

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université MOULOUD MAMMARI - Tizi-Ouzou



Faculté du Génie de la Construction
Département de Génie Mécanique

Mémoire de Fin d'Etudes en Vue de l'Obtention du Diplôme

'MASTER ACADEMIQUE'

En Génie Mécanique

Option : Energétique

Thème

**Simulation numérique du comportement
thermique d'un réservoir de stockage de
propane**

Proposé et dirigé par :

M^r M.Hamzaoui

Etudié par :

**M^r Mezrague Abdenour
M^{elle} Ounnas Nabila**

Promotion: 2014/2015

Remerciements

Nous souhaitons sincèrement remercier :

M^r HAMZA OUI, notre promoteur, qui a été très enthousiaste sur le choix de notre sujet et a su nous guider dans la délicate phase de recherche documentaire.

Tous les enseignants qui nous ont aidés le long de notre cursus universitaire.

Mr M.AIT MESSOUD, chef de centre NAFTAL DISTRICT GPL de Oued-Aïssi, qui nous a tout de suite fait confiance et nous a beaucoup appris sur l'univers des produits GPL.

Mr B.EL HOCINE, Chef de service HSE, qui nous a intégrés sur la méthode de stockages des produits GPL (butane, propane) et permis de découvrir tout sur leurs propriétés.

Tous les autres salariés de NAFTAL district GPL, pour leur accueil chaleureux et leur aide précieuse.

Dédicaces

Je dédie ce travail ...

A mes très chers parents qui m'ont tant aidé

durant toutes mes études ;

à mes sœurs et frères ;

à tous les membres de ma grande famille ;

à ma binôme Nabila ;

à tous mes amis ;

à tous ceux qui me sont chers

M^r MEZRAGUE. A

Dédicaces

Je dédie ce travail ...

A mes très chers parents qui m'ont tant aidé

durant toutes mes études ;

à ma sœur et mon frère ;

à tous les membres de ma grande famille ;

à mon binôme Abdenour ;

à tous mes amis ;

à tous ceux qui me sont chers

M^{elle} OUNNAS. N

Liste des tableaux

Tableau I-9-4-c : Dimension de chaque type de bouteille.

Tableau II-1 : Quelques chiffres clefs sur le gaz naturel (données 2005).

Tableau II.2: Composition du gaz naturel HASSI R'MEL et du gaz naturel Tunisien.

Tableau II-3: composition molaire de GPL.

Tableau VI-1 : Influence du flux absorbé sur la température dans un intervalle de temps

Liste des figures

Figure I-5 : Organigramme de hiérarchique de la branche GPL

Figure I-6: Organigramme du district GPL de Tizi-Ouzou

Figure 1-7-1 : le plan de situation du centre emplisseur 151 Oued Aïssi.

Figure I-16-c: Emplissage de bouteilles

Figure I-16-e : La palettiseuse

Figure II-1 : procédé de traitement de gaz naturel et de condensats.

Figure II-2: Production du gaz naturel en Algérie.

Figure III-1 : Vue extérieure de réservoirs sous pression.

Figure III-2 : accessoires d'une sphère.

Figure III-3 : sphère sous talus

Figure III-4 : sphère sous talus

Figure III-5 : réservoir cylindrique sous talus

Figure III-6: sphère réfrigérée calorifugée.

Figure IV-1 :réservoir de stockage de GPL.

Figure IV-2 : Tube situé en zone de radiation.

Figure IV-3 : Tube situé en zone de convection et qui ne voit pas la flamme.

Figure IV-4 : Résistance global au transfert R.

Figure IV-5 : contact et échange de chaleur avec la paroi.

Figure IV-5 : différentes énergies contenues dans le transfert de chaleurs par rayonnement.

Figure V-1-a : Schéma des étapes à utiliser pour la simulation sur le logiciel Gambit.

Figure V-1-b : Schéma des étapes à utiliser pour la simulation sur le logiciel Fluent.

Figure V-2 : Vue globale de Gambit.

Figure V-3: Processus de génération d'un maillage dans le « GAMBIT ».

Figure V-4 : Vue globale du « FLUENT ».

Figure V-5 : Schéma général de réservoir cigare.

Tableau V-1 : Influence du flux absorbé sur la température dans un intervalle de temps

Figure V-7-1-a :Profil de température à t=1min

Figure V-7-1-b :Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi=60\text{w/m}^2$ à t=1min

Figure V-7- 2-a :Profil de température à t=1heure

Figure V-7- 2-b :Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =60\text{w/m}^2$ à t=1heures

Figure V-7- 3-a :Profil de température à t=3 heures

Figure V-7- 3-b :Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =60\text{w/m}^2$ à t=3heures

Figure V-7- 4-a :Profil de température à t=6 heures

Figure V-7- 4-b :Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =60\text{w/m}^2$ à t=6heures

Figure V-8- 1-a :Profil de température à t=1min

Figure V-8- 1-b :Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =80\text{w/m}^2$ à t=1min

Figure V-8- 2-a:Profil de température à t=1heure

Figure V-8- 2-b :Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =80\text{w/m}^2$ à t=1heures

Figure V-8- 3-a :Profil de température à t=3 heures

Figure V-8- 3-b :Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =80\text{w/m}^2$ à t=3heures

Figure V-8- 4-a :Profil de température à t=6 heures

Figure V-8- 4-b :Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =80\text{w/m}^2$ à t=6heures

Figure V-9- 1-a :Profil de température à t=1min

Figure V-9- 1-b :Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =100\text{w/m}^2$ à t=1min

Figure V-9- 2-a :Profil de température à t=1heure

Figure V-9- 2-b :Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =100\text{w/m}^2$ à t=1heure

Figure V-9- 3-a :Profil de température à t=3 heures

Figure V-9- 3-b :Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =100\text{w/m}^2$ à t=3heures

Figure V-9- 4-a :Profil de température à t=6 heures

Figure V-9- 4-b :Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =100\text{w/m}^2$ à t=6heures

Figure V-10- 1-a :Profil de température à t=1 min

Figure V-10- 1-b :Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =200\text{w/m}^2$ à t=1min

Figure V-10- 2-a:Profil de température à t=1 heures

Figure V-10- 2-b :Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =200\text{w/m}^2$ à $t=1\text{heure}$

Figure V-10- 3-a :Profil de température à $t= 3$ heures

Figure V-10- 3-b :Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =200\text{w/m}^2$ à $t=3\text{heures}$

Figure V-10- 4-a :Profil de température à $t= 6\text{heures}$

Figure V-10- 4-b :Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =200\text{w/m}^2$ à $t=-\text{heures}$

Sommaire

REMERCIEMENTS

DEDICASE

NOMENCLATURE

INTRODUCTION GENERALE.....1

Chapitre I : Présentation et historique du NAFTAL

I-1. Introduction3

I-2. Historique de NAFTAL.....3

I-3. Mission de NAFTAL.....4

I-4. Présentation de la branche GPL4

I-5. Mission de la branche G.P.L5

I-6. Présentation du district GPL Tizi-Ouzou.....7

I-7. Présentation du centre enfuteur d'Oued Aïssi.....8

I-7-1. Situation géographique8

I-8. Organisation du centre enfûteur9

I-9. Rôle de chaque service.....10

I-9-1. Service sécurité10

I-9-2. Service administration et comptabilité.....10

I-9-2-a. Section administration et moyen10

I-9-2-b. Section finance et comptabilité10

I-9-3. Service maintenance.10

I-9-3-a. Section Magasin10

I-9-3-b. Section de maintenance du matériel roulant11

I-9-3-c : Section maintenance des installations fixes.....11

I-9-4. Service exploitation et transport.....11

I-9-4-a : Section transport.....11

I-9-4-b : Section exploitation11

I-9-4-c : Section emballage.....11

I-10. Constitution d'un centre enfûteur13

I-11. Les moyens de transport des produits GPL13

I-12. La zone de réception	13
I-13. La zone de stockage des produits GPL.....	14
I-14. La zone de transfert des produits GPL.....	14
I-15. Zone de production	14
I-16. Les postes de travail dans un hall d'emplissage	14
I-16-a. La dépalettiseuse	14
I-16-b. Le tri	15
I-16-c. Emplissage bouteilles	15
I-16-d. Le contrôle d'étanchéité.....	16
I-16-e. La palettiseuse.....	16
I-17. Conclusion.....	17
Chapitre II : Généralités sur GPL	
I-1. Introduction.....	19
II-2. La demande du Gaz.....	19
II-3.Caractéristiques du gaz naturel.....	20
II-4.Composition chimique d'un gaz naturel.....	21
II-5.Les types de gaz naturel	21
II-6.Les techniques de traitement du gaz naturel.....	22
II-7. Définition de GPL.....	24
II-8.Les sources des GPL	25
II-9.Caractéristiques générales des GPL.....	25
II-10.Les Avantages et inconvénients techniques de GPL.....	27
II-11.Demande actuelle de gaz naturel.....	28
II-12.Domaines d'utilisation du GPL.....	29
II-13.Conclusion.....	30
Chapitre III : Différents types de stockage des GPL.	
III-1.Introduction.....	32
III-2. Différents types de stockage des GPL	32
III-1-1.Stockage aérien sous pression	32
III-2-1-1.Les sphères	33
III-2-1-2.Réservoirs cylindriques (cigares).....	33

III-2-1-3.Equipements des réservoirs sous pression.....	34
III-3.STOCKAGES SOUS TALUS (Réservoirs sous talus : RST)	35
III-3-1.Sphère sous talus.....	35
III-3-2.réservoir cylindrique sous talus.....	36
III-3-3.Stockages réfrigérés sous pression.....	37
III-3-4.Stockages cryogénique	38
III-4.Conclusion.....	38
Chapitre IV :Les modes de transfert de chaleur	
IV-1. Introduction.....	40
IV-2. Dimensionnement mécanique	40
IV-3.Transfert de chaleur.....	41
IV-4.Les modes de transfert de la chaleur.....	41
IV-4-1.La conduction	41
IV-4-2. La convection.....	41
IV-4-3. Le rayonnement.....	42
IV-5.Définition d'un flux thermique.....	44
IV-5-1.Expression générale de la transmission de chaleur en conduction et convection..44	
IV-5-2.Transmission de chaleur par convection	46
IV-5-3.Caractéristiques de l'absorption de chaleur par rayonnement.....	47
IV-6.Conclusion	49
Chapitre V : Partie logiciel, Résultats et discussion	
V-1.Introduction	51
V-1. Présentation des logiciels de calcul	51
V-2-1. Le préprocesseur Gambit	52
V-2-2.Construction du maillage sous GAMBIT	53
V-2-3.Proposer les conditions aux limites	54
V-2-4.Le solveur Fluent.....	54
V-3.Réalisation de maillage avec le logiciel Gambit.....	56
V-4.Modélisation mathématique	57

V.4.1. Equation de continuité.....	57
V.4.2. Equations de la quantité de mouvement.....	58
V.4.3. Equation de l'énergie.....	58
V-5. Paramètres de simulation par fluent	59
V-6. Résultat et discussion	60

CONCLUSION GENERALE

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

NOMENCLATURE

Φ : Densité de Flux thermique	(W/m ²)
Q : Flux thermique	(W)
A : surface.....	(m ²)
R : Résistance à la transmission de chaleur	(W/m ² .°C)
U : Coefficient global d'échange.....	(W/m ² .°C)
T : Température.....	(K)
t : le temps	(s)
L _t : Longueur totale de cigare	(m)
L _{cyl} : Longueur du cylindre	(m)
D _{cyl} : Diamètre du cylindre.....	(m)
e _{cyl} : Epaisseur du cylindre.....	(m)
e _v : Epaisseur de la virole.....	(m)
D _v : Diamètre de la virole.....	(m)
c _p : chaleur spécifique	(kJ/kg.K)

Indice grec

α : facteur (Coefficient) d'absorption

ρ : La masse volumique

(kg/m³)

μ : Coefficient de viscosité

(kg/m.s)

$\frac{\partial}{\partial t}$: dérivé locale

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale

Le terme « GPL » ou « Gaz de Pétrole Liquéfiés » est utilisé pour désigner des mélanges d'hydrocarbures essentiellement composés de butane ou de propane. Le GPL carburant, destiné aux véhicules automobiles, est un mélange de butane et de propane gazeux dans des conditions normales de température et de pression, les GPL peuvent être facilement liquéfiés. C'est ce caractère particulier qui rend leur transport et leur commercialisation aisés.

Le réservoir de stockage n'est jamais totalement rempli. Il est indispensable de laisser un espace pour la vapeur produite pendant le stockage. Le minimum de cet espace est 10% du volume total du réservoir.

Dans l'industrie de stockage de GPL on accorde une grande importance aux évaporations non contrôlées, qui peuvent être à l'origine de graves accidents.

La maîtrise du phénomène d'évaporation du GPL dans les réservoirs de stockage est étroitement liée à la compréhension de tous les échanges thermique entre le bac et le milieu environnant.

Le but de cette étude est de simuler numériquement le réservoir de propane afin de déterminer et localiser les isotherme d'où le champ de température

Dans le premier chapitre, nous présentons l'entreprise NAFTAL filiale 100% de SONATRACH, son historique, ses missions et son organisation.

Ainsi, le deuxième chapitre, on montre des définitions de gaz naturel (GNL) et le gaz de pétroleliquéfié (GPL) leurs compositions et propriétés chimiques.

Le troisième chapitre, nous présentons les différents types de réservoirs de stockage des produits GPL et notre étude est faite pour le stockage aérien sous pression avec un réservoir cylindrique (cigare).

Les différents modes de transfert de chaleur (conduction, convection, rayonnement) sont expliqués auquatrième chapitre.

Par contre le cinquième chapitreest réservé pour la présentation des logiciels utilisés Gambit et Fluent ainsi à la présentation des résultats obtenus et les discussions.

Enfin, nous présentons une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I:
Présentation et
historique de
NAFTAL

I-1. INTRODUCTION :

En Algérie, le mode d'automobile se développe et les chiffres de leur utilisation augmentent ce qui signifie la consommation du carburant et pour cela l'entreprise NAFTAL a le rôle de satisfaire ses besoins.

I-2. HISTORIQUE DE NAFTAL:

A partir de 1968, les activités de commercialisation et des distributions des produits pétroliers, détenues par les grandes entreprises multinationales telles que BP, ESSO, SHELL, ont été mises sous la tutelle de SONATRACH.

Pour une gestion rationnelle et optimale des ressources, des plans de restructuration des grandes entreprises nationales ont été mis en œuvre à partir de 1980. De ce fait, il a été procédé au transfert de certaines activités de SONATRACH à d'autres entreprises.

Ainsi, l'entreprise nationale de raffinage et de la distribution des produit pétroliers, ERDP, a été créée par le décret n°80-101. Elle est chargée de l'industrie de raffinage des hydrocarbures liquides et de la distribution des produits raffinés sur le territoire national.

En 1983, par le décret n°83-112, il a été procédé à la modification de la dénomination de l'ERDP en Naftal.

En 1987, la promulgation de décret n°87-190 portant la création, par le transfert de l'activité de raffinage de Naftal, l'entreprise nationale de raffinage des produits pétroliers sous le sigle de Naftec. Désormais, Naftal est chargée de la commercialisation et de la distribution des produits pétroliers et dérivés.

En 1998, Naftal change de statut et devient société par action au capital social de 6 650 000 000 DA, filiale 100% du holding SONATRACH. En 29 juillet 2002, son capital social augmente et atteint 15,65 milliard de DA. Le siège social de la direction générale de Naftal se trouve à Chéraga, wilaya Alger.

I-3. MISSION DE NAFTAL :

NAFTAL est chargé dans le cadre du plan national de développement économique et social, de la commercialisation et de distribution des produits pétroliers y compris ceux destinés à l'aviation et à la marine, le GPL, les combustibles, les solvants, les aromatiques, paraffines, Bitumes et pneumatiques.

Ses missions essentielles sont :

- Organiser et développer les activités de commercialisation et de distribution des produits pétroliers et dérivés ;
- Stocker, transporter et/ ou faire transporter tout produit pétrolier commercialisé sur le territoire national ;
- Veiller à l'application et au respect des mesures relatives à la sécurité industrielle, la sauvegarde et la protection de l'environnement, en relation avec les organismes concernés.
- Procéder à toute étude de marché en matière d'utilisation et de consommation des produits pétroliers ;
- Définir et développer une politique en matière d'audit, concevoir et mettre en œuvre des systèmes intégrés d'informations ;
- Développer et mettre en œuvre les actions visant à une utilisation optimale et rationnelle des infrastructures et moyens ;
- Veiller à l'application et au respect des mesures liées à la sûreté interne de la société conformément à la réglementation ;
- Développer une image de marque de qualité.

I-4. PRESENTATION DE LA BRANCHE GPL :

La Branche GPL est une structure interne à NAFTAL, chargée totalement de l'activité GPL.

Les principales tâches de la Branche GPL sont : la commercialisation, le stockage, le transport et le conditionnement des produits GPL.

Le Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL), est un mélange d'hydrocarbures légers stocké à l'état liquide ;40 % des ressources mondiales sont issues du raffinage du pétrole et les 60 % restantes sont issues plus généralement du traitement du gaz naturel.

Dans la gamme des GPL, NAFTAL commercialise les trois produits suivants :

- Le Butane ;
- Le Propane ;
- Le GPL Carburant sous le nom commercial « SIRGHAZ » : c'est un mélange de Butane et de Propane à des proportions définies selon les conditions climatiques :
 - Saison hivernale : 100% de Propane et 0% de Butane ;
 - Saison estivale : 80% de Propane et 20% de Butane ;

Les produits GPL sont commercialisés sous deux formes (vrac ou conditionnée) excepté le SIRGHAZ qui est commercialisé sous la forme vrac.

I-5. MISSION DE LA BRANCHE G.P.L :

Elle a pour mission de :

- Veiller au bon fonctionnement des structures conformément aux normes et à la politique de la société ;
- Veiller à l'application correcte des règles, procédures et directives de la division ;
- Assurer des missions d'inspection et de contrôle périodique à tous les niveaux tant fonctionnels qu'opérationnels

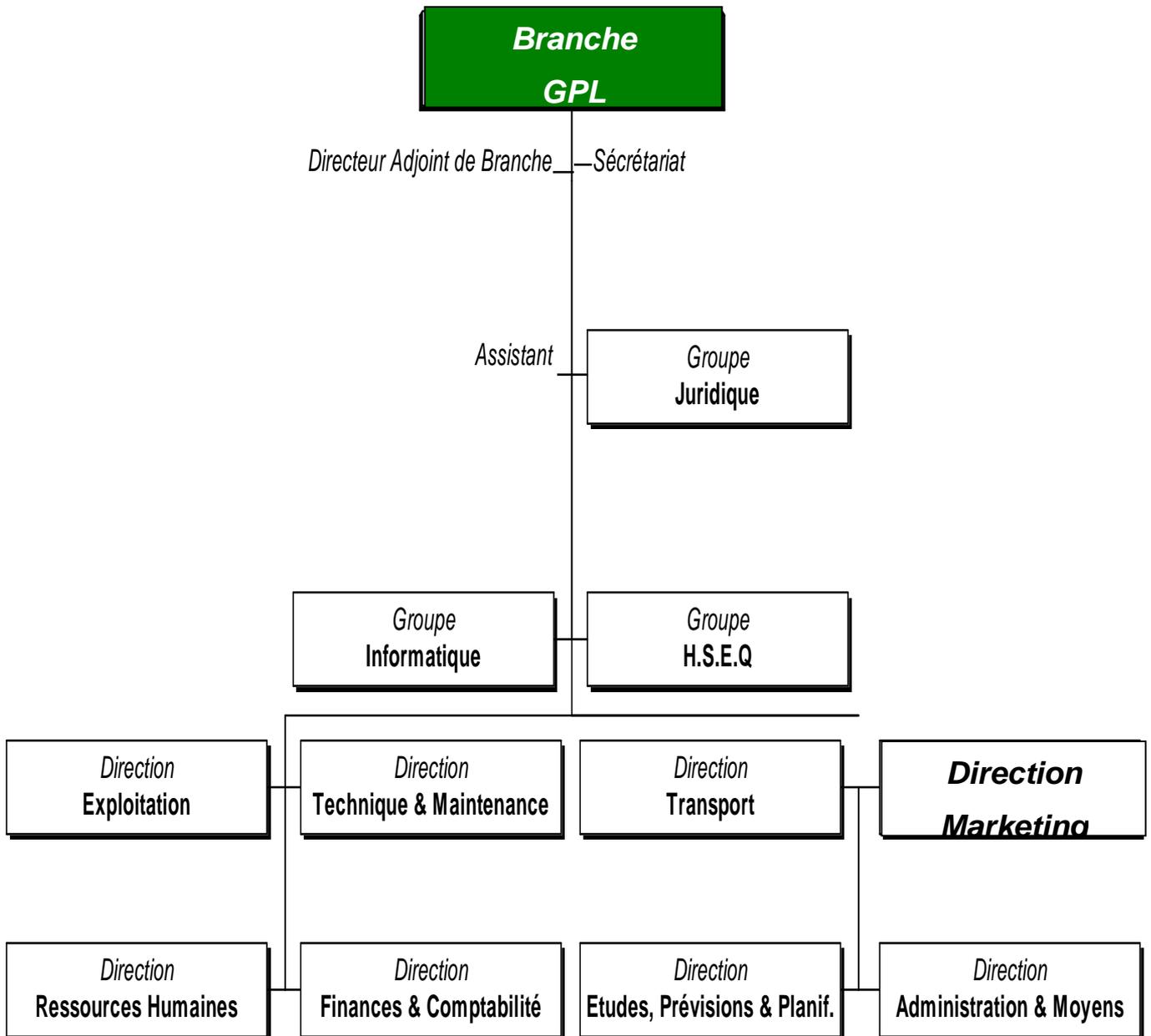


Figure I-5 : Organigramme de hiérarchie de la branche GPL [1]

I-6. PRESENTATION DU DISTRICT GPL Tizi-Ouzou:

C'est l'unité administrative qui se charge essentiellement de la distribution des produits GPL de NAFTAL à travers la wilaya de Tizi-Ouzou. Son siège est situé à la localité de Tala-Athmane à 15 km sud de la ville de Tizi-Ouzou.

L'unité a pour objectif d'assurer régulièrement la distribution et la commercialisation de ses produits par l'intermédiaire de ses infrastructures et ses installations diverses.

L'organisation du district GPL Tizi-Ouzou est comme suit :

- Siege du district à Tala-Athmane.
- Centre emplisseur 151 Oued Aissi.
- Mini centre emplisseur 153 de Freha.
- Trois depots relais : 152 Tigzirt, 154 Ouadhias, 155 Ain-El Hammam

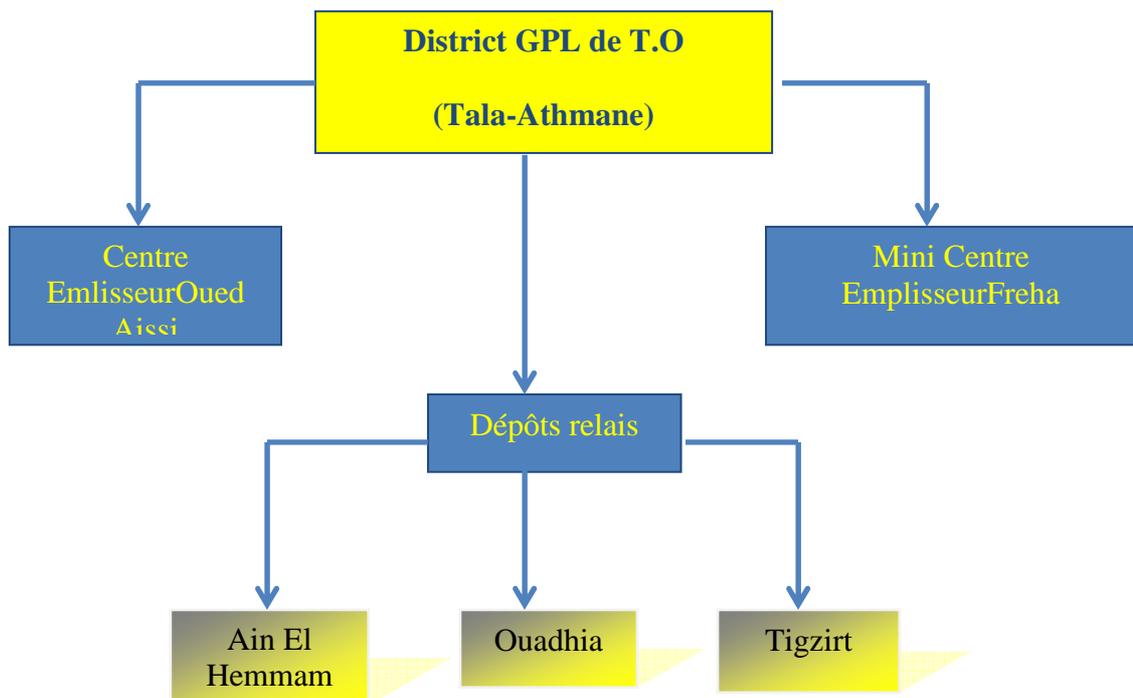


Figure I-6: Organigramme du district GPL de Tizi-Ouzou

I-7. PRÉSENTATION DU CENTRE EMPLISSEUR D'OUED-AISSI :

I-7-1. SITUATION GEOGRAPHIQUE :

Le site se situe au nord-est de la wilaya de Tizi-Ouzou à environ 15 km du chef-lieu de la wilaya. Il est limité par :

- Au nord, par la route nationale n°12, qui mène vers Azazga et par la SNVI, unité des distributions et d'entretien des véhicules industrielles.
- Au sud, par la route nationale n°12 Bis qui mène vers Tizi-Rached
- A l'est, par l'unité industrielle ENIEM.
- A l'ouest, par Naftal CSD

Le site recouvre une superficie de 5,5 hectares. L'emplacement exact de ce site est indiqué dans la figure suivante :

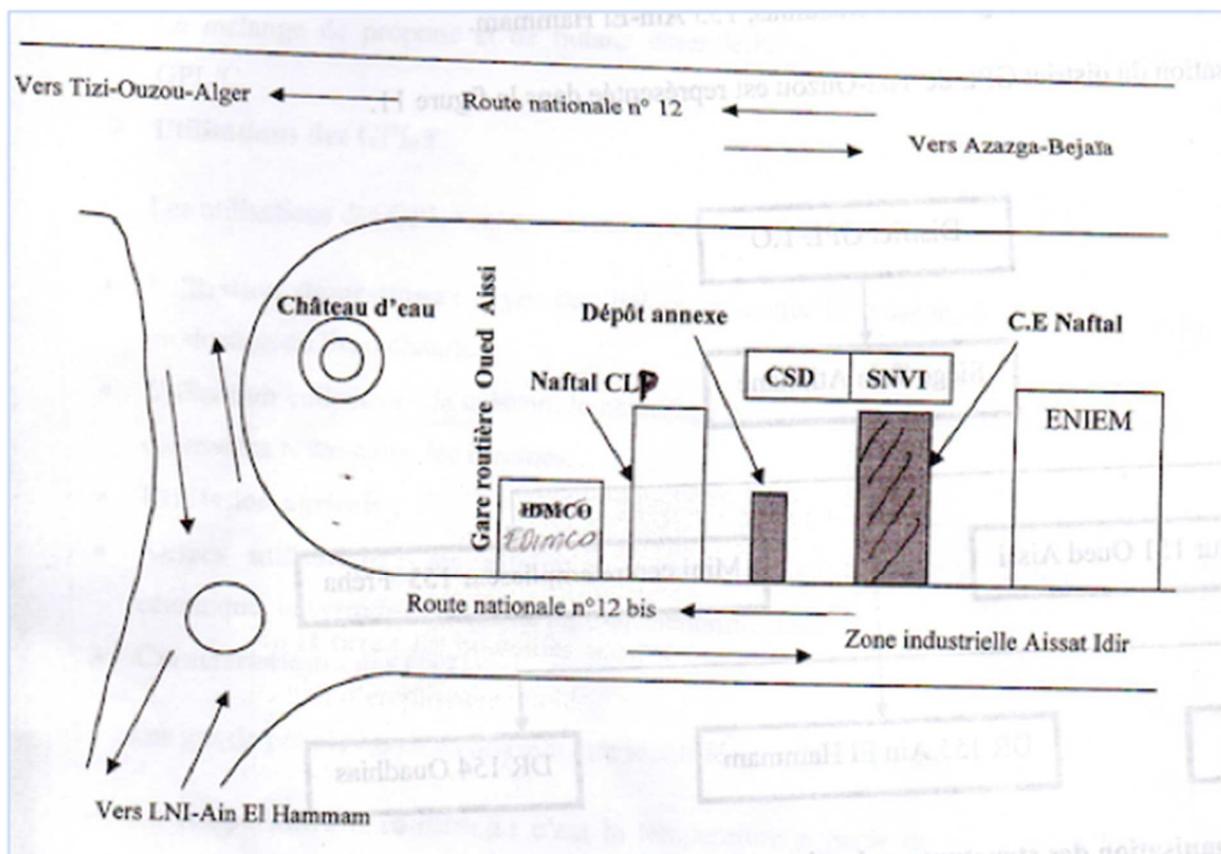


Figure 1-7-1 : le plan de situation du centre emplisseur 151 Oued Aïssi.

1-8. ORGANISATION DU CENTRE ENFUTEUR :

Le centre 151 Oued-Aïssi a été réalisé en 1975 et rénové en 2008. Avec une capacité de stockage de 1000 Tonnes conditionnés (2 sphères de 1000m³ chacune) de Butane et 150 Tonnes (2 cages de capacité de 1500m³ chacun) de Propane. Une troisième sphère de 500 Tonnes (1000 m³) de Butane a été construite en 1988, ce qui fait une capacité totale de 1500 Tonnes (3000 m³) de Butane et 1000 Tonnes (300 m³) de Propane.

Le centre a pour rôle le stockage, le conditionnement et la distribution du butane et propane.

L'approvisionnement du C.E en gaz GPL se fait à partir d'Alger (raffinerie d'Alger) par citernes et tracteurs (parc roulants).

Il permet le ravitaillement de la wilaya de Tizi-Ouzou en GPL, avec une capacité de production journalière d'environ 7000 à 8400 bouteilles de B13 (Butane 13 kg) et production journalière qui varie selon la demande de la B5 (butane 5 kg) et de P35 (Propane 35 kg). Il assure aussi la production du GPL/c (GPL carburant) pour les véhicules fonctionnant avec le GPL.

Le C.E Oued-Aïssi se compose de:



I-9. ROLE DE CHAQUE SERVICE :

I-9-1. Service sécurité :

La cellule de sécurité s'appuie sur un personnel formé sur les risques industriels. Il est constitué d'un inspecteur principale sécurité, de 04 chefs de prévention intervention et de 12 agents prévention intervention. Ces derniers veillent à l'application des dispositions sécuritaires liées aux différentes activités de centre emplisseur ainsi que la fiabilité de l'ensemble de ses installations.

Par ailleurs, le centre enfûteur dispose d'équipements lutte anti-incendie. Il est composé de système automatique de détection et signalisation des incendies notamment dans des endroits sensibles tels que le hall d'emplissage et le poste de chargement / déchargement, d'autre part, le centre est doté d'extincteurs mobiles placés dans des endroits sensibles. On distingue des extincteurs à poudre sèche et des extincteurs à CO2.

I-9-2. Service administration et comptabilité:

Il est subdivisé en deux sections qui sont :

I-9-2-a. Section administration et moyen : a pour rôle la gestion des affaire du personnel : dossiers administratifs du personnel (congé, carrière, ...), affaire sociales (congé de maladies, maternité, ...). D'autre part, elle s'occupe de la gestion des moyens généraux, établir le programme d'achat fourniture de bureau.

I-9-2-b. Section finance et comptabilité : assure la gestion comptable de l'ensemble des opérations financières de centre enfûteur notamment :

- Assurer les travaux d'analyse financière.
- Gestion de la caisse, chèque bancaires et effet impayés.
- Analyse les ratios de gestion et de rentabilité.

I-9-3. Service maintenance :

Se compose de trois sous sections :

I-9-3-a. Section Magasin : Le magasin comprend un rayonnage nécessaire pour l'entreposage des pièces de rechanges, des consommables et des produits pour peinture bouteilles qui sont isolés.

I-9-3-b. Section de maintenance du matériel roulant : elle s'occupe de la maintenance du matériel roulant (camions citernes et tracteurs) ainsi que la veille à son bonne exploitation.

I-9-3-c :Section maintenance des installations fixes: (pannes premier degré) pour chaque intervention il faut :

- Demande de travail
- Ordre de travail
- Permis de travail a froid ou bien a chaud

I-9-4. Service exploitation et transport:

Se compose de trois sous sections:

I-9-4-a :Section transport : qui assure la distribution des produits et le ravitaillement par le biais de camion citerne de différentes capacités.

I-9-4-b :Section exploitation : se charge du conditionnement du produit (propane, butane)

I-9-4-c :Section emballage : L'emballage le plus utilisé par NAFTAL est constitué de trois types de bouteilles qui sont nommées communément comme suit :

B /13 (13 kg de gaz butane) Cette bouteille est parfois utilisée pour le conditionnement de 11 kg de gaz propane et prend l'appellation de P/11.

B/03 (3 kg de gaz butane) appelée également « bouteille de camping ».

P/35 (35 kg de propane) appelée également « tube P/35 ».

Ces bouteilles sont personnalisées par leur forme, leur dimension et leur couleur qui sont décrites dans le présent manuel.

Type de bouteille dimension	B/03	B/13 – P/11	P/35
Diamètre /mm	215	300	300
Hauteur/ mm	262	470	1344
Epaisseur/ mm	2	2,2	3
Capacité en eau/litre	7,8	26,5	84

Tableau I-9-4-c : Dimension de chaque type de bouteille.

⇒ **Marquage :**

❖ **Sur le corps de la bouteille :**

Le marquage est exécuté sur la partie supérieure pour les B/13 et P/35 et sur le pied de la B/03 et doit prévoir :

- Le nom du constructeur.
- L'année de fabrication
- La trace (sans robinet ni chapeau)
- Le produit GPL conditionné placé l'un au-dessus de l'autre et précisant chacun la charge nette en kg.
- La capacité exprimée en litre
- L'épreuve : en indiquant la pression de la première épreuve
- Le sigle NAFTAL pour identifier la propriété.

❖ Sur la face de la collerette :

Le numéro de série de la bouteille et le poinçon d'épreuve.

❖ Revêtement extérieur :

La bouteille est revêtue d'une peinture adhérente et homogène assurant la protection extérieure contre la corrosion.

Les couleurs adoptées par NAFTAL à appliquer à l'emballage sont :

- Orange pour le conditionnement du propane.
- Verte ou blanche et rouge pour les bouteilles de 5 kg pour le conditionnement du butane.

I-10. CONSTITUTION DU CENTRE ENFUTEUR :

Le centre enfûteur se compose de quatre zones d'exploitation et d'annexes permettant la gestion des ressources :

- humaines,
- matériels
- d'ateliers de maintenance et réparation
- de station électrique
- et d'une station anti-incendie

I-11. LES MOYENS DE TRANSPORT DES PRODUITS GPL :

L'alimentation du centre enfûteur en butane et en propane peut être assurée par :

- Pipe line à partir d'une raffinerie
- Camion citerne
- Caboteur pour les centres enfûteurs côtiers
- Et wagon citerne

I-12. LA ZONE DE RECEPTION :

Constituée selon le mode de transport choisi d'une aire sur laquelle est installé :

- Un ensemble de canalisations et de vannes (terminal arrivée ou postes de déchargements des produits).

- Un dispositif de filtrage, comptage ou pesée
- Un système de régulation, de protection et une instrumentation (commande des pompes, câble de mise à la terre et alarmes).

I-13. LA ZONE DE STOCKAGE DES PRODUITS GPL :

Le butane et le propane sont stockés à l'état liquide sous pression dans des sphères ou dans des réservoirs de forme cylindrique " cigares ".

I-14. LA ZONE DE TRANSFERT DES PRODUITS GPL :

Le butane et le propane sont movimentés en phase liquide par :

- pompes pour expédition du produit vers le hall d'emplissage, et chargement des camions citernes.
- compresseurs de gaz assure le transvasement du produit de sphère à sphère, de cigare à cigare et le déchargement et chargement des camions citernes.

I-15.ZONE DE PRODUCTION :

Espace aménagé appelé (hall d'emplissage) sur lequel est implanté un ensemble d'équipement permettant de remplir les bouteilles de butane et de propane de différentes capacités (B3, B13, P11, P35).

Le conditionnement ou la mise en bouteille du butane et du propane passe par plusieurs étapes ou postes de travail.

Les bouteilles vides B13 arrivant en palettes ou casiers sur des camions plateaux sont déchargées par des chariots élévateurs et déposées sur une table appelée dépalettiseuse.

I-16. LES POSTES DE TRAVAIL DANS UN HALL D'EMPLISSAGE:[5]

I-16-a. La dépalettiseuse :

Est le premier élément d'une chaîne de postes de travail nécessaire au bon déroulement de remplissage des bouteilles.

La fonction de la dépalettiseuse est de recevoir et décharger les casiers pleins de bouteilles vides par l'action d'un moufle ou bélier sur une table constituée de rouleaux, d'arrêteurs ou stop casiers et d'un système d'entraînement de bouteilles déchargées vers le poste suivant.

Une instrumentation pneumatique installée sur la dépalettiseuse (palpeurs, compteurs, stops bouteilles...) rend automatique cette opération.

I-16-b. Le tri :

Ou triage des bouteilles avant l'opération d'emplissage. Ce poste à trois (3) fonctions importantes à remplir à savoir :

- Retirer du circuit toute bouteille présentant une anomalie (gonflée ou défoncée, robinet défectueux ...)
- Retirer les bouteilles dont l'état nécessite de la peinture.
- Retirer les bouteilles appelées à subir le test de répreuve.

I-16-c. Emplissage bouteilles :

Après dépose de l'écrou de sécurité à l'issue de l'opération de triage les bouteilles arrivent au poste d'introduction bouteilles de la machine d'emplissage (manège). Constituée de plusieurs bascules et disposant chaque une d'une pince d'emplissage et d'un automatisme de tarage, d'enclenchement du remplissage et de déclenchement en fin de remplissage, les bouteilles remplies et d'épincées sortent par le poste d'extraction pour subir une pesée systématique en vue de déceler une éventuelle défaillance des bascules d'emplissage de procéder à leurs réparation.



Figure I-16-c: Emplissage de bouteilles

I-16-d. Le contrôle d'étanchéité : (bassin)

Le contrôle d'étanchéité est une opération obligatoire qui consiste à faire immerger toutes les bouteilles remplies et ce afin de déceler les éventuelles fuites de gaz sur les bouteilles avant la livraison à la clientèle.

I-16-e. La palettiseuse :

La fonction de la palettiseuse est de recevoir les bouteilles pleines contrôlées et de les charger dans les casiers vides posés sur une table constituée de rouleaux, d'arrêtors ou stop casiers et d'un système d'entraînement de bouteilles.

Les casiers pleins seront évacués par un chariot conforme aux normes d'exploitation des centres enfûteurs vers le stockage ou posés sur les camions plateaux de transport pour livraison à la clientèle.

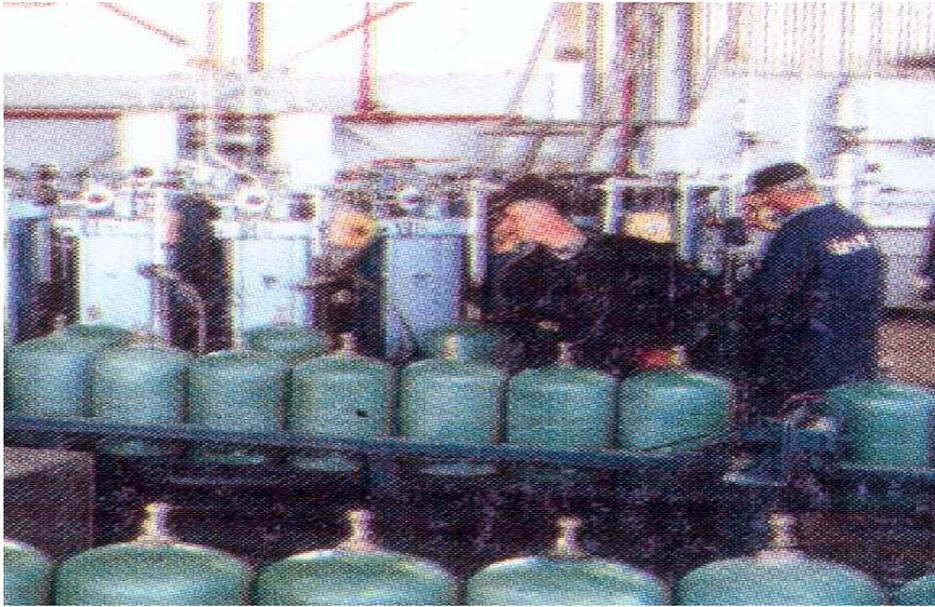


Figure I-16-e : La palettiseuse

I-17. CONCLUSION :

D'après l'historique de l'entreprise NAFTAL, on a pu présenter les procédures de fonctionnement et l'hierarchie de cette entreprise.

Chapitre II :

Définition de GPL

I-1. Introduction :

Dans ce chapitre on fait généralité sur GPL et gaz naturel. D'abord le gaz naturel est une énergie fossile comme la houille, le charbon ou le lignite. C'est un mélange dont le constituant principal, de 75 % à 95 %, est le méthane (CH₄). Il est donc composé majoritairement d'hydrogène et de carbone, d'où son nom d'hydrocarbure.

II-2. La demande du Gaz:

A cause des contraintes liées à son transport, la place du gaz naturel a été insignifiante pendant longtemps, dans le bilan énergétique. Il fallait attendre les années trente avec les avancées technologiques pour enregistrer dans l'industrie sidérurgique et voir apparaître un regain d'intérêt des consommateurs d'énergie au gaz naturel. Un intérêt croissant qui fait que le gaz naturel prend de plus en plus une part importante dans le bilan énergétique mondial comme le montre le tableau suivant :

Réserves 180000 Gm ³	%	Production 24% de la consommation Mondiale de l'énergie	%	Exportation 23% production de gaz naturel	%	Importation 23% de la production de gaz naturel	%
1-Russie	29%	1-Russie	23%	1-Russie	22%	1-Etat-Unis	17%
2-Iran	15,2%	2-Etat-Unis	20,6%	2-Canada	12%	2-Allemagne	13%
3- Qatar	14,7%	3-Canada	7,1%	3- Norvège	11%	3-Japon	12%
4-Arabie Saoudite	3,8%	4-Royaum-Uni	4,5%	4- Algérie	10%	4-Ukraine	10%
5- Etat-Unis	3%	5-Algérie	3,6%	5-Pays-bas	7%	5-Italie	8%
6-Algérie	2,5%	6-Pays –bas	3%	6-Indonésie	6%	6-France	7%
7-Indonésie	2,5%	7-Indonésie	2,8%	7-Malaisie	3%	7-Corée de sud	3%
8-Canada	1%	8-Iran	2,5%	8-Australie	2%	8-Biélorussie	3%
9- Royaume- Uni	0,8%	9-ouzbekistan	2,2%	9- Turkménistan	1,5%	9-Belgique	2,5%
10- Pays-bas	0,7%	10-Arabie Saoudite	2,2%	10-Qatar	1,5%	10-Espagne	2,5%
11-Autre	26,8%	11-Autre	28,5%	11-Autre	24%	11-Autre	22%
Total	100%	Total	100%	Total	100%	Total	100%

Tableau II-1 : Quelques chiffres clés sur le gaz naturel (données 2005). [5]

II-3.Caractéristiques du gaz naturel :

Le gaz naturel autant qu'une source d'énergie est une des matières premières qui ont permis la diffusion du progrès économique et social .A son stade d'exploitation, il doit être caractérisé par certaines propriétés :

➤ Densité :

On a coutume de définir la densité d'un gaz par le rapport de sa masse volumique dans la condition de références choisies (par exemple pression atmosphérique normale et 15 C) à celle de l'air dans les mêmes conditions (1.225 Kg/m³). La densité du gaz peut être obtenue à partir de sa masse moléculaire que l'on peut définir au moyen de sa composition chimique en utilisant la relation :

$$\text{Densité de gaz} = \text{masse moléculaire}/28,966.$$

➤ pouvoir calorifique :

On appelle pouvoir calorifique d'un combustible liquide ou gazeux la quantité de chaleur dégagée par la combustion d'une masse ou d'un volume unité. Pour un gaz, le pouvoir calorifique s'exprime en « joule par mètre cube » mesuré dans les conditions de références. Il existe deux valeurs de pouvoir calorifique :

➤ Pouvoir calorifique supérieur PCS :

Il correspond à la chaleur dégagée lorsque tous les produits de la composition sont ramenés à la température ambiante : l'eau formée étant à l'état liquide. [11]

➤ Pouvoir calorifique inférieur PCI :

Il correspond à la réaction de combustion, dans la quelle l'eau formée restait à l'état de vapeur. Le PCS diffère du PCI d'une quantité qui est à la chaleur latente de vaporisation de l'eau [11].

II-4. Composition chimique d'un gaz naturel :

La composition chimique d'un gaz c'est la nature des hydrocarbures et les autres constituants qu'il renferme, leur importance relative dans le mélange et leur fraction volumique ou moléculaire. La composition chimique d'un gaz est utilisée pour étudier la vaporisation et calculer certaines de ces propriétés en fonction de la pression et la température.

En prend un exemple de composition d'un gaz naturel, donné par le tableau suivant :

COMPOSANT	CONDITIONS CONTRACTUELLES	
	G N Algérien	G N Tunisien
He + N2	5-6 %	6%
CO2	<0,3 %	< 0,5%
CH4	79 - 85 %	89%
C2H6	5 - 10 %	2,9%
C3H8	1,5 – 2,35 %	1,4%
C4H10	0,5 – 1,15 %	0,6%
C5H12	0,15 – 0,34 %	0,1%
C6+	0,08 – 0,28 %	0,01%
H2S (mg/Nm3)	< 2	< 15 (instantané)
Soufre mercaptan (mg/Nm3)	<15	< 15
Soufre total (mg/Nm3)	< 50	<150
P C S (pouvoir calorifique supérieur) en Kcal / Nm3	9834 – 10230	9300 - 10228
Teneur en eau ppm (partie par mille)	< 80	< 80
Densité en Kcal / Nm3	0,6	0,6

Tableau II.2: Composition du gaz naturel HASSI R'MEL et du gaz naturel Tunisien.[9] ,[12]

II-5. Les types de gaz naturel :

La présence et l'apparition d'une phase liquide avec le gaz selon les conditions de pression et la température dans le réservoir de gisement et en surface conduit à distinguer

➤ Le gaz sec :

Dans les conditions de production de se gaz, il n'y a pas une formation de phase liquide et le gaz est concentré en méthane et contient très peu d'hydrocarbures plus lourds que l'éthane.

➤ Le gaz humide :

Dans les conditions de production de se gaz, il ya une formation de phase liquide dans la condition de surface et le gaz est moins concentré en méthane.

➤ Le gaz a condensât :

Dans les conditions de production de se gaz, il y a une formation de phase condensée riche en constituants lourds dans le réservoir.

➤ Le gaz associé :

C'est un gaz de couverture qui contexte avec la phase d'huile dans réservoir d'huile (Gisement de pétrole) [10].

II-6.Les techniques de traitement du gaz naturel :

Le traitement du gaz naturel consiste à séparer les constituants présents à la sortie du puits tel que l'eau, le gaz acide, et les hydrocarbures lourds pour amener le gaz à des spécifications de transport ou des spécifications commerciales. Les principaux traitements qui sont effectués sont :

- Une première étape permet de réaliser la séparation de fractions liquides éventuellement contenues dans l'effluent du puits, fractions liquides d'hydrocarbures (gaz associer ou à condensât d'eau libre), et l'étape de traitement qui suit dépend du mode de transport adopté.

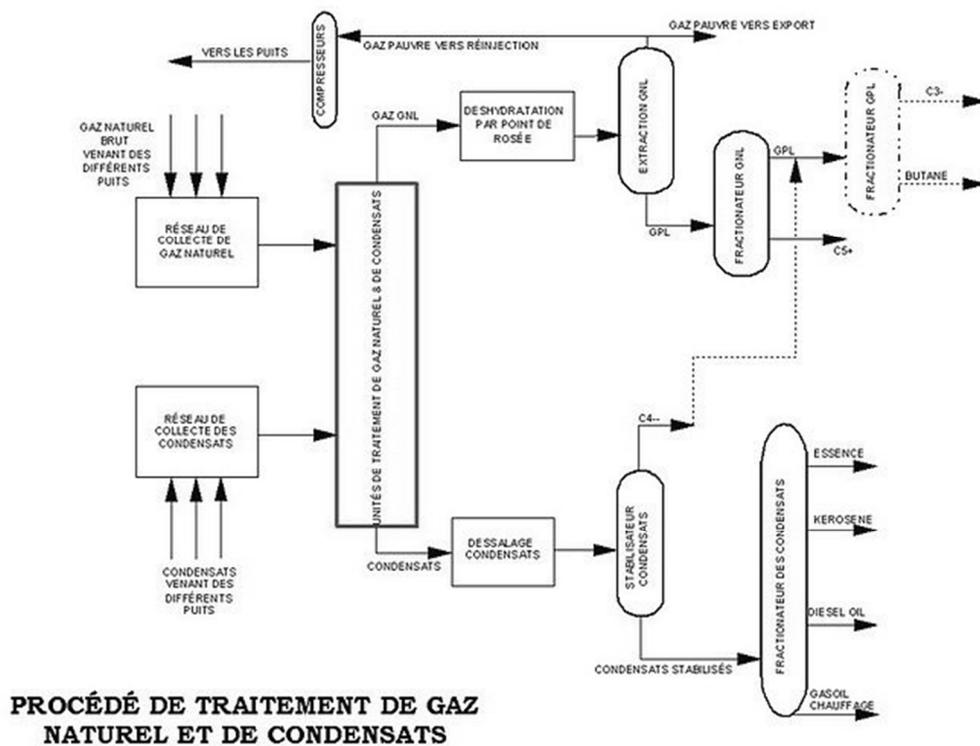
Le gaz naturel ainsi que ses différentes fractions peuvent être transportées sous forme :

- Gaz naturel comprimé (transport par gazoduc).
- Gaz du pétrole liquéfié (GPL).
- Gaz naturel liquéfié (GNL).
- Produits chimiques divers (méthanol, ammoniac, urée ...etc.).

Certains composants du gaz naturel doivent être extraits soit pour des raisons imposées par les étapes ultérieures de traitement ou de transport, soit pour se conformer à des spécifications commerciales ou réglementaires. Il peut être ainsi nécessaire d'éliminer au moins partiellement :

- L'hydrogène sulfuré H₂S : toxique et corrosif.
- Le dioxyde de carbone CO₂ : corrosif et de valeur thermique nulle.
- Le mercure : corrosif dans certain cas.
- L'eau conduisant à la formation d'hydrates.
- Les hydrocarbures qui se condensent dans les réseaux de transport.
- L'azote : de valeur thermique nulle.

Les spécifications à respecter pour le gaz traité sont liées aux conditions de transport par gazoduc, ces spécifications de transport visent à éviter la formation d'une phase liquide (hydrocarbure ou eau), le blocage de la conduite par des hydrates et une corrosion trop importante. On impose dans ce cas une valeur maximale aux points de rosée (eau et hydrocarbures) [10].



21/10/1989 TTD

Figure II-1 : procédé de traitement de gaz naturel et de condensats.[12]

II-7. Définition de GPL :

Le gaz de pétrole liquéfié est un mélange gazeux composé essentiellement de Butane et propane à température ambiante et pression atmosphérique ; néanmoins, le tableau II-3 montre un exemple du mélange de GPL.

Le composant du GPL	% molaire
Méthane	0,32
Ethane	1,12
Propane	60,95
Iso butane	15,46
Normal butane	22,14
Iso pentane	0,01

Tableau II-3: composition molaire de GPL. [11]

La composition chimique de G.P.L. est variable selon les normes et ses utilisations dans différents pays (50%,50% en France et 95%,5% aux états-unis). Il peut contenir ; le propylène, butène, et une faible quantité de méthane, éthylène, pentane, et exceptionnellement d'hydrocarbures tels que le butadiène, l'acétylène et le méthylacrylique [11].

II-8.Les sources des GPL :

Les gaz de pétrole liquéfié (GPL) sont produits principalement :

1- Dans les raffineries de pétrole brut, soit au cours de la distillation du pétrole ; soit pendant le craquage thermique ou reforming catalytique des produits en vue de la production des essences.

2- Dans les unités de traitement et de séparation du gaz naturel (GN) qui a pour but de séparer et de recueillir les condensats (propane, butane, essences légères etc.....)

3- Par récupération directe des gaz séparés du brut [11].

II-9.Caractéristiques générales des GPL :

➤ La formule chimique :

Le Butane et le Propane appartiennent au groupe des alcanes dont la formule générale est : $C_n H_{2n+2}$.

La formule chimique du Butane est la suivante : $C_4 H_{10}$, celle du Propane est :

$C_3 H_8$.

➤ Odeur :

Le GPL est inodore à l'état naturel, mais on doit ajouter un odorant, ce sont des composés sulfures tel que le diéthylmercaptane ou le diméthylsulfide pour des raisons de sécurité.

➤ Tension de vapeur :

La TVR du GPL est de 8 et 2 bars pour le propane et le butane respectivement à 20 °C.

➤ Dilatation :

À l'état liquide, le GPL a un haut coefficient de dilatation dont il faut tenir compte lors de leur stockage (les sphères ne doivent jamais être complètement remplies).

➤ Densité :

Aux conditions normales de température et pression, le GPL est plus lourd que l'air, avec l'augmentation de la température la densité diminue à titre exemple : À 38 °C la densité est égale 0,534, la densité est très importante dans le GPL commerciale.

➤ Température d'ébullition :

A la pression atmosphérique la température d'ébullition de propane est de (- 42 °C), celle de butane est de (- 6 °C).

➤ Pouvoir calorifique :

C'est la propriété la plus intéressante étant donné que le GPL est traditionnellement utilisé pour les besoins domestiques :

- Iso-butane : PC = 29460 (kcal/kg).
- Normal butane : PC = 29622 (kcal/kg).
- Propane : PC = 22506 (kcal/ kg).

➤ Impuretés :

Le plus important est les soufre, la teneur en soufre est inférieure ou égale à 0,005 % en masse, ainsi l'eau l'un des impuretés importants.

- Le GPL est non corrosif à l'acier mais généralement aux cuivres et ces alliages ou l'aluminium.
- Le GPL n'a aucune propriété de lubrification et cet effet doit être pris en considération lors de la conception des équipements du GPL (pompes et compresseurs) Le GPL est incolore, que ce soit en phase liquide ou en phase gazeuse.
- Le GPL ne sont pas vraiment toxiques, ils présentent tout au plus un léger pouvoir anesthésiant s'ils sont inhalés longuement et provoquer des migraines et des maux d'estomac.
- Le GPL lorsqu'il se répend sous sa forme, hors d'un container sous pression produisant du froid : au contact de la peau, il provoque des brûlures caractéristiques appelées « brûlures froides ».

- Le poids spécifique du GPL est environ la moitié de celui de l'eau.
- Le gaz propane à une densité de 1,5 fois de l'air.
- Le GPL n'est ni toxique ni corrosif vis à vis des aciers.
- Le GPL n'est pas de propriétés lubrificatrices et ceci doit être pris en considération lors du dimensionnement des compresseurs et des pompes.
- Le GPL est caractérisé par un indice d'octane recherché (RON) naturellement élevé atteignant aisément 98. Cette propriété découle en fait directement de des valeurs de RON de chacun de ces constituants. Par ailleurs, son indice d'octane moteur (MON) est, lui aussi légèrement plus élevé que celui des essences classiques [10].

II-10. Les Avantages et inconvénients techniques de GPL :

- L'homogénéité du mélange air- GPL donne une meilleure régularité du couple moteur aux bas régimes mais perd environ de 5% de puissance à haut régime, les reprises se font plus souples. Le fonctionnement du moteur est plus silencieux et les vibrations diminuent contrairement aux carburants classiques la combustion du GPL ne laisse aucun dépôts (calamine) et procure au moteur et au lubrifiant une longévité accrue. Les révisions peuvent être espacées tous les 30000 Km.
- La surconsommation du GPL est de l'ordre de 15 à 20% par rapport aux carburants traditionnels.

- Il existe un inconvénient majeur à l'encombrement, le réservoir peut amputer le volume du coffre. Toutefois les constructeurs proposent dès la conception de leurs modèles une version GPL avec réservoir intégré.
- Pollution évitée.
- Les gaz d'échappements sont exempts de poussières, de plomb et de soufre.
- Les émissions en oxyde de carbone sont réduites principalement en circulation urbaine.
- Le GPL carburant répond bien aux problèmes de pollution des villes. [11].

II-11.Demande actuelle de gaz naturel :

Entre 1985 et 1995, la demande mondiale d'énergie a augmenté à un rythme moyen de 1,6 % par an [12].

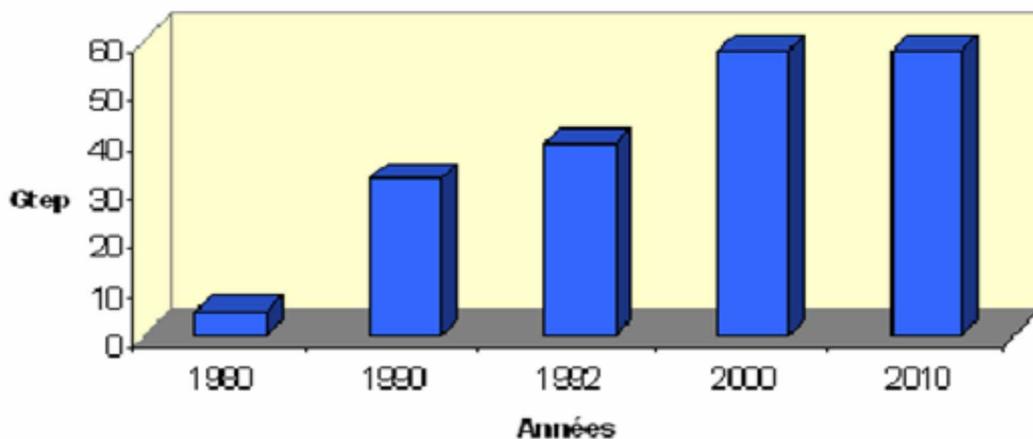


Figure II-2: Production du gaz naturel en Algérie.[12]

- La consommation nationale du GPL :

La consommation nationale du GPL a connu un rythme très élevé à partir de 1970, suite à la mise en place de nouvelles capacités d'entassement en 1980 par 29 centres des distributions portant la capacité de 1,2 millions de tonnes/an en une équipe, soit l'équivalent de 43 centres en futur implantés à travers l'ensemble du territoire national. La consommation est passée de 148.000 tonnes en 1970 et à 720.000 tonnes en 1975 pour atteindre 1,9 millions de tonnes en 2004.

➤ Exportation du GPL :

Accroissement substantiel des quantités à l'exportation en 2005; 8,5 millions de tonnes dont 6 millions de tonnes en propane. L'année 1997 illustre parfaitement le rôle de notre industrie sur le marché international. Les marchés méditerranéens et américains (U S A) restent les principaux marchés et représentent près de 75% des exportations [12].

II-12.Domains d'utilisation du GPL :

➤ Le GPL carburant :

Dés 1912, aux USA le GPL carburant alimentait les voitures, néanmoins, cette innovation reste sans lendemain, car il n'était utilisé que comme carburant de substitution en cas de crises. Il fallut attendre les années 80 pour que la fiscalité devienne favorable dans certains pays et permet le développement des voitures équipées de la bicarburation. Le GPL carburant a largement prouvé ses qualités à être un carburant alternatif avantageux tant au plan économique qu'au plan écologique. Actuellement de nombreux pays possédant une flotte de véhicules roulant au GPL carburant, ce sont principalement : Les Pays-Bas, le Japon, l'Italie, l'Allemagne, la Grande-Bretagne, la France, les USA. L'indice d'octane élevé du GPL carburant permet leur substitution à l'essence sans modification du moteur. Le niveau alarmant de pollution devrait au contraire favoriser l'utilisation des véhicules GPL carburant, car il produit moins de CO₂ et de CO, il ne contient pas de Plomb. [10]

➤ Le GPL dans la pétrochimie :

La demande pétrochimique globale du GPL enregistre un taux de croissance de l'ordre de 10 %. Il est utilisé dans ce domaine comme charge de vapocraqueur à fin d'obtenir des oléfines.

➤ Le GPL dans la production d'électricité :

Il est utilisé pour la génération d'électricité pourrait être important si les conditions de nature économique venaient à être favorables, les marchés ciblés à cet effet, et qui sont attractifs pour le GPL.

➤ Le GPL dans les ménages :

Le butane et le propane qui sont obtenu par la séparation du GPL ont une grande importance dans les ménages. Le butane est utilisé principalement dans le secteur domestique pour la cuisine et le chauffage. Le propane représenté utilisé comme combustible dans les unités industrielles et artisanales en substitution domestique dans les régions non reliées au gaz naturel.

➤ Le GPL dans la climatisation :

Il est utilisé pour la construction des réfrigérateurs et des climatiseurs (moyenne capacité) grâce à sa détente d'absorption de la chaleur et de créer le froid.

➤ Le GPL dans L'agriculture :

L'utilisation du GPL dans ce secteur sera orientée vers l'aviculture, et certain culture sous-serre, le niveau de consommation prévu est relativement faible (40.000 tonnes/an) pour le court terme, il est attendu une évolution plus significative à moyen et long terme particulièrement par l'introduction dans le domaine de l'élevage (éclairage, climatisation, chauffage....etc.) [10].

II-13. Conclusion :

Incontestablement, Le gaz (GNL ou GPL) représente le cœur de l'énergie dans le monde ; dans ce chapitre, on a montré quelques propriétés de ses gaz sans oublier que le gaz Algérien est parmi les meilleurs par rapportauxgaz produit par les autres pays.

Chapitre III :

Différents types de stockage des GPL

III-1.Introduction :

Les gaz du pétrole liquéfiés sont stockés sous leur propre tension de vapeur et la pression de stockage dépend uniquement de la nature du produit stocké et la température de stockage.

III-2. Différents types de stockage des GPL :

On distingue quatre grands types de stockages : [4]

III-1-1.Stockage aérien sous pression :

C'est le mode de stockage le plus rencontré dans l'industrie des GPL car il permet un stockage économique de très grandes quantités avec un cout d'exploitation très faible. Le stockage est réalisé dans des réservoirs directement exposés à l'air ambiant.

La pression de stockage est la tension de vapeur à la température ambiante et dépend uniquement

- de la nature du produit stocké.
- des conditions atmosphériques.

Cela concerne :

La nature du produit stocké des conditions atmosphériques

- les réservoirs cylindriques
- les sphères
- les stockages souterrains
- les stockages sous talus
- les réservoirs petits vrac de propane et les bouteilles de propane et de butane commerciaux.

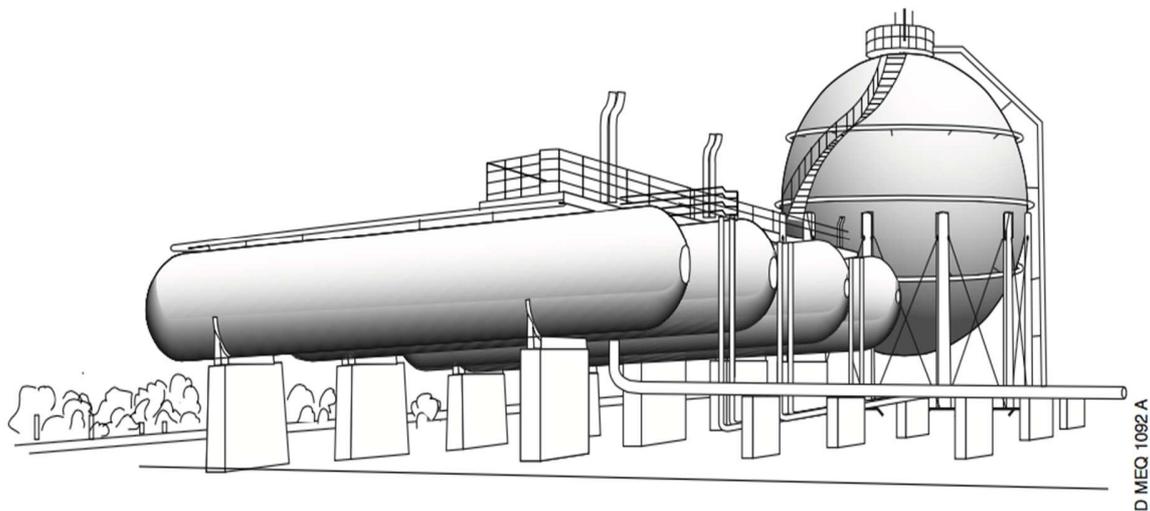


Figure III-1 : Vue extérieure de réservoirs sous pression.

III-2-1-1. Les sphères :

La forme sphérique permet de mieux utiliser la résistance de la tôle et d'obtenir un moindre coût d'investissement.

La gamme de capacités réalisables va de 200 m³ (□ 7 m de diamètre) jusqu'à 7000 m³. □ Le quotient de la surface extérieure par le volume est inférieur de 88 % à celui d'un cylindre de même volume ce qui réduit les échanges de chaleur avec l'air ambiant.

Compte tenu de la géométrie et la grande dimension, la construction des sphères est effectuée directement sur le site d'implantation à partir d'éléments transportables préfabriquée en usine.

III-2-1-2. Réservoirs cylindriques (cigares):

Ils peuvent être installés verticalement ou horizontalement. □ Ils ont une capacité limitée (jusqu'à 500 m³) et sont très sensibles à la mise sous vide. □ Les équipements rencontrés sur ces capacités sont identiques à ceux équipant les sphères.

III-2-1-3. Equipements des réservoirs sous pression:

Le schéma ci-dessous représente les principaux équipements d'un réservoir sous pression.

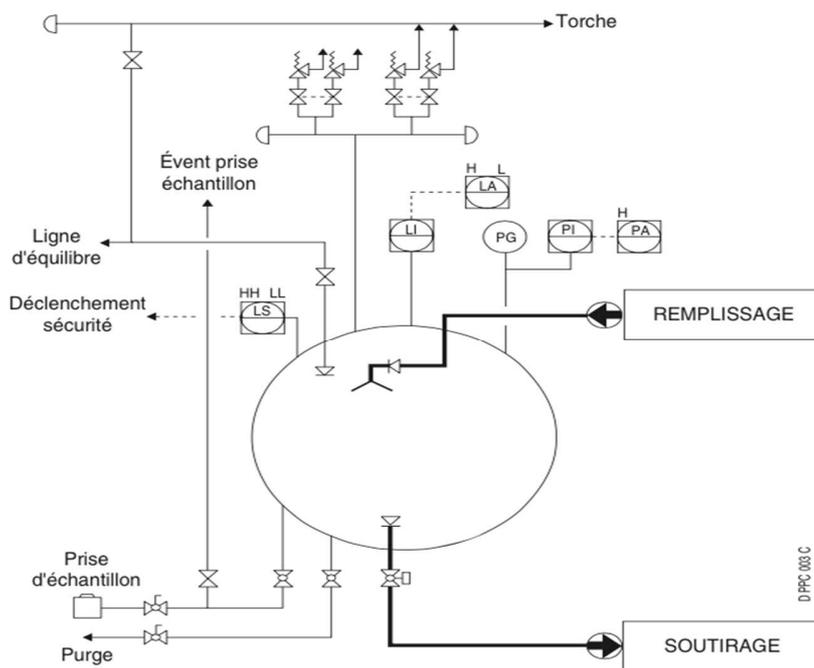


Figure III-2 : accessoires d'une sphère.

- la ligne de vidange située en partie inférieure. □
- la ligne de remplissage située en partie inférieure (dans ce cas c'est souvent la même ligne □ que la vidange) ou en partie supérieure. □
- une ligne éventuelle d'équilibre en phase gaz reliée à un autre stockage. □
- les mesures et les alarme de niveaux, de température et de pression. □
- les alarmes de niveaux et de pression. □

- les soupapes de sûreté contre les surpressions et sécurité feu. □
- les systèmes de protection anti-incendie. □
- les sécurités complémentaires des canalisations d'exploitation en phase liquide.

NB : on trouve les mêmes équipements pour les cigares.

III-3. Stockages sous talus (Réservoirs sous talus : RST) :

Il s'agit de réservoirs dont les parois sont recouvertes avec une couche protectrice à l'égard des effets thermiques et mécaniques. Cette couche protectrice a une épaisseur minimale de 1 m de matériau dense et inerte (terre, sable, matériau composite). □

Généralement tous les piquages et canalisations débouchent de la paroi en partie haute ce qui nécessite des pompes de soutirage immergées. [4]

III-3-1. Sphère sous talus :

La sphère est abritée sous un cocon autoporteur ou talus en "Texsol" : mélange de sable et de fils polyester (à raison de 130 km de fil par m³, soit 3 kg/m³) de masse volumique □ 1,9 t/m³.

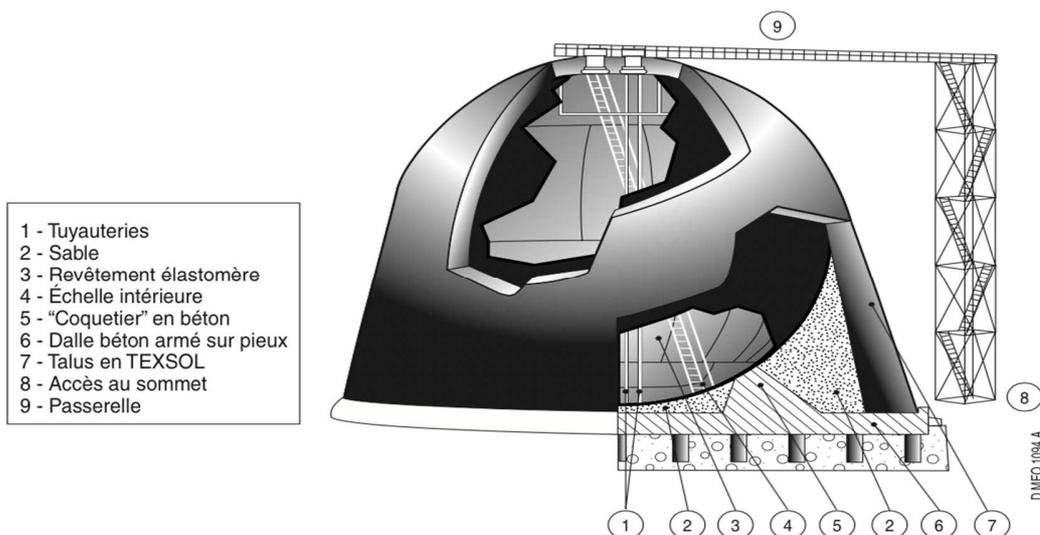


Figure III-3 : sphère sous talus.

La sphère repose sur un “coquetier” en béton. Cette dalle repose sur 84 pieux forés à 30 m de profondeur.

L'ensemble des équipements est positionné sur trois trous d'homme de 30 cm de diamètre situés au sommet de la sphère. Le transfert vers les autres sphères du dépôt s'effectue par 2 tuyauteries de 8 cm en phase liquide et une tuyauterie de 4 cm en phase gazeuse.

Sphère existante :

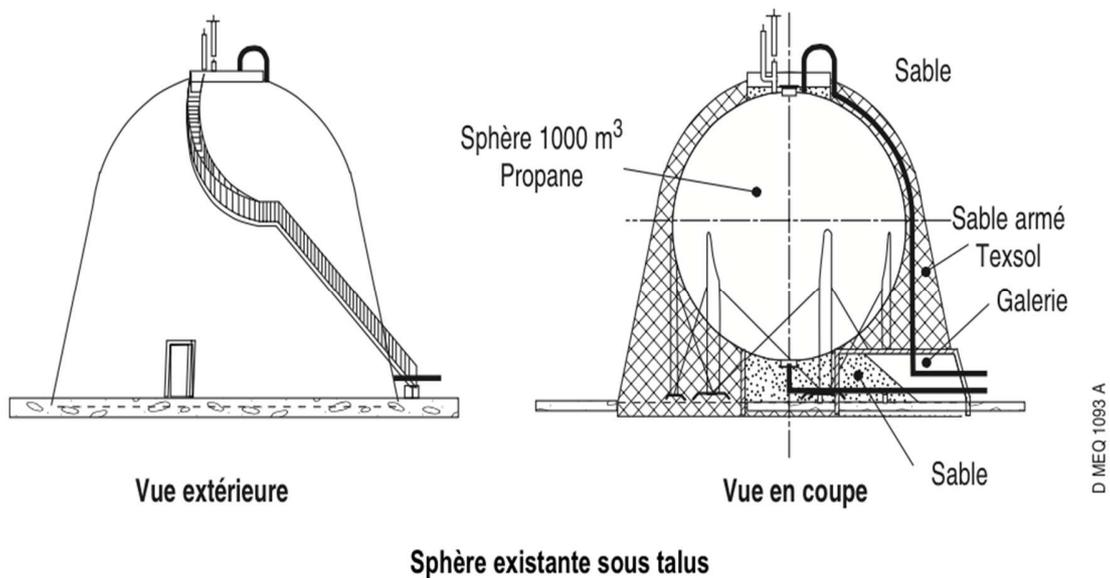
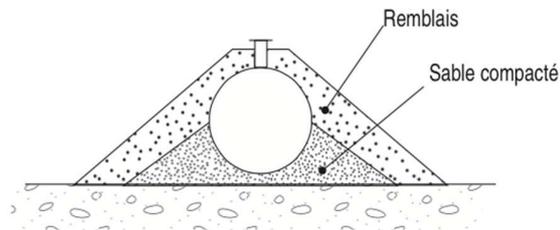
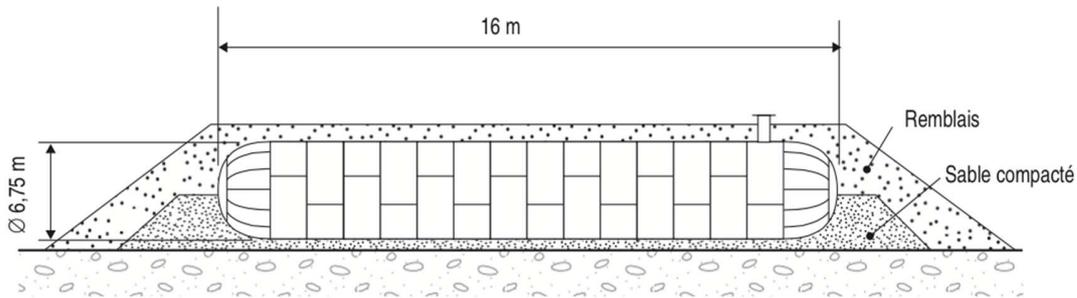


Figure III-4 : sphère sous talus.

III-3-2. réservoir cylindrique sous talus :

Après construction, ils sont protégés par un revêtement spécial puis recouvert (à l'exception des trous d'homme des tuyauteries ou de visite) de sable ou de terre compactés (2 t/m³ à 2,3 t/m³).

Il repose soit sur un lit de sable ou bien sur des supports.



D/MEQ 1095A

Réservoir GPL 1500 m³ sur lit de sable compact

Figure III-5 : réservoir cylindrique sous talus.

III-3-3. Stockages réfrigérés sous pression:

Dans l'état actuel des techniques, les stockages réfrigérés sont essentiellement aériens et concernent les sphères et les cigares. Ils sont bien entendu calorifugés.

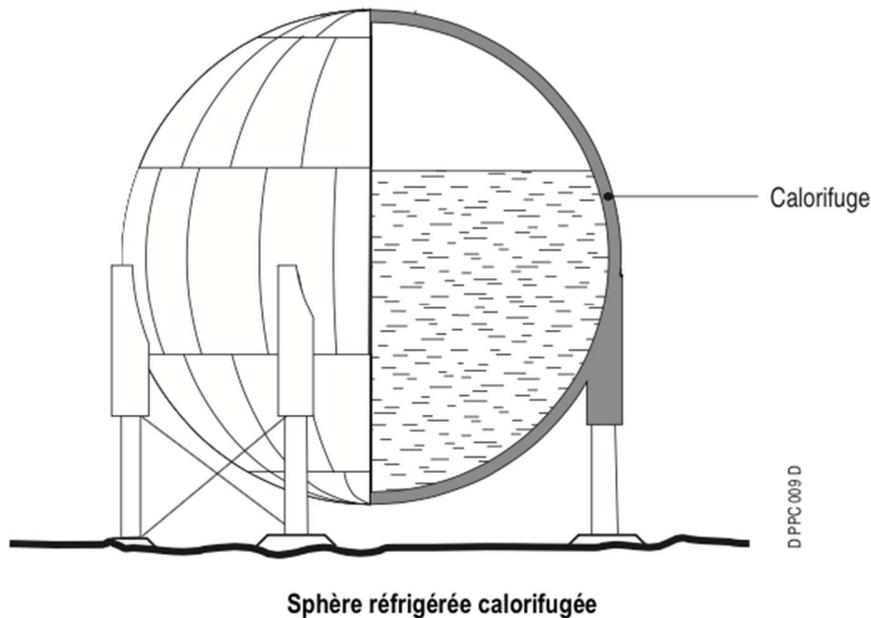


Figure III-6: sphère réfrigérée calorifugée.

Le stockage à basse température du produit provoque en continu une légère évaporation qui permet de maintenir la température constante. Comme pour les stockages cryogéniques, les vapeurs émises doivent être re-condensées pour minimiser les pertes.

III-3-4. Stockages cryogéniques :

Ce mode de stockage n'est pas trop utilisé pour le stockage des GPL, il est généralement réservé au stockage du GNL (gaz naturel liquéfié).

III-4. CONCLUSION

D'après notre stage, on a constaté que le type de stockage le plus utilisé est le stockage aérien (sous pression), c'est le cas dans notre étude on utilisant un réservoir cylindrique sous l'appellation d'un cigare.

Chapitre IV :
Les modes de
transfert de la
chaleur

IV-1. Introduction:

L'industrie gazière utilise couramment deux types de réservoirs, les réservoirs cylindriques, destinés à l'emmagasinage et au transport des gaz comprimés, liquéfiés et les réservoirs sphériques pour son emmagasinage. Ces réservoirs sont soumis à des contraintes mécaniques et thermiques et doivent par conséquent, résister à des pressions de stockage élevées tout en étant isolé thermiquement afin d'avoir un taux d'évaporation du gaz stocké le plus faible possible.

IV-2. Dimensionnement mécanique :

Les réservoirs de stockage sont construits avec de l'acier ayant certaines propriétés particulières telles, de l'acier faiblement allié, résistant à la corrosion, ayant une faible masse volumique, une limite élastique élevée, garantissant une bonne soudabilité et caractérisé par une faible conductivité thermique. Le dimensionnement mécanique des réservoirs, consiste en premier lieu à choisir le matériau à utiliser sur la base de considérations technico-économiques, en second lieu, il s'agit de déterminer l'épaisseur optimale de métal pour que le réservoir soit apte à résister à une pression de stockage donnée.

Considérons le cas d'un réservoir cylindrique avec calottes sphériques (Figure IV-1). En paroi mince, l'épaisseur de la virole est déterminée par: [Annexe].

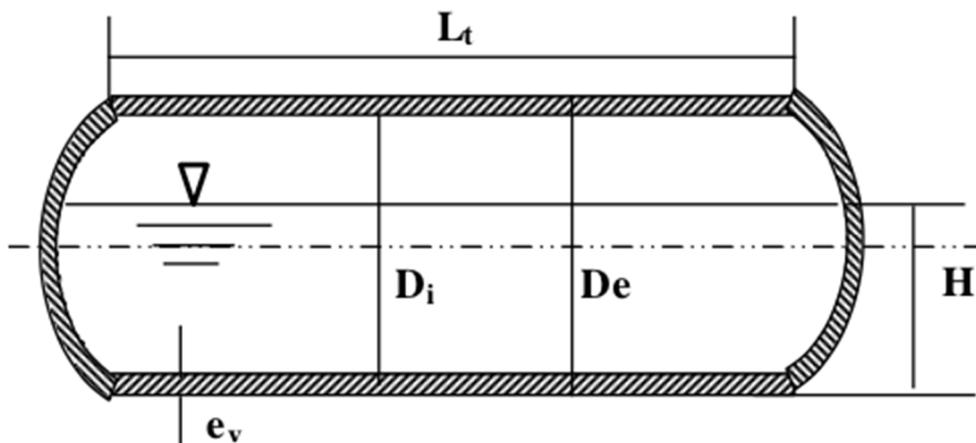


Figure IV-1 : réservoir de stockage de GPL. [3]

IV-3. Transfert de chaleur:

Lorsque la chaleur passe d'un corps chaud A à un autre corps froid B, on dit qu'il y a transfert de chaleur de A vers B, l'expérience montre que deux corps isolés de l'ambiance et à températures différentes échangent de l'énergie sous forme de chaleur jusqu'à la disparition complète de leur différence de température.

Cet échange peut se faire de trois façons différentes:[2]

- Transfert de chaleur par conduction.
- Transfert de chaleur par convection.
- Transfert de chaleur par rayonnement.

IV-4. Les modes de transfert de la chaleur:

Généralement, on distingue trois modes de transfert de la chaleur.

IV-4-1. La conduction :

Ce mode de transmission de chaleur s'applique plus particulièrement aux solides, mais concerne aussi les fluides au repos. Il correspond à une propagation de la chaleur de proche en proche au sein de la matière, le passage de la chaleur se faisant par contact entre particules (atomes ou molécules) voisines. La matière se comporte véritablement comme un conducteur de la chaleur. [2]

IV-4-2. La convection :

La transmission de chaleur par convection met en jeu le mouvement des fluides (gaz ou liquides). Ce mouvement permet l'échange de chaleur entre le fluide et une paroi et facilite la diffusion de la chaleur au sein de l'ensemble du fluide grâce à l'agitation produite. [2]

Dans la transmission de chaleur par convection, le fluide se comporte comme un véhicule de la chaleur.

La convection est dite naturelle ou libre lorsque le mouvement du fluide est créé par les

différences de masse volumique existant au sein du fluide du fait des différences de températures. Lorsque le mouvement est communiqué par une machine - agitateur, pompe, compresseur ou ventilateur - la convection est dite forcée. [2]

IV-4-3. Le rayonnement :

La transmission de chaleur par rayonnement correspond au transport d'énergie thermique sous forme d'ondes électromagnétiques analogues à celle de la lumière.

En effet, tout corps, même placé dans le vide, émet de l'énergie thermique sous forme d'un rayonnement qui est véhiculé sans support matériel. Cette émission est d'autant plus importante que la température du corps émetteur est élevée. Elle n'est cependant notable qu'à partir de 700 à 800°C. Dans le cas du soleil, dont la température superficielle est de l'ordre de 6000°C, l'émission thermique est particulièrement importante. [2]

Parallèlement, tout autre corps placé sur le trajet de ce rayonnement en absorbe une partie et, de ce fait, est un récepteur de chaleur.

Dans la pratique des procédés industriels, la mise en œuvre des échanges de chaleur fait appel simultanément aux différents modes de transmission de la chaleur. C'est en particulier le cas pour les fours tubulaires comme le montrent les exemples présentés ci-après :

- **Exemple 1 :**

Dans le cas d'un tube situé en zone de radiation, les 3 modes de transmission sont conjugués.

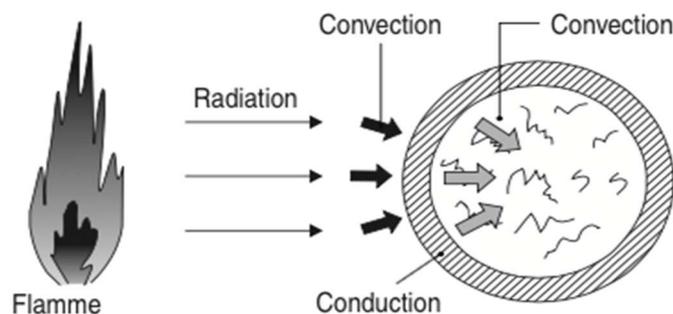


Figure IV-2 : Tube situé en zone de radiation.[2]

- les gaz de combustion transmettent de la chaleur à la paroi extérieure du tube par **rayonnement** et par **convection**.
- la chaleur est ensuite transmise au travers du tube par **conduction**.
- et par **convection** de la paroi interne du tube au fluide.

- **Exemple 2 :**

Pour un tube situé en zone de convection et qui ne voit pas la flamme, on rencontre les modes de transmission sont les suivants :

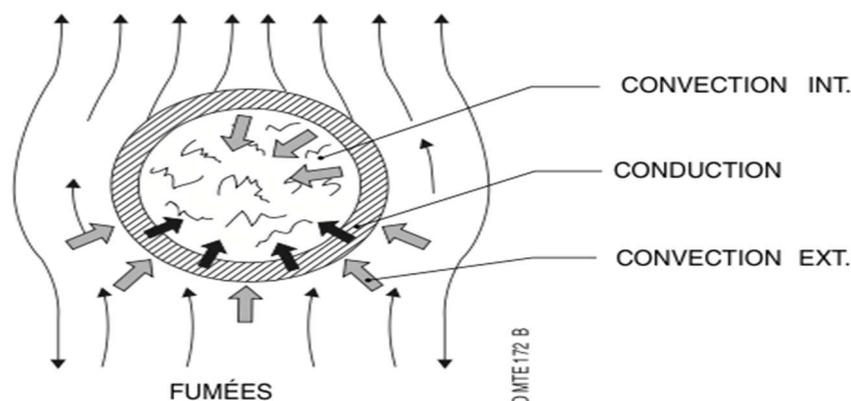


Figure IV-3 : Tube situé en zone de convection et qui ne voit pas la flamme.[2]

- transmission de la chaleur des fumées (à haute température) à la paroi extérieure du tube par convection et par rayonnement.
- par conduction à travers l'épaisseur du tube.
- et par convection à nouveau de la paroi interne du tube vers le fluide.

Dans les échangeurs de chaleur par surface, conçus pour permettre un échange entre 2 fluides séparés par une paroi, le processus de transmission fait appel simultanément à la convection et à la conduction.

IV-5. Définition d'un flux thermique :

Les échanges de chaleur dans les procédés industriels sont réalisés le plus souvent dans des appareils tubulaires dont les principales caractéristiques de fonctionnement sont :

- le débit de chaleur échangée, noté Q , qui exprime la quantité de chaleur transmise par unité de temps.

Il s'agit donc d'une puissance thermique dont l'unité dans le système international est le watt (W)

Le débit de chaleur échangée est aussi appelé charge thermique de l'appareil d'échange thermique.

- la surface d'échange qui correspond à la surface extérieure totale des tubes ou plaques constituant l'appareil. On la note habituellement A et elle s'exprime dans le système international en m^2 . Pour caractériser la mise en oeuvre de l'échange de chaleur, on utilise habituellement la notion de flux thermique Φ (phi) qui mesure le débit de chaleur échangée au travers de $1 m^2$ de surface d'échange. On a ainsi :

$$\Phi = \frac{Q}{A} \quad \text{(IV-1)}$$

Q : Flux thermique en W

A : Surface d'échange en m^2

Où Φ est la densité de flux thermique s'exprime en W/m^2 (dans le système international)

IV-5-1. Expression générale de la transmission de chaleur en conduction et convection :

Le flux thermique transmis dans l'échange de chaleur entre deux fluides au travers d'une paroi (conduction au travers de la paroi et convection de part et d'autre) dépend des conditions dans lesquelles est réalisé l'échange.

Les deux facteurs essentiels qui gouvernent l'échange thermique sont :

- L'écart de température ΔT qui existe entre le fluide chaud et le fluide froid. Celui-ci constitue l'élément moteur de la transmission de chaleur qui ne peut, bien entendu, avoir lieu que si les températures des fluides sont différentes. On l'appelle aussi

potentiel thermique et le flux thermique qui s'établit est d'autant plus grand que le potentiel thermique est plus élevé. [2]

- Les résistances que la chaleur rencontre dans la circulation entre les deux fluides. Elles sont caractéristiques des modes de transmission de la chaleur : convection pour chacun des fluides et conduction pour la paroi qui les sépare. Regroupées, elles se traduisent par une résistance globale R à la transmission de chaleur et il va de soi que plus la valeur de celle-ci est élevée, plus le flux thermique est faible pour un même potentiel thermique. [2]

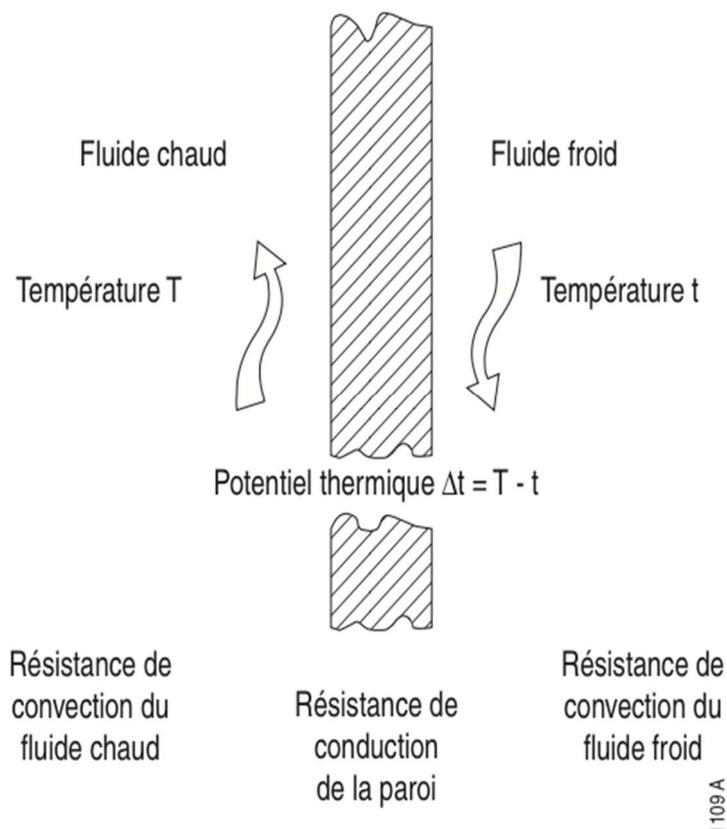


Figure IV-4 : Résistance global au transfert R.

On aboutit ainsi à l'expression générale de la transmission de chaleur en conduction et convection:[4]

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R} \quad (\text{IV-2})$$

Où Φ est la densité de flux thermique s'exprime en W/m^2 .

ΔT : Potentiel thermique $^{\circ}\text{C}$

R : La résistance à la transmission de chaleur s'exprime en $\text{W/m}^2\text{.}^{\circ}\text{C}$.

En considérant l'inverse de la résistance R à la transmission de chaleur $U = 1/R$, appelé coefficient global d'échange, l'expression de l'échange de chaleur s'écrit encore:

$$\Phi = U \cdot \Delta T \quad (\text{IV-3})$$

U s'exprime en $\text{W/m}^2\text{.}^{\circ}\text{C}$

IV-5-2. Transmission de chaleur par convection :

Dans une industrie de procédés mettant en œuvre des fluides, comme le raffinage et la pétrochimie, les mécanismes d'échange de chaleur dans les matériels thermiques comportent presque toujours un échange par convection faisant intervenir un fluide et une paroi.

Ce mode de transmission peut être décrit par un processus dans lequel interviennent les étapes représentées sur le schéma ci-dessous.

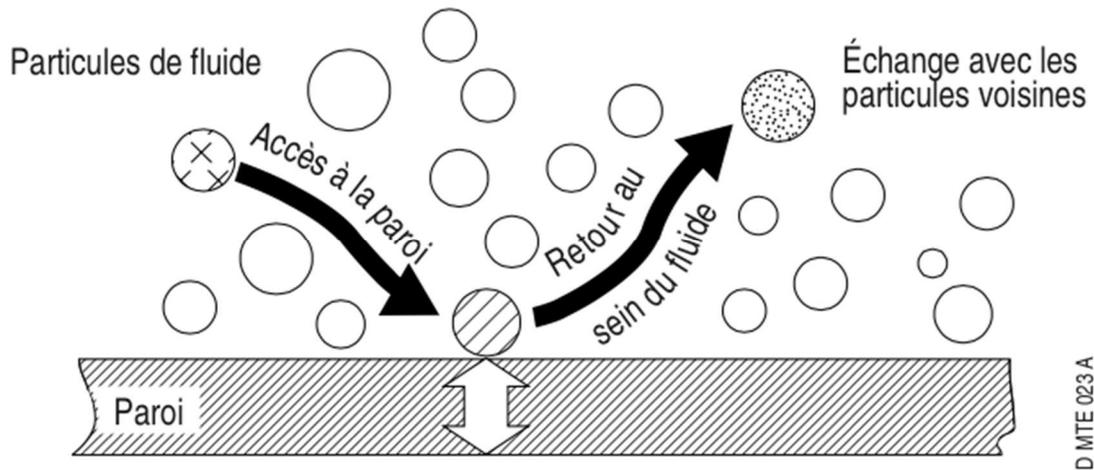


Figure IV-5 : contact et échange de chaleur avec la paroi.[2]

IV-5-3. Caractéristiques de l'absorption de chaleur par rayonnement :

D'une manière générale, lorsqu'un corps est exposé au rayonnement, l'énergie qu'il reçoit (énergie incidente) peut être :

- absorbée : cela se traduit par l'acquisition de chaleur par le corps exposé.
- réfléchi : c'est-à-dire renvoyée par le récepteur : il en est ainsi de la lumière parvenant à un miroir.
- transmise au travers du corps si celui-ci est transparent.

Ces différentes possibilités sont représentées sur le schéma ci-dessous.

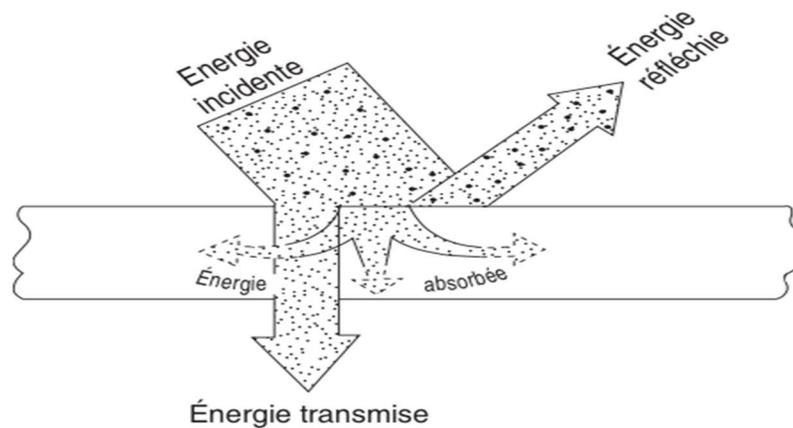


Figure IV-5 : différentes énergies contenues dans le transfert de chaleurs par rayonnement.[2]

Pour caractériser l'aptitude des matériaux à l'absorption de rayonnement on définit le facteur d'absorption α (alpha) comme le rapport du débit de chaleur absorbé à celui de chaleur incidente.

$$\alpha = \frac{\text{débit de chaleur absorbé}}{\text{débit de chaleur incident}} \quad (\text{IV-4})$$

Dans la pratique, on constate que les bons émetteurs sont de bons récepteurs du rayonnement, ce qui signifie que les matériaux dont l'émissivité est élevée ont des valeurs élevées du facteur d'absorption.

Les matériaux les plus sombres ont les valeurs du facteur d'absorption les plus élevées. Il ne s'agit en fait que d'une conséquence de leur aptitude à l'absorption : exposés à la lumière du soleil, ces matériaux ne réfléchissent qu'une faible part du rayonnement incident et paraissent sombres par opposition à l'argent poli qui en réfléchissant presque intégralement le rayonnement incident a l'aspect blanc du soleil.

IV-6.Conclusion :

Dans ce chapitre on a pu définir et voir les différents modes de transfert de chaleur et comprendre pourquoi les réservoirs de gaz de pétrole liquéfiés, par exemple, sont revêtus de peinture blanche ou type aluminium pour limiter leur échauffement sous l'effet du soleil.

Chapitre V :
Partie logiciel,
Résultats et
discussions

V-1.Introduction :

On va procéder dans ce chapitre à l'étude numérique. Le travail se focalise sur la variation des champs thermiques et dynamiques à l'intérieur d'un réservoir de stockage de propane. Le code utilisé pour cette étude de simulation est le logiciel FLUENT 6.3 dont la méthode de résolution de base est la méthode des volumes finis.

V-1. Présentation des logiciels de calcul :

Gambit et Fluent sont des logiciels sous licence commerciale, permettant de réaliser des simulations 2D ou 3D en mécanique des fluides allant de la construction du maillage avec Gambit jusqu'à la résolution des équations de Navier Stokes et au post-traitement selon Fluent. Largement répandus dans l'industrie (automobile, aéronautique, espace, etc...) en raison de leur interface graphique puissante et de l'abondance de leurs options, ils permettent de réaliser des simulations sur tous types de géométries complexes (fixes ou mobiles) associées à des maillages fixes ou adaptatifs et avec des modèles physiques variés (laminaire, turbulent, etc...).

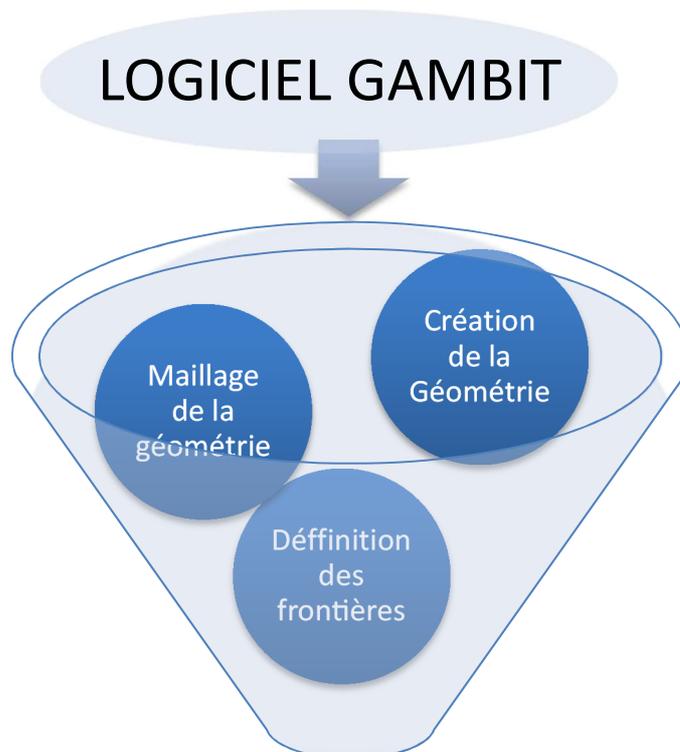


Figure V-1-a : Schéma des étapes à utiliser pour la simulation sur le logiciel Gambit.

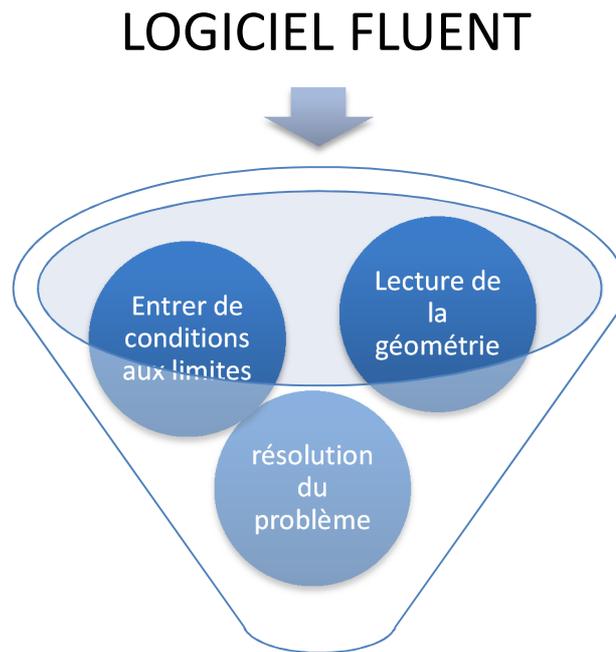


Figure V-1-b : Schéma des étapes à utiliser pour la simulation sur le logiciel Fluent.

V-2-1. Le préprocesseur Gambit :

C'est un pré processeur intégré pour l'analyse en CFD, utilisé pour construire une géométrie et générer son maillage structuré ou non structuré en coordonnées cartésiennes, polaires, cylindriques ou axisymétriques. Il peut réaliser des maillages complexes en deux ou trois dimensions rectangulaires ou triangulaires.

Les options de génération de maillage de Gambit proposent une flexibilité de choix. On peut décomposer la géométrie en plusieurs parties pour générer un maillage structuré, sinon Gambit génère automatiquement un maillage non structuré adapté au type de géométrie construite.

Les défauts sont détectés à l'aide de son interface comportant plusieurs fenêtres d'outils de création, génération, vérification du maillage du modèle étudié et l'incorporation des conditions aux limites. [6]

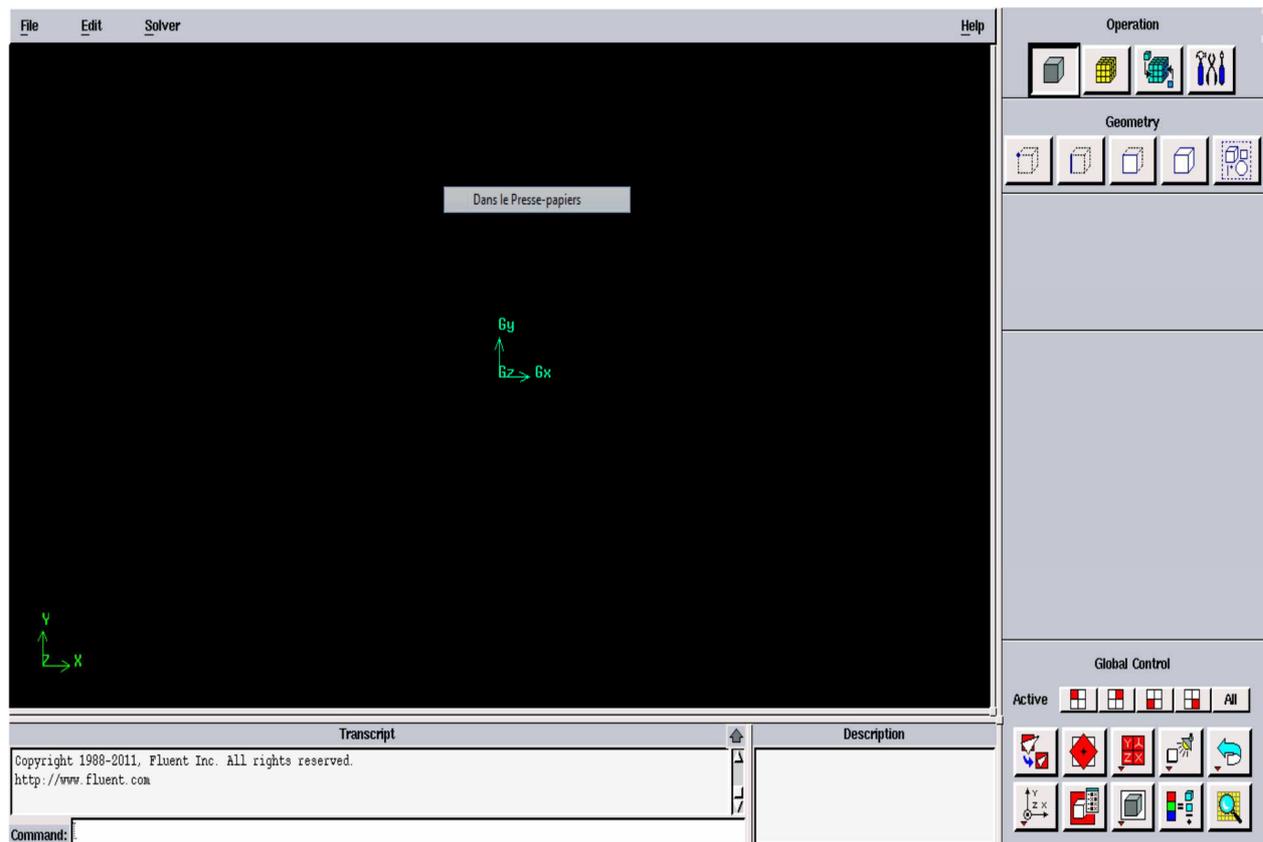


Figure V-2 : Vue globale de Gambit.

V-2-2. Construction du maillage sous GAMBIT :

La première étape dans le processus de génération du maillage consiste à tracer le profil dont on souhaite évaluer les performances. On définira ensuite l'espace qui entoure le profil avant de mailler les différentes faces ainsi créées.

Lorsque le maillage est terminé et que les conditions aux limites sont correctement imposées, il ne reste qu'à exporter ce maillage dans un format lisible par le solveur, Fluent en l'occurrence. Ceci se fait par la commande *File/Export/Mesh* qui permet d'écrire un fichier de maillage avec l'extension .msh. Cochez l'option « Export 2-D mesh ».

V-2-3. Proposer les conditions aux limites :

Il faut définir le type de conditions aux limites que l'on souhaite imposer sur les différentes limites du domaine de calcul. On commence par choisir le solveur qui sera utilisé par la suite: *Solver/Fluent5/6 ou Solver/Fluent4*. [6]

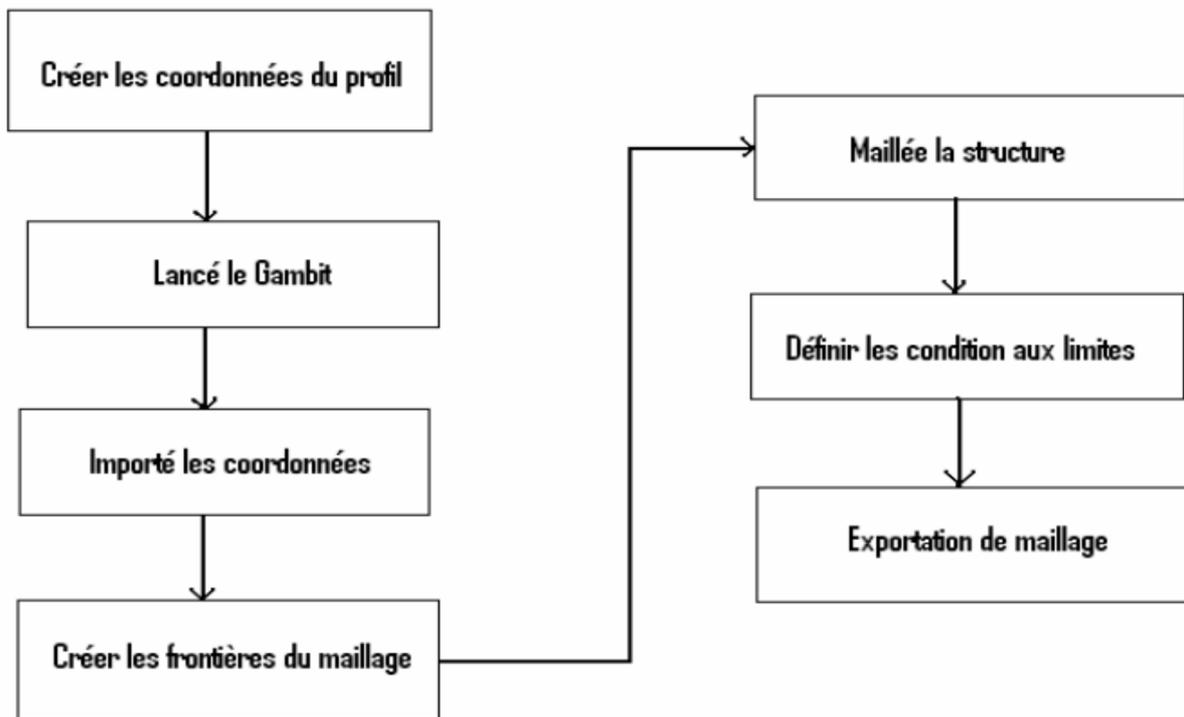


Figure V-3: Processus de génération d'un maillage dans le « GAMBIT ».

V-2-4. Le solveur Fluent :

Une fois que le maillage pour notre problème est terminé, il faut passer à la résolution des équations du problème. Ces équations sont résolues au moyen d'un programme qu'on nomme solveur. Ce dernier c'est le Fluent. Il utilise la méthode des volumes finis. Ce procédé est souvent utilisé pour la résolution de problèmes d'écoulements numériques.

L'interface du Fluent est relativement simple dans sa prise en main. Il faut commencer par importer un maillage sur lequel on va travailler. Une fois le maillage en place, il est nécessaire de définir les paramètres pour le calcul et choisir le modèle physique du problème. [6]

On attribue les paramètres initiaux et les conditions aux limites. Selon le modèle, il faut aussi paramétrer la turbulence puis on lance le calcul.

« FLUENT » contient également un outil de visualisation des résultats qui permet d'afficher les champs de température et de vitesse dans notre domaine d'étude. Nous avons décrit les étapes à suivre pour lancer un calcul à partir du maillage exposé précédemment. [6]

Ces étapes constituent une marche à suivre générale pour les calculs d'écoulement dans une géométrie bien déterminée.

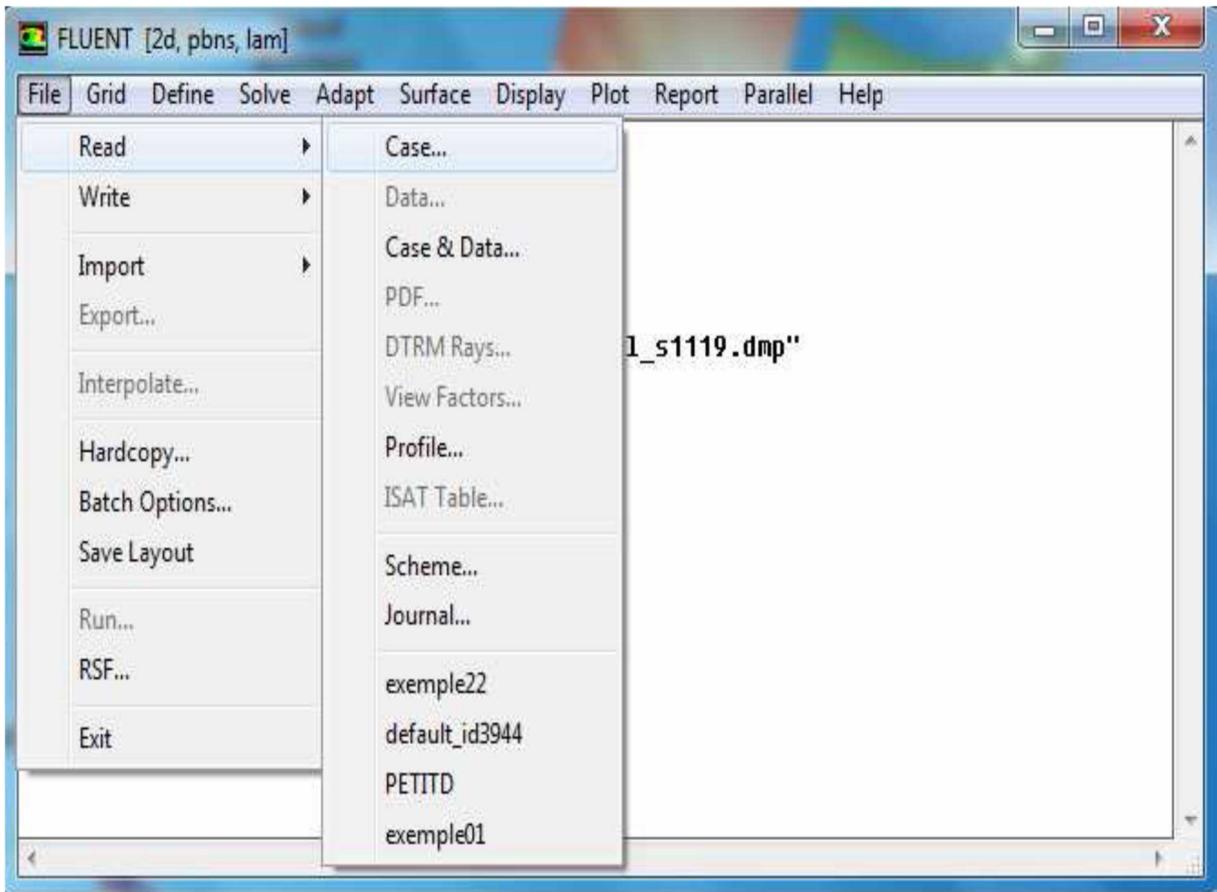


Figure V-4 : Vue globale du « FLUENT ».

La génération du calcul dans «FLUENT» passe par les étapes suivantes :

- 1- Charger la géométrie par Fluent. **File** → **Read Case**
- 2- Vérification du maillage. **Grid** → **Check**

3- Afficher le maillage. **Display** → **Grid**

4- Définir le Model de solution. **Define** → **Solver**

5- Définir le Model de Turbulence. **Define** → **Models** → **Viscous**

6- Définir la Matière. **Define** → **Materials**

7- Définir les conditions aux limites. **Define** → **Boundary** → **Conditions**

8- Choix du control de solution. **Solve** → **Controls** → **Solution**

9-Enregistrer les informations liées au problème. **File** → **write Case &dat**

Le fichier Case (regroupe toutes informations liées à la géométrie).

Le fichier dat (contient tous les paramètres et données des calculs).

10-Initialiser le calcul. **Solve** → **Initialize**

11-Vérifier les résidus des calculs. **Solve** → **Monitors** → **Residual**

12-Choisir du nombre des itérations et lancer les calculs. **Solve** → **Iterate**

13-Post traitement des résultats. (**Display, Plot, Repport etc.**)

V-3.Réalisation de maillage avec le logiciel Gambit :

Concernant notre étude la géométrie et le maillage utilisés sont réalisés à l'aide du logiciel Gambit.

Les dimensions du réservoir cigare sont :

- Longueur totale de cigare $L_t=19,84$ m.
il est composé :
 - d'une paroi cylindrique :
Longueur $L_{cyl}=18,14$ m.
Diamètre $D_{cyl}=3,4$ m.
Épaisseur $e_{cyl}=0,0157$ m.
 - deux viroles demies sphériques :
Épaisseur $e_v= 0,0224$ m.
Diamètre $D_v=3,4$ m.

Après plusieurs essais sur le logiciel de calcul fluide on a abouti à un maillage qui n'influence pas sur les résultats, alors on la prend comme un maillage adapté pour notre cas d'étude.

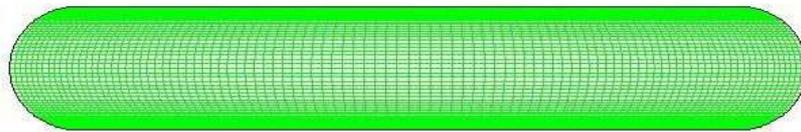


Figure V-5 : Schéma général de réservoir cigare.

V-4. Modélisation mathématique :

V.4.1. Equation de continuité :

En appliquant le principe de conservation de masse. L'expression de l'équation de continuité en coordonnées cartésiennes est la suivante :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} = 0 \quad (\text{V-1})$$

Où : u et v représentent les composantes longitudinale et transversale de la vitesse.

V.4.2. Equations de la quantité de mouvement :

L'expression mathématique des équations de conservation de la quantité de mouvement en coordonnées cartésiennes s'écrit sous la forme :

- **L'équation de mouvement suivant la direction x :**

La projection sur l'axe des x permis d'écrire les équations suivantes

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} + \rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] \quad (\text{V-2})$$

- **L'équation de mouvement suivant la direction y:**

La projection sur l'axe des y permis d'écrire les équations suivantes

$$\rho \frac{\partial v}{\partial t} + \rho u \frac{\partial v}{\partial x} + \rho v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right] \quad (\text{V-3})$$

V.4.3. Equation de l'énergie :

En n'appliquant le premier principe de la thermodynamique pour un fluide newtonien incompressible. L'équation de l'énergie s'écrit sous la forme :

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho u c_p \frac{\partial T}{\partial x} + \rho v c_p \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial p}{\partial t} + u \frac{\partial p}{\partial x} + v \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + S \quad (\text{V-4})$$

V-5. Paramètres de simulation par fluent :

Une fois que la géométrie a été créée, que les conditions aux limites ont été définies, il faut exporter le maillage pour que fluent soit capable de le lire et de l'utiliser.

-les paramètres d'entrer de code fluent sont :

1. choix de schéma :

Le schéma qui a été retenu pour la convection naturelle est un schéma 2D, instationnaire et un model laminaire.

2. propriété du fluide :

Le fluide en mouvement à l'intérieur de réservoir propane (C_3H_8), dont les caractéristiques sont prises en compte par fluent.

3. propriété du solide :

Le réservoir (cigare) est constitué d'acier et d'une couche de peinture blanche.

4. conditions extérieures :

La pression ambiante est prise a la pression atmosphérique, ce qui correspond 101325 Pa. La température est prise maximale est égale $T_{ext}=323$ K.

5. conditions aux limites :

Pour notre cas d'étude on a imposé :

- sur le toit de réservoir des densités flux radiatifs différents donnés respectivement ($\Phi_1=60$ W/m², $\Phi_2=80$ W/m², $\Phi_3=100$ W/m², $\Phi_4=200$ W/m²).

- pour le bas et les deux viroles on les considère comme adiabatique par rapport à l'emplacement de réservoir sur le site.

V.6. Résultats et discussions :

Pour notre étude sur la propagation de la température dans le réservoir de stockage de propane, on suppose plusieurs densités de flux de chaleur absorbé :

($\Phi_1=60 \text{ W/m}^2$, $\Phi_2=80 \text{ W/m}^2$, $\Phi_3=100 \text{ W/m}^2$, $\Phi_4=200 \text{ W/m}^2$).

Φ W/m ²	t=60s		t=3600s		t=10800s		t=21600s	
	T _{min} (K)	T _{max} (K)						
60	297,5381	344,9692	297,8482	349,8248	297,9154	350,1188	297,9488	350,2296
80	297,5045	348,2293	297,8319	353,287	297,9022	353,5853	297,9376	353,6996
100	297,4701	351,4705	297,8205	356,6175	297,895	356,9314	297,9325	357,0494
200	297,3127	366,3644	297,7651	372,0431	297,8593	372,3955	297,9037	372,5788

Tableau V-1: Influence de la densité de flux absorbé sur la température dans un intervalle de temps

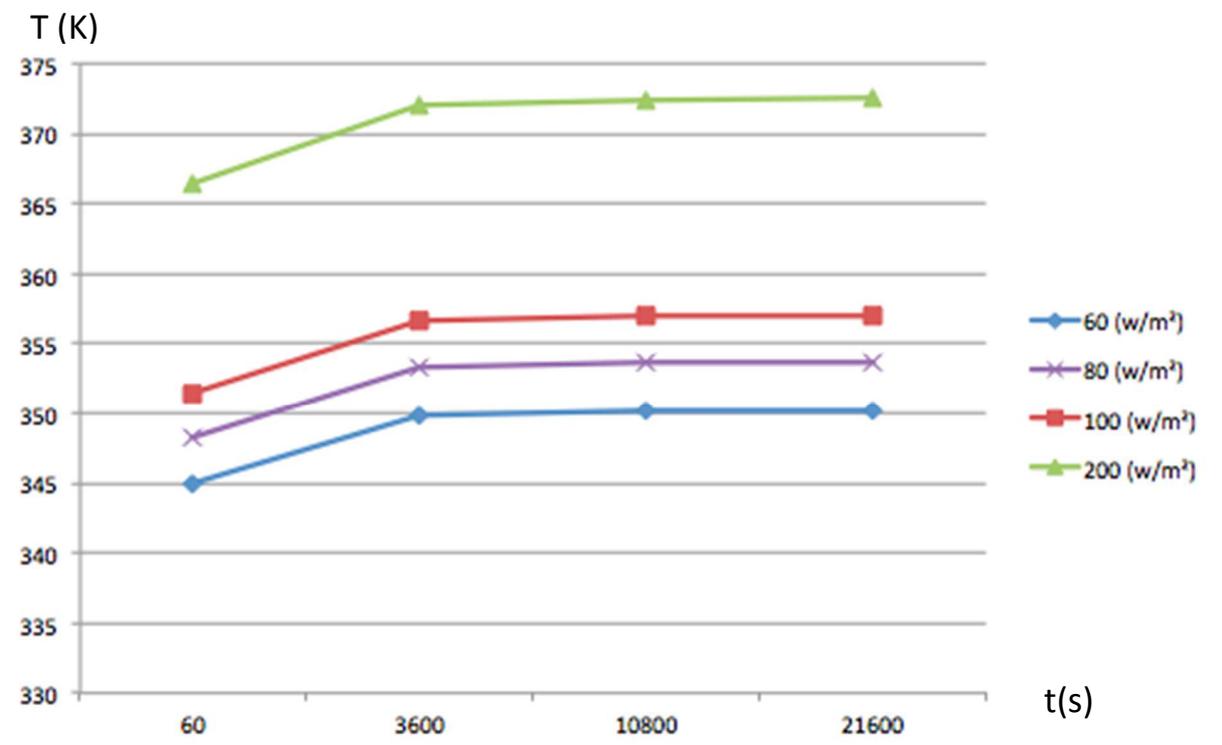


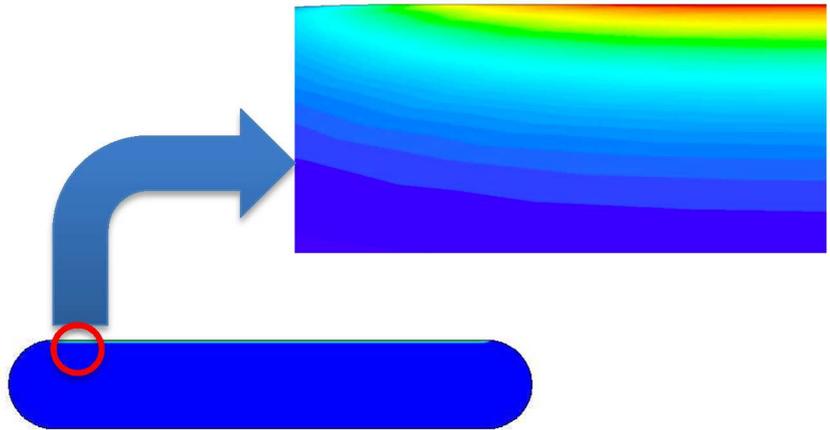
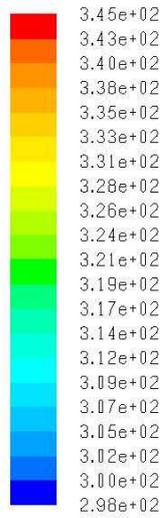
Figure V-6 : Influence de la densité de flux absorbé sur la température dans un intervalle de temps

Le tableau V-1 montre qu'il y a augmentation de température en fonction du temps (1min, 1h, 3h, 6h), et en fonction des densités de flux proposés.

La figure V- 6 montre que pour chaque densité de flux une augmentation de la température en fonction du temps, une augmentation de la température entre 60 et 3600 secondes et tend à se stabiliser au delà de 3600 secondes.

On constat, une augmentation de température en fonction du temps jusqu'à une certaine limite ou le fluide (gaz) devenu saturée puis les maximales de températures reste constante pour la même densité de flux de chaleur.

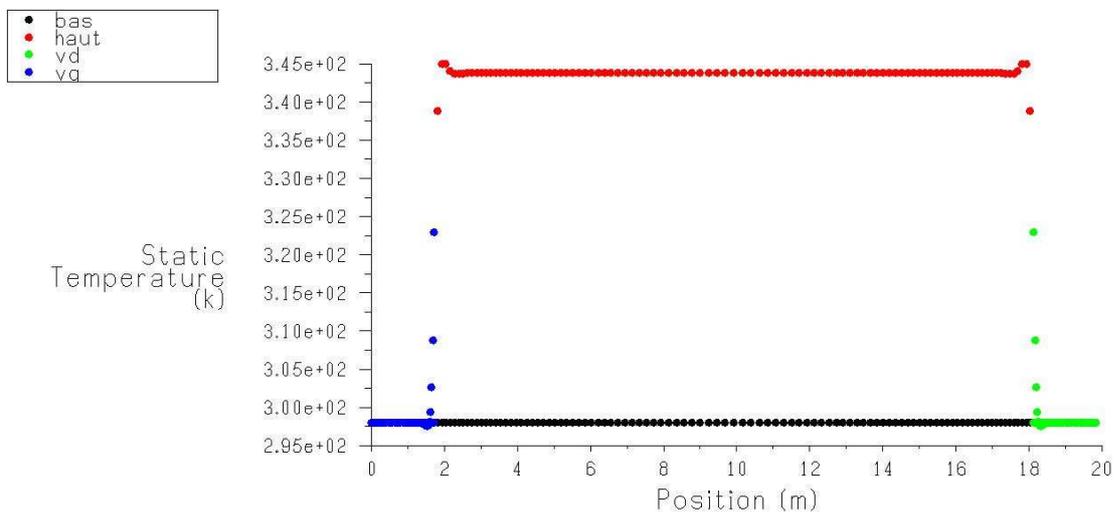
1^{ème} cas : $\Phi=60(w/m^2)$



Contours of Static Temperature (k) (Time=6.0000e+01)

FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady) Sep 19, 2015

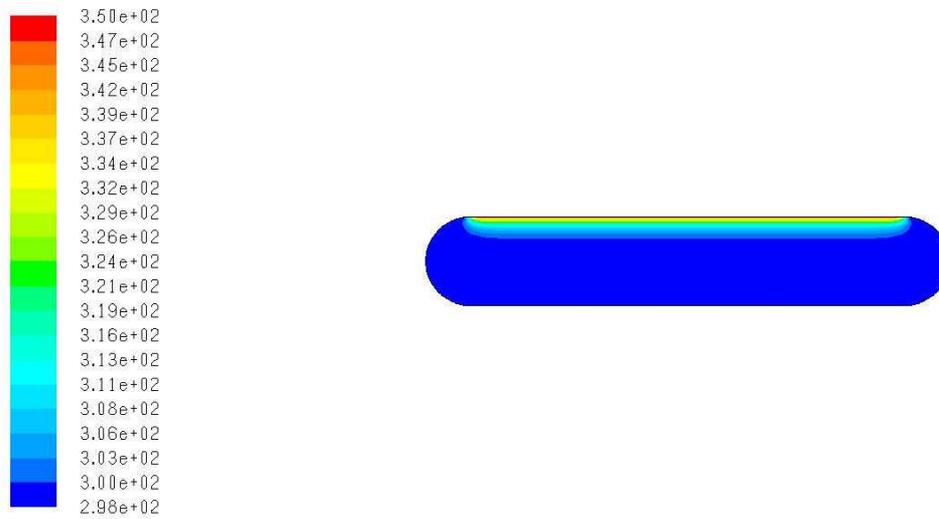
Figure V-7-1-a : Profil de température à t=1min



Static Temperature (Time=6.0000e+01)

FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady) Sep 19, 2015

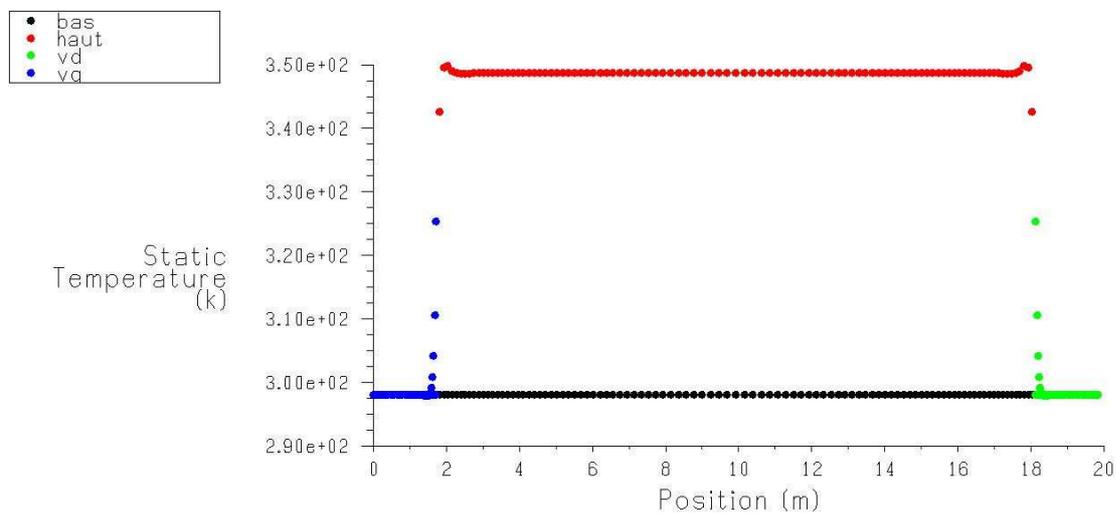
Figure V-7-1-b : Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi=60w/m^2$ à t=1min



Contours of Static Temperature (k) (Time=3.6000e+03)

Sep 19, 2015
FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady)

Figure V-7- 2-a : Profil de température à t=1heure



Static Temperature (Time=3.6000e+03)

Sep 19, 2015
FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady)

Figure V-7- 2-b : Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi = 60\text{w/m}^2$ à t=1heures

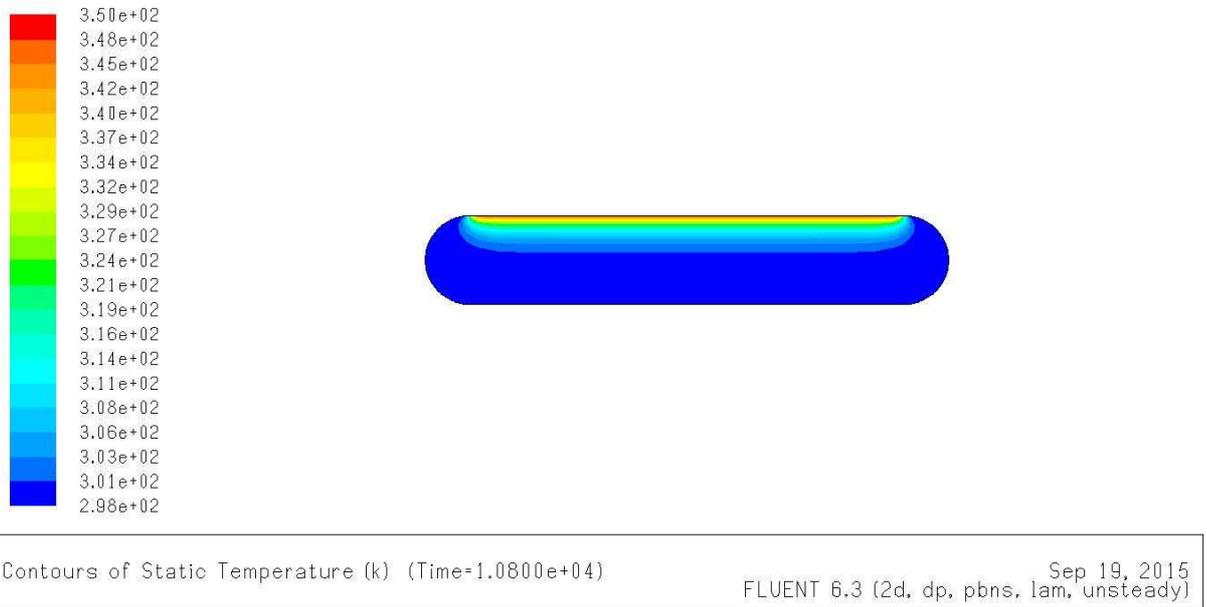


Figure V-7- 3-a : Profil de température à t=3 heures

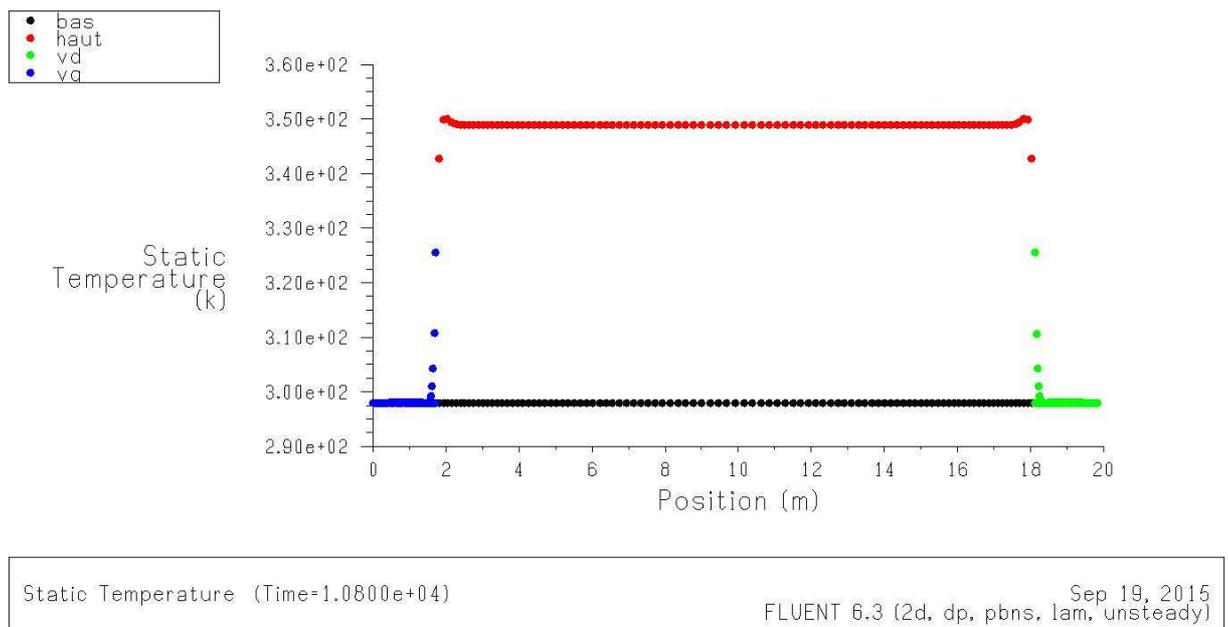
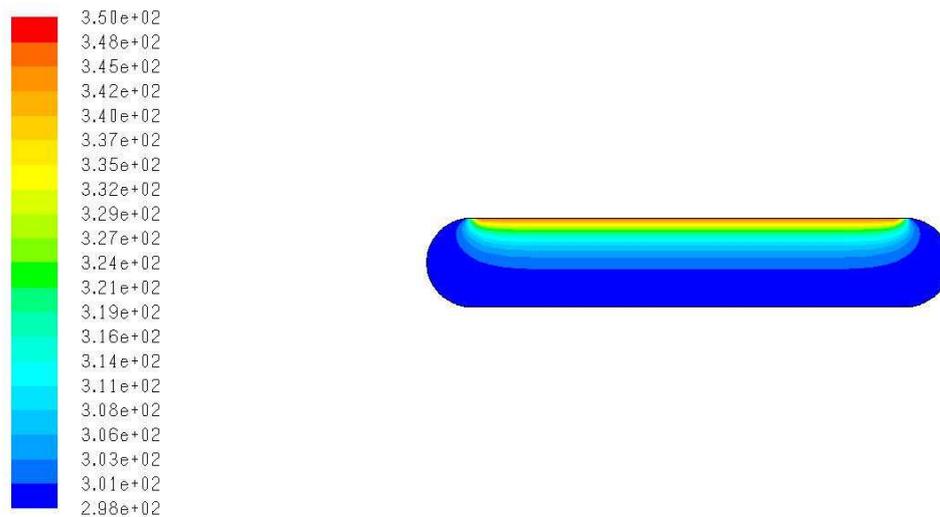


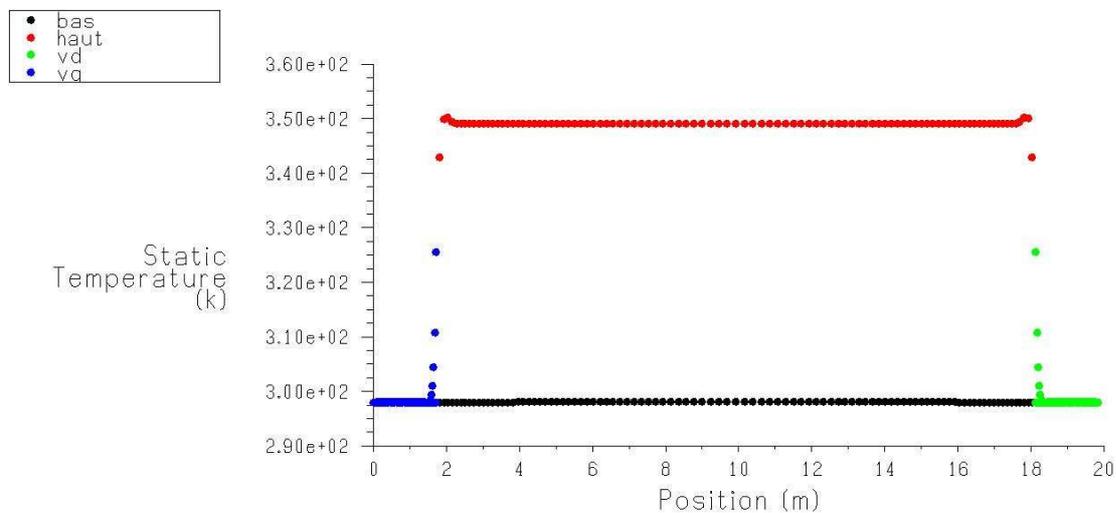
Figure V-7- 3-b : Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi = 60\text{w/m}^2$ à t=3heures



Contours of Static Temperature (k) (Time=2.1600e+04)

Sep 19, 2015
FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady)

Figure V-7- 4-a : Profil de température à t=6 heures



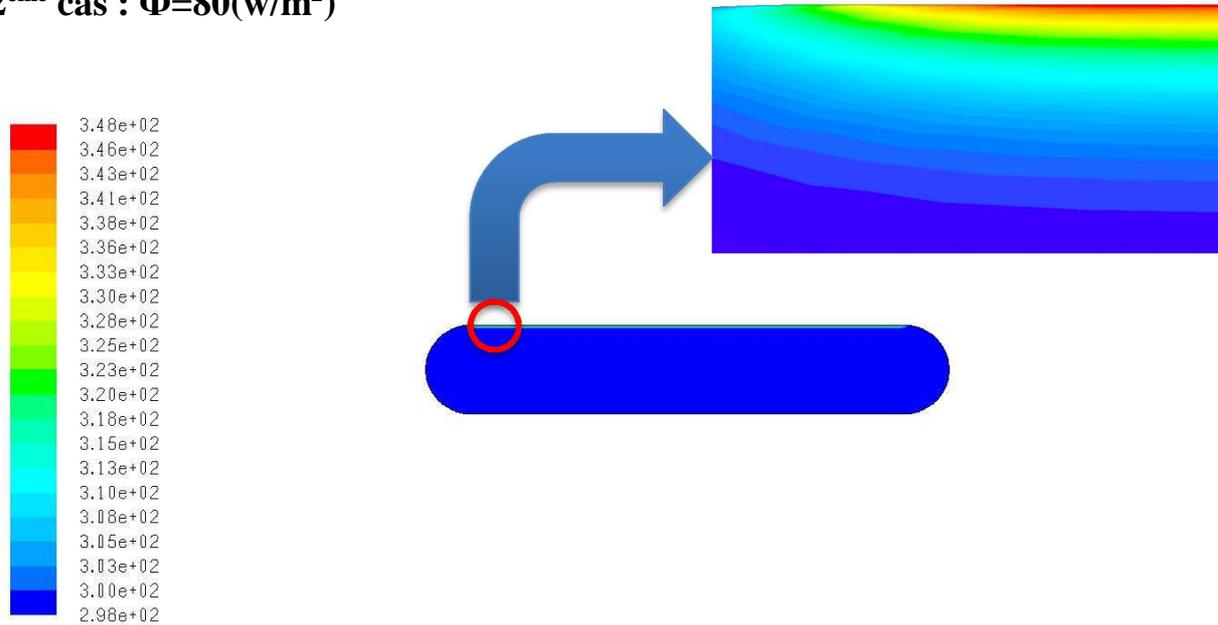
Static Temperature (Time=2.1600e+04)

Sep 19, 2015
FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady)

Figure V-7- 4-b : Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi = 60\text{w/m}^2$ à t=6heures

D'après les figures de 1^{er}cas, En fixant la valeur de la densité de flux $\Phi=60\text{w/m}^2$ et en variant le temps on observe que le gradient de température est en augmentation ($T_{\min}=298\text{K}$, $T_{\max}\approx 350\text{K}$) ainsi la transmission d'une certaine quantité de chaleur de haut du réservoir vers le bas.

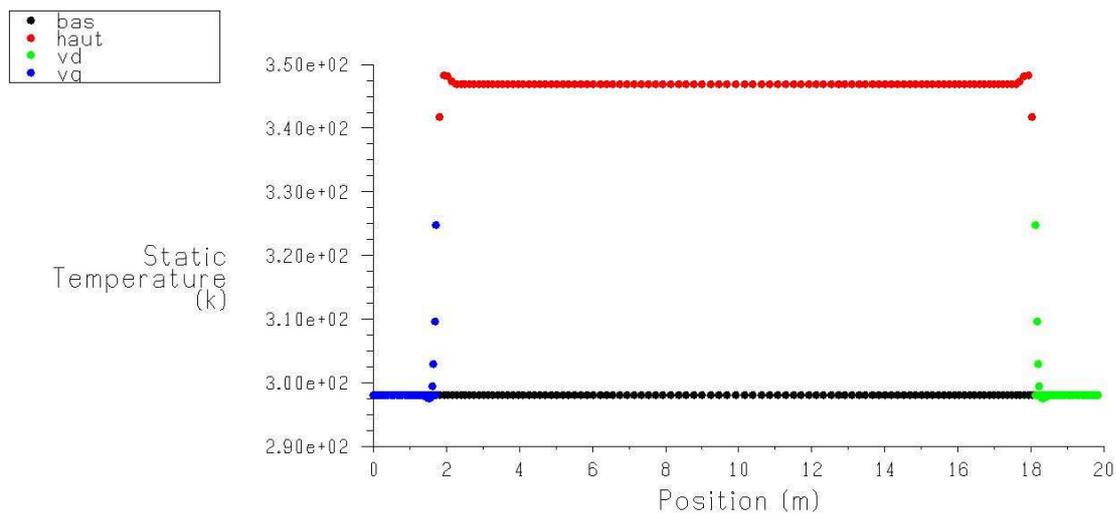
2^{ème} cas : $\Phi=80(w/m^2)$



Contours of Static Temperature (k) (Time=6.0000e+01)

FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady) Sep 19, 2015

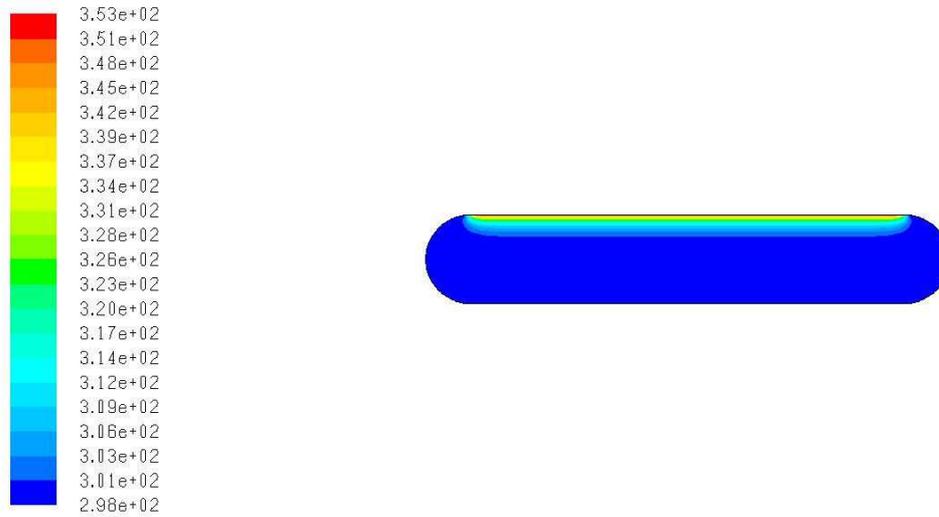
Figure V-8- 1-a : Profil de température à t=1min



Static Temperature (Time=6.0000e+01)

FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady) Sep 19, 2015

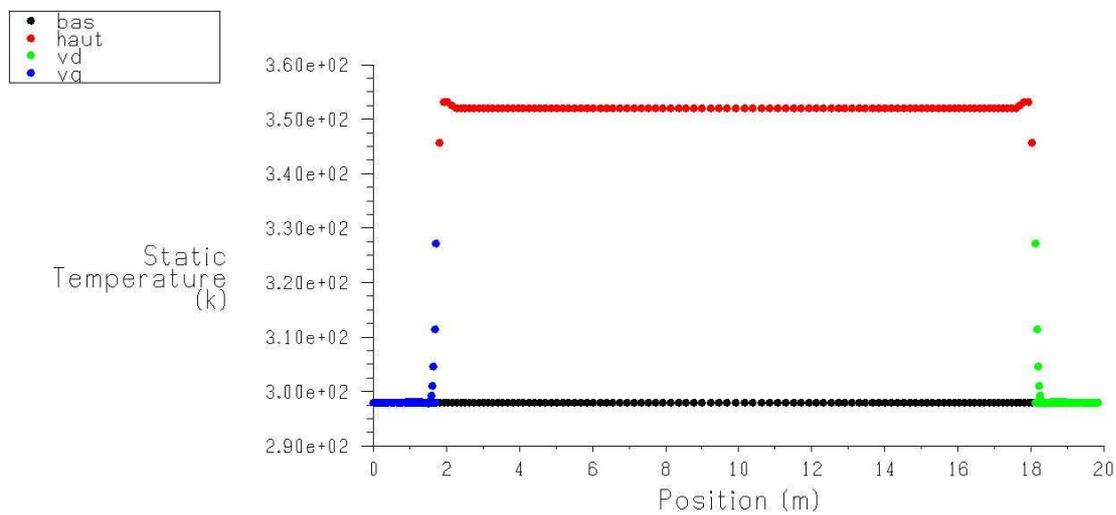
Figure V-8- 1-b : Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =80w/m^2$ à t=1min



Contours of Static Temperature (k) (Time=3.6000e+03)

FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady) Sep 19, 2015

Figure V-8- 2-a: Profil de température à t=1heure



Static Temperature (Time=3.6000e+03)

FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady) Sep 19, 2015

Figure V-8- 2-b : Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi = 80\text{w/m}^2$ à t=1heures

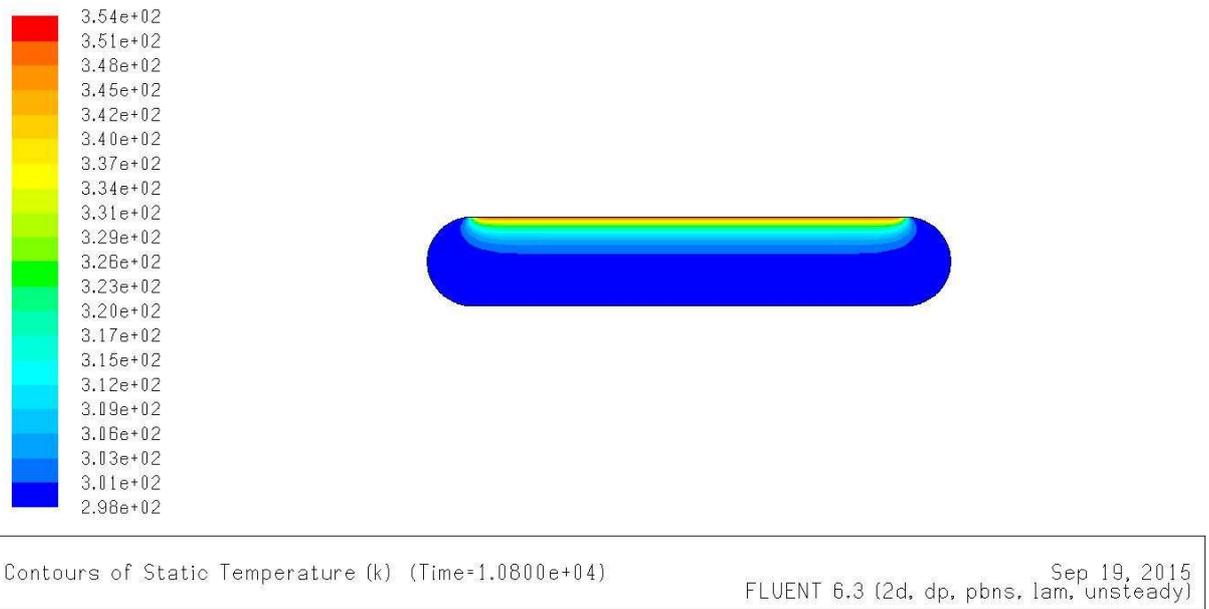
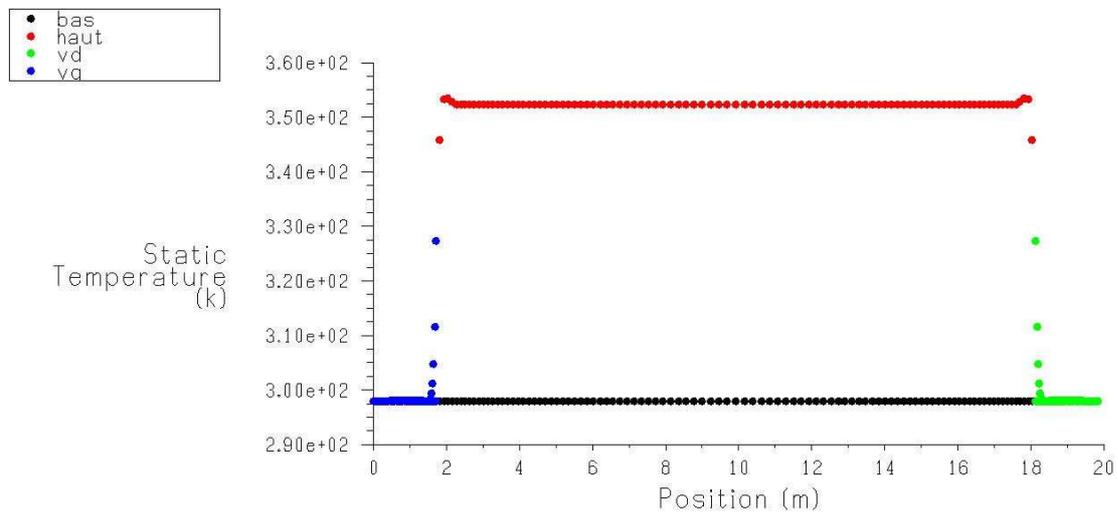


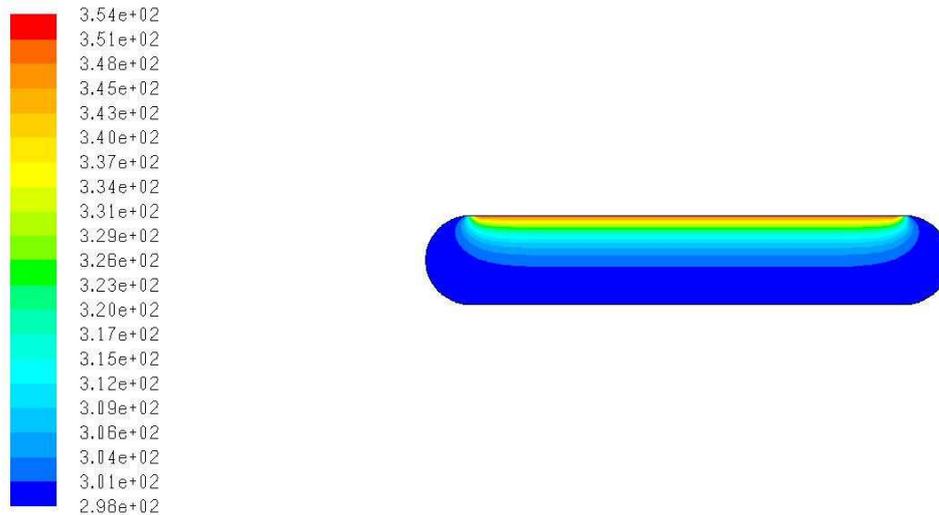
Figure V-8- 3-a : Profil de température à t=3 heures



Static Temperature (Time=1.0800e+04)

FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady) Sep 19, 2015

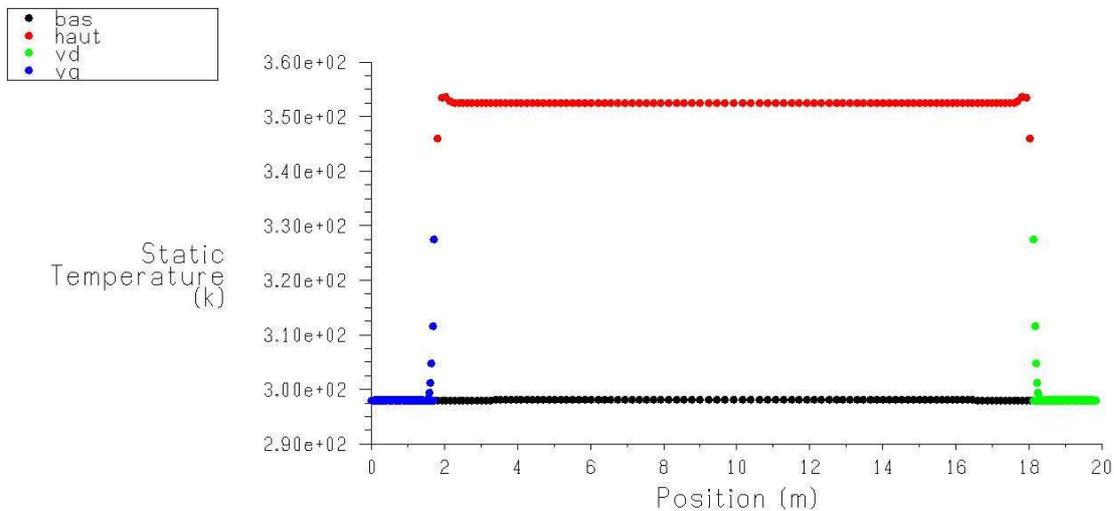
Figure V-8- 3-b : Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi = 80\text{w/m}^2$ à t=3heures



Contours of Static Temperature (k) (Time=2.1600e+04)

FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady) Sep 19, 2015

Figure V-8- 4-a : Profil de température à t=6 heures



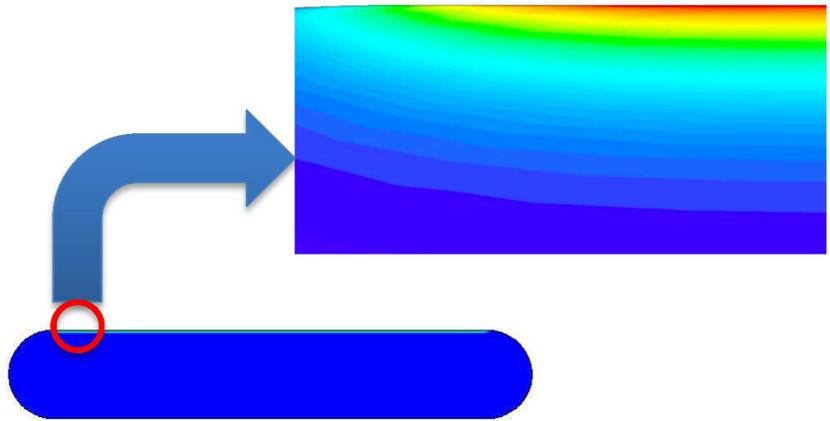
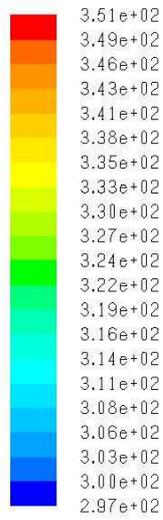
Static Temperature (Time=2.1600e+04)

FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady) Sep 19, 2015

Figure V-8- 4-b : Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi = 80\text{w/m}^2$ à t=6heures

D'après les figures du 2^{ème} cas, en fixant la valeur de la densité de flux $\Phi=60\text{w/m}^2$ et en variant le temps on observe que le gradient de température est en augmentation ($T_{\min}=298\text{K}$, $T_{\max}\approx 355\text{K}$) ainsi la transmission d'une certaine quantité de chaleur de haut du réservoir vers le bas.

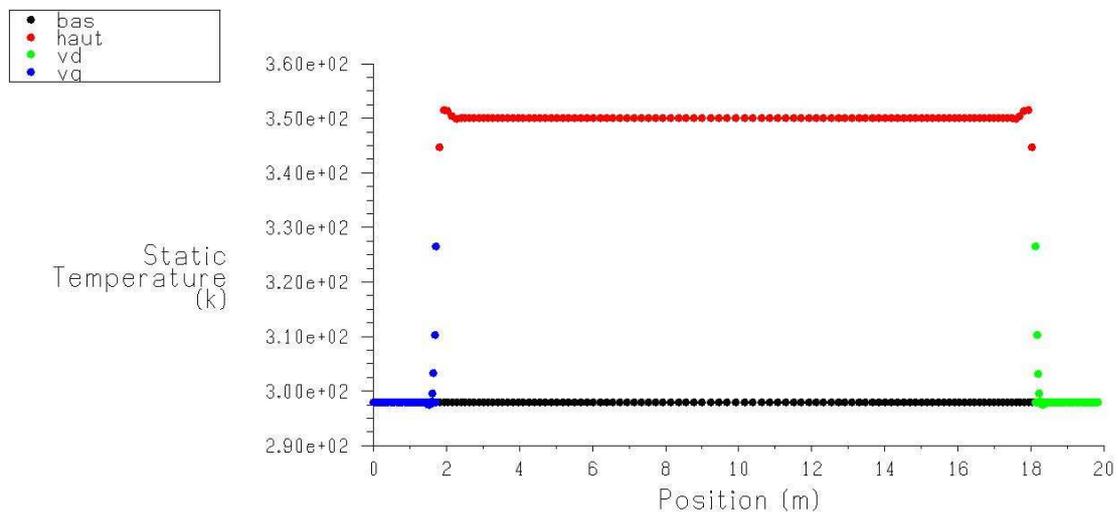
3^{ème} cas : $\Phi=100(\text{w/m}^2)$



Contours of Static Temperature (k) (Time=6.0000e+01)

FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady) Sep 19, 2015

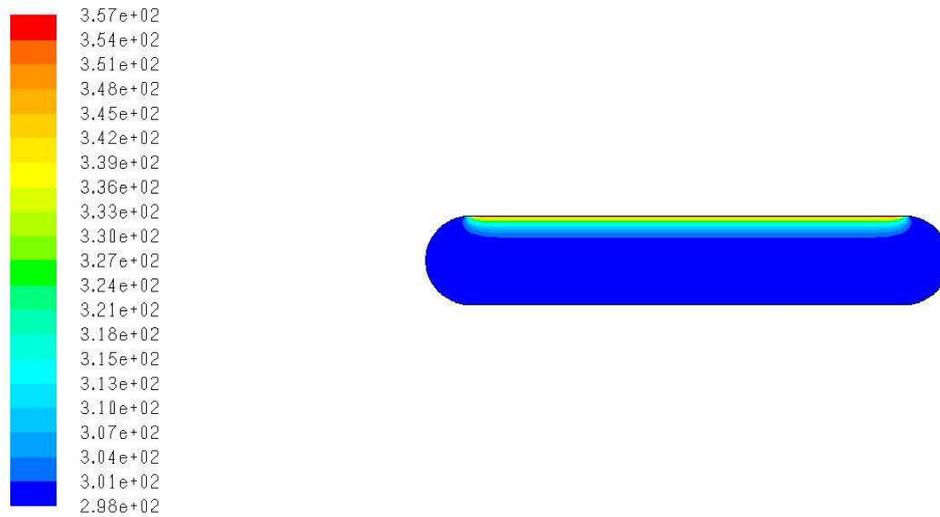
Figure V-9- 1-a : Profil de température à t=1min



Static Temperature (Time=6.0000e+01)

FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady) Sep 19, 2015

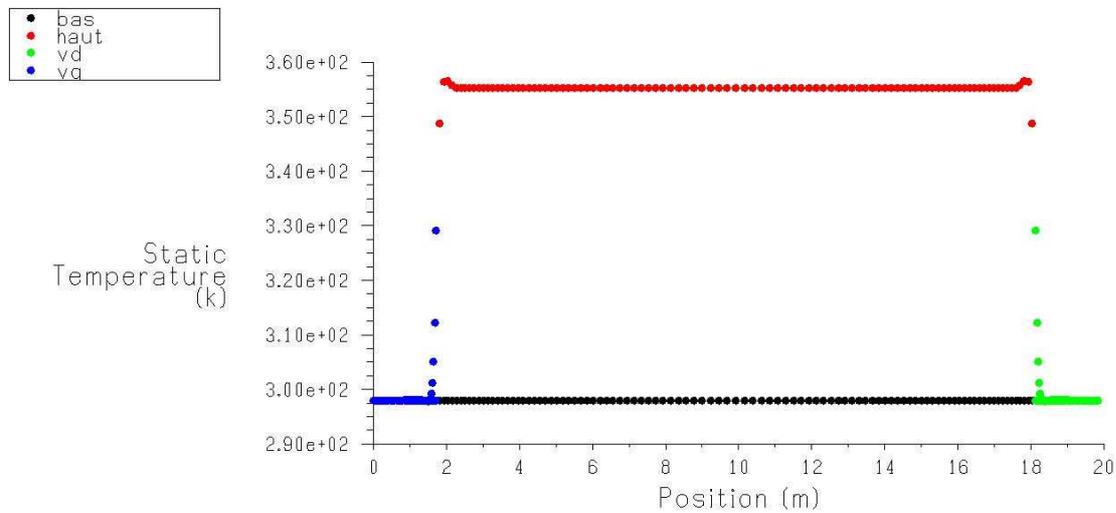
Figure V-9- 1-b : Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =100\text{w/m}^2$ à t=1min



Contours of Static Temperature (k) (Time=3.6000e+03)

Sep 19, 2015
FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady)

Figure V-9- 2-a : Profil de température à t=1heure



Static Temperature (Time=3.6000e+03)

Sep 19, 2015
FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady)

Figure V-9- 2-b : Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi = 100\text{w/m}^2$ à t=1heure

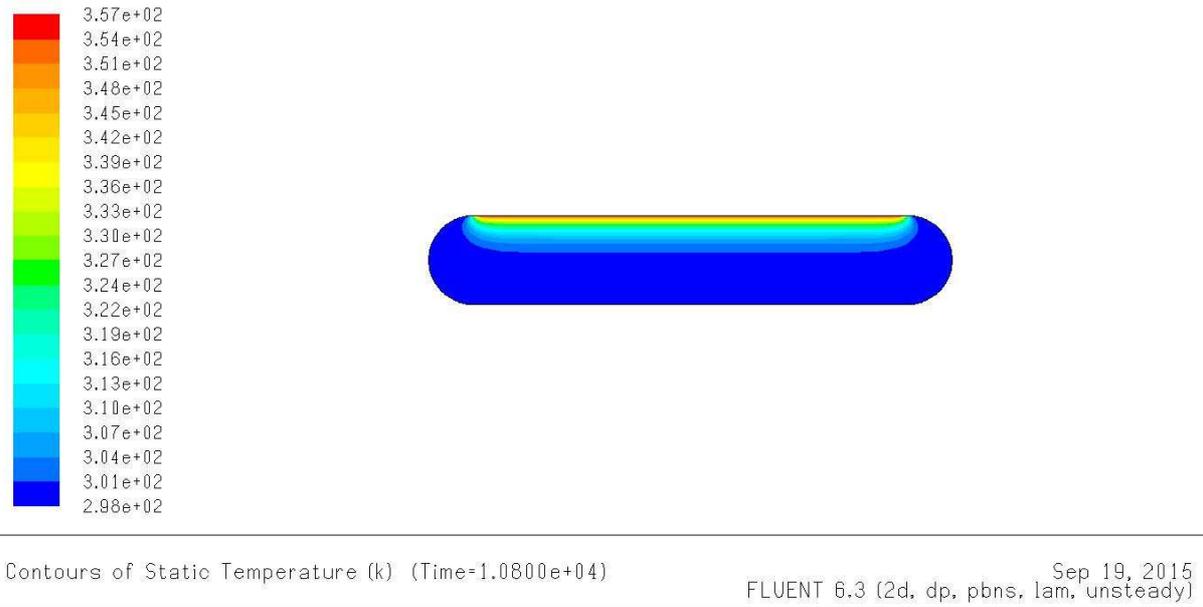
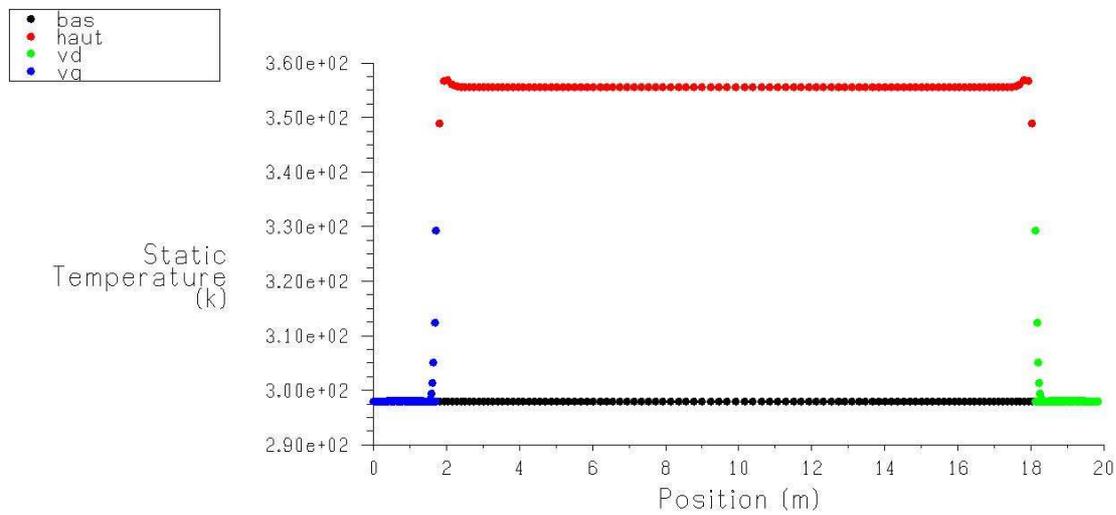


Figure V-9- 3-a : Profil de température à t=3 heures



Static Temperature (Time=1.0800e+04)

FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady) Sep 19, 2015

Figure V-9- 3-b : Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi = 100\text{w/m}^2$ à t=3heures

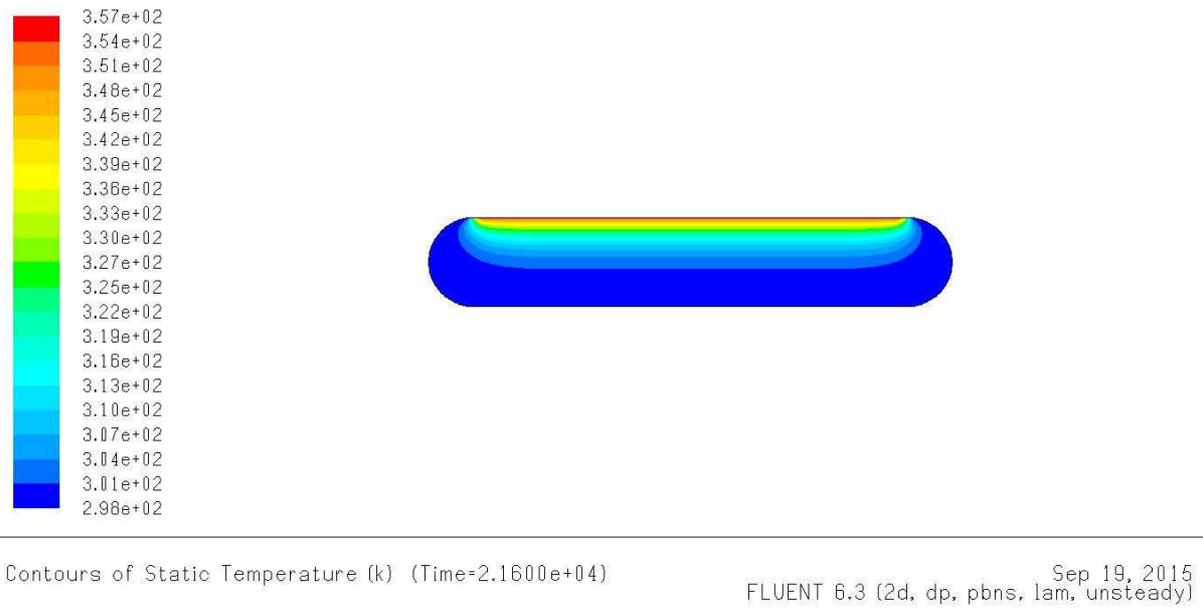


Figure V-9- 4-a : Profil de température à t=6 heures

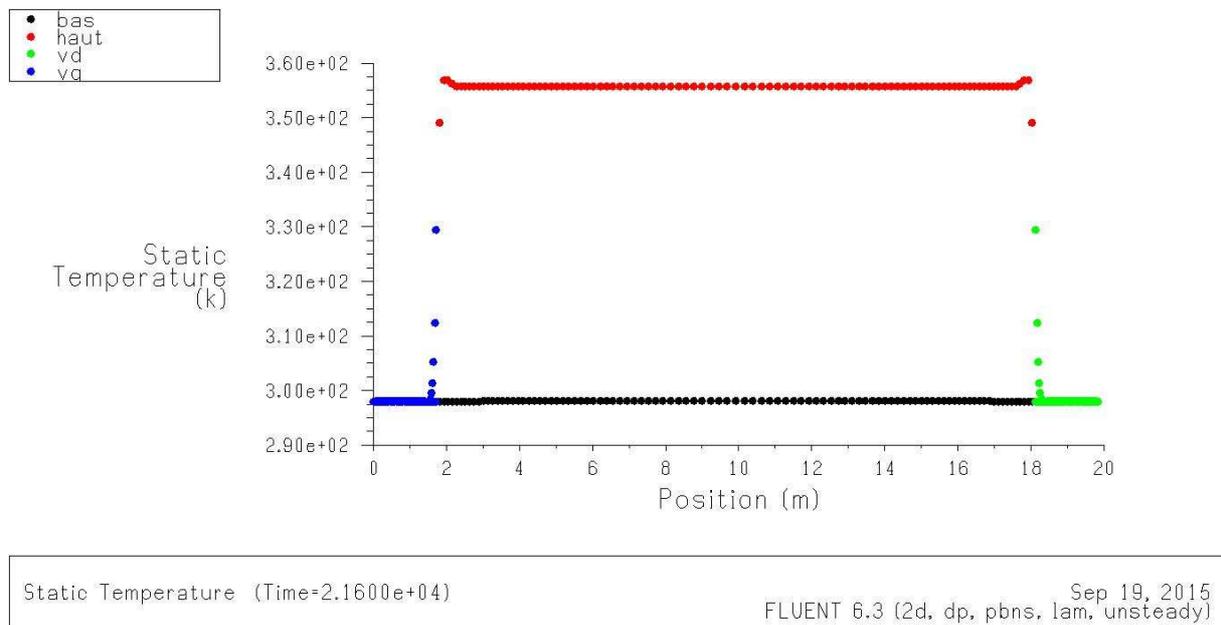
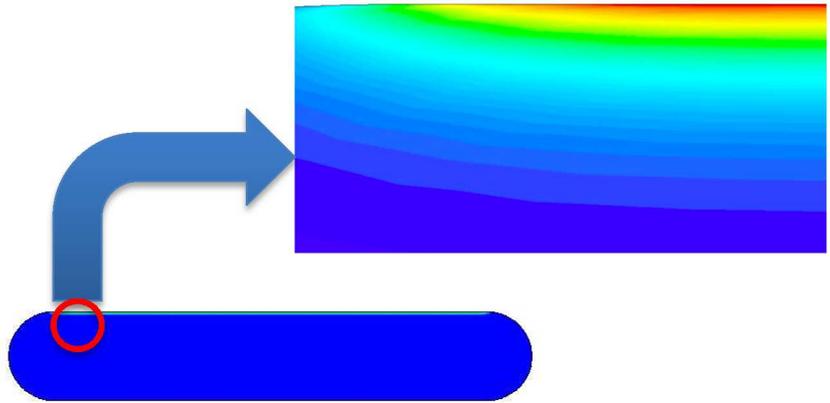
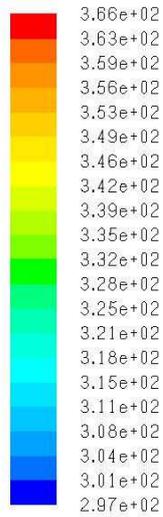


Figure V-9- 4-b : Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi = 100\text{w/m}^2$ à t=6heures

Suivant ses figures 3^{ème} cas, en fixant la valeur de la densité de flux $\Phi=60\text{w/m}^2$ et en variant le temps on observe que le gradient de température est en augmentation ($T_{\min}=298\text{K}$, $T_{\max}\approx 360\text{K}$) ainsi la transmission d'une certaine quantité de chaleur de haut du réservoir vers le bas

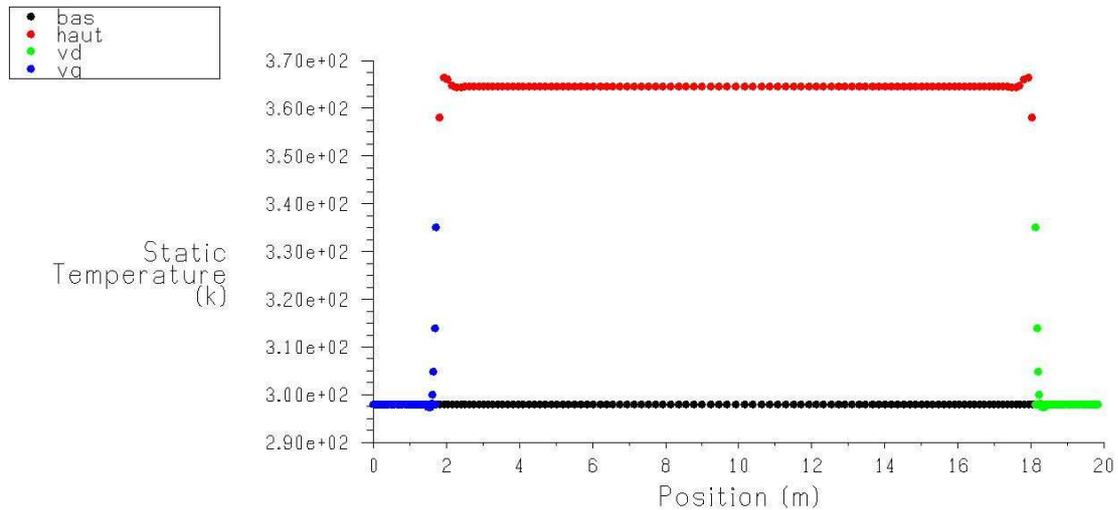
4^{ème} cas : $\Phi=200(w/m^2)$



Contours of Static Temperature (k) (Time=6.0000e+01)

FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady) Sep 19, 2015

Figure V-10- 1-a : Profil de température à t=1 min



Static Temperature (Time=6.0000e+01)

FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady) Sep 19, 2015

Figure V-10- 1-b : Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi =200w/m^2$ à t=1min

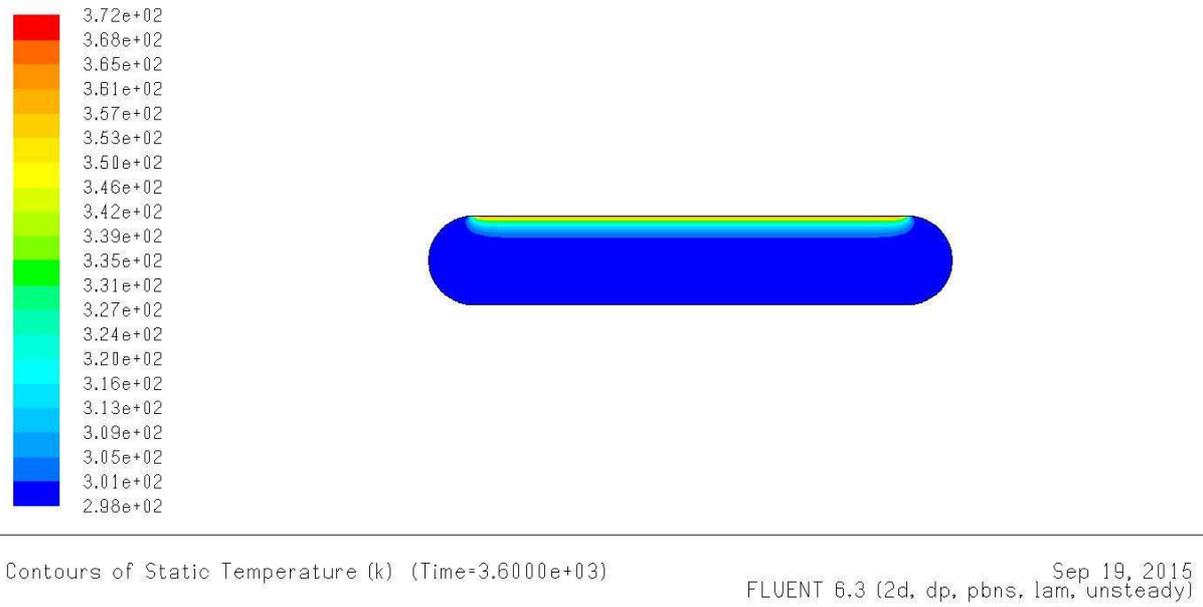
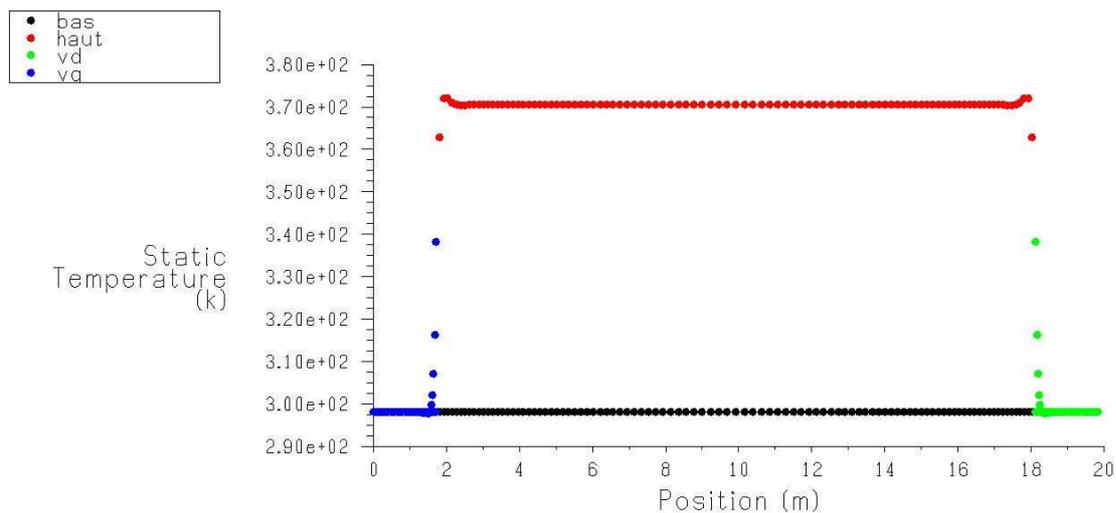
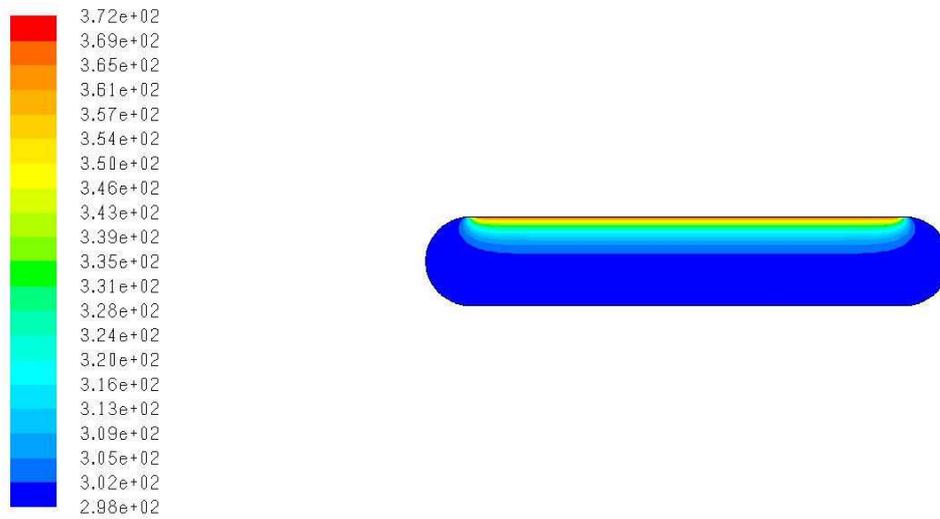


Figure V-10- 2-a: Profil de température à t=1 heures



Static Temperature (Time=3.6000e+03) Sep 19, 2015
FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady)

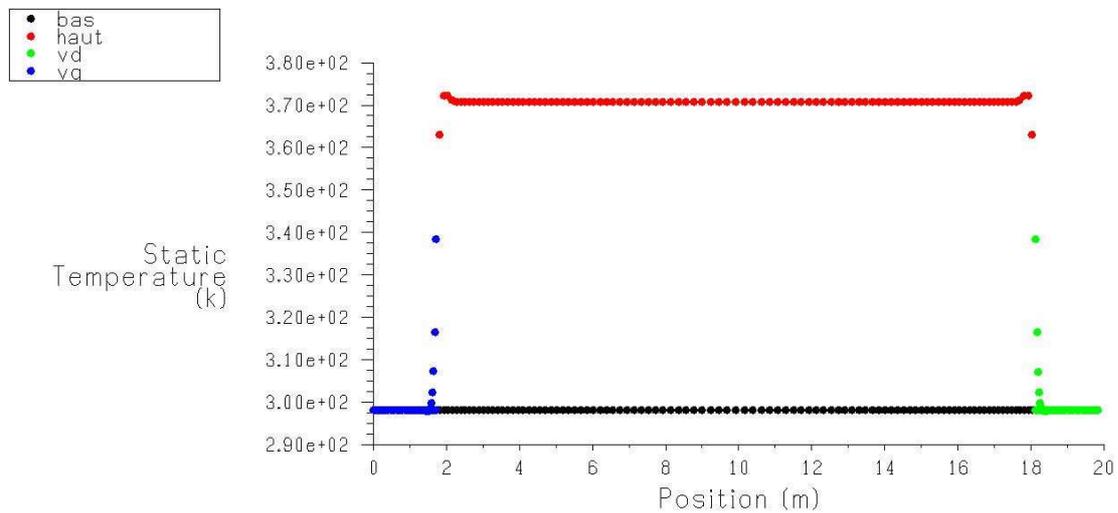
Figure V-10- 2-b : Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi = 200\text{w/m}^2$ à t=1heure



Contours of Static Temperature (k) (Time=1.0800e+04)

Sep 19, 2015
FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady)

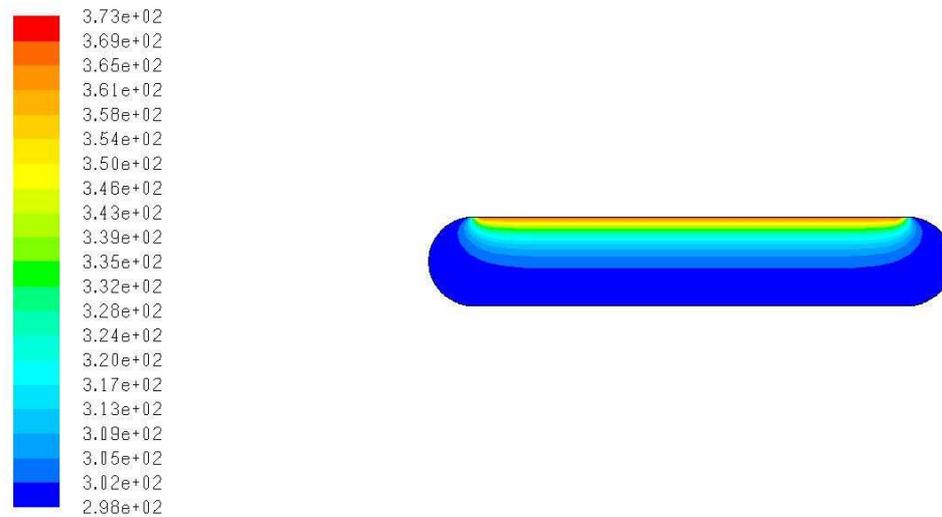
Figure V-10- 3-a : Profil de température à t= 3 heures



Static Temperature (Time=1.0800e+04)

Sep 19, 2015
FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady)

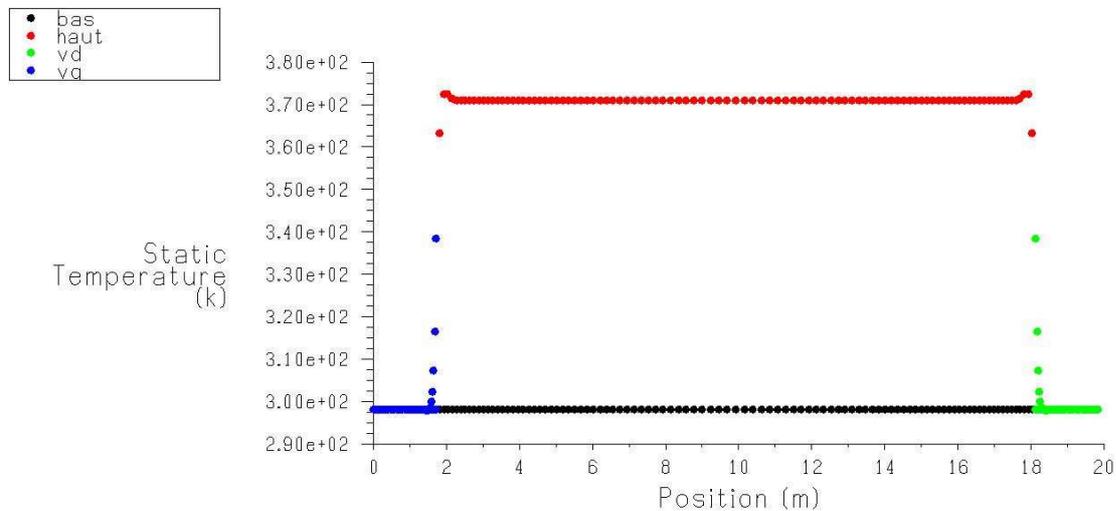
Figure V-10- 3-b : Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi = 200\text{w/m}^2$ à t=3heures



Contours of Static Temperature (k) (Time=2.1600e+04)

Sep 19, 2015
FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady)

Figure V-10- 4-a : Profil de température à t= 6heures



Static Temperature (Time=2.1600e+04)

Sep 19, 2015
FLUENT 6.3 (2d, dp, pbns, lam, unsteady)

Figure V-10- 4-b : Réservoir sans défaut intérieur a $\Phi = 200\text{w/m}^2$ à t=6heures

Selon les figures du 4^{ème} cas, en fixant la valeur de la densité de flux $\Phi=60\text{w/m}^2$ et en variant le temps on observe que le gradient de température est en augmentation ($T_{\min}=298\text{K}$, $T_{\max}\approx 370\text{K}$) ainsi la transmission d'une certaine quantité de chaleur de haut du réservoir vers le bas

Conclusion

Dans cette partie, nous avons présenté les résultats obtenus avec fluent, la température maximale est directement proportionnelle aux flux thermique rayonné ; néanmoins, la propagation des températures dépend du temps à titre d'exemple dans le 1^{er} cas pour 1min la température maximale atteint de 345 K tandis que pour 6h la température maximale atteint une valeur de 350 K. au finale on constate une augmentation de gradient des températures maximales.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

L'Algérie procède depuis plusieurs années une stratégie de valorisation de ses ressources en hydrocarbures, l'Algérie par biais de société nationale SONATRACH a mis en place un plan important de développement actuellement en cours de réalisation.

La théorie de procédé de rectification joue un rôle très important dans l'industrie de traitement des hydrocarbures, ce procédé est basé sur le transfert de matière et de chaleur. Actuellement la crise du pétrole a donné une importante croissante au gaz naturel comme source d'énergie alternative. C'est la moins polluante et la plus performante de l'énergie fossile. Une énergie d'avenir en plein développement.

Le GPL est devenu de plus en plus demandé par les secteurs utilisant ce dernier comme source d'énergie. Les deux tiers environ de GPL dans le monde sont produits à partir des usines de gaz naturel et un tiers est issu des raffineries de pétrole brut.

Au cours de notre stage, en premier lieu, de traiter par simulation numérique (fluent) l'influence du flux thermique rayonné durant un intervalle de temps sur la propagation de la température du volume occupé dans le bac de stockage, dont le réservoir sur lequel on a étudié est implanté à l'extérieur sous les conditions normales.

Le rayonnement solaire est influencé par les couleurs, dans notre cas en utilisant la couleur blanche (revêtement par peinture blanche) pour diminuer le taux d'absorption de la chaleur.

Notre étude est purement numérique (CFD), l'objectif de la simulation est de voir la répartition de la température et de déterminer la température maximale afin d'éviter l'explosion des réservoirs.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

Articles et ouvrages :

- [1] : OURAK Nadir, « étude de marché pour le lancement de la nouvelle bouteille de gaz butane en composite », cas NAFTAL branche GPL, mémoire technicien supérieur en marketing, INSFPG Alger, 2009.
- [1] : OUNNAS Thinhinane, « essai de mesure de notoriété et image de marque », cas produits lubrifiants moteurs NAFTAL, mémoire d'ingénieur commercial PGSM Paris, HIMI de Tizi-Ouzou filiale du groupe INSIM Algérie, 2010.
- [1] : Mr BOUZENOUNE Abdallah, formation de chef de section exploitation, NAFTAL centre de formation EL-KHAROUB département ingénieur de formation, Juin 2005.
- [1] : NAFTAL / branche GPL 2007.
- [2] : Document interne de NAFTAL, service maintenance, page 1, 2, 3, 4, 6, 8.
- [2] : Yves Jannot, cours de thermique solaire, 2012.
- [3] : Rev. Energ. Ren. : 11èmes Journées Internationales de Thermique (2003)95-102
95, Analyse et Dimensionnement de Quelques Organes, d'un Banc d'Essai de Combustion, S. Larbi, B. Benkoussas , H. Belhaneche, Département de Génie Mécanique, Ecole Nationale Polytechnique.10, avenue Hassen Badi, El-Harrach, Alger. (Le dimensionnement du réservoir).
- [4] : ENSPM Formation Industrie - IFP Training – 2005, page 1,2.
- [5] : Jaques PERCEBOIS, «Séminaire International France- Amérique Latine et Caraïbes : géopolitique, sécurité et durabilité’, SANTIAGO du Chili le 28-30 Novembre 2007.
- [6] : Mémoire en génie mécanique option énergétique Université Batna par M^{me} HALITIM Siham Houriya, 2012, page 23, 24, 38, 40, 41, 42 (gambit).
- [7] :Z.HANICHI; «Optimisation des paramètres de fonctionnement d'une débutaniseuse» ; Mémoire de fin d'étude université de BOUMERDES ; 2005.
- [8] :Master En Génie des procédés Option : Génie chimique, «CALCUL DES PARAMÈTRES DE FONCTIONNEMENT DU DÉPROPANISEUR (UNITÉ (38) ; TRAITEMENT DE GPL) "MODULE III À HASSI R'MEL" "(GPL).
- [9] : Manuel opératoire du complexe GL₁K Skikda.
- [10] : **P.WUITHIER**. raffinage et génie chimique, tome I et tome II, 2^{eme} édition, 1972 Paris.
- **Site J.P.WAUQUIER**. Procèdes de séparation, édition technique, 1998-paris.
- [11]
- [12] : **Document web :**

www.naftal.dz

www.google.com

www.sonqtrach.com

ANNEXES

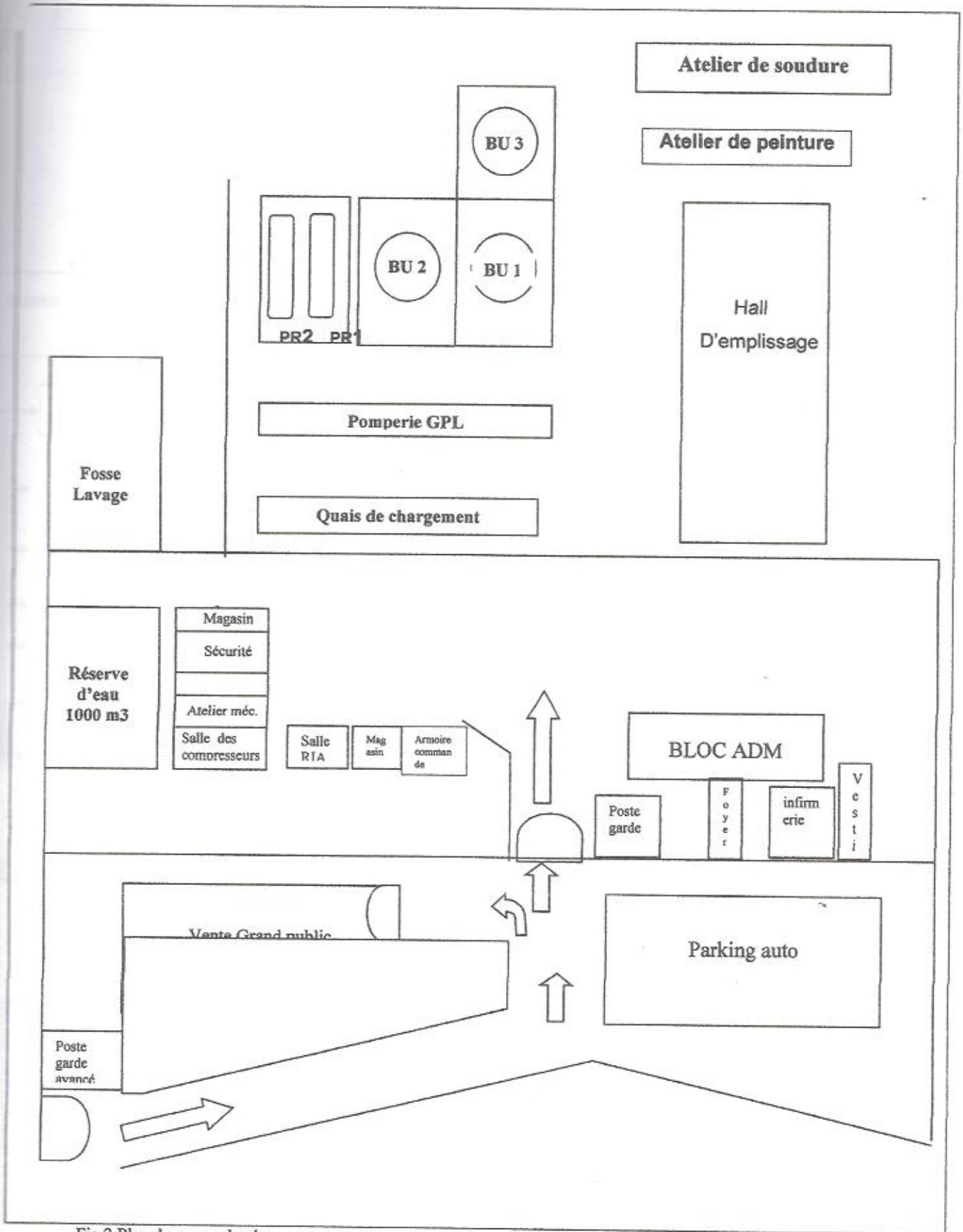
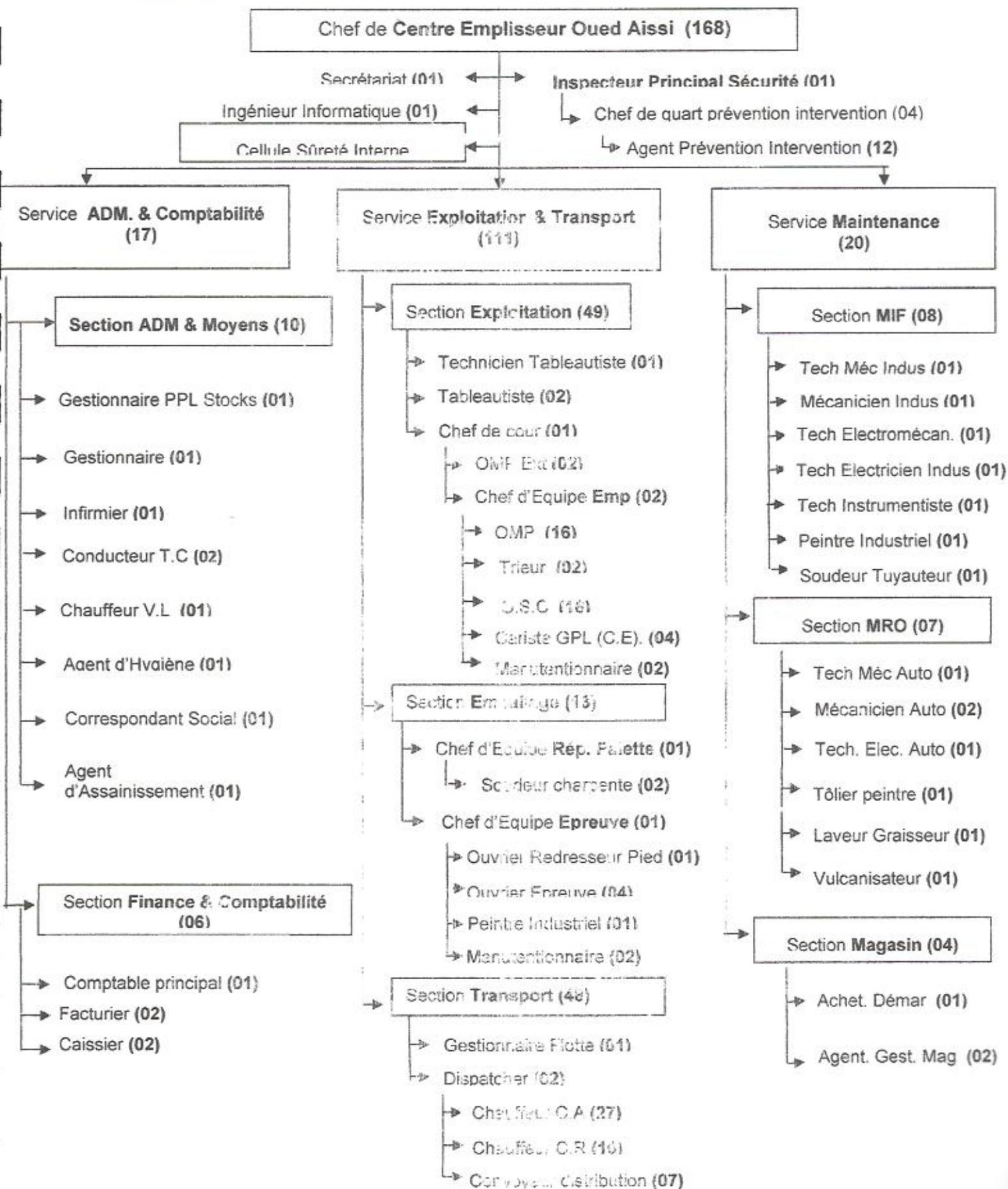
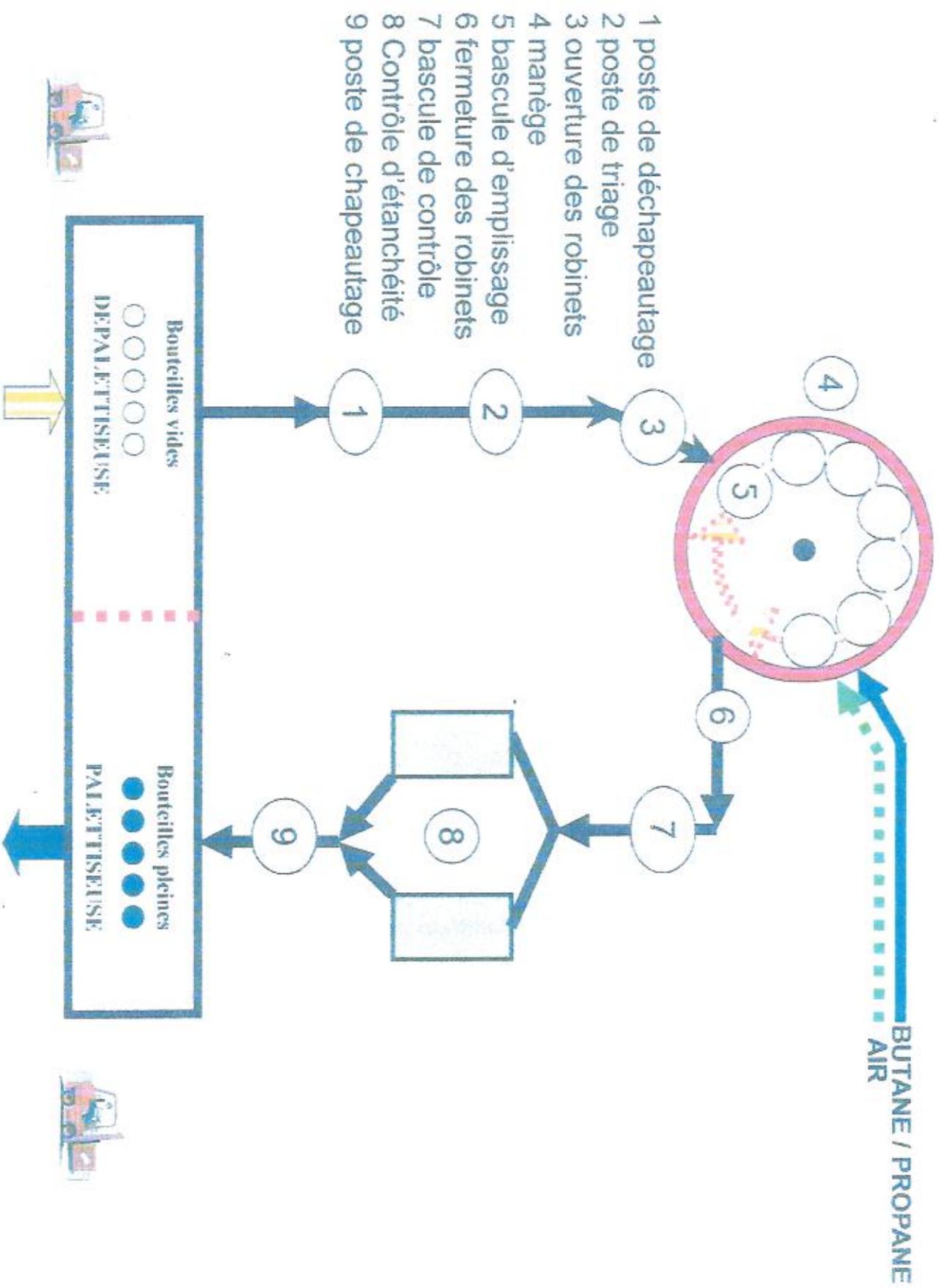


Fig.2 Plan de masse du site

Organigramme du Centre Emplisseur G.P.L « Oued Aissi » Classe « 01 »



SYNOPTIQUE DE LA CHAÎNE D'EMPLISSAGE



*Cigare N°201
ou N°202*

NOTE DE CALCUL

RESERVOIR A.P.G. - N° 828 G (PRI)

Suivant Code S.N.C.T.

- PMS : Pression maximale de service (en bar) 20
- DE : Diamètre extérieure (en mm). 3400
- Rm : Résistance du métal après traitement (en N/mm²) 12 500
- e : Epaisseur minimale mesurée en (mm)
- f : Contrainte de travail en (N/mm²) = $\frac{Rm}{3} = \frac{12\ 500}{3} = 4166,66$
- z : Coefficient de soudure = 0,7.

Calcul de la virole :

$$e = \frac{P.M.S. \times De}{2 f.z + P.M.S.} = \frac{20 \times 3400}{2 \times 4166,66 \times 0,7 + 20} = 11,61$$

- Epaisseur mesurée minimale = 22,4 mm

Calcul des Fonds :

$$e = \frac{PMS \times De \times C}{2 f. z} = \frac{20 \times 3400 \times 1,2}{2 \times 4166,66 \times 0,7} = 13,98 \text{ mm}$$

C = Coefficient de courbe suivant diagramme

Epaisseur minimale mesurée = 15,30 mm

$$C = \frac{e}{De} = \text{suivant abaque SNCT C.3 - N° 240} = 1,2$$

Nous acceptons une pression maximale de service de : 20 bars
et une pression maximale d'épreuve de : 30 bar

Sous réserve de défauts préjudiciables cachés dans le métal.

Les épaisseurs ont été mesurées avec un appareil à ultra-sons.

La résistance du métal a été déterminée par l'appareil de mesure (MICRODUR).

Les appareils doivent être visités intérieurement avant l'épreuve hydraulique du Service des Mines.

L'INSPECTEUR/ENACT

LILI Brahim





UNITÉ REGIONALE D'ORAN

4, Rue de la Remonte — ORAN

Tél. : 33-29-84 / 85

Télex : 22879

R.C. : _____

لوحة الجهوية بهران

نهج لارومات — وهران

هاتف : 33-29-84 / 85

تلكس : 22879

س.ت. : _____

N/Ref. :

V/Ref. :

VERIFICATION DE LA NOTE DE CALCUL DU
RESERVOIR DE PROPANE DE 150 M³

CENTRE ENFITEUR I.I.N.D. NAFTAL BECHAR

Caracteristiques :

Constructeur : TALLERES DE ZORROZA

Lieu : Espagne

N° : 194197 et 198321 (C 1 et C 2)

Année : 1974

Volumo : 150 M³

Fluide : Propane

Pression de service : 20 kg/cm²

Pression d'epreuve : 30 kg/cm²

Longueur app. : 23.000 mm

Diamètre extérieur : 3.000 mm

Epaisseur relevée : 25 mm (fonde et virole)

Radiographie totale :

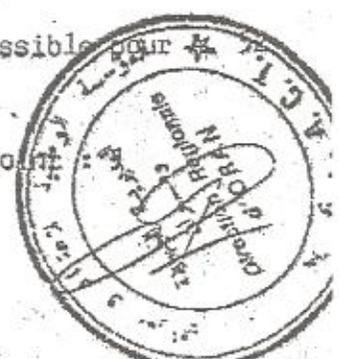
Matériaux : Acier A. 52

1^{er}) Calcul du corps cylindrique

Vérification selon code ASME section VII - Div. 1

$$e = \frac{P R_e}{S, E. + 0,4P} + c \quad \text{où}$$

P : Pression de calcul = 20 kg/cm²
R_e : Rayon extérieur
S : Contrainte admissible pour
S : $\frac{R_r}{4} = 13 \text{ kg/cm}^2$
E : Coefficient de joint





UNITÉ REGIONALE D'ORAN

4, Rue de la Remonte - ORAN

Tél. : 33-29-84 / 85

Télex : 22 678

R.C. :

وحدة الجهوية بـهران

نهج لارمونت - وهران

تف : 33-29-84 / 85

كس : 22 678

N/Réf. :

V/Réf. :

$$e = 23,22 \text{ mm} + 1 \text{ mm} = C : \text{sur épaisseur de corrosion} = 1 \text{ mm}$$

$$e = 24,22 \text{ mm} = \text{Épaisseur mesurée.}$$

2^o) Calcul du fond :

$$e_f = \frac{PLM}{2SE-0,2P} + c \quad \text{avec } M = 1,28 \text{ (selon tableau ASME UA 4-2)}$$

$$e_f = 23,66 + 1 = 24,66 \text{ mm}$$

$$e_f \leq e \text{ mesurée.}$$

3^o) Vérification du taux de travail :

- Pour une pression de service de 20 kg/cm² et une épaisseur de 25 mm,

$$R_r = \frac{52}{3} = 17,33 \text{ kg/mm}^2$$

$$T_{ps} = \frac{R_r}{3} = 17,33 \text{ kg/mm}^2 \quad \text{ou} \quad T_{ps} = \frac{5}{8} R_e = 5,36 = 22,5 \text{ kg/mm}^2$$

- Pour une pression d'épreuve de 30 kg/cm²

$$e = 25 \text{ mm}$$

$$T_{pe} = \frac{P_e \cdot D_e}{200 e^2 + P_e} = \frac{90.000}{4.030} = 22,33 \text{ kg/mm}^2$$

$$P_p = \frac{3}{4} R_e = \frac{3 \cdot 36}{4} = 27 \text{ kg/mm}^2$$

$$T_{pe} \leq \frac{3}{4} R_e = 27 \text{ kg/mm}^2.$$

