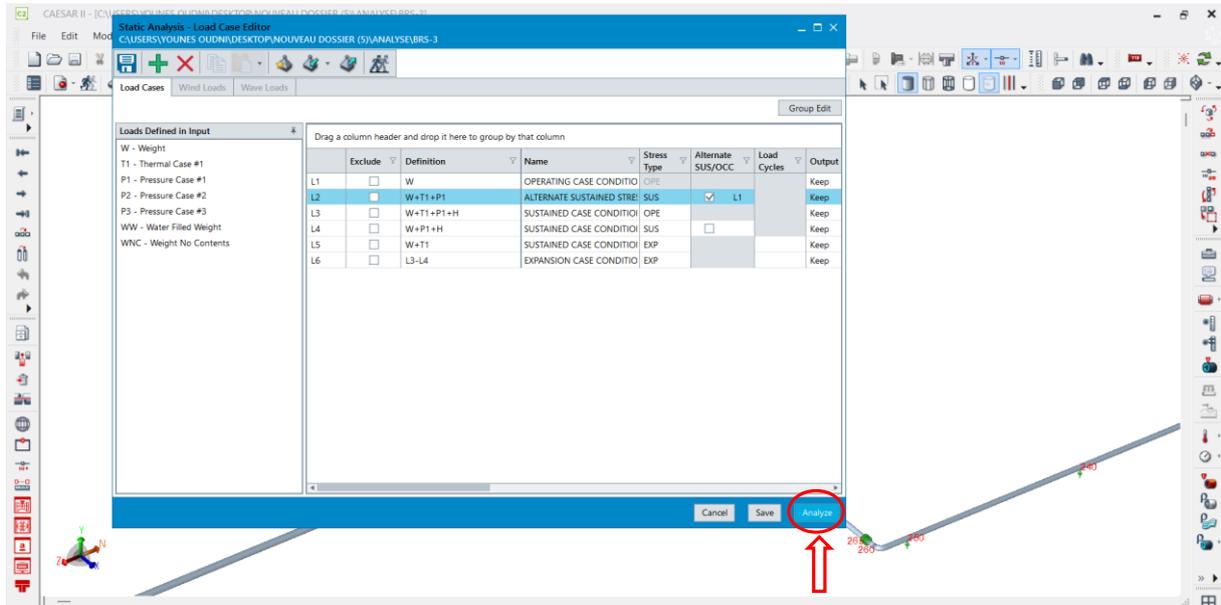


FIG IV.3 : l'étape de l'analyse de stress

Logiciel calcule automatiquement les moments les contraintes et analyse le stress par rapport à les codes ASME B.31 comme dans ce cas on travaille avec le code B.31.3

2.1. Rapports et simulation :

2.1.1 Rapport sur les restrictions :

Signale les réactions de force et de moment pour chaque retenue au niveau d'un nœud. Le logiciel génère un rapport distinct pour chaque cas de charge sélectionné.

RESTRAINTS REPORT: Loads On Restraints
CASE 1 (OPE) W+T1+P1

NODE	FX lb.	FY lb.	FZ lb.	MX ft.lb.	MY ft.lb.	MZ ft.lb.	
10	986	-336	1730	-1524.8	-1969.5	-982.8	Rigid
40	0	0	0	0.0	0.0	0.0	Rigid
40	139	0	0	0.0	0.0	0.0	Rigid
130	0	0	-1490	0.0	0.0	0.0	Rigid
190	162	-540	-115	-56.8	-225.0	1746.8	Rigid
240	-1287	-358	-125	273.6	-2273.7	2476.4	Rigid

2.1.2 Rapport étendu sur les restrictions :

Rapporte les forces et les moments sur chaque contrainte du modèle, y compris les forces et les moments qui en résultent. Le logiciel génère un rapport distinct pour chaque cas de charge sélectionné.

C

RESTRAINTS EXTENDED REPORT: Loads On Restraints
CASE 3 (OPE) W+D1+I1+E1+H

Node	FX lb.	FY lb.	FZ lb.	Resultant Force lb.	MX ft.lb.	MY ft.lb.	MZ ft.lb.	Resultant Moment ft.lb.	Restraint Type/Tag
5	136	-206	-235	342	-2755.3	-1539.8	1519.8	3503.2	TYPE=Displ. Reaction;
28	0	-2202	0	2202	0.0	0.0	0.0	0.0	TYPE=Prog Design VSH;
33	0	-948	0	948	0.0	0.0	0.0	0.0	TYPE=Rigid +Y;
40	0	-721	0	721	0.0	0.0	0.0	0.0	TYPE=Rigid Y;
40	0	0	0	0	0.0	1166.8	0.0	1166.8	TYPE=Flex RY;
40	-136	0	0	136	0.0	0.0	0.0	0.0	TYPE=Rigid X;
40	0	0	0	0	-2473.2	0.0	0.0	2473.2	TYPE=Flex RX;
40	0	0	235	235	0.0	0.0	0.0	0.0	TYPE=Flex Z;
40	0	0	0	0	0.0	0.0	1418.1	1418.1	TYPE=Rigid RZ;
140	0	-68	0	68	0.0	0.0	0.0	0.0	TYPE=Rigid +Y;
6000	-136	-721	235	770	-2473.2	1166.8	1418.1	3080.4	TYPE=Displ. Reaction;

2.1.3 Rapport sommaire sur les mesures de retenue :

Indique la somme des réactions de force et de moment pour tous les cas de charge sélectionnés et pour toutes les fixations au niveau d'un seul nœud.

RESTRAINT SUMMARY REPORT: Loads On Restraints
Various Load Cases

NODE	Load Case	FX lb.	FY lb.	FZ lb.	MX ft.lb.	MY ft.lb.	MZ ft.lb.
LOAD CASE DEFINITION KEY							
CASE 1 (OPE) W+T1+P1							
CASE 2 (SUS) W+P1							
CASE 3 (EXP) L3=L1-L2							
10	Rigid						
	1 (OPE)	986	-336	1730	-1524.8	-1969.5	-982.8
	2 (SUS)	-1	-148	-36	-268.7	22.0	-101.4
	3 (EXP)	987	-188	1765	-1256.1	-1991.5	-881.4
	MAX	987/L3	-336/L1	1765/L3	-1524.8/L1	-1991.5/L3	-982.8/L1

2.1.4 Rapport détaillé du résumé des restrictions :

Fournit des données de force, de moment et de déplacement pour tous les cas de charge sélectionnés valides, regroupés dans un seul rapport.

RESTRAINT SUMMARY EXTENDED REPORT: Loads On Restraints
Various Load Cases

Node	Load Case	FX lb.	FY lb.	FZ lb.	MX ft.lb.	MY ft.lb.	MZ ft.lb.	DX in.	DY in.	DZ in.
LOAD CASE DEFINITION KEY										
CASE 3 (OPE) W+D1+T1+P1+H										
CASE 4 (SUS) W+P1+H										
CASE 5 (EXP) L5=L3-L4										
5		TYPE=Displ. Reaction:								
	3 (OPE)	136	-206	-235	-2755.3	-1539.8	1519.8	0.0000	0.0770	0.0460
	4 (SUS)	8	337	-3	15.3	30.3	1110.8	0.0000	0.0000	-0.0000
	5 (EXP)	129	-544	-232	-2770.6	-1570.1	408.9	0.0000	0.0770	0.0460
	MAX	136/L3	-544/L5	-235/L3	-2770.6/L5	-1570.1/L5	1519.8/L3	0.0000/L3	0.0770/L3	0.0460/L3
28		TYPE=Prog Design VSH:								
	3 (OPE)	0	-2202	0	0.0	0.0	0.0	-0.1148	0.7510	-0.0560
	4 (SUS)	0	-2540	0	0.0	0.0	0.0	-0.0455	0.0009	0.0021
	5 (EXP)	0	338	0	0.0	0.0	0.0	-0.0693	0.7501	-0.0581
	MAX		-2540/L4					-0.1148/L3	0.7510/L3	-0.0581/L5

2.1.5 Rapport Peq de bride :

Affiche les données de bride après avoir effectué une analyse d'évaluation de bride en ligne à l'aide de la méthode de pression équivalente de Kellogg (Peq).

Le rapport affiche les éléments d'entrée ainsi que les moments et contraintes calculés ou la pression équivalente pour chaque nœud pour lequel l'évaluation de la bride a été demandée. Il s'agit d'un rapport de type élémentaire, et des brides peuvent être définies à chaque extrémité de l'élément. Par conséquent, certaines lignes du rapport sans résultat correspondant sont vides.

FLANGE PEQ REPORT: Flange (Equiv Pressure Method)

CASE 3 (OPE) W+T1+P1+H

NODE	Axial Force lb.	Bending Moment ft.lb.	G/C in.	P Equivalent lb./sq.in.	Rating Temperature F	Allowable Pressure /Stress	Ratio %
1	4537	46247.2	15.75	98.51	70.00	913.75	10.78
5	3202	46247.2	15.75	97.94	70.00	913.75	10.72
90	0	3608.1	15.75	40.97	70.00	1800.00	2.28
95							
95							
100	1241	0.0	15.75	36.79	70.00	1800.00	2.04

2.1.6 Rapport sur la bride NC-3658.3 :

Affiche les données de bride après avoir effectué une analyse d'évaluation de bride.

Le rapport affiche les éléments d'entrée ainsi que les moments et contraintes calculés ou la pression équivalente pour chaque nœud pour lequel l'évaluation de la bride a été demandée. Il s'agit d'un rapport de type élémentaire, et des brides peuvent être définies à chaque extrémité de l'élément. Par conséquent, certaines lignes du rapport sans résultat correspondant sont vides.

```
FLANGE PEQ REPORT: Flange (Equiv Pressure Method)
CASE 3 (OPE) W+T1+P1+H
```

NODE	Axial Force lb.	Bending Moment ft.lb.	G/C in.	P Equivalent lb./sq.in.	Rating Temperature F	Allowable Pressure /Stress	Ratio %
1	4537	46247.2	15.75	98.51	70.00	913.75	10.78
5	3202	46247.2	15.75	97.94	70.00	913.75	10.72
90	0	3608.1	15.75	40.97	70.00	1800.00	2.28
95							
95							
100	1241	0.0	15.75	36.79	70.00	1800.00	2.04

2.1.7 Rapport sur les forces des éléments globaux :

Rapporte les forces et les moments, y compris les efforts de cisaillement, les moments de flexion et les moments de torsion, sur la tuyauterie pour chaque nœud du modèle. Le rapport affiche également les noms des éléments.

CHAPITRE IV : Analyse et simulation

GLOBAL ELEMENT FORCES REPORT: Forces on Elements
CASE 3 (OPE) W+T1+P1+H

Node	FX lb.	FY lb.	FZ lb.	MX ft.lb.	MY ft.lb.	MZ ft.lb.	
5	-0	3043	0	41947.2	0.0	-11902.7	
10	0	-2762	-0	-37710.8	-0.0	11902.7	
10	-0	2762	0	37710.8	0.0	-11902.7	
15	0	-1713	-0	-7094.9	-0.0	9239.2	Horiz 1
15	-0	1713	0	7094.9	0.0	-9239.2	
20	0	-884	-0	-7094.9	-0.0	-4710.7	Horiz 2
20	-0	2559	0	7094.9	0.0	4710.7	
22	0	-1573	-0	-7094.9	-0.0	-4710.7	Vert 1
22	-0	3348	0	7094.9	0.0	4710.7	
25	0	-1970	-0	-7094.9	-0.0	-7760.2	Vert 2

2.1.8 Rapport sur les forces des éléments locaux :

Rapporte les forces et les moments traduits dans le système de coordonnées local CAESAR II. Le rapport affiche également les noms des éléments.

LOCAL ELEMENT FORCES REPORT: Forces on Elements
CASE 3 (OPE) W+D1+T1+P1+H

Node	fx lb.	fy lb.	fz lb.	mx ft.lb.	my ft.lb.	mz ft.lb.
5	206	-136	-235	1539.8	2755.3	1519.8
10	-97	235	-136	-1539.8	-1792.2	2284.4
10	-378	-189	80	1414.2	1089.4	-2125.0
15	410	80	189	-1414.2	-2014.8	-1135.8
15	-410	-80	-189	1414.2	2014.8	1135.8
20	956	80	189	-1414.2	-1577.6	-1319.9
20	-956	-80	-189	1414.2	1577.6	1319.9
25	988	-189	80	-1414.2	1366.3	-1467.3
25	-965	235	-136	1539.8	-1508.8	1464.9
28	1465	136	235	-1539.8	693.3	-2757.6
28	737	-235	136	1539.8	2757.6	693.3
29	-587	235	394	-1647.9	-2646.5	432.1
29	587	-235	-394	1647.9	2646.5	-432.1
30	-136	235	651	-928.7	-2211.7	1304.3

2.1.9 Rapport étendu sur les contraintes (hérité) :

Rapporte les facteurs d'intensification des contraintes, les contraintes admissibles et les contraintes de code pour chaque nœud du modèle. Le rapport affiche les contraintes du code sous forme de pourcentage par rapport à la contrainte admissible sur chaque nœud. Les contraintes ne sont pas calculées aux nœuds sur les éléments rigides ou sur les éléments de construction en acier. Le rapport affiche également les contraintes mécaniques axiales, les contraintes de flexion, les contraintes de torsion, les contraintes circonférentielles et les noms des éléments. Le logiciel calcule les contraintes des composants à l'aide de principes d'ingénierie de base.

Pour le rapport Stresses Extended (Legacy), le logiciel calcule les contraintes des composants à l'aide de principes d'ingénierie de base. Pour vérifier les solutions selon les équations du code de tuyauterie, exécutez un rapport sur les composants de contrainte.

```
Highest Stresses: (lb./sq.in.)
Ratio (%):                0.0      @Node    80
OPE Stress:               483056.1  Allowable Stress:    0.0
Axial Stress:              3584.0   @Node    20
Bending Stress:           482153.9  @Node    80
Torsion Stress:           105933.9  @Node    70
Hoop Stress:               7266.7   @Node    20
Max Stress Intensity:     486287.0  @Node    80
```

10	3584.0	240.0	-3389.4	7266.7	9538.8	1.000	1.000	10367.1	0.0	0.0	B31.3
20	3584.0	11887.3	3389.4	7266.7	16891.2	1.000	1.000	17268.3	0.0	0.0	B31.3
20	3584.0	11887.3	-4693.9	7266.7	18096.7	1.000	1.000	18731.2	0.0	0.0	B31.3
30	3584.0	34778.5	4693.9	7266.7	39494.5	1.000	1.000	39607.3	0.0	0.0	B31.3
30	3584.0	29459.8	-9395.0	7266.7	38012.6	1.000	1.000	38526.0	0.0	0.0	B31.3
40	3584.0	64303.5	9395.0	7266.7	70439.9	1.000	1.000	70576.6	0.0	0.0	B31.3

2.1.10 Rapport de synthèse sur le stress :

Signale les contraintes les plus élevées et le nœud correspondant dans un format récapitulatif pour tous les cas de charge sélectionnés.

STRESS SUMMARY (LEGACY) REPORT: Highest Stresses Mini Statement
CASE 1 (OPE) W+T1+P1

LOAD CASE DEFINITION KEY

CASE 1 (OPE) W+T1+P1

Note: This report indicates generic stresses summary. Currently, CAESAR II does not have summary for code-defined stresses.

Piping Code: Multiple Codes

B31.3 = B31.3 -2016, Jan 31, 2017

B31.4 = B31.4 -2016, March 31, 2016

Legend: R - Restrained, U - Unrestrained, W - Inland Waterways

NO CODE STRESS CHECK PROCESSED: LOADCASE 1 (OPE) W+T1+P1

Highest Stresses: (lb./sq.in.) LOADCASE 1 (OPE) W+T1+P1

Ratio (%):	0.0	@Node	80	
OPE Stress:	483056.1	Allowable Stress:		0.0
Axial Stress:	3584.0	@Node	20	
Bending Stress:	482153.9	@Node	80	
Torsion Stress:	105933.9	@Node	70	
Hoop Stress:	7266.7	@Node	20	
Max Stress Intensity:	486287.0	@Node	80	

2.1.11 Rapport sur les contraintes :

Signale les contraintes à chaque nœud du modèle. Rapporte également les contraintes les plus élevées et les nœuds correspondants. Les contraintes ne sont pas calculées aux nœuds sur les éléments rigides ou sur les éléments de construction en acier. Le logiciel calcule les composants de contrainte selon le code de tuyauterie.

Piping Code (1 of 2): B31.3 -2016, Jan 31, 2017

The SLP column shows the longitudinal pressure stress.

NO Stresses Evaluation CHECK PROCESSED: LOADCASE 1 (OPE) W+T1+P1

Highest Stresses: (lb./sq.in.)

SLP	3584.0	@Node	10
F/A	1640.9	@Node	90
Bending	482153.9	@Node	80
Torsion	105933.9	@Node	70
SIF/Index In-Plane	5.0	@Node	398
SIF/Index Out-Plane	5.0	@Node	398
SIF/Index Torsion	1.0	@Node	10
SIF/Index Axial	1.0	@Node	10

10	3584.0	-0.0	240.0	-3389.4	1.000	1.000	1.000	1.000	10367.1
20	3584.0	-0.0	11887.3	3389.4	1.000	1.000	1.000	1.000	17268.3
20	3584.0	-0.0	11887.3	-4693.9	1.000	1.000	1.000	1.000	18731.2
30	3584.0	-0.0	34778.5	4693.9	1.000	1.000	1.000	1.000	39607.3
30	3584.0	-0.0	29459.8	-9395.0	1.000	1.000	1.000	1.000	38526.0
40	3584.0	-0.0	64303.5	9395.0	1.000	1.000	1.000	1.000	70576.6

2.1.12 Rapport de conformité au code :

Rapporte les contrôles de contrainte pour plusieurs cas de charge. Le rapport affiche le calcul des contraintes pour tous les cas de charge sélectionnés, élément par élément.

CODE COMPLIANCE REPORT: Code Stresses on Elements
Various Load Cases

Load Case	From Node	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %	To Node	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %	Piping Code
-----------	-----------	---------------------------	--------------------------------	------------	---------	---------------------------	--------------------------------	------------	-------------

LOAD CASE DEFINITION KEY

CASE 3 (OPE) W+D1+T1+P1+H
CASE 4 (SUS) W+P1+H
CASE 5 (EXP) L5=L3-L4

Note: This report indicates mechanical stresses. For component stresses per piping code see the Stress Components reports.
Piping Code: B31.3 = B31.3 -2016, Jan 31, 2017

*** CODE COMPLIANCE EVALUATION PASSED ***

Highest Stresses: (lb./sq.in.)

Ratio (%):	12.0	@Node	33	LOADCASE: 5 (EXP) L5=L3-L4
Code Stress:	5434.7	Allowable Stress:	45417.4	
Axial Stress:	464.3	@Node	28	LOADCASE: 4 (SUS) W+P1+H
Bending Stress:	5384.3	@Node	33	LOADCASE: 5 (EXP) L5=L3-L4
Torsion Stress:	951.1	@Node	134	LOADCASE: 5 (EXP) L5=L3-L4
Hoop Stress:	415.0	@Node	10	LOADCASE: 4 (SUS) W+P1+H
Max Stress Intensity:	6143.9	@Node	34	LOADCASE: 3 (OPE) W+D1+T1+P1+H

2.1.13 Rapport des bents :

Rapporte le comportement en flexion dû aux conditions de chargement niveau 2. Le logiciel génère un rapport distinct pour chaque cas de charge sélectionné. Lorsque les valeurs de courbure θ dépassent la valeur θ autorisée, la vérification échoue et les courbures défailtantes s'affichent en rouge.

Bend Node	h	Bend Angle deg.	Delta ThetaX deg.	Delta ThetaY deg.	Delta ThetaZ deg.	Theta deg.	Allowable Theta deg.	Ratio %
Bends KHK2 Evaluation CHECK FAILED : LOADCASE 5 (R2L) WW+P1								
50	0.0826	90.0000	-19.1987	0.0000	9.0872	21.2407	7.6543	277.4992
80	0.2243	90.0000	-11.4928	-5.0816	9.9664	16.0386	4.8328	331.8724
410	0.1168	90.0000	-0.0217	0.0000	0.0000	0.0217	6.5240	0.3324
300	0.1168	45.0000	-0.7286	0.0000	1.3818	1.5621	3.2620	47.8892
310	0.1168	45.0000	-0.4087	-0.0000	0.1452	0.4337	3.2620	13.2951
200	0.1052	45.0000	-0.0000	0.0000	0.3923	0.3923	3.4234	11.4586
210	0.0526	45.0000	-0.0000	0.0000	0.5402	0.5402	4.7091	11.4724
100	0.1052	90.0000	0.0718	0.0000	0.7816	0.7849	6.8468	11.4641
110	0.1578	90.0000	-0.6266	-0.0560	0.5123	0.8113	5.6818	14.2788
120	0.1578	90.0000	-0.0986	0.0535	0.2011	0.2303	5.6818	4.0527

2.1.14 Rapport de synthèse des bends :

Rapporte un résumé du comportement en flexion pour plusieurs cas de charge en raison des conditions de chargement. Lorsque les valeurs de courbure θ dépassent la valeur θ autorisée, la vérification échoue et les courbures défailtantes s'affichent en rouge.

Bend Node	Load Case	K In-Plane Opening	K In-Plane Closing	K Out-Plane	K Average	Theta deg.	Allowable Theta deg.	Ratio %	Status
LOAD CASE DEFINITION KEY									
CASE 3 (K2L) W+D1+T1+P1+H									
CASE 4 (K2L) W+P1+H									
KHK Level 2 Legend: P = Bend is Plastic; bend deflection exceeds elastic limit									
Bends KHK2 Evaluation CHECK PASSED : LOADCASE 3 (K2L) W+D1+T1+P1+H									
Bends KHK2 Evaluation CHECK PASSED : LOADCASE 4 (K2L) W+P1+H									
30	3 (K2L)	8.178	8.178	8.178	8.178	0.120	4.834	2.5	
	4 (K2L)	8.178	8.178	8.178	8.178	0.016	4.834	0.3	
	MAX	8.178/L3	8.178/L3	8.178/L3	8.178/L3	0.120/L3	4.834/L3	2.5/L3	
35	3 (K2L)	8.178	8.178	8.178	8.178	0.137	4.834	2.8	
	4 (K2L)	8.178	8.178	8.178	8.178	0.025	4.834	0.5	
	MAX	8.178/L3	8.178/L3	8.178/L3	8.178/L3	0.137/L3	4.834/L3	2.8/L3	
135	3 (K2L)	8.178	8.178	8.178	8.178	0.098	4.834	2.0	
	4 (K2L)	8.178	8.178	8.178	8.178	0.017	4.834	0.4	
	MAX	8.178/L3	8.178/L3	8.178/L3	8.178/L3	0.098/L3	4.834/L3	2.0/L3	

2.1.15 Rapport sur les composants DNV :

Affiche l'épaisseur minimale et la valeur utilitaire pour l'éclatement, l'effondrement et chaque combinaison de charges LCC et DCC.

Chaque nœud avec une valeur utilitaire supérieure à 1,0 s'affiche en rouge.

DNV COMPONENTS REPORT: DNV Components on Elements											
CASE 7 (LMST) L7=L2+L5											
Node	Input Wall Thickness in.	Tmin 1 in.	Utility 1	Tmin 2 in.	Utility 2	Tmin 3 in.	Utility 3	Tmin 4 in.	Utility 4	Warning	
Note: The DNV Components report shows results for the DNV 2017 edition and beyond. For additional details on DNV piping, see the DNV Details report.											
Warning:											
(1) Invalid condition: Internal over pressure.											
(2) Minimum wall thickness less than Outside Diameter/2 was not found.											
(3) Input diameter-to-wall-thickness ratio is outside range $15 \leq D/t \leq 45$ (eq. 5.16 & 5.19)											
(4) Ratio $S_d/S_p > 0.4$ (S_d = design effective axial force load effect, S_p = plastic capability of pipe, eq. 5.19)											
Utility 1, Tmin 1: Load combination LCC-a (eq. 5.19, 5.28)											
Utility 2, Tmin 2: Load combination LCC-b (eq. 5.19, 5.28)											
Utility 3, Tmin 3: Load combination DCC-a (eq. 5.19, 5.28)											
Utility 4, Tmin 4: Load combination DCC-b (eq. 5.19, 5.28)											
DNV Evaluation CHECK FAILED : LOADCASE 7 (LMST) L7=L2+L5											
Highest DNV Value: (in.)											
Utility 1	34.251	Tmin 1	N/A	@Node	10						
Utility 2	28.781	Tmin 2	N/A	@Node	10						
Utility 3	0.002	Tmin 3	0.000	@Node	10						
Utility 4	0.002	Tmin 4	0.000	@Node	10						
10	0.500		34.251		28.781	0.000	0.002	0.000	0.002	2	
18	0.500	0.131	0.035	0.124	0.030	0.000	0.002	0.000	0.002		
20	0.500	0.121	0.027	0.115	0.023	0.000	0.002	0.000	0.002		
30	0.500	0.056	0.000	0.056	0.000	0.000	0.002	0.000	0.002		

2.1.16 Rapport détaillé DNV :

Affiche les forces, les moments et les déformations pour les critères de conception DNV.

Les nœuds dont les valeurs ne répondent pas aux critères DNV s'affichent en rouge.

DNV DETAILS REPORT: DNV Details on Elements
CASE 6 (LMST) L6=L1+L5

Node	Depth ft.	P ext lb./sq.in.	P int 1 lb./sq.in.	P int 2 lb./sq.in.	Functional Axial Force lb.	Environ. Axial Force lb.	Functional Moment ft.lb.	Environ. Moment ft.lb.	Functional Strain %	Environ. Strain %
------	--------------	---------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	------------------------------	---------------------------	-------------------------

Note: The DNV Details report shows results for DNV 2017 Edition and beyond.

P int 1: Internal Pressure for e.g. Burst Operation, Collapse, LCC-a, DCC-a
P int 2: Internal Pressure for Burst System Test, Propagation buckling, LCC-b, DCC-b

10	400.000	177.589	0.000	0.000	0	0	946759.9	10.2	0.000	0.000
18	400.000	177.589	0.000	0.000	0	0	30428.3	0.3	0.000	0.000
20	399.920	177.553	0.000	0.000	2459	0	26619.4	0.3	0.000	-0.000
30	395.000	175.369	0.000	0.000	0	0	0.0	0.0	0.000	-0.000

2.1.17 Rapport de présentation de l'épaisseur DNV :

Affiche les épaisseurs de paroi pour les critères de conception DNV.

Les nœuds dont l'épaisseur de paroi ne répond pas aux critères DNV s'affichent en rouge.

DNV THICKNESS OVERVIEW REPORT: DNV Thickness Overview on Elements
Various Load Cases

Node	Load Case	Input Wall Thickness in.	Max of All Tmin in.	Burst Operation Tmin in.	Burst System Test Tmin in.	Collapse Tmin in.	Propagation Buckling Tmin in.	LCC-a Tmin in.	LCC-b Tmin in.	DCC-a Tmin in.	DCC-b Tmin in.
------	-----------	--------------------------------	---------------------------	--------------------------------	----------------------------------	----------------------	-------------------------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

LOAD CASE DEFINITION KEY

CASE 1 (OCC) WNC+T1
CASE 2 (OCC) WW+T1
CASE 3 (OPE) WW+T1+P2
CASE 4 (OCC) W+T1+P1
CASE 5 (OCC) 0.00001W+WAV1
CASE 6 (LMST) L6=L1+L5
CASE 7 (LMST) L7=L2+L5
CASE 8 (LMST) L8=L3+L5
CASE 9 (LMST) L9=L4+L5

Warning - Minimum wall thickness less than Outside Diameter/2 was not found.

10	MAX	0.500	Warning/L6	0.349/L4	0.320/L3	0.209/L1	0.396/L1	Warning/L6	Warning/L6	0.000/L6	0.000/L6
18	MAX	0.500	0.396/L1	0.349/L4	0.320/L3	0.209/L1	0.396/L1	0.265/L8	0.263/L8	0.000/L6	0.000/L6
20	MAX	0.500	0.396/L1	0.349/L4	0.320/L3	0.209/L1	0.396/L1	0.263/L8	0.261/L8	0.000/L6	0.000/L6
30	MAX	0.500	0.394/L1	0.350/L4	0.320/L3	0.208/L1	0.394/L1	0.253/L8	0.253/L8	0.000/L6	0.000/L6

Conclusion générale :

Cette étude a porté sur l'analyse des contraintes sur le puits BRS-31. L'objectif principal était d'évaluer les contraintes mécaniques et thermiques auxquelles le puits est soumis, afin de garantir sa sécurité et son efficacité opérationnelle.

L'analyse a suivi plusieurs étapes clés :

1. Collecte de Données : Les données géologiques et opérationnelles pertinentes ont été collectées pour établir un modèle précis du puits.
2. Modélisation : Un modèle numérique détaillé du puits BRS-31 a été développé en utilisant des logiciels d'analyse de stress avancés.
3. Simulation : Des simulations ont été réalisées pour évaluer les contraintes sous diverses conditions opérationnelles, incluant des variations de pression et de température.
4. Évaluation des Résultats : Les résultats des simulations ont été analysés pour identifier les zones critiques du puits où les contraintes sont les plus élevées.

Les principaux résultats de cette étude sont les suivants :

- Zones Critiques : Les analyses ont révélé plusieurs zones du puits où les contraintes mécaniques et thermiques atteignent des niveaux potentiellement préoccupants. Ces zones nécessitent une attention particulière lors des opérations de maintenance et de surveillance.
- Matériaux : Les matériaux utilisés dans la construction du puits ont été évalués et se sont révélés adéquats pour supporter les conditions opérationnelles prévues, bien que des recommandations pour des améliorations potentielles aient été identifiées.
- Conditions Opérationnelles : Les simulations ont montré que certaines conditions de fonctionnement, telles que des variations rapides de pression et de température, peuvent induire des contraintes supplémentaires significatives. Il est donc recommandé d'adopter des procédures opérationnelles qui minimisent ces variations.

En conclusion, l'analyse de stress sur le puits BRS-31 a fourni des informations cruciales pour la gestion sécuritaire et efficace du puits. Les recommandations spécifiques incluent :

- Surveillance Continue : Mettre en place un programme de surveillance continue des contraintes sur les zones identifiées comme critiques.
- Matériaux Améliorés : Envisager l'utilisation de matériaux plus résistants dans les zones de haute contrainte pour améliorer la durabilité du puits.
- Optimisation des Procédures : Adapter les procédures opérationnelles pour réduire les variations rapides de pression et de température.

Cette étude contribue à une meilleure compréhension des contraintes auxquelles le puits BRS-31 est soumis et offre des orientations pratiques pour assurer sa longévité et sa sécurité.