

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



Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

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

Filière : GENIE MECANIQUE

Spécialité : Energétique

THEME

**Perte par évaporation à travers les joints d'étanchéité des
réservoirs de stockage de Pétrole et l'activité de Transport
Par Canalisation**

Présenté par :

Benziza Zakaria

Doumi Ali

Promoteur : Mr. **Halouane Yacine**

Promotion 2020- 2021

Remerciements

En premier lieu, à remercier « ALLAH » et nos parents le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience durant toute ces années.

Nous remercions notre encadreur *Mr* CHAFAI Salim pour son aide précieuse et ses conseils qui ont été bénéfiques dans la réalisation de ce mémoire.

Nous tenons à remercier notre encadrant Mr HALOUANE Yacine pour ses encouragements et son suivi

Et en fin nous remercions tous ceux et celles qui ont de près ou de loin contribuer à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

JE DÉDIE CE PROJET :

A ma chère mère,

A mon cher père,

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mon binôme zakou benz

Pour son entente et son sympathie.

Pour leurs indéfectibles soutiens et leurs patiences infinies.

A mes chères amies

Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.

A toute ma famille,

A tous mes autres ami(e)s,

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

A MON CŒUR HADJOURA « BITANEM »

Qui m'a beaucoup soutenu et m'a donné une grande motivation dans les moments difficiles.

ALI

Dédicace

EL HAMMED Allah de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir

Je dédie ce modeste travail à

Mes parents « allah yerehamhom »

Mes sœurs pour leurs soutiens et leur encouragement, je vous aime tellement

*Mon frère et mon binôme **Ali doumi***

Mon grand-père « allah yrahmo » Ma grand-mère et ma tante en témoignage d'affection et de reconnaissance pour, leurs encouragements et leurs soutiens tout au long de mon parcours scolaire et universitaire ; et toutes ma grande famille

Mes amis « mouhamed ,hichem ,hani ,ayoub »

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

ZAKARIA

Résumé

En raison de la température, les réservoirs de pétrole perdaient beaucoup de leur contenu par évaporation, c'est pour cela les ingénieurs et les scientifiques ont découvert des toits qui sont placés directement sur les réservoirs afin d'empêcher l'évaporation de leur contenu. Mais le problème est que la perte de pétrole se poursuit par évaporation à travers les joints d'étanchéités de ces réservoirs. C'est pourquoi nous avons pris trois types de toits pour étudier et estimer les pertes sur une année entière dans la région de Hassi Messaoud afin d'atteindre le toit le plus approprié et le moins gaspillé de son contenu.

ملخص

بسبب درجة الحرارة ،تفقدت خزانات النفط الكثير من محتوياتها من خلال التبخر ، ولهذا توصل المهندسون والعلماء لاكتشاف هذه الأسطح التي توضع على الخزانات لمنع تبخر محتوياته. لكن المشكلة أن فقدان النفط بقي مستمرا بالتبخر من خلال صمامات هذه الاسطح . ولهذا اتخذنا ثلاثة سقوف لغرض دراسة وتقدير هذه الخسائر على مدار عام كامل في منطقة حاسي مسعود من أجل الوصول إلى السقف الأنسب والأقل هدراً من محتواه

Abstract

Due to the temperature, the oil tanks lost a lot of their contents through evaporation, which is why engineers and scientists came to discover these roofs which are placed on the tanks in order to prevent the evaporation of their contents.

But the problem is that the loss of oil continues by evaporation through the seals of these tanks. This is why we took three roofs to study and estimate these losses over an entire year in the Hassi Messaoud region in order to reach the most suitable roof and the least wasted of its contents.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : SONATRACH & l'ACTIVITE TRANSPORT PAR CANALISATIONS.....	3
1 Sonatrach	4
2 l'activité transport par canalisation	6
2.1 Historique du transport par canalisations	7
2.2 Consistance du Réseau de Transport	8
2.3 Économie du transport par pipeline	9
2.4 Sécurité industrielle du transport par pipeline	10
2.5 Consolider SONATRACH sur l'échiquier mondial de l'énergie	10
CHAPITRE II : LES BACS DE STOCKAGES	11
1 généralité	12
2 classement des bacs de stockage	12
2.1 Réservoirs atmosphériques	13
A/Généralité	13
B/Cuve ouverte.....	14
C/Fond.....	14
D/Robe	15
E/Réservoirs à toit fixe.....	18
E/1Généralités	18
E/2 Réservoirs à toit supporté	18
E/3 Réservoirs à toit autoportant	18
2.2 Réservoirs sous faible et forte pressions	18
2.2.1 Réservoirs cylindriques verticaux.....	18
2.2.2 Réservoirs cylindriques horizontaux.....	19
2.2.3 Réservoirs sphériques.....	20
2.2.4 Réservoirs sphéroïdaux	21
3 Equipements et accessoires des bacs de stockage	21
3.1 Equipements de la structure des bacs.....	21
3.2 Accessoires des bacs	21
A/ Accessoires d'accès	21
B/Accessoires de contrôle	22
C/Accessoires de contrôle	22
D/Accessoires de lutte contre la surpression.....	23
E/ Accessoires de sécurité.....	23

F/Accessoires de protection contre la corrosion.....	24
G/Équipement et accessoires des sphères	25
4 Réservoirs à toit flottant	25
4.1 Réservoirs à toit flottant externe	26
A/Généralités.....	26
B/Toits flottants simple pont.....	27
C/Toits flottants double pont.....	29
4.2 Réservoirs à toit flottant interne	31
4.2.1 Généralités	31
4.2.2 Toits flottants internes soudés	32
4.3 Réservoirs couverts à toit flottant (RCTF).....	35
5 Joints d'étanchéité	36
5.1 Joint métallique.....	37
5.2 Joints élastiques	37
5.3 Joints flexibles	38
6 les pertes par évaporation.....	39
6.1 Introduction	39
6.2 Les pertes par évaporation.....	39
6.2.1 Pertes par respiration et remplissage.....	39
6.2.2 Les pertes de positionnement et le de mouillage au soutirage	41
CHAPITRE III : ESTIMATION DES PERTES PAR EVAPORATION DES RESERVOIRS A TOIT FLOTTANTS	43
1. Définitions Les termes sélectionnés sont définis dans cette section et une liste complète de nomenclature est donnée dans le tableau 1.	44
1.1 Réservoir couvert à toit flottant (RCTF).....	44
1.2 Tablier	44
1.3 Ferrure de pont.....	44
1.4 Joint de pont.....	44
1.5 Réservoir à toit flottant externe (RTFE)	44
1.6 Toit flottant	45
1.7 Réservoir à toit flottant.....	45
1.8 Réservoir à toit flottant interne (RTFI)	45
1.9 Facteur de perte.....	45
1.10 Facteur de produit	45
1.11 Joint de jante	45
1.12 Perte de stockage permanent	46
1.13 Fonction de pression de vapeur	49
1.14 Perte de soutirage	50

2 Équations pour l'estimation des pertes	50
2.1 Généralités	50
2.2 Perte de stockage permanent	50
2.3 PERTE DE RETRAIT	52
2.4 PERTE TOTALE.....	54
3. Facteurs de perte de stockage sur pied	54
3.1 Généralités	54
3.2 Facteurs liés à l'équipement	55
3.2.1 Facteur de perte du joint de jante	55
3.2.2 Facteur de perte.....	57
3.2.3 Facteur de perte de joint de pont.....	59
3.3 FACTEURS LIÉS AUX BOURSES	61
3.3.1 Fonction de pression de vapeur	61
3.3.2 Poids moléculaire de la vapeur	64
3.3.3 Facteur de produit	65
3.3.4 Densité de la vapeur condensée	65
4 Facteurs de perte de retrait	65
4.1 IMPORTANCE	65
4.2 Rendement net annuel.....	70
4.3 Accrochage	70
4.4 Densité moyenne du liquide de stock	70
4.5 Nombre de support de toit fixe colonnes	70
4.6 Diamètre de colonne efficace	70
5 exemples de problèmes	71
5.1 Résumé de la procédure d'estimation	71
5.2.1 Perte de stockage permanent	72
5.2.2 Perte de retrait de RTFE.....	75
5.2.3 Perte totale RTFE.....	75
5.3 Problème d'échantillon RTFI	76
5.3.1 Perte de stockage permanent RTFI	78
5.3.2 Perte de retrait RTFI.....	78
5.3.3 Perte totale RTFI.....	79
5.4 Problème d'échantillon RCTF	80
5.4.1 Perte de stockage permanent RCTF.....	81
5.4.2 Perte de retrait RCTF	83
5.4.3 Perte totale RCTF.....	84
Comparaison	85

CONCLUSION GENERALE.....	87
Références Bibliographique.....	95

Liste des Figures

Figure 1. 1 : L'oléoduc Trans-Alaska reliant Prudhoe Bay à Valdez sur près de 1 300 km.	7
Figure 1. 2 : Cartographie actuelle du Réseau de Transport.....	9
Figure 2. 1 : Types de réservoirs de stockage des hydrocarbures.	12
Figure 2. 2 : Réservoirs atmosphériques.....	13
Figure 2. 3 : Fond de réservoir.....	15
Figure 2. 4 : Cuve ouvert.....	17
Figure 2. 5 : bacs de stockage cylindrique.....	19
Figure 2. 6 : Réservoirs cylindriques horizontaux	20
Figure 2. 7 : bacs de stockage sphériques.....	20
Figure 2. 8 : Types Equipements de la structure des bacs..	21
Figure 2. 9 : Accessoires d'accès des bacs.	22
Figure 2. 10 : Accessoires de contrôle des bacs.....	23
Figure 2. 11 : Accessoires de sécurité de lutte contre l'incendie.....	24
Figure 2. 12 : la protection des bacs contre la corrosion.....	24
Figure 2. 13 : Sphères de stockage.....	25
Figure 2. 14 : Toits flottants externes simple pont.....	29
Figure 2. 15 : Toits flottants externes double pont.....	31
Figure 2. 16 : Toits flottants internes soudés.....	33
Figure 2. 17 : Toits flottants internes boulonnés.....	35
Figure 2. 18 : Réservoirs à toit fixe : pertes de produit.....	41
Figure 2. 19 : Réservoirs à toit flottant : pertes de produit.....	42
Figure 3. 1 : Réservoir à toit flottant externe avec toit flottant à deux étages [16].....	47
Figure 3. 2 : Réservoir à toit flottant externe avec toit flottant à ponton [16].	48
Figure 3. 3 : Réservoir à toit flottant interne avec pont sans contact [16].....	49
Figure 3. 4 : Pression de vapeur réelle (P) des stocks de pétrole raffiné avec une pression	66
Figure 3. 5 : Pression de vapeur réelle (P) des stocks de pétrole brut avec une pression.....	67
Figure 3. 6 : Coefficient de fonction de pression de vapeur (A) des stocks de pétrole raffiné Avec une pression de vapeur Reid de 1 à 20 Livres par pouce carré, extrapolées à 0,1 livre par pouce carré.	68
Figure 3. 7 : Coefficient de fonction de pression de vapeur (B) des stocks de pétrole raffiné Avec une pression de vapeur Reid de 1 à 20 Livres par pouce carré, extrapolées à 0,1 livre par pouce carré.....	68
Figure 3. 8 : Coefficient de fonction de pression de vapeur (A) des stocks de pétrole brut avec une pression de vapeur Reid de 2 à 15 livres par pouce carré, extrapolé à 0,1 livre par pouce carré.	69
Figure 3. 9 : Coefficient de fonction de pression de vapeur (B) des stocks de pétrole brut avec une pression de vapeur Reid de 2 à 15 livres par pouce carré, extrapolé à 0,1 livre par pouce carré.	69
Figure 3. 10 : Températures pour les mois de l'année à Hassi Messaoud [21].....	71
Figure 3. 11 : La perte annuelle totale des trois toits.....	85

Liste des tableaux

Tableau 2 : Résumé de la procédure de calcul de la perte de stockage permanent.....	52
Tableau 3 : Fonction de pression de vapeur, P^* , en fonction de la pression de vapeur réelle, P	61
Tableau 4 : Pente de distillation ASTM, S , pour certains Stocks de pétrole raffiné.....	63
Tableau 5 : Stockage annuel moyen des stocks Température, T_s , en fonction de Couleur de la peinture du réservoir.....	71
Tableau 6 : Facteurs d'adhérence moyens, C , pour le réservoir en acier (Barils par 1000 pieds carrés).....	71
Tableau 7 : Températures moyennes pour les mois de l'année à Hassi Messaoud.....	71
Tableau 8 : la perte à différents mois de l'année pour RTFE.....	76
Tableau 9 : la perte à différents mois de l'année pour RTFI.....	80
Tableau 10 : la perte à différents mois de l'année pour RCTF.....	84
Tableau 11 : Facteurs de perte de joint de jante, K_{ra} , K_{rb} et n ; et Facteurs de perte de joint de jante, K_r , à des vitesses de vent ambiant moyennes sélectionnées.....	88
Tableau 12 : Facteurs de perte d'ajustement du pont, K_{fa} , K_{fb} et m ; Nombre typique d'accessoires de pont, N_f ; et Facteurs de perte d'équipement de pont, K_f , à des vitesses de vent ambiant moyennes sélectionnées.....	89
Tableau 12 :Facteurs de perte d'ajustement du pont, K_{fa} , K_{fb} et m ; Nombre typique d'accessoires de pont, N_f ; et Facteurs de perte d'équipement de pont, K_f , à des vitesses de vent ambiant moyennes sélectionnées (continue).....	90
Tableau 13 : Nombre typique de colonnes, N_{fc} , pour les réservoirs avec toits fixes supportés par Colonnes.....	91
Tableau 14 : Nombre typique de casse-vide, N_{fvb} et de drains de pont, N_{fdd} , pour les ponts API Std 650, Annexe C (RCTE et RCTF)	91
Tableau 15 : Nombre typique de pattes de pont, N_{fdl} , pour l'API Std 650, Annexe C Decks (RTFE et RCTF).....	92
Tableau 16 : Facteurs de longueur de joint de pont, S_d , pour Constructions de ponts.....	93
Tableau 17 : Propriétés (M_v , W_v , P , A , B) de certains liquides pétroliers.....	93
Tableau 18 : Propriétés (M_v , W_v , P , A , B) de certains produits pétrochimiques.....	93

Tableau 1 : Nomenclature

Symbole	Description	Unités
A	Constante dans l'équation de la pression de vapeur	sans dimension
Adeck	Superficie du pont	pieds carrés
B	Constante dans l'équation de la pression de vapeur	degrés Rankine
C	Facteur d'adhérence	barils par 1000 pieds carrés
D	Diamètre du réservoir	PI
Fc	Diamètre effectif de la colonne	PI
Fd	Facteur de perte total des joints de pont	livres-moles par an
Ff	Facteur de perte total du pont	livres-moles par an
Fr	Facteur de perte totale du joint de jante	livres-moles par an
i	Numéro de raccord, 1, 2, . . . , k	sans dimension
k	Nombre total de différents types d'accastillage	sans dimension
Kc	facteur de produit	sans dimension
Kd	Facteur de perte de joint de pont par unité de longueur de joint	livres-moles par ft•an
Kfai	Facteur de perte de vitesse du vent nul pour un type d'accastillage	livres-moles par an
Kfbi	Facteur de perte dépendant du vent pour un type particulier d'accastillage	livres-moles par (miles par heure) ^m •an
Kfi	Facteur de perte pour un type particulier d'accastillage	livres-moles par an
Kr	Facteur de perte de joint de jante	livres-moles par pi•an
Kra	Facteur de perte de joint de jante à vitesse de vent nulle	livres-moles par pi•an
Krb	Facteur de perte de joint de jante dépendant du vent	livres-moles par (miles par heure) ⁿ •ft•an
Kv	Ajustement du facteur de correction de la vitesse du vent	sans dimension
l	Longueur d'un panneau de pont	PI
Ld	Perte totale de la couture du pont	livres par an
Lf	Perte totale due à l'installation du pont	livres par an
Lr	Perte de joint de jante	livres par an
Ls	Perte de stockage permanent	livres par an ou barils par an
Lseam	Longueur totale des coutures de pont	PI
Lt	Perte totale	livres par an ou barils par an
Lw	Perte de retrait	livres par an ou barils par an
Mi	Exposant de perte dépendant du vent pour un type d'accastillage	sans dimension
Mv	Poids moléculaire moyen de la vapeur de base	livres par livre-mole
n	Exposant de perte de joint de jante dépendant du vent	sans dimension

N _{fah}	Nombre de trappes d'accès	sans dimension
N _{fc}	Nombre de colonnes de support de toit fixe	sans dimension
N _{fid}	Nombre de drains de pont	sans dimension
N _{fdl}	Nombre de pieds de pont	sans dimension
N _{fgf}	Nombre de flotteurs de jauge (jauge automatique)	sans dimension
N _{fi}	Nombre d'accastillages d'un type particulier	sans dimension
N _{fi}	Nombre d'échelles verticales	sans dimension
N _{frv}	Nombre d'aérations sur la jante	sans dimension
N _{fsgp}	Nombre de tiges de guidage à fentes (perforées)	sans dimension
N _{fsp}	Nombre de trappes de jauge/ports d'échantillonnage	sans dimension
N _{fuqp}	Nombre de tiges de guidage non fendues (non perforées)	sans dimension
N _{fvb}	Nombre de casse-vide	
P	Pression de vapeur vraie du stock à la température moyen de stockage du stock	livres par pouce carré absolu
Pa	Pression atmosphérique moyenne à l'emplacement du réservoir	livres par carré in. absolu
P*	Fonction de pression de vapeur	
Q	Débit net annuel (associé à abaissement du niveau de liquide de stock dans le réservoir)	tonneaux par an
RVP	Stock Reid tension de vapeur	livres par pouce carré.
S	Stock ASTM-D86-Distillation du pétrole Pente de distillation des produits à 10 volumes pour cent évaporé	degrés Fahrenheit par volume
S _d	Facteur de longueur de couture de pont	pied par pied carré
T ₅	Température à laquelle 5 % en volume sont évaporés	degrés Fahrenheit
T ₁₅	Température à laquelle 5 % en volume sont évaporés	degrés Fahrenheit
T _a	Température ambiante annuelle moyenne	degrés Fahrenheit
T _s	Température ambiante annuelle moyenne	degrés Fahrenheit
V	Vitesse moyenne du vent ambiant sur le site du réservoir	miles par heure
w	Largeur de la feuille de pont ou du panneau	PI
W ₁	Densité moyenne de liquide de stock à la moyenne température de stockage	livres par gallon
W ₁	Densité moyenne du liquide à 60°F	livres par gallon
W _v	Densité de la vapeur condensée	livres par gallon

INTRODUCTION GENERALE

Domaine d'application Cette publication contient des méthodes pour estimer les pertes par évaporation totales ou les émissions d'hydrocarbures atmosphériques équivalentes des réservoirs à toit flottant externe (RTFE) et des réservoirs à toit flottant interne (RTFI) librement ventilés, ainsi que pour les réservoirs à toit flottant de type externe qui ont également un toit fixe librement ventilé. Ce type de réservoir est appelé réservoir couvert à toit flottant (RCTF) dans ce document. Les facteurs de perte de stockage permanent ont été révisés pour refléter les résultats des tests les plus récents. Cette publication a été élaborée par l'API Conseil technique environnemental Group. Les équations et facteurs présentés sont basés sur des données récentes de laboratoire, de cuve d'essai et de cuve de terrain et remplacent les publications précédentes. Les équations sont destinées à fournir des estimations de pertes pour les types d'équipements généraux, car il n'entre pas dans le cadre de cette publication de traiter des conceptions d'équipements propriétaires. Les types de toits flottants, de systèmes de joint de rebord et de ferrures de terrasse typiques actuellement disponibles sont décrits à titre indicatif seulement. Cette publication n'est pas destinée à être utilisée comme un guide pour la conception, la sélection ou le fonctionnement de l'équipement. Les équations sont destinées à être utilisées pour estimer les pertes annuelles des réservoirs à toit flottant qui contiennent des mélanges d'hydrocarbures à plusieurs composants (tels que les stocks de pétrole liquide comme les pétroles bruts et les essences) ou les stocks d'hydrocarbures à un seul composant (comme les produits pétrochimiques).

Les équations s'appliquent aux divers types de construction de réservoirs, de construction à toit flottant, de systèmes de joint de rebord et de ferrures de pont, ainsi que pour divers liquides de stock, pressions de vapeur de stock, tailles de réservoirs et vitesses de vent (RTFE).

Les équations s'appliquent à un équipement correctement entretenu dans des conditions de travail normales. Les équations ont été développées pour les liquides qui ne sont pas en ébullition, les stocks avec une vraie pression de vapeur allant d'environ 0,1 à moins de 14,7 livres par carré en absolu (mais pas supérieur à la pression atmosphérique à l'emplacement du réservoir), moyenne des vitesses de vent allant de 0 miles par heure (mph) à 15 mph (RTFE) et des diamètres de réservoir supérieurs à 20 pieds. Les techniques d'estimation deviennent plus approximatives lorsqu'elles sont utilisées pour estimer les pertes pour des périodes de moins d'un an. L'estimation peut être améliorée en utilisant des informations détaillées sur le

terrain, y compris des données climatiques et des données opérationnelles pour la période appropriée.

a. Estimer les pertes dues à des stocks instables ou bouillants ou à des liquides pétroliers ou pétrochimiques pour lesquels la pression de vapeur n'est pas connue ou ne peut être facilement prédite.

b. Estimer les pertes des réservoirs dans lesquels les matériaux utilisés dans le joint de jante, les garnitures de pont ou les joints de pont ont soit détériorés, soit ont été fortement imprégnés par le stock stocké.

c. Estimer les pertes des réservoirs de stockage qui n'ont pas de toit flottant d'aucune sorte.

Les pertes dues à des réservoirs mal entretenus peuvent être plus importantes. Comme les équations de perte sont basées sur des conditions d'équipement qui représentent une grande population de réservoirs, une estimation de perte pour un groupe de réservoirs à toit flottant sera plus précise qu'une estimation de perte pour un réservoir individuel. Il est difficile de déterminer des valeurs précises des paramètres liés aux pertes pour un réservoir individuel. L'équipement ne doit pas être sélectionné pour une utilisation uniquement sur la base de considérations de perte par évaporation.

**CHAPITRE I : SONATRACH & L'ACTIVITE TRANSPORT PAR
CANALISATIONS**

1 Sonatrach

Sonatrach est une entreprise pétrolière et gazière algérienne. Créée le 31 décembre 1963. C'est un acteur majeur de l'industrie pétrolière surnommé la major africaine. Sonatrach est classée la première entreprise d'Afrique [1]. Sonatrach est la compagnie algérienne de recherche, d'exploitation, de transport par canalisation, de transformation et de commercialisation des hydrocarbures et de leur dérivés. Elle intervient également dans d'autres secteurs tels que la génération électrique, les énergies nouvelles et renouvelables et le dessalement d'eau de mer. Elle exerce ses métiers en Algérie et partout dans le monde où des opportunités se présentent. Sonatrach est la première entreprise du continent africain. Elle est classée 12ème parmi les compagnies pétrolières mondiales, 2ème exportateur de GNL et de GPL et 3ème exportateur de gaz naturel. Sa production globale (tous produits confondus) est de 230 millions de tep en 2006. Ses activités constituent environ 30% du PNB de l'Algérie.

Sonatrach se développe également dans les activités de pétrochimie, de génération électrique, d'énergies nouvelles et renouvelables, de dessalement d'eau de mer et d'exploitation minière. Sonatrach opère en Algérie et dans plusieurs régions du monde, notamment en Afrique (Mali, Tunisie, Niger, Libye, Egypte, Mauritanie), en Europe (Espagne, Italie, Portugal, Grande-Bretagne, France), en Amérique latine (Pérou) et aux Etats-Unis.

L'entreprise, qui emploie 41 204 salariés (120 000 avec ses filiales), génère 30 % du PNB de l'Algérie. Pour l'année 2005, elle a produit 232,3 millions de TEP, dont 11,7 % (24 millions de TEP) pour le marché intérieur [2].

Sonatrach avait pour mission à l'origine « la préparation et la mise au point de toutes études préalables à la construction de moyens de transport terrestres ou maritimes permettant de véhiculer les hydrocarbures liquides ou gazeux; la réalisation éventuelle et l'exploitation de ces moyens et enfin la commercialisation de ces hydrocarbures » [3]. La première tâche confiée à la jeune société a été la construction d'un oléoduc pour l'accroissement de la capacité d'évacuation du pétrole. Deux canalisations assuraient déjà le transport du produit des puits sahariens vers les terminaux marins au Nord mais ne suffisaient plus à évacuer la production croissante soutirée par les compagnies françaises. Devant le refus de la partie française de concéder une participation de 51% dans le capital de la société de transport (Trapal) devant réaliser et exploiter cet oléoduc, l'Algérie décide de construire ce pipeline par elle-même avec l'assistance technique des Anglais et un financement koweïtien (Bennoune et El Kenz, 1990). Ce premier conflit va décider la partie algérienne à vouloir se dégager de la domination des compagnies françaises consacrée dans les accords d'Évian. Elle demande une renégociation des clauses concernant les hydrocarbures qui, menée entre 1964 et 1965, aboutit

aux accords signés le 29 juillet 1965. Ces derniers garantissent à l'Algérie un prix minimum alors que les tarifs avaient été jusque-là fixés par les sociétés pétrolières. Les zones à prospecter réservées totalement aux compagnies françaises ont été délimitées. Dans les zones récupérées, l'Algérie va conduire des recherches grâce au concours des Soviétiques¹⁸⁶, des Roumains et des Américains pour des opérations de prospection et de forage. Elle devient également partenaire à 50% dans les sociétés concessionnaires françaises dans le cadre d'une association coopérative (Ascoop) pour rechercher et exploiter en commun avec les compagnies françaises. Ces négociations interviennent alors que sur la scène politique algérienne, le parti unique au pouvoir, le FLN, adopte en avril 1964 la Charte d'Alger qui fixe les orientations politiques de l'Algérie indépendante et qui réaffirme la nécessité de mettre les ressources minières et énergiques au service de l'industrialisation de l'Algérie. Le rôle de l'État est redéfini : être actif à tous les stades de l'activité pétrolière et détenir dans toute participation, une proportion majoritaire^[4]. En juin 1965, un changement de direction politique intervient à la tête du pays. Quant à Sonatrach, ses statuts sont modifiés en 1966 pour prendre en charge ses nouvelles missions qui couvrent dorénavant la recherche et l'exploitation industrielle et commerciale des hydrocarbures. En 1965, la jeune société est organisée par projets. Elle est dirigée un Président Directeur Général qui coiffe également une direction de production et de transport, un service de formation et un service de comptabilité et Finances (Hafsi, 1990). Sa structure s'élargit suite à son déploiement en 1966 pour comprendre cinq directions (Recherche et Production, Services Pétroliers, Distribution, Pétrochimie, Études économiques et financières) et trois structures (Projets, Représentations à l'étranger et gestion (dont un département Personnel)). Sur le plan des moyens humains, Sonatrach démarre avec 33 Algériens. Dans les années 1964-1965, les équipes pionnières se sont constituées à partir du vivier des diplômés envoyés en formation à l'étranger par le mouvement de libération nationale, et qui ont assuré également les fonctions d'encadrement. Mais très vite, un service de sélection et de formation est mis sur pied pour assurer l'envoi des techniciens dans le cadre d'accords passés avec les compagnies étrangères mais aussi de bacheliers pour des formations universitaires. Le nombre de diplômés sortis de l'université d'Alger est encore insignifiant et la première promotion de l'École polytechnique d'Alger livrée en 1965 se chiffre à 24 diplômés. L'Institut National des Hydrocarbures et de la Chimie (INHC) accueille, pour sa première rentrée en octobre 1964, 400 étudiants techniciens supérieurs et élèves-ingénieurs du pétrole. Quant à l'Institut Algérien du Pétrole (IAP), il démarre son cycle court en 1965 admettant des licenciés et universitaires qu'il forme à l'ingénierat en deux ans ou trois ans. Le travail des ingénieurs à ce moment consiste

essentiellement à exploiter les études réalisées par les bureaux d'études et d'engineering étrangers et apporter une aide à la décision en s'assurant de la faisabilité des projets et des moyens nécessaires à leur réalisation (Rabah, 2006)[3].

2 l'activité transport par canalisation

L'Activité Transport par Canalisation représente une dimension stratégique en termes d'acheminement des hydrocarbures vers les autres segments du marché et assure la cohérence des flux de toute la chaîne des hydrocarbures. L'Activité est également un maillon incontournable de cette même chaîne. Elle est également un secteur vital pour l'économie. Actuellement, l'Activité transport par canalisations assure l'acheminement des hydrocarbures (pétrole brut, gaz naturel, GPL et condensât) depuis les champs de production jusqu'aux complexes et unités de traitement, de transformation, de stockage, d'expédition et d'exportation. Le Transport des hydrocarbures par canalisations nécessite l'installation des stations de pompage le long de la ligne.

Cette activité assure le transport des hydrocarbures (pétrole brut, gaz naturel, GPL et condensat) que ce soit vers le nord du pays (aux raffineries) ou vers les complexes de production. Elle dispose aussi d'un réseau de canalisations de 16.200 Km qui compte 12 gazoducs (7.459 km) avec une capacité de transport de 131 milliards de m³/an.

Il y a le réseau gazoducs transcontinentaux : Enrico Matei qui relie l'Algérie à l'Italie via la Tunisie, et Pedro Duran Farrel relie l'Algérie à l'Espagne via le Maroc

L'activité Transport par Canalisation de Sonatrach en Algérie dispose de 79 stations de pompage et de compression avec 290 machines principales, d'une capacité de stockage de près de 3,4 millions de m³, d'une capacité de chargement portuaire de près de 210 MTA, d'une infrastructure de maintenance et d'entretien sur trois bases principales et trois bases régionales d'intervention, d'un centre dispatching gaz CNDG (Hassi R'mel) et d'un autre centre dispatching des hydrocarbures liquides CDHL (Haoud El Hamra).

Il existe plusieurs projets en cours pour améliorer encore plus le transport par canalisations en Algérie, et parmi eux, il y a MEDGAZ pour le transport de gaz naturel qui va de Hassi R'mel jusqu'à Beni Saf (nord du pays) pour arriver jusqu'à Almeria en Espagne.

Le deuxième c'est GALSI qui va de Hassi R'mel vers El Kala, en passant par Biskra, Batna et Constantine, pour arriver jusqu'à Cagliari à l'île de Sardaigne et C.d.Pescara en Italie.

Le troisième TSGP consiste à transporter du gaz naturel pour un volume total jusqu'à 20 milliards de m³/an. Le projet reliera l'Algérie avec le Nigéria (Warri).[5]



Figure 1. 1: L'oléoduc Trans-Alaska reliant Prudhoe Bay à Valdez sur près de 1 300 km.

2.1 Historique du transport par canalisations

Des réseaux d'aqueducs pour la collecte et la distribution d'eau potable et d'irrigation existent depuis les temps historiques les plus anciens. C'est en Chine dès 500 avant J.C. qu'apparaissent les premières canalisations, des bambous fendus et liés par de la ficelle, destinés à acheminer l'eau. Durant l'Antiquité, les conduites en bois, en terre cuite et pierre sont utilisés pour le transport de l'eau. Certains de ces réseaux utilisaient déjà sur certains tronçons des canalisations maçonnées ou en bois ou en métal ductile (plomb...). En France, à la fin du xviii^e siècle, une conduite (saumoduc), constituée de troncs creusés de sapin, a été construite sur 21,5 km entre Salins-les-Bains (Jura) et Arc-et-Senans (Doubs) pour transporter la saumure. au début du xix^e siècle, la civilisation industrielle, qui a vu se développer des installations complexes (haut fourneaux, usines à gaz, centrales de vapeur, etc.), met en place des systèmes locaux de transport de fluides constitués par des canalisations en fonte, bois, acier, ou céramique, mais restant d'ampleur modeste. Le terme de pipeline apparaît dans le milieu anglo-saxon puis entre dans le lexique industriel français vers 1885.

À partir de 1860, les pipelines deviennent indispensables avec la révolution industrielle et le début de l'exploitation du pétrole. À Titusville en Pennsylvanie, l'exploitation des premiers gisements de pétrole provoque une véritable ruée vers l'or noir et très vite il faut trouver un

moyen autre que des chalands ou le chemin de fer pour transporter par barils cette production massive. Le premier concept industriel de transport par pipeline (canalisation sous pression) aurait été formulé par le Russe Dimitri Mendeleïev en 1863 suggérant l'utilisation de tubes en acier. Dès 1865 un premier oléoduc, de 8 kilomètres en tubes vissés en fonte et d'un diamètre de 2", est construit et peut transporter 100 m³ de pétrole par jour. En 1878, un nouveau pipeline, de 170 kilomètres et d'un diamètre de 6", est construit avec la capacité de transport jamais atteinte de 1 500 m³ de pétrole par jour. À la fin de ce siècle 1800 km de canalisations étaient en exploitation. Le russe Vladimir Choukhov pour la société Branobel (acronyme de Brothers Nobel), a construit l'un des premiers oléoducs en 1878-1880 près de Bakou.

Durant la première moitié du XX^e siècle, l'évolution des techniques permet d'étendre notablement les réseaux de pipelines. L'utilisation de l'acier, de moyens de soudure plus performants et de nouvelles machines pour creuser le sol, permettent d'agrandir les lignes et de transporter en plus grande quantité. Ainsi, entre 1931 et 1947, les États-Unis voient la longueur de leur réseau d'oléoducs multipliée par six, atteignant 29 000 kilomètres.

Durant la seconde Guerre mondiale, l'Europe va elle aussi lancer de nombreux et importants projets de construction de pipelines afin d'assurer son ravitaillement, notamment en 1942, à l'initiative des britanniques avec l'opération PLUTO, un oléoduc est ainsi construit sous la Manche .en 1956 est inauguré le plus long pipeline du monde, « Djouba », de 4 000 kilomètres de longueur, reliant le Sud-Est de la Russie à l'Allemagne.

Le début des années 1960, la demande en gaz augmentant et la liquéfaction du gaz naturel étant mis au point, voit l'arrivée des premiers importants gazoducs. L'Italie, L'Angleterre les Pays Scandinaves et les Pays-Bas découvrent sur leur territoire d'immenses champs gaziers et décident de les exploiter tout comme l'URSS. Les contrats internationaux se multiplient, des gazoducs sont bâtis sur des milliers de kilomètres, principalement en Europe qui compte la moitié des gazoducs mondiaux.en 2020, dans le monde, la longueur des pipelines est estimée à 2 000 000 kilomètres, pour environ les deux tiers concernent les gazoducs, un tiers les oléoducs et marginalement les autres [6].

2.2 Consistance du Réseau de Transport

En 2018, le Réseau de Transport de l'Activité transport par canalisations (TRC), comprenant 22 STC (système de transport par canalisations) d'une longueur totale de 20 927 Km, est composé principalement de ce qui suit :

- 21 oléoducs d'une longueur de 9 946 km, avec une Capacité de transport de 247,553 Millions TM/an.

- 18 gazoducs d'une longueur totale de 10 981 km, avec une Capacité de transport de 195,12Milliards de Sm³/an.
- 83 stations de pompage et de compression.
- 127 bacs de stockage de pétrole brut et de Condensat, d'une Capacité design de 4,2 Millions de Tep;
- 02 Centres de Dispatching Liquides et Gaz.
- 05 bouées de chargement de pétrole brut et condensat en mer (02 à Arzew, 02 à Skikda et 01 à Béjaïa) de type SPM (Single Point Mooring).

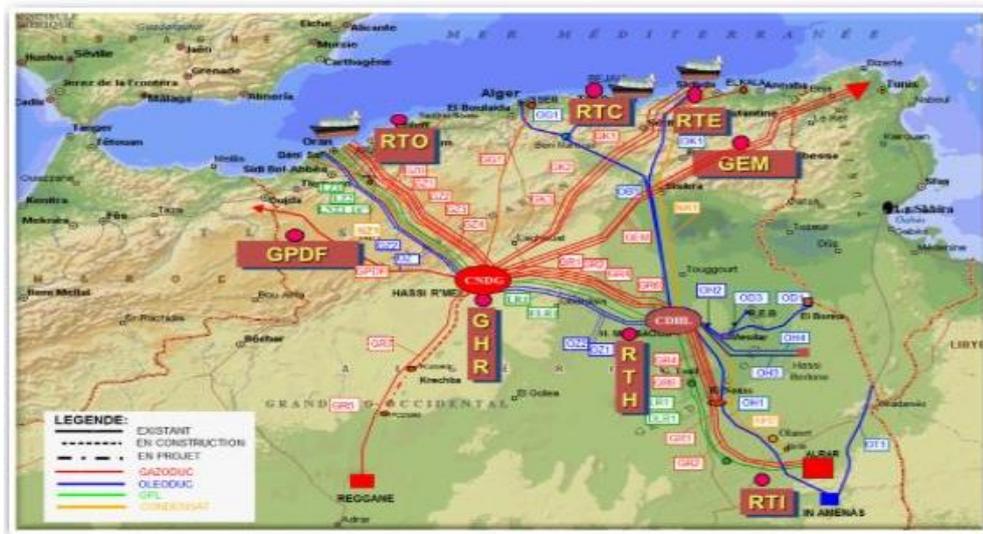


Figure 1. 2 : Cartographie actuelle du Réseau de Transport.

2.3 Économie du transport par pipeline

Dans les schémas économiques antérieurs, le transport par canalisations dédiées faisait partie d'une chaîne de valeur intégrée allant de la production à la livraison. Ses coûts d'investissement et d'exploitation étaient le plus souvent pris en charge par le producteur et/ou le vendeur de produit qui le répercutait sur son prix de vente.

Dans les nouveaux schémas économiques, et notamment dans les schémas gaziers européens d'ouverture totale du marché à la concurrence internationale, le transport (au sens large, y compris la distribution) devient une activité séparée (unbundled en anglais) gérée par des opérateurs autonomes, au service de l'ensemble des fournisseurs amont et des consommateurs aval. ce schéma économique qui est déjà classique aux États-Unis et qui se met en place en Europe, entraîne en phase transitoire des effets néfastes de dés optimisation des réseaux et des organisations qui font douter certains acteurs de l'efficacité de ce modèle, notamment en période de pénurie de produit et de position dominante des fournisseurs. Le niveau de prix qui reste élevé en Europe depuis la mise en place de ce nouveau marché européen du gaz a amené

les industriels à remettre en question le schéma énergétique actuellement promu par la Commission européenne [7].

2.4 Sécurité industrielle du transport par pipeline

Le transport par canalisation mobilise des fluides et des énergies qui représentent, comme toute activité industrielle, un danger. Le risque industriel lié à ce danger est estimé et traité, dans le cadre des réglementations locales et internationales en vigueur, pour être ramené à un niveau résiduel acceptable par la société, représentée par les organismes de contrôle et diverses associations. En France, une mise en cohérence de nombreuses règles antérieures et une augmentation des exigences ont été concrétisées notamment par l'entrée en vigueur des divers règlements de sécurité de transport multi fluide par canalisation, entre 2006 et 2014[8]. Ainsi, au-delà des opérations classiques d'entretien faisant partie de l'exploitation de l'ouvrage, un diagnostic poussé des ouvrages de transport est réalisé périodiquement, en fonction des réglementations nationales et des pratiques locales. En particulier, l'intégrité physique des canalisations fait l'objet de contrôles non destructif (CND) notamment par des mesures électriques de surface (courant de Foucault), par auscultations électromagnétiques ou par ultrasons, réalisées à partir de pistons racleurs instrumentés[9]. Quel que soit le niveau de sécurité visé et les moyens mis en œuvre pour l'obtenir, l'accident reste toujours possible. Tous les scénarios d'accident se ramènent à une perte de confinement du produit transporté et à une interaction néfaste du produit libéré avec l'environnement inerte ou vivant. Des plans d'urgence sont établis, en relation avec les pouvoirs publics.

2.5 Consolider SONATRACH sur l'échiquier mondial de l'énergie

Dans le cadre de son plan de développement à moyen terme 2019 – 2023, l'Activité Transport par Canalisations va concentrer ses efforts sur de grands projets tels que le gazoduc GR7 (Expansion du gazoduc Sud-Ouest GR5 48") d'une longueur de 343 kilomètres, situé au sud de Hassi R'Mel. Ce projet assurera l'évacuation de la production additionnelle de gaz naturel issue de la région du Sud-Ouest et permettra de porter la capacité de transport par canalisation sur cet axe à 15 milliards de Cm³ par an à ce même horizon.

A l'international, SONATRACH TRC travaille également sur la réalisation d'une nouvelle canalisation d'un diamètre de 48" et d'une longueur d'environ 200 kilomètres qui reliera l'arrivée du Terminal d'El Aricha du STC GPDF à celui de Beni Saf du STC GZ4. Ce nouveau gazoduc permet d'assurer la continuité et la flexibilité de l'approvisionnement en gaz naturel de la péninsule ibérique [10].

CHAPITRE II : LES BACS DE STOCKAGES

1 généralité

Les bacs de stockage ont été largement utilisés dans de nombreux établissements industriels, notamment dans les usines de traitement, telles que les raffineries de pétrole et l'industrie pétrochimique. Ils sont utilisés pour stocker une multitude de produits différents. Ils vont dans une gamme de tailles différentes comportant des produits tels que : les matières premières, produits finis, les gaz et les liquides. Il existe une grande variété de réservoirs de stockage, ils peuvent être construits sur le sol, dans le sol et sous terre. De forme, ils peuvent être cylindriques verticaux, horizontaux cylindriques, sphériques ou rectangulaires, mais les cylindriques verticaux sont les plus utilisés. Dans un réservoir de stockage cylindrique vertical, il est en outre divisé en divers types, notamment le réservoir à toit ouvert, le réservoir à toit fixe, le toit flottant externe et le réservoir à toit flottant interne. Le type de réservoir de stockage utilisé pour le produit spécifié est principalement déterminé par les exigences de sécurité et d'environnement. Le coût de fonctionnement et la rentabilité sont les principaux facteurs dans la sélection du type de réservoir de stockage. Les préoccupations en matière de conception et de sécurité ont suscité de vives inquiétudes, les cas d'incendies signalés et d'explosion du réservoir de stockage augmentant au fil des années, ces accidents provoquant des blessures et des décès. Les déversements et les incendies de citernes non seulement causant une pollution environnementale, il y aurait également de graves conséquences financières et un impact important sur les activités futures en raison de la réputation de l'industrie [11].

2 classement des bacs de stockage

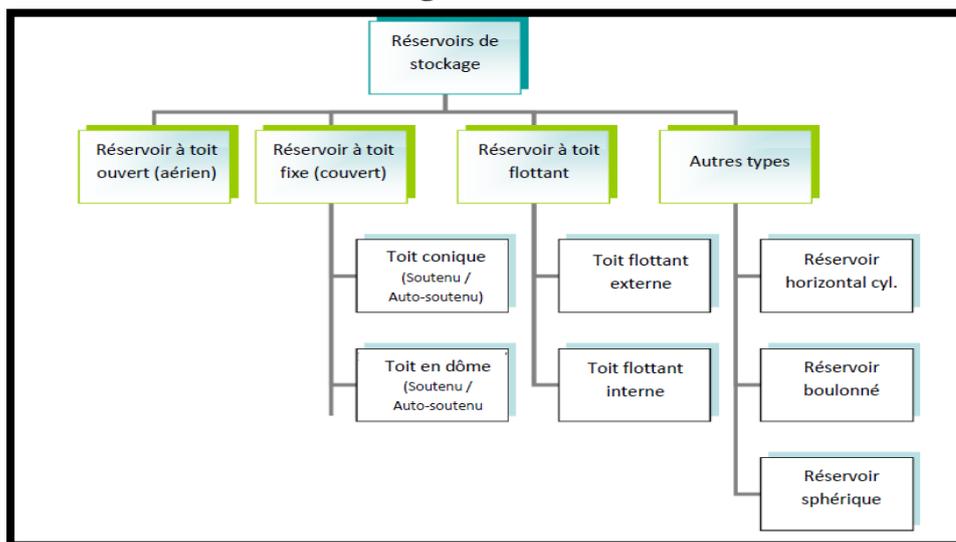


Figure 2. 1 : Types de réservoirs de stockage des hydrocarbures.

2.1 Réservoirs atmosphériques

A/Généralité

Ce sont des réservoirs cylindriques verticaux à fond plat que l'on peut différencier par le type de couverture.

Les **cuves ouvertes** (figure 2.2a) ne comportent pas de toit et leur emploi est limité aux quelques liquides que l'on peut, sans danger, pour leur qualité ou pour l'environnement, exposer à l'air libre.

Les **réservoirs à toit fixe** (figure 2.2b) sont pourvus d'un toit et permettent donc une meilleure conservation des liquides volatils, dangereux ou polluants.

La capacité maximale de ces réservoirs atmosphériques peut être très importante. Elle est seulement limitée par la hauteur et le diamètre qu'il est possible de réaliser. Le choix de la hauteur est lié à la nature du terrain car les réservoirs reposent à même le sol. En tenant compte de la résistance moyenne des sols habituellement rencontrés, elle est le plus souvent comprise entre 14 et 22 m. Bien entendu, le diamètre maximal sera limité par la surface du terrain disponible, mais également par l'épaisseur maximale autorisée par les codes de construction pour la partie basse de la robe. Cette épaisseur est généralement fixée à 45 mm par la plupart des codes existants. Pour les réservoirs à toit fixe, le choix du type de toit peut également constituer une limitation du diamètre.

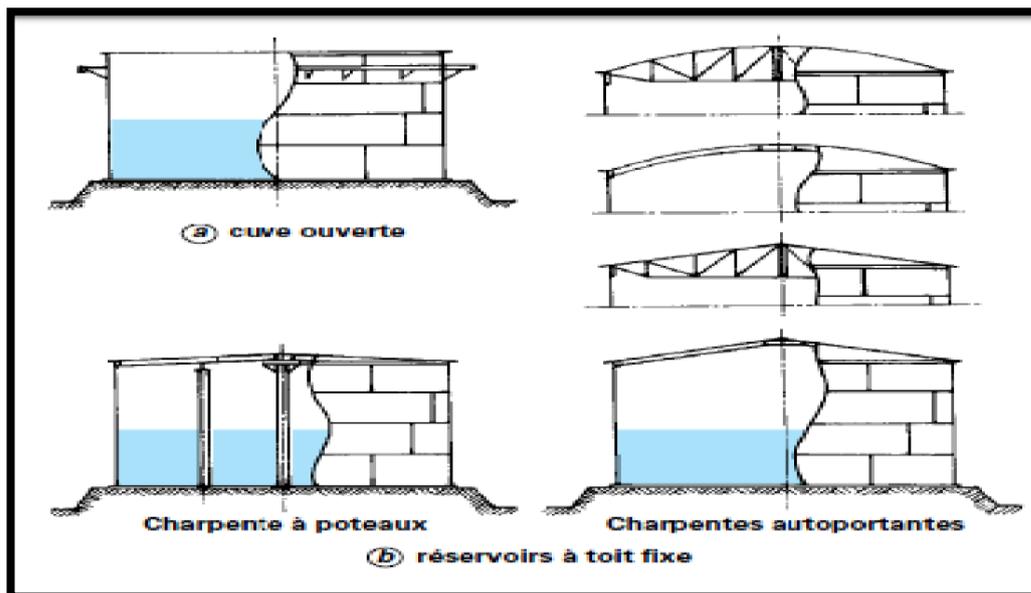


Figure 2. 2 : Réservoirs atmosphériques.

B/Cuve ouverte

Ce type de réservoir est principalement destiné au stockage d'eau incendie ou d'eau industrielle.

Il ne convient pas pour le stockage d'eau potable, de produits pétroliers volatils ou de produits émettant des vapeurs polluantes.

Son utilisation est limitée, car les évaporations sur ce type de stockage sans toit sont très importantes. Il faut de surcroît tenir compte de la pollution importante du produit stocké (par l'atmosphère, les insectes et les oiseaux), en particulier pour les stockages de longue durée comme, par exemple, les réserves d'eau incendie.

C/Fond

Il a une fonction principale d'étanchéité et assure le transfert de la charge verticale, produite par le liquide stocké, sur la fondation.

La partie centrale du fond n'est donc pas soumise à des contraintes mécaniques de tension. Par contre, la bordure périphérique, placée sous la robe et soudée à celle-ci, est fortement sollicitée par la pression hydrostatique horizontale qui agit au bas de la robe.

Le fond peut être plat ou légèrement conique avec une pente au moins égale à 0,2 % orientée vers le haut ou vers le bas.

Cette pente facilite l'élimination des dépôts en fond de bac, qui s'effectue par l'intermédiaire d'une tuyauterie traversant la robe et débouchant dans une cuvette installée au point bas du fond. Lorsqu'un tassement des fondations est attendu, la pente du fond est orientée vers le haut pour compenser les mouvements du terrain.

Le fond est réalisé à partir de tôles rectangulaires de 6 à 6,5 mm d'épaisseur minimale, soudées par recouvrement sur leur face supérieure (figure 2.3a).

En fonction des critères fixés par les codes de construction, une tôle annulaire de **bordure** peut être nécessaire sous la robe.

Elle est constituée de segments de tôles rayonnants, soudés bout à bout, en général plus épais que le reste du fond (figure 2.3b).

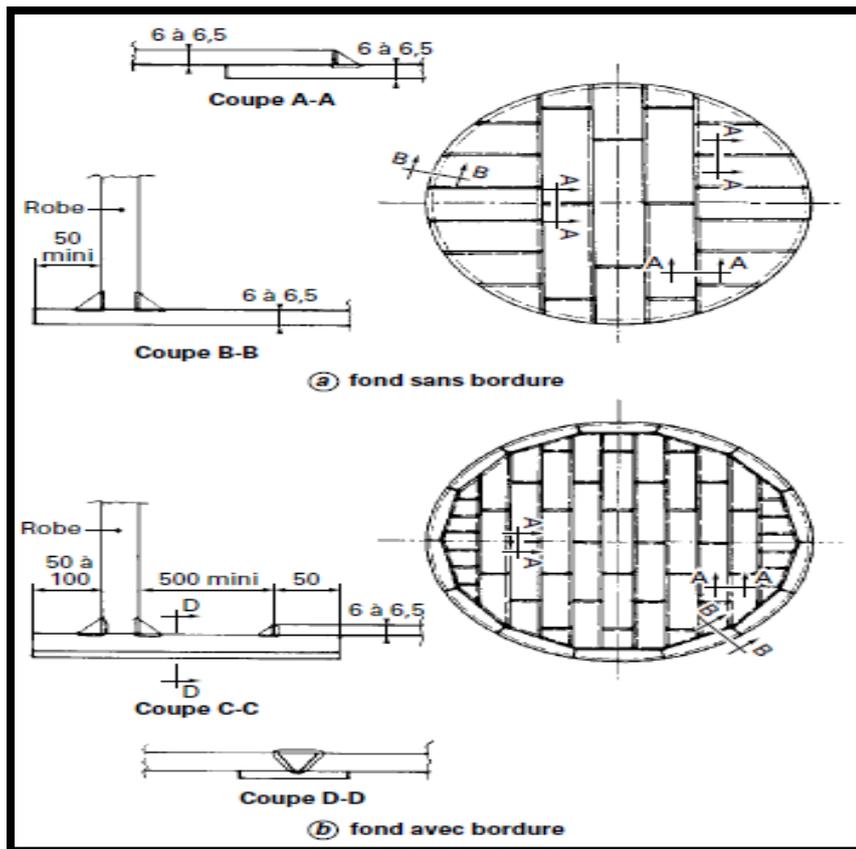


Figure 2. 3 : Fond de réservoir

D/Robe

Elle doit résister aux contraintes développées par la pression hydraulique du liquide stocké. Elle est constituée de rangées de tôles rectangulaires (de longueur L) superposées, appelées viroles, qui sont soudées bout à bout.

Les joints verticaux de ces tôles sont généralement décalés, à chaque changement de virole, du tiers de leur longueur (figure 2.4a).

L'épaisseur minimale de chaque virole est calculée à partir de formules simples définies par les codes de construction.

Sa valeur dépend des dimensions de la cuve, de la masse volumique du produit stocké, des caractéristiques mécaniques des aciers employés, des coefficients de sécurité imposés par le code, de la température d'étude et de la surépaisseur de corrosion retenue.

L'épaisseur maximale autorisée par la plupart des codes de construction est limitée à 45 mm. Par ailleurs, pour des raisons de construction, ces codes précisent également

une épaisseur minimale de robe comprise entre 5 et 10 mm suivant le diamètre du réservoir.

La liaison de la robe sur le fond ou sa bordure s'effectue par une double soudure d'angle (figure 2.3).

Cet assemblage est très sollicité par la pression hydrostatique et les mouvements de rotation de la robe qui en découlent.

Il doit donc être considéré comme un détail important de la construction :

- **Poutre raidisseuse et raidissage de robe**

En l'absence de toit, la partie haute de la robe doit être renforcée par une poutre raidisseuse, pour conserver sa rotondité sous l'action du vent.

Cette poutre est placée en principe à un mètre du sommet.

Quand elle est assez large, elle est utilisée comme passerelle de circulation autour du réservoir.

Elle est souvent constituée de segments de tôles pliés formant sur sa partie extérieure un polygone régulier (figure 2.4b).

Un raidissage intermédiaire de dimension beaucoup plus modeste, peut être aussi nécessaire sur la robe, entre la poutre supérieure et le fond (figure 2.4c), pour assurer une résistance correcte au cloquage local de la paroi cylindrique soumise à la pression dynamique du vent. On limite ce raidissage, ou on le supprime, en augmentant légèrement l'épaisseur des viroles les plus minces.

Lorsqu'il subsiste, il est réalisé par un ou plusieurs anneaux en profilés cintrés ou par de petites poutres en tôle pliée comme la poutre au vent supérieure.

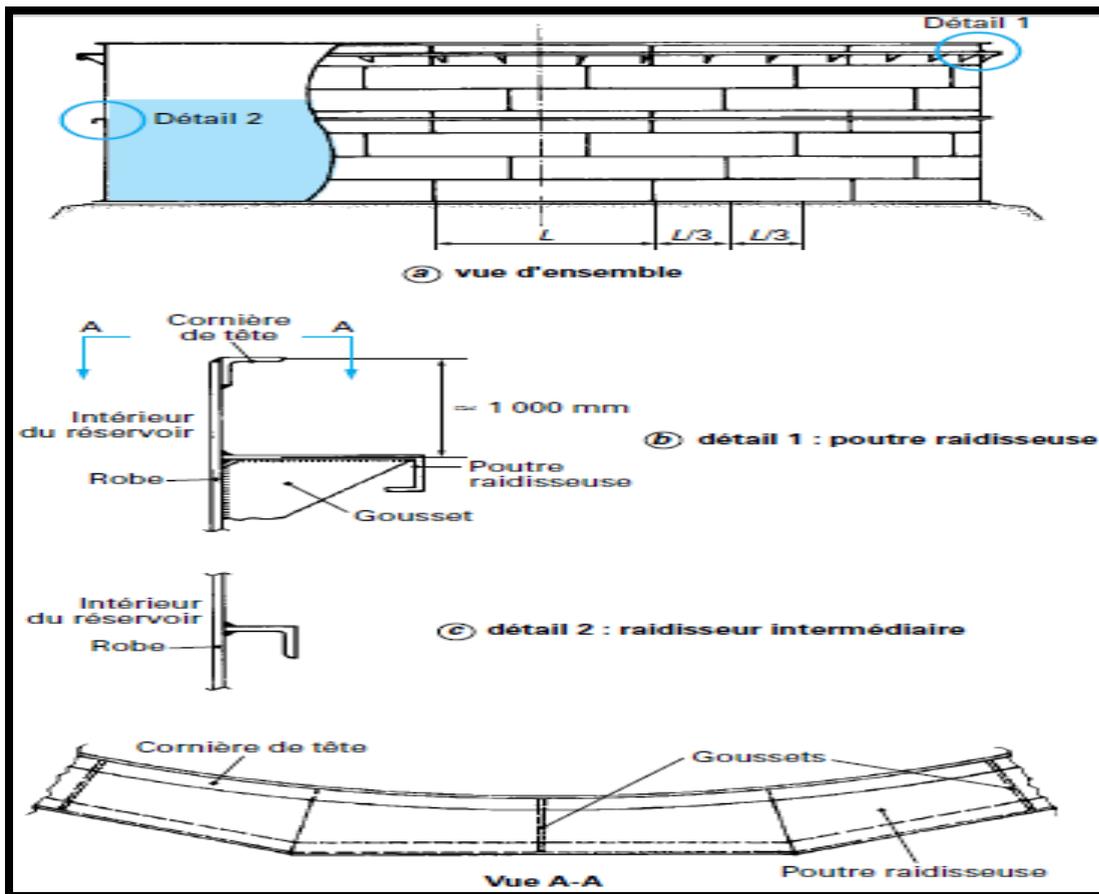


Figure 2. 4 : Cuve ouvert

L'action horizontale d'ensemble du vent, agissant sur la structure, peut aussi nécessiter l'installation de boulons d'ancrage, à la base de la robe. Ils ont pour fonction de s'opposer au soulèvement du fond, lorsque le poids propre en pied de robe n'est pas suffisant pour assurer l'équilibre de l'ouvrage. Lorsqu'ils sont nécessaires, ces ancrages sont répartis à intervalles réguliers autour du réservoir sur des chaises soudées à la robe. La fondation du réservoir doit alors comporter sur sa périphérie un anneau de béton, de section suffisante pour s'opposer aux efforts de soulèvement repris par chaque ancrage.

Les effets d'un séisme peuvent également imposer la mise en place de boulons d'ancrage, mais aussi le renforcement de l'épaisseur des viroles basses et de la bordure de fond. Les vérifications pour ce cas d'étude sont clairement exposées dans l'appendice E du code de construction API-650 édité par l'American Petroleum Institute.

E/Réservoirs à toit fixe

E/1 Généralités

Le stockage des produits peu volatils et à faible tension de vapeur est réalisé dans des réservoirs dont la partie supérieure est obturée par un toit fixe. Il est ainsi possible d'assurer plus facilement leur conservation et d'empêcher leur contamination par les agents extérieurs.

D'une manière générale, il s'agit de produits dont la tension de vapeur absolue à température ambiante est inférieure à 0,1 bar ou dont le point d'éclair est supérieur à 55 °C.

Les produits les plus lourds sont à l'état pâteux à température ambiante. Ils nécessitent l'installation d'un système de réchauffage permanent, placé sur le fond des réservoirs, pour les maintenir suffisamment liquides et permettre ainsi leur transfert. Dans ce cas, un calorifuge est prévu sur la robe et, suivant la température de réchauffage, sur le toit du réservoir.

Le fond et la robe de ces réservoirs sont du même type que sur les cuves ouvertes. Cependant, la présence du toit fixe assure une rigidité suffisante au sommet de la robe qui permet d'éviter l'installation d'une poutre raidisseuse.

Les toits sont de forme conique ou sphérique. Ils sont étudiés pour supporter une surcharge externe d'au moins 120 daN/m² correspondant aux effets combinés d'une charge temporaire (neige et dépression interne). La tôlerie de ces toits est réalisée à partir de tôles rectangulaires de 5 mm d'épaisseur, soudées entre elles par recouvrement sur leur face supérieure. La tôlerie est indépendante de la charpente et il n'y a pas de liaison par soudure entre ces deux éléments du toit.

On range les toits fixes en deux catégories : les toits supportés et les toits autoportants avec ou sans charpente [12].

E/2 Réservoirs à toit supporté

Ces toits sont constitués d'une charpente soutenue par un ou plusieurs poteaux (pour des diamètres supérieurs à 25 mètres) qui s'appuient sur le fond du réservoir.

E/3 Réservoirs à toit autoportant

sont soit coniques ou sphériques[11].

2.2 Réservoirs sous faible et forte pressions

2.2.1 Réservoirs cylindriques verticaux

Appelés communément réservoirs, ils reposent directement sur le sol ou sur une fondation par l'intermédiaire d'un fond plat. Ils sont habituellement équipés soit d'un toit fixe conique ou sphérique, soit d'un toit flottant qui repose sur le liquide et coulisse dans le piston formé par

la robe du réservoir. Lorsque ces réservoirs doivent supporter une légère pression, leur toit est généralement de forme sphérique et leur fond en périphérie peut être ancré sur une fondation circulaire en béton. Pour éviter ces ancrages et la fondation qu'ils impliquent, le fond plat peut être remplacé par un fond sphérique concave qui équilibre les effets de la pression sur le toit. Les réservoirs cylindriques verticaux sont plus utilisés dans les cas où une consommation plus élevée et des stocks opérationnels plus importants sont utilisés. Ces derniers supportent des fluides de plus grande densité, et par conséquent, un poids spécifique plus important

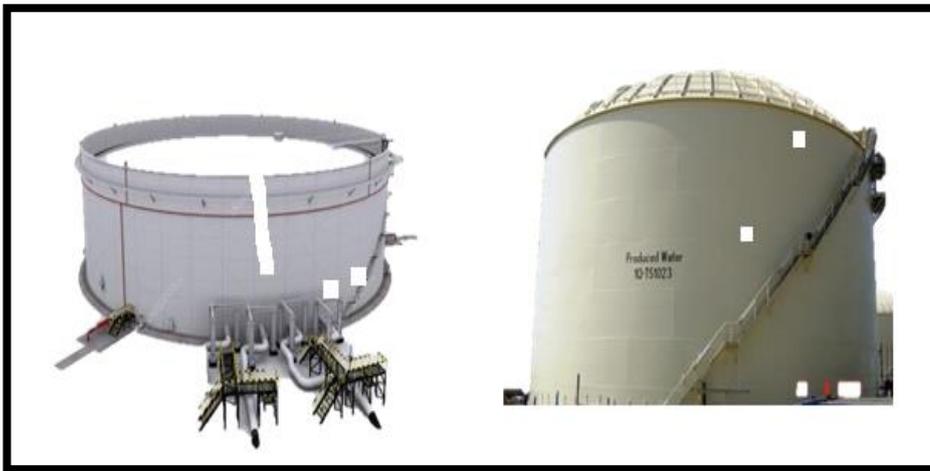


Figure 2. 5 : bacs de stockage cylindrique

2.2.2 Réservoirs cylindriques horizontaux

Souvent, ils sont installés au-dessus du sol sur des berceaux supports. Leur extrémités sont terminées par des fonds emboutis hémisphériques ou elliptiques. Ces récipients sont destinés aux stockages sous forte pression, mais leur emploi est limité en général à de faibles capacités.

Cependant, depuis 1975, l'utilisation de réservoirs cylindriques horizontaux de grandes capacités s'est développée en Europe pour répondre essentiellement à des problèmes de sécurité vis-à-vis de l'environnement. Ces stockages reposent le plus souvent directement sur le sol, sans fondation spéciale et sans berceau. Après construction, ils sont entièrement enfouis sous une couche de terre l'ordre du mètre qui constitue une protection autour de l'ouvrage en cas d'incendie ou d'explosion à proximité.



Figure 2. 6 : Réservoirs cylindriques horizontaux .

Les réservoirs horizontaux sont principalement utilisés dans les cas où la consommation de fluide est faible et où le poids spécifique du fluide en question est faible.

2.2.3 Réservoirs sphériques

Appelés aussi sphère, ils sont généralement supportés par des poteaux disposés au niveau de l'équateur ou, quelquefois, par une jupe métallique ou un massif de béton placé sous l'hémisphère inférieur. Ces ouvrages sont parfaitement adaptés au stockage sous forte pression et permettent la réalisation économique de grandes capacités.

Les réservoirs sphériques résistent à des pressions extrêmes et sont principalement utilisés pour le stockage de GPL ou de GN sous haute pression.



Figure 2. 7 : bacs de stockage sphériques

2.2.4 Réservoirs sphéroïdaux

Ils sont le plus souvent appelés sphéroïdes. Pour certains produits sous pression directement sur le sol préalablement préparé pour épouser la forme du réservoir. Cette formule de stockage n'est cependant pratiquement plus employée en raison du faible intérêt économique qu'elle présente en regard des difficultés de construction

3 Equipements et accessoires des bacs de stockage

3.1 Equipements de la structure des bacs

- ❑ La robe : c'est une paroi verticale constituée de tôles cintrées au diamètre du réservoir.
- ❑ La virole : c'est un anneau constitué de tôles dont la succession donne la robe.
- ❑ La cuvette : c'est un compartiment construit autour d'un bac ou d'un ensemble de bacs destiné à recevoir le contenu du bac ou de l'ensemble de bacs en cas de fuite accidentelle.
- ❑ Le fond : c'est la base du réservoir, il est fait également d'un ensemble de tôles.
- ❑ L'assise : c'est la fondation sur laquelle repose le réservoir.
- ❑ Le toit : c'est la partie supérieure du réservoir, il est fait d'un assemblage de tôles il peut être fixe ou flottant.

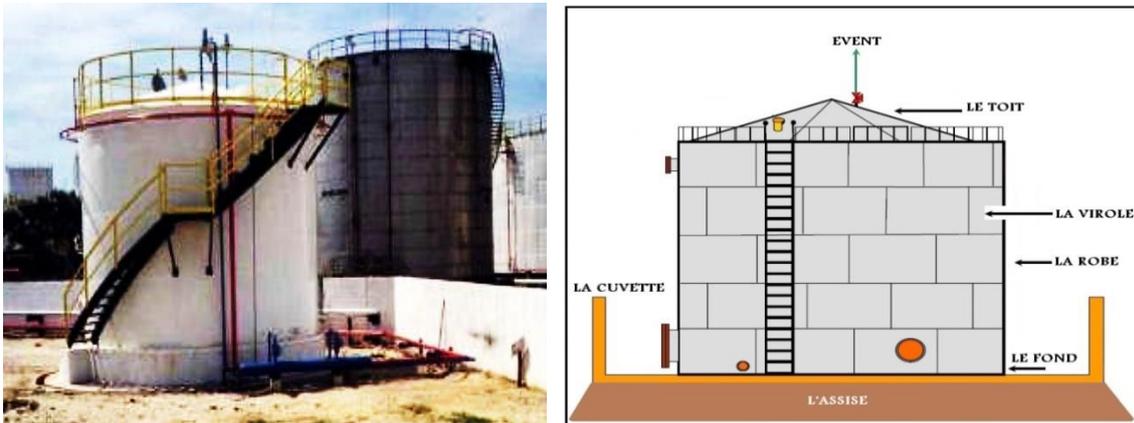


Figure 2. 8 : Types Equipements de la structure des bacs..

3.2 Accessoires des bacs

A/ Accessoires d'accès

- **Les escaliers** : de forme hélicoïdale ou verticale, destinés aux opérations de vérification, de control, de réparation et de nettoyage.

- **L'échelle basculante:** celle-ci change de position lorsqu'un toit se déplace pour un toit flottant.
- **Les trous d'homme:** ceux-ci permettent l'accès à l'intérieur du réservoir des agents d'entretien, de nettoyage et de réparation. Il existe deux types d'accès :
 - Accès au réservoir à partir du toit
 - Accès à partir de la robe du réservoir.

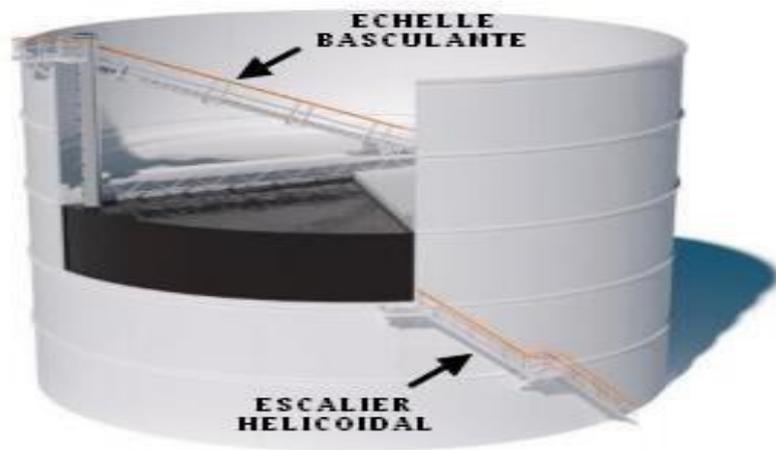


Figure 2. 9 : Accessoires d'accès des bacs.

B/Accessoires de contrôle

- **Le manomètre:** Le manomètre d'indication de pression permet de contrôler la pression à l'intérieur du bac pour maintenir la pression d'épreuve constante.
- **Le dispositif de prise d'échantillon:** Celui-ci sert à prendre des échantillons, à mesurer les qualités du produit et relever la température.
- **Le dispositif de purge:** Il sert à évacuer les impuretés qui se trouvent mélangées avec le produit au fond du réservoir. Le liquide drainé sera acheminé dans les réseaux d'huiles, puis vers un séparateur.

C/Accessoires de contrôle

- **Le manomètre:** Le manomètre d'indication de pression permet de contrôler la pression à l'intérieur du bac pour maintenir la pression d'épreuve constante.
- **Le dispositif de prise d'échantillon:** Celui-ci sert à prendre des échantillons, à mesurer les qualités du produit et relever la température.
- **Le dispositif de purge:** Il sert à évacuer les impuretés qui se trouvent mélangées avec le produit au fond du réservoir. Le liquide drainé sera acheminé dans les réseaux d'huiles, puis vers un séparateur.
- **L'indicateur de niveau:** Celui-ci permet de relever le niveau du liquide dans

le réservoir et au comptage du volume du produit au remplissage et ou à la vidange de celui-ci. La détermination du niveau du produit dans le réservoir se fait avec les indicateurs de niveau à flotteur qui suit le niveau du liquide. Dans le cas où il n'y aurait pas de flotteur, on détermine le niveau du produit à l'aide d'une jauge manuelle.

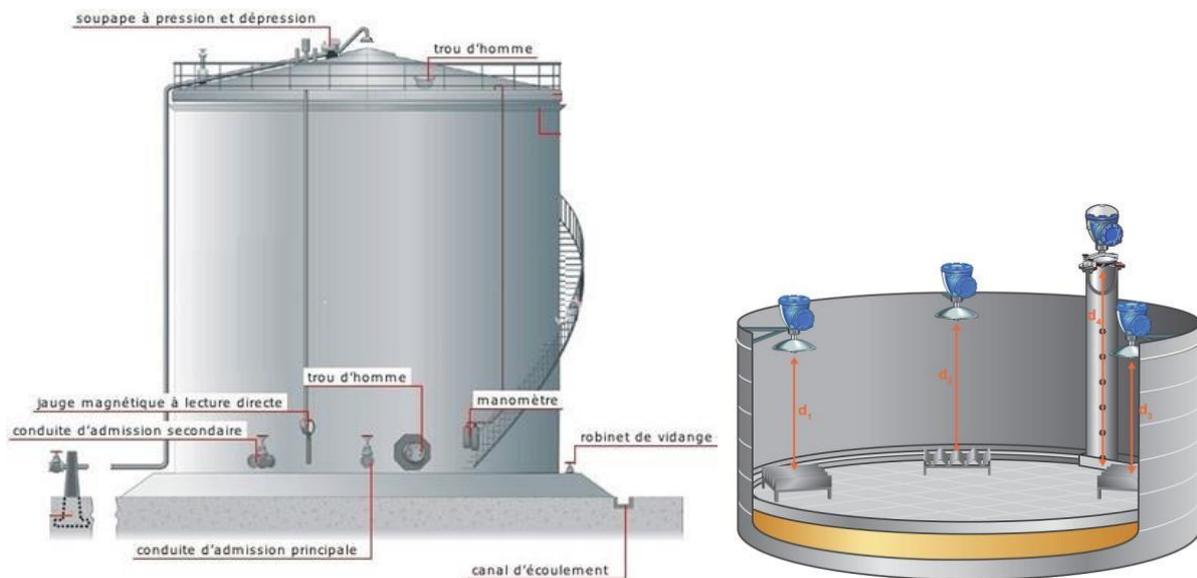


Figure 2. 10 : Accessoires de contrôle des bacs.

D/Accessoires de lutte contre la surpression

- Les événements : ce sont des ouvertures permanentes situées dans la partie supérieure du réservoir destinées à évacuer l'excédent de vapeurs d'hydrocarbures par temps chauds .
- Les soupapes : ce sont des dispositifs automatiques qui laissent s'échapper l'excédent de vapeur une fois la pression de la phase gazeuse à l'intérieur du réservoir atteint une valeur limite ou critique. Cette pression est appelée pression de tarage.

E/ Accessoires de sécurité

- **Les dispositifs d'alarme NH et NB:** Ceux-ci émettent un signal sonore dès que le produit

atteint son niveau haut (NH) et son niveau bas (NB)

- **La cuvette de rétention:** Elle est destinée à recevoir le 75% du contenu

réservoir en cas des fuites. Les cuvettes qui contiennent plusieurs réservoirs, doivent être divisées en compartiments dont le nombre est déterminé en fonction de la capacité totale des réservoirs.

- **Le réseau d'incendie:** Celui-ci est équipé par des conduites d'eau et de mousse refoulée sous pression par un système de pompes.

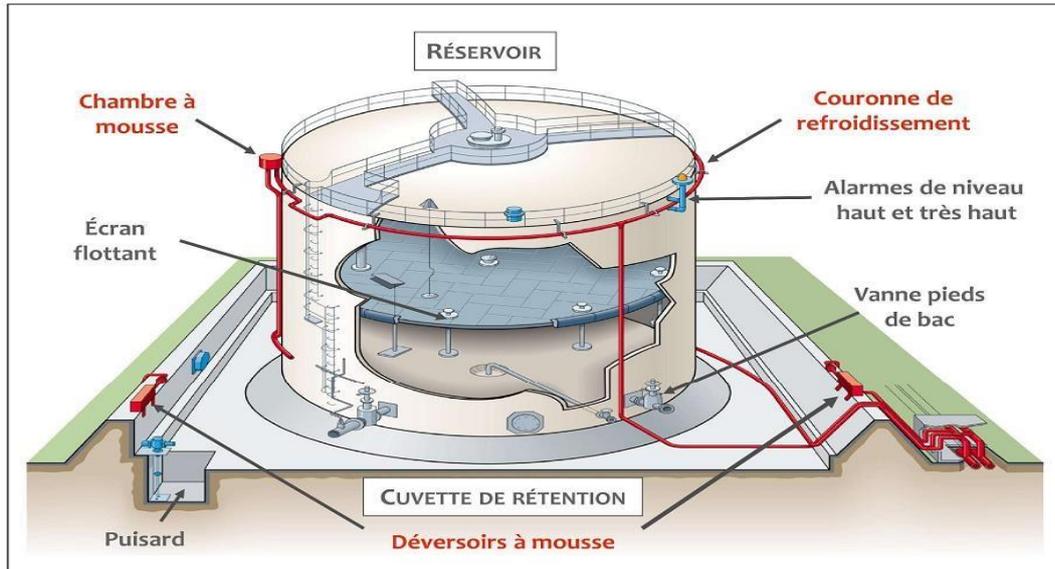


Figure 2. 11 : Accessoires de sécurité de lutte contre l'incendie

F/Accessoires de protection contre la corrosion

- La protection passive du réservoir se fait par application d'une couche de peinture accompagnée d'une protection cathodique par anode.
- La protection extérieure du réservoir est obtenue par soutirage du courant.
- La surface intérieure du fond du réservoir n'est pas protégée par cathode, mais on prévoit une couche de résine époxy contre la corrosion interne due à la composition chimique du produit stocké telle que la teneur en sels et soufres.

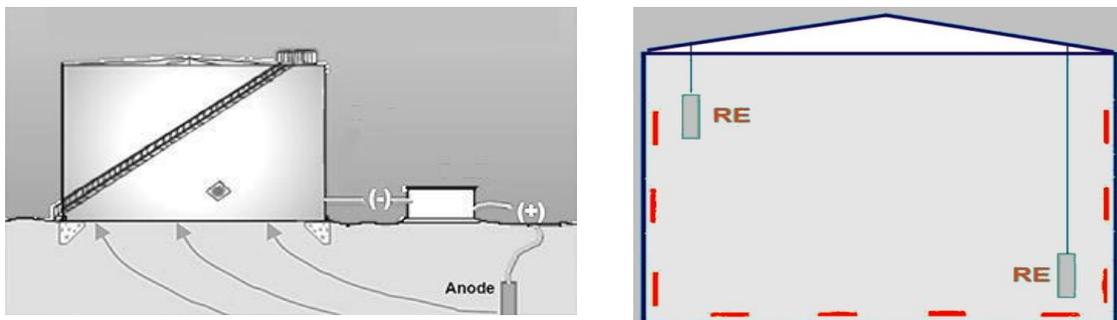


Figure 2. 12 : la protection des bacs contre la corrosion

G/Équipement et accessoires des sphères

Les réservoirs sphériques, ou comme ils sont également appelés sphères, sont la forme la plus pratique pour stocker du gaz liquéfié à des pressions élevées (jusqu'à 2 MPa) et à de grands volumes, car ils peuvent stocker de 600 m³ à 2000 m³ de gaz (GPL). Un autre avantage des réservoirs sphériques est la faisabilité économique: les économies de métal dans la fabrication des réservoirs sphériques sont de 20%.

- **équipements**

Équipement d'accès : escaliers, gardes de corps et échelles.

Équipements de visite : trous d'homme.

Équipement de mesure de niveau de produit : télé jauge (sphères équipées de télé jauges).

Équipement de sécurité : les soupapes, les couronnes d'eau et de mousse, les paratonnerres[11].



Figure 2. 13 : Sphères de stockage.

4 Réservoirs à toit flottant

L'espace vapeur qui existe au-dessus du liquide des réservoirs à toit fixe est la source des pertes par respiration et remplissage. Ces pertes peuvent être pratiquement supprimées par l'utilisation d'un type de réservoir qui élimine cet espace vapeur. Il consiste à installer une structure qui flotte directement sur la surface du liquide stocké et que l'on appelle toit flottant. Le coût supplémentaire entraîné par la construction de ce toit flottant est largement compensé par l'économie réalisée sur le stock. A cette raison économique, il faut aujourd'hui associer la nécessité d'une limitation de la pollution atmosphérique imposée par les réglementations locales.

Les réservoirs à toit flottant sont principalement utilisés pour le stockage de liquides volatils dont la tension de vapeur absolue à température ambiante est comprise entre 0,1 et 0,75 bar ou dont le point éclair est inférieur ou égal à 55 °C. C'est le cas, par exemple, des pétroles bruts, des naphthas (white- spirit, pétroles lampants, etc.) et des diverses essences et carburants.

L'absence d'espace vapeur permet à ces réservoirs de fonctionner et d'être étudiés sous pression atmosphérique.

Le toit flottant est un disque mobile qui flotte sur le liquide en suivant les mouvements de descente et de montée du produit. Pour permettre ces déplacements, un espace annulaire libre existe entre le toit et la robe de la cuve. Il est obturé par un système d'étanchéité déformable qui permet au toit de coulisser sans contrainte à l'intérieur de la robe.

Il existe deux types de réservoirs à toit flottant :

- les réservoirs à toit flottant externe, dont le toit est installé à l'air libre dans des cuves ouvertes
- les réservoirs à toit flottant interne, dont le toit est placé à l'intérieur de réservoirs à toit fixe

4.1 Réservoirs à toit flottant externe

A/Généralités

Le réservoir proprement dit n'est autre qu'une simple cuve ouverte et les détails de conception de la robe et du fond sont identiques à ceux exposés au paragraphe c et d.

Le toit flottant a été inventé au début des années 1920 et, depuis, de nombreux modèles ont été développés avec plus ou moins de succès. Seuls subsistent aujourd'hui ceux qui ont fait la preuve de leur efficacité. Ils sont tous du type à contact, c'est-à-dire que leur face inférieure est entièrement mouillée par le liquide sur lequel ils flottent. Aucun espace vapeur n'existe, ce qui permet d'éliminer les problèmes de corrosion interne, de limiter les risques d'incendie et de pratiquement supprimer les pertes par évaporation. Les deux types principaux de toit flottant à contact actuellement utilisés dans l'industrie, sont simple pont et le double pont. Ces toits sont exposés aux intempéries et doivent donc être conçus pour résister aux effets du vent, de la pluie et de la neige. Ils sont dimensionnés pour rester en flottaison sur un liquide de masse volumique au moins égale à 700 kg/m³ en supportant une charge d'eaux pluviales correspondant à une chute de 250 mm sur une période de 24 h et en supposant que le système de drainage principal est inopérant. Lorsque le toit est au repos sur le fond du réservoir en appui sur ses pieds supports, il doit pouvoir soutenir une surcharge de 120 daN/m² sans accumulation d'eau.

B/Toits flottants simple pont

Ils sont constitués (figure 2.14) par une membrane circulaire centrale, appelée pont, qui repose directement sur le liquide stocké et qui est bordée sur sa périphérie par un caisson annulaire continu divisé, par des cloisons radiales, en compartiments étanches au liquide (figures 2.14 et 2.15). Le but de ces compartiments est d'assurer la flottabilité de la structure, en service normal, en cas d'accumulation d'eau de pluie sur le pont, ou lors d'une éventuelle crevaisson de ce pont. Pour cette dernière condition, on considère que le pont central et deux compartiments quelconques du caisson annulaire sont percés simultanément.

La surface du caisson annulaire représente environ 20 à 25 % de la surface du toit sauf pour les petits réservoirs où elle peut atteindre 35 %. La partie inférieure de ce caisson peut être horizontale, mais elle est le plus souvent réalisée avec une pente, orientée vers le haut et le centre du réservoir (figures 2.14a et 2.14b). Cela permet de diriger et de piéger sous le pont central les vapeurs émises par le produit, sous l'effet de la chaleur ambiante. La flexibilité du pont central permet ainsi à ces vapeurs de former un dôme gazeux qui agit ensuite comme un isolant au-dessus du liquide jusqu'à ce que la température extérieure baisse et que, par condensation, ces vapeurs retournent à l'état liquide. La partie supérieure du caisson a une pente inverse qui draine les eaux de pluie, ou celles provenant de la fonte des neiges, vers le pont central à partir duquel elles sont ensuite évacuées à l'extérieur du réservoir. Le drainage se fait par le centre du pont au moyen d'une canalisation flexible ou articulée, placée sous le toit flottant, qui chemine dans le produit jusqu'à une tubulure située au bas de la robe.

Le pont central est réalisé à l'aide de tôles rectangulaires, ayant une épaisseur minimale de 5 mm, assemblées par recouvrement et soudées sur leur face supérieure. Les ponts supérieur et inférieur du caisson annulaire sont également constitués de tôles de 5 mm d'épaisseur, mais, en revanche, les couronnes sont souvent plus épaisses.

Le toit flottant comporte une série de pieds supports tubulaires disposés régulièrement sur le caisson annulaire et sur le pont central. Ils servent à poser le toit flottant sur le fond du réservoir. Ces pieds sont réglables en altitude par l'intermédiaire de fourreaux soudés au toit. Ils permettent de placer le toit soit en position basse de service, soit en position haute de nettoyage. Les fourreaux des pieds supports doivent avoir une longueur suffisante sous le toit pour éviter la fuite vers l'atmosphère des vapeurs piégées sous le pont central.

Les toits flottants simple pont sont utilisés pour des réservoirs de 15 à environ 100 m de diamètre.

Ils sont plus légers et plus économiques que les toits flottants double pont, mais ils sont plus sensibles aux effets du vent. Leur emploi n'est pas conseillé dans les régions de vent violent ou permanent, en particulier pour des réservoirs excédant 50 m de diamètre.

Ils sont appréciés pour leur capacité à retenir de grandes quantités d'eau en raison de la déformation importante que peut prendre le pont central. Cette propriété est intéressante en cas de mauvais fonctionnement du système de drainage, car elle permet d'éviter la pollution du produit.

Des variantes de toit flottant simple pont ont été développées ; il s'agit principalement :

- du toit flottant simple pont avec caisson central sur lequel un caisson de flottabilité cylindrique a été ajouté au centre du pont (figure 2.14c);
- du toit flottant simple pont avec bouées multiples qui comporte un ensemble de petits caissons fermés, cylindriques ou cubiques, disposés au-dessus du pont et sur toute sa surface suivant une maille régulière (figure 2.14d).

L'objectif recherché dans ces concepts est pour l'essentiel la réalisation d'une structure plus économique. Elle est obtenue par une réduction de la largeur du caisson annulaire, et donc du poids du toit flottant. Cela est rendu possible par la diminution des efforts exercés par le pont sur le caisson annulaire.

En revanche, ces toits introduisent un inconvénient majeur pour le drainage des eaux, qu'il est difficile de rendre efficace. C'est la source de sévères problèmes de corrosion sur le pont.

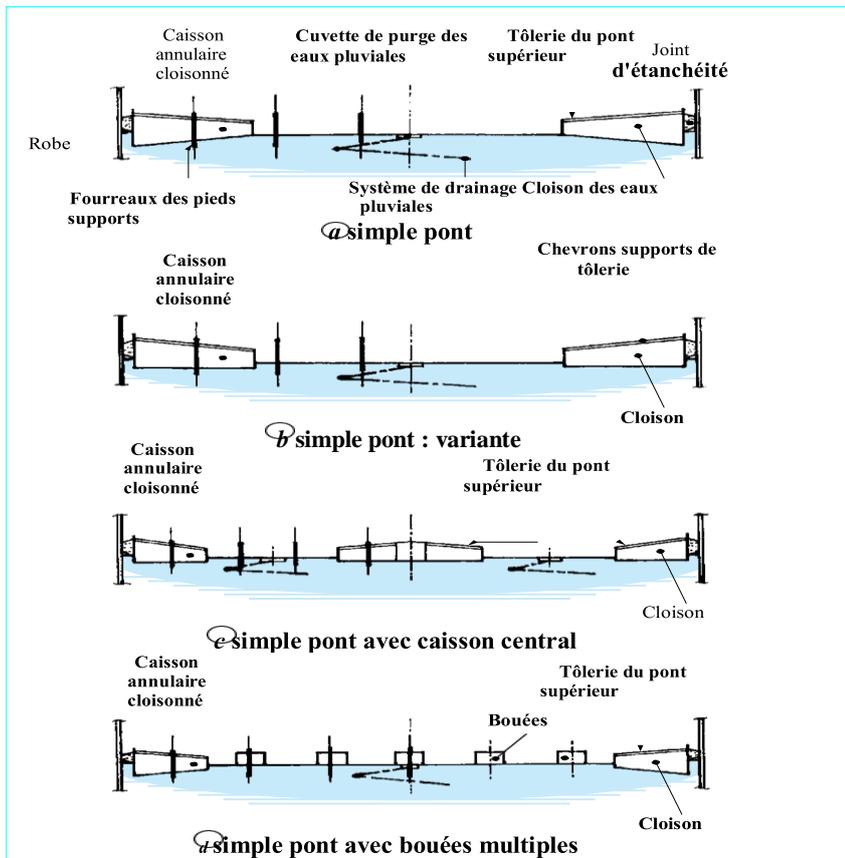


Figure 2. 14 : Toits flottants externes simple pont.

C/Toits flottants double pont

Ils sont constitués (figure 2.15) de deux voiles circulaires en tôle (le pont inférieur en contact avec le liquide et le pont supérieur avec l'air ambiant) qui couvrent tous deux la surface complète du réservoir.

Ces ponts sont séparés par une série de couronnes concentriques verticales formant des caissons de flottaison étanches au liquide. Le caisson annulaire extérieur est, de plus, divisé en compartiments par des cloisons radiales, également étanches au liquide. La flottabilité du toit doit être assurée avec deux compartiments ou caissons quelconques percés ou en cas d'accumulation d'eau sur le toit. La charge d'eau à considérer correspond à une chute d'eau de 250 mm sur 24 h ou à une valeur plus faible si le toit est équipé de trop-pleins de secours, ce qui est, en général, le cas.

Le pont inférieur est le plus souvent plat, mais peut être construit avec une légère conicité vers le haut. Quelle que soit sa configuration, le toit double pont possède une capacité de

déformation suffisante pour piéger les évaporations au centre du toit. Les effets de la température extérieure sont d'ailleurs bien moindres sur ce type de toit, car le matelas d'air qui existe entre les deux ponts constitue une excellente isolation thermique au-dessus du liquide.

Le pont supérieur repose sur des chevrons en profilés, installés radialement entre les couronnes concentriques qui séparent les deux ponts. Il comporte une pente qui favorise le drainage des eaux vers le centre du toit (figure 2.15a). Pour les toits de diamètre supérieur à 60 m, le pont supérieur est souvent réalisé avec un profil conique à deux pentes opposées pour limiter la hauteur de la couronne extérieure sur laquelle est fixé le joint d'étanchéité (figure 2.15b). Dans ce cas, le point bas de collecte des eaux se situe sur un cercle intermédiaire où l'on installe trois systèmes de drainage, du même type que ceux qui équipent les toits simple pont.

Les toits flottants double pont sont habituellement équipés de drains de secours qui permettent, en agissant comme des trop-pleins (évacuation de l'eau dans le produit), de limiter la charge d'eau sur le toit. L'utilisation de ces trop-pleins de secours, réalisés par de simples tubes ouverts traversant les deux ponts, n'est pas envisageable sur les toits flottants simple pont. En effet, sur ce type de toit, la grande déformation sous charge du pont central ne permet pas l'installation de ces accessoires car ils favoriseraient l'inondation du pont par les remontées du produit stocké.

L'équipement des toits double pont comprend également un ensemble de pieds supports tubulaires, réglables sur deux positions, répartis sur toute la surface de la structure. La construction de ces toits est réalisée à partir de tôles, de 5 mm d'épaisseur minimale, assemblées par recouvrement et soudées par-dessus.

Malgré leur coût plus élevé, ils présentent un certain nombre d'avantages.

- La surface lisse et sans relief du pont supérieur permet un entretien plus facile, une meilleure résistance à la corrosion externe et une prise au vent plus faible. Le pont supérieur est beaucoup plus stable aux effets du vent.
- La couche d'air emprisonnée entre les deux ponts constitue un espace isolant efficace au-dessus du liquide et limite sensiblement les effets de la température ambiante. Par rapport à un toit flottant simple pont, on estime que l'augmentation de la température de surface du liquide stocké, au contact du toit exposé au soleil, est inférieure d'environ 10° C sur un toit double pont.

Cela conduit à sélectionner de préférence ce type de toit pour le stockage des liquides les plus volatils et pour les pays chauds. Ce toit permet aussi, sous des climats très froids, l'installation d'une isolation thermique complémentaire sur le pont inférieur.

par ailleurs, lorsqu'il est permis qu'une certaine quantité d'eau traverse le produit stocké par les trop-pleins de secours, le toit double pont est aussi recommandé pour les régions sujettes à des pluies torrentielles.

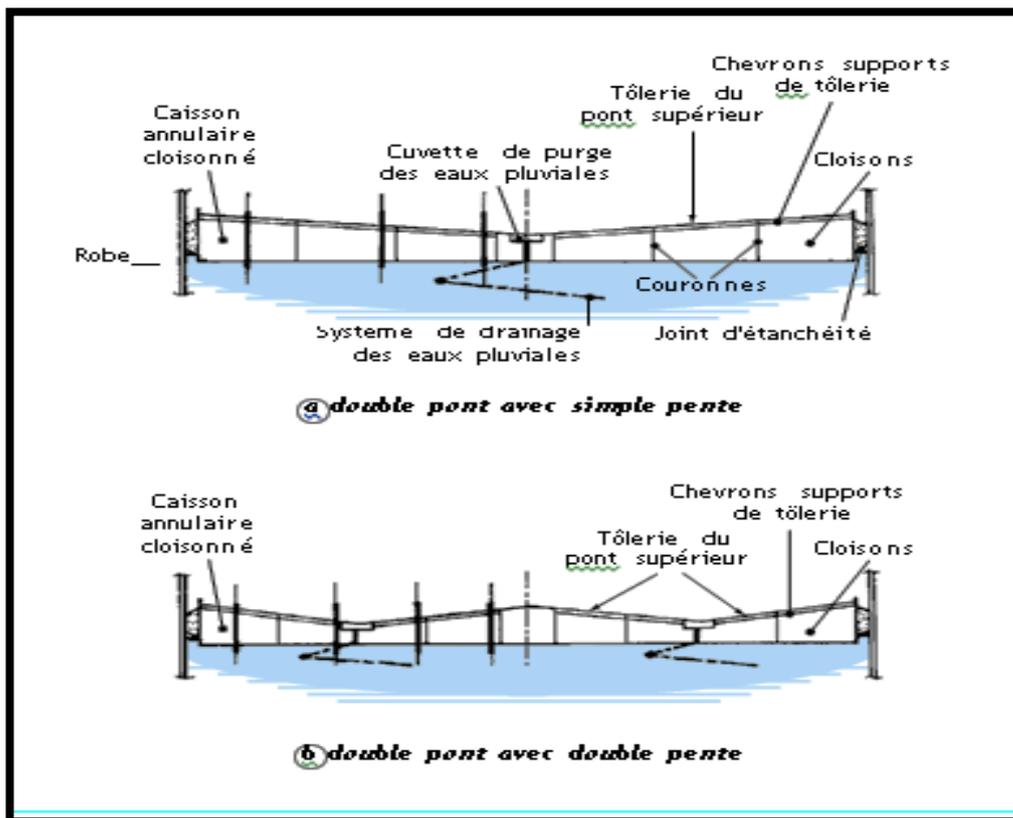


Figure 2. 15 : Toits flottants externes double pont

4.2 Réservoirs à toit flottant interne

4.2.1 Généralités

Les réservoirs à toit flottant interne sont des réservoirs à toit fixe , dans lesquels est installé un toit flottant simplifié, également désigné sous l'appellation d'écran flottant.

Le toit fixe peut être soit du type supporté , avec des poteaux verticaux à l'intérieur du réservoir, soit du type autoportant sans poteau . Lorsque la structure comporte des poteaux, ils traversent le toit flottant interne par des puits équipés de joints d'étanchéité. Il est recommandé que ces poteaux soient de section tubulaire pour faciliter les déplacements du toit et la réalisation de l'étanchéité des puits.

Ces réservoirs sont particulièrement bien adaptés pour le stockage des produits volatils dont il faut assurer la conservation, préserver la pureté ou limiter l'émission des vapeurs toxiques vers l'atmosphère.

La présence du toit fixe élimine aussi les problèmes d'exploitation rencontrés sur les toits flottants externes dans les régions soumises à d'importantes chutes de neige, à forte pluviométrie ou exposées au vent : le blocage du joint d'étanchéité sur la robe par le gel n'est pas à craindre, le drainage des eaux n'est pas nécessaire et l'entretien général est inexistant. Le fonctionnement du toit flottant, à l'abri des turbulences du vent, contribue énormément à réduire les pertes par évaporation et rend ce type de réservoir plus performant que les toits flottants externes.

Des événements (dont le nombre et les dimensions sont fixés par le code de construction) sont installés à intervalles réguliers au sommet de la robe ou en périphérie du toit, pour permettre une circulation d'air dans l'espace compris entre l'écran flottant et le toit. Ils empêchent la formation éventuelle d'un mélange air-vapeur inflammable ou dangereux au-dessus du toit flottant. Cependant, sur les stockages de produits toxiques où l'on désire éviter, pour la sécurité de l'environnement, les émissions vers l'atmosphère, ces événements sont supprimés et la respiration de cet espace s'effectue en circuit fermé, le plus souvent sous gaz neutre.

Les toits flottants internes les plus employés appartiennent à l'un des deux types généraux suivants :

- toit flottant de conception soudée.
- écran flottant de conception boulonnée .

Ces toits sont dimensionnés pour flotter sur un liquide ayant une masse volumique au moins égale à 700 kg/m³. Ils doivent avoir une flottabilité suffisante pour supporter au moins deux fois leur propre poids lorsque deux compartiments ou deux flotteurs quelconques sont crevés. De plus, ils doivent permettre, en flottaison ou au repos, la circulation en toute sécurité de deux hommes sur n'importe quelle partie du toit.

Ils sont équipés (comme les toits flottants externes) d'un ensemble de pieds supports qui peuvent être fixes ou réglables sur deux positions. Ces supports doivent résister à une surcharge uniformément répartie sur le toit de 60 daN/m² lorsqu'ils reposent sur le fond du réservoir.

4.2.2 Toits flottants internes soudés

Ils sont réalisés à partir de tôles d'acier de 4 à 5 mm d'épaisseur soudées entre elles par recouvrement sur leur face supérieure, pour former un pont continu et étanche en contact

direct avec le liquide stocké. Une couronne verticale soudée au-dessus du pont borde le périmètre du toit et permet l'installation du joint annulaire d'étanchéité (figure 2.16a). La flottaison de ce simple couvercle n'est assurée que par le volume correspondant à l'enfoncement de la structure dans le liquide.

Ce type de toit est largement employé jusqu'à 50 m de diamètre. Au-delà et jusqu'à 100 m de diamètre, sa flottabilité est augmentée par l'adjonction de compartiments annulaires placés au-dessus du pont (figure 2.16b).

Ces compartiments ne comportent pas de fermeture supérieure en raison de la protection atmosphérique assurée par le toit fixe. Lorsque l'on recherche une plus grande sécurité, ils peuvent être couverts pour former des caissons annulaires étanches, comme sur les toits flottants externes simples pont.

Ces toits à contact ont tous les avantages d'une construction soudée. Ils sont résistants et durables, ont une bonne stabilité en présence de produits émulsionnés ou gazeux et sont particulièrement étanches aux vapeurs. Leur conception simple ne permet pas au produit d'être piégé et, lors de mise hors service du réservoir pour entretien, leur dégazage avant intervention s'effectue sans problème et d'une façon sûre.

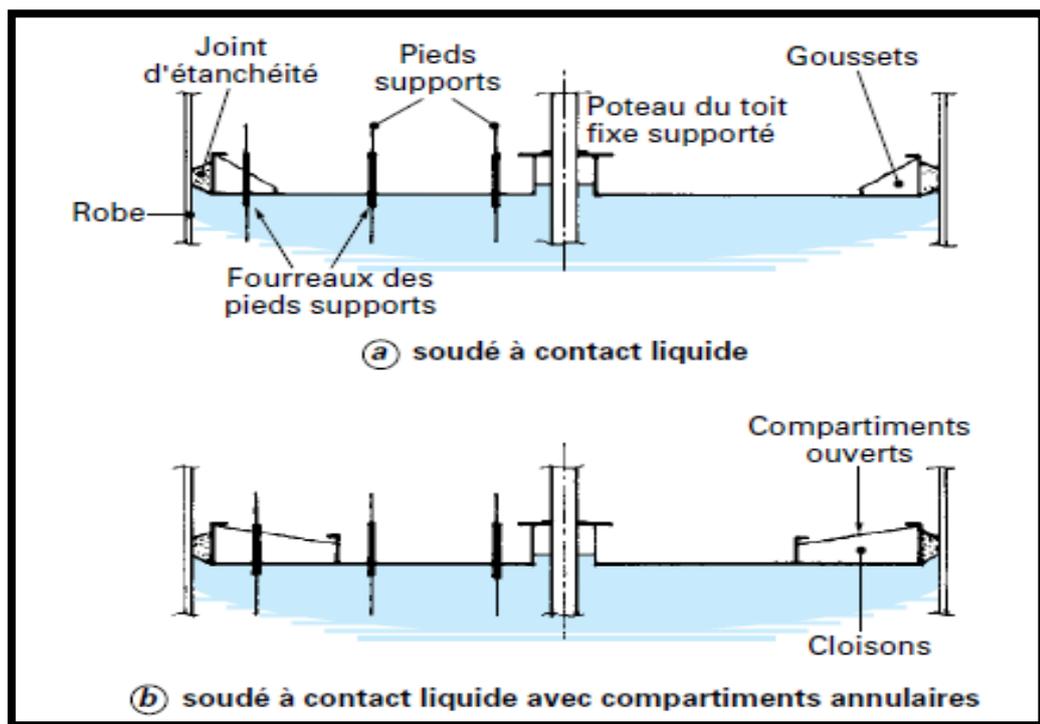


Figure 2. 16 : Toits flottants internes soudés

Ils peuvent être à contact liquide ou comporter une phase vapeur. Les écrans boulonnés à contact liquide sont constitués de panneaux rigides préfabriqués de 25 à 40 mm d'épaisseur comportant un revêtement de surface (figure 2.17a). Ils sont mécaniquement reliés entre eux par boulonnage pour former un pont continu étanche, posé directement sur le liquide. Ces panneaux peuvent être réalisés soit en mousse de polyuréthane à cellules fermées, prise en sandwich entre deux feuilles minces d'aluminium, soit en mousse de plastique rigide moulée recouverte de résine renforcée de fibres de verre. Une couronne périphérique délimite la surface de ces panneaux en permettant la fixation du joint d'étanchéité.

Ce type d'écran est insubmersible, mais il peut s'imprégner du liquide stocké sur lequel il baigne. Il n'est pas aussi étanche aux vapeurs que les toits soudés. Il peut atteindre 80 m de diamètre. Les écrans boulonnés avec phase vapeur sont constitués d'une membrane métallique très mince (0,5 mm), réalisée par une série de bandes étroites et parallèles de feuillard réunies entre elles par boulonnage sur des longerons qui reposent sur des flotteurs tubulaires de 200 à 250 mm de diamètre(figure 2.17b). Un espace de vapeur de 150 à 200 mm de hauteur existe entre le liquide stocké et cette membrane. Une jupe verticale ceinture cette structure flottante en plongeant dans le liquide pour contenir les vapeurs. Elle assure également le support du joint d'étanchéité annulaire. L'ensemble des matériaux constituant ces écrans doit résister à l'éventuelle action corrosive des vapeurs. En général, la totalité des composants sont soit en aluminium, soit en acier inoxydable.

La conception boulonnée et la présence d'un matelas gazeux sous le pont sont des éléments défavorables sur le plan des pertes de produit. En revanche, ces écrans présentent certains avantages :

- ils possèdent une importante réserve de flottabilité qui donne une grande sécurité de service ;
- leur conception modulaire permet leur installation sur des réservoirs à toit fixe existants sans qu'il soit nécessaire de pratiquer une ouverture de montage dans la robe : tous les éléments de ces écrans peuvent, en effet, être introduits dans le réservoir par un simple trou d'homme placé sur la robe.

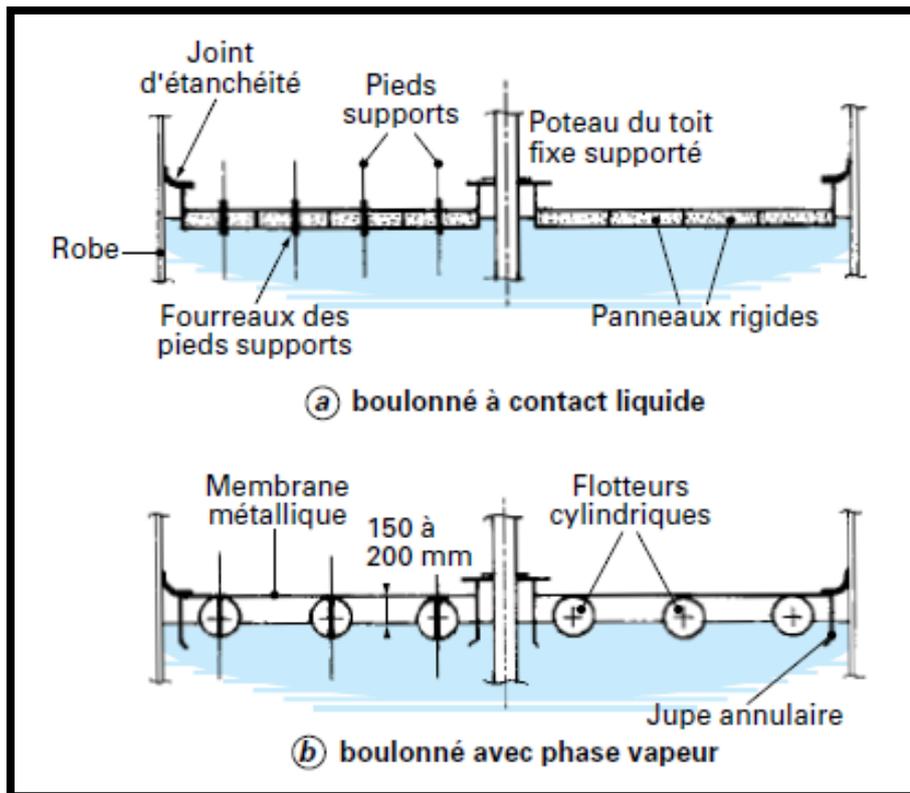


Figure 2. 17 : Toits flottants internes boulonnés

4.3 Réservoirs couverts à toit flottant (RCTF)

Les RCTF ont le type le plus lourd de pont flottant qui est utilisé dans les RTFE, ainsi qu'un toit fixe en haut de la coque. Les RCTF résultent généralement de la modernisation un RTFE avec un toit fixe. Cela convertit efficacement le RTFE à un RTFI, tout en conservant le type externe plus lourd de conception de toit flottant. Un RCTF est soumis à la même ventilation exigences en tant qu' RTFI, conformément à la norme. Comme pour les RTFI la fonctionnalité dès le toit par rapport à la perte par évaporation ne doit pas agir comme une vapeur barrière, mais plutôt pour bloquer le vent.

Alors que les RCTF sont généralement le résultat de la conversion d'un RTFE existant, un nouveau réservoir peut être construit en tant que RCTF en fournissant un toit flottant construit conformément à la norme API Std 650, Appendice C , et comprenant un toit fixe au sommet du coque.

Le type de toit fixe le plus couramment utilisé comme rénovation le couvercle pour RTFE est le dôme en aluminium autoportant toit, qui est de construction boulonnée. Exigences minimales pour la conception de toitures en dôme en aluminium, aussi bien pour les nouvelles constructions et les applications de modernisation.

La désignation RCTF dépend du toit flottant étant du type toit flottant extérieur. Dans le cas où le pont flottant est remplacé par le plus léger, annexe Toit flottant interne de type H, le réservoir serait alors désigné un IFRT.

Les RCTF ont le type de toit flottant qui est caractéristique des RTFE mais, ayant des toits fixes librement ventilés, l'effet de la vitesse du vent ambiant n'est pas un paramètre de l'évaporateur équation pour ces réservoirs. Les RCTF ont donc la même forme d'équation de perte par évaporation comme RTFI, mais appliquée à les détails de construction d'un toit flottant de type externe, et, n'ont donc aucune perte de couture de pont.

5 Joints d'étanchéité

Le composant le plus important d'un toit flottant est le joint d'étanchéité installé sur son périmètre contre la robe du réservoir. Ce joint doit à la fois fermer le plus efficacement possible l'espace annulaire compris entre la robe et le toit flottant pour empêcher les évaporations, mais également permettre au toit de coulisser librement dans la cuve pour suivre les fluctuations du liquide. Il doit également posséder une capacité de déformation radiale suffisante pour s'accommoder des défauts de rotondité et de verticalité de la robe et des mouvements du toit sous l'action d'une force latérale (vent, turbulences du produit, etc.). Les défauts de forme de la robe peuvent provenir de la construction du réservoir ou du tassement des fondations. Ce dernier point affecte particulièrement les réservoirs de grands diamètres ou d'une hauteur importante.

L'espace annulaire est en principe de 200 mm pour les toits flottants externes, valeur généralement portée à 300 mm pour les diamètres supérieurs à 80 m. Pour les toits flottants internes, on adopte en général une largeur de 150 mm qui est souvent portée à 200 mm lorsque le diamètre est supérieur à 50 m. La largeur de cet espace varie lors des déplacements en altitude du toit pour s'adapter à la forme de la robe ou aux poussées du toit. Les joints sont conçus pour permettre, en cas de nécessité, leur compression jusqu'à une largeur minimale de 75 mm en un point de la périphérie, tout en restant, bien entendu, au contact de la robe sur le reste de leur longueur.

Le système d'étanchéité d'un toit flottant est le plus souvent constitué d'un joint unique appelé joint primaire. Cette étanchéité principale peut être complétée, pour réduire encore les pertes de produit, par un autre joint de conception plus simple, placé au-dessus, et appelé joint secondaire. L'installation d'un joint secondaire tend à se généraliser en raison de la sévérité des réglementations actuelles sur la limitation de la pollution atmosphérique.

Trois types principaux de joints sont employés :

- joint métallique avec patins en tôle.

- joint élastique en mousse ou avec liquide.
- joint flexible à lèvres ou métallique.

5.1 Joint métallique

Il est constitué de patins flexibles en tôle d'acier galvanisé ou inoxydable, de 1,5 mm d'épaisseur, formant une ceinture dont la partie basse trempe dans le liquide. Cette ceinture est maintenue au contact de la robe par un système de pantographes et de contre- poids ou à l'aide de ressorts. L'étanchéité du volume, compris entre ces patins et le toit flottant, est assurée par une bande de caoutchouc synthétique placée en principe au- dessus de l'espace vapeur.

Cette membrane doit avoir une bonne tenue au contact des vapeurs et à l'exposition atmosphérique (rayons ultraviolets, ozone), et un bon comportement au feu en cas d'incendie. L'écoulement des charges électrostatiques et la mise à la terre du toit flottant se font par l'intermédiaire de lames d'acier inoxydable souples (shunts) disposées à intervalles réguliers entre le toit flottant et les patins métalliques.

Ce joint est essentiellement utilisé sur les toits flottants externes. Il est très employé en raison de son exceptionnelle robustesse et de sa bonne étanchéité. Son emploi doit cependant être limité aux cuves dont la paroi interne n'est pas protégée par un revêtement de peinture.

5.2 Joints élastiques

Ils comprennent deux versions : le joint mousse et le joint liquide. Ces deux joints comportent une enveloppe en tissu caoutchouté, fixée au toit flottant et remplie d'un matériau qui, par élasticité ou expansion, assure le contact entre la robe et le toit. Il s'agit soit d'élément en mousse de polyuréthane élastique comprimée , soit d'un liquide qui, selon le régime des températures ambiantes, peut être un hydrocarbure (kérosène, fuel, huile, etc.) ou de l'eau. Le liquide est directement contenu dans l'enveloppe ou placé dans des tubes de caoutchouc, de longueur limitée pour former des sections indépendantes. Ce dernier système présente l'avantage d'éviter de vider le joint lorsque l'enveloppe principale est percée.

En raison de leur poids important, les joints liquide ne sont montés que sur les toits externes. En revanche, les joints mousse peuvent équiper tous les types de toits flottants.

Les enveloppes de ces joints doivent être de nature compatible avec le produit stocké et avoir une bonne résistance à l'abrasion, en particulier pour les joints liquide.

Les joints en mousse peuvent être installés dans l'espace annulaire de telle manière que leur partie inférieure trempe ou non dans le liquide stocké. Les joints à contact liquide sont beaucoup plus efficaces pour limiter les pertes que les joints à contact vapeur, mais leur coût

est plus élevé en raison de leur hauteur plus importante. Le volume de vapeur qui existe sous les joints à contact vapeur est, en effet, difficile à conserver, en raison de l'étanchéité imparfaite de l'enveloppe sur la robe et de la succion due aux turbulences créées par le vent au-dessus du joint. Sur les joints à contact liquide, l'absence de vapeur élimine cet inconvénient et permet donc une meilleure performance.

Lorsqu'un joint secondaire n'est pas prévu, une protection atmosphérique doit être installée au-dessus des joints élastiques. Elle a pour but d'empêcher la pénétration d'eau, de sable ou de débris dans le produit stocké et de protéger les enveloppes des effets atmosphériques. Elle est réalisée par des tuiles (écailles), en tôles minces galvanisées, fixées au moyen de charnières sur le toit flottant pour s'appuyer contre la paroi du réservoir en formant une pente. Ces écailles assurent également la liaison électrique entre le toit et la robe.

5.3 Joints flexibles

Ils existent en deux modèles : à lèvres ou métallique.

Le joint flexible à lèvres est réalisé par une simple bavette en caoutchouc synthétique comportant ou non une armature métallique interne. Ce joint est placé au-dessus de l'espace annulaire. Il est maintenu plaqué contre la robe par flexion. Le matériau qui le constitue doit avoir un bon comportement à l'exposition atmosphérique et aux vapeurs du produit stocké. L'armature interne, lorsqu'elle existe, a pour objet de conserver le joint à lèvres tourné vers le haut, y compris lorsque le toit flottant s'élève dans la cuve, au cours du remplissage du réservoir. Lorsque la bavette n'est pas armée, le joint, qui a une bonne position quand le toit descend, se retourne vers le bas dès que le toit monte et forme ainsi une gouttière qui favorise le passage dans le produit des eaux de pluie, du sable et des débris.

Le joint flexible métallique est constitué par un ensemble d'écailles, en tôles minces pliées, en acier galvanisé ou inoxydable, fixées sur le toit flottant. Par juxtaposition, elles forment une surface approximativement conique qui, par effet ressort, maintient contre la robe de la cuve un racleur en élastomère. L'étanchéité de ces écailles entre elles est en général assurée par du ruban adhésif et des boulons.

Les joints flexibles n'ont pas une raideur suffisante pour maintenir le toit centré dans la cuve et ils ne sont, en principe, retenus sur les toits flottants externes que pour constituer une barrière secondaire. Cependant, sur des structures légères et abritées telles que les toits flottants internes, les joints souples à lèvres peuvent être utilisés comme joint primaire.

Les joints flexibles doivent être équipés de barrettes métalliques souples frottant contre la robe pour assurer le transfert des charges électriques du toit à la terre. Lorsque la cuve est

peinte intérieurement, cette liaison électrique doit être assurée par un autre moyen, par exemple à l'aide d'un câble conducteur relié au sommet de la robe.

6 les pertes par évaporation

6.1 Introduction

Le stockage de pétrole brut et de produits pétroliers entraîne inévitablement des pertes par évaporation. Ces pertes sont importantes pour les bilans de masse des installations industrielles, ainsi que pour la protection de l'environnement. Dans cet article, l'estimation des pertes par évaporation a été réalisée à l'aide du logiciel TANKS 409d qui a été développé par l'Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis - US EPA. Les émissions ont été estimées pour les types de réservoirs de stockage suivants: réservoir à toit conique fixe, réservoir à toit en dôme fixe, réservoir à toit flottant externe, réservoir à toit flottant interne et réservoir à toit flottant externe en dôme. Les résultats obtenus montrent les quantités de pertes évaporées par tonne de liquide stocké. Les pertes des réservoirs de stockage à toit fixe de pétrole brut sont d'environ 0,5 kg par tonne de pétrole brut. Pour les toitures flottantes, les pertes de pétrole brut sont de 0,001 kg / t. Le mazout (diesel et mazout) a les plus faibles pertes par évaporation, qui sont de l'ordre de 10-3 kg / tonne. Les liquides avec une pression de vapeur Reid plus élevée ont des pertes par évaporation très élevées pour les réservoirs à toit fixe, jusqu'à 2,07 kg / tonne. En cas de cuve à toit flottant externe, les pertes sont de 0,32 kg / tonne. Les pertes les plus faibles concernent le réservoir à toit flottant interne et le réservoir à toit flottant externe bombé: 0,072 et 0,044, respectivement. Enfin, on peut conclure que le liquide à faible volatilité de faible quantité de BTEX peut être stocké dans des réservoirs à toit fixe. Dans ce cas, l'aspect économique prédomine, car le montant total de la perte par évaporation n'affecte pas de manière significative l'environnement[13].

6.2 Les pertes par évaporation

6.2.1 Pertes par respiration et remplissage

Malgré la protection que constitue le toit, les réservoirs à toit fixe ne sont pas les capacités les mieux adaptées pour la conservation des produits stockés. C'est d'ailleurs pour cette raison que ce type de réservoir n'est plus accepté par les autorités responsables de la protection de l'environnement pour le stockage des liquides volatils à tension de vapeur non négligeable. Les réservoirs à toit fixe sont, en effet, à l'origine de pertes importantes de produits provenant de deux phénomènes distincts que sont la respiration de la capacité et les mouvements de produits.

Un réservoir à toit fixe n'est jamais complètement rempli de liquide et il existe toujours au-dessus du produit stocké un espace gazeux, composé d'un mélange d'air et de vapeur émise par le liquide. Cet espace de vapeur est au moins égal au volume du toit, car le niveau maximal de liquide autorisé dans le réservoir est limité au sommet de la robe.

Au cours de la journée, lorsque le soleil chauffe le réservoir, le liquide s'évapore et la pression dans le réservoir s'élève. Les réservoirs à toit fixe ne sont conçus que pour de faibles surpressions de l'ordre de 5 à 25 mbar . Ces valeurs ne permettent pas de contenir, sur une journée, l'expansion provoquée par cet échauffement et le mélange air-vapeur doit être évacué dans l'atmosphère au travers des événements de toit.

Tout au contraire, le soir et durant la nuit quand la température baisse, les vapeurs se condensent et de l'air extérieur doit être admis dans le réservoir, par les événements de toit, pour éviter que la structure ne soit soumise aux effets d'une dépression interne. Cet air se mélange ensuite, jusqu'à saturation, avec la vapeur émise par le liquide et, au cours de l'expiration du jour suivant, une nouvelle quantité de produit sera expulsée dans l'atmosphère.

Le même phénomène de respiration est produit par les variations de la pression atmosphérique. Chaque fois que cette respiration se manifeste, les pertes augmentent et le volume du liquide conservé se réduit. Ces pertes sont appelées pertes par respiration (figure 2.18a).

Lorsque l'on soutire du liquide, de l'air est également aspiré dans l'espace vapeur, et un nouvel équilibre du mélange air-vapeur se crée en provoquant une évaporation du liquide qui conduit à une réduction du volume stocké. Par ailleurs, quand on remplit le réservoir, le mélange riche air-vapeur est expulsé à l'extérieur par les événements et perdu dans l'atmosphère. Les pertes associées à ces mouvements de produit sont appelées pertes par remplissage (figure 2.18b).

L'évaluation des pertes par respiration et par remplissage peut être établie à partir des éléments donnés par le bulletin API-2518 édité par l'American Petroleum Institute.

Le dimensionnement des événements de toit est défini par le code de construction qui se réfère ou qui renvoie le plus souvent aux règles émises par le document API-2000 de l'American Petroleum Institute.

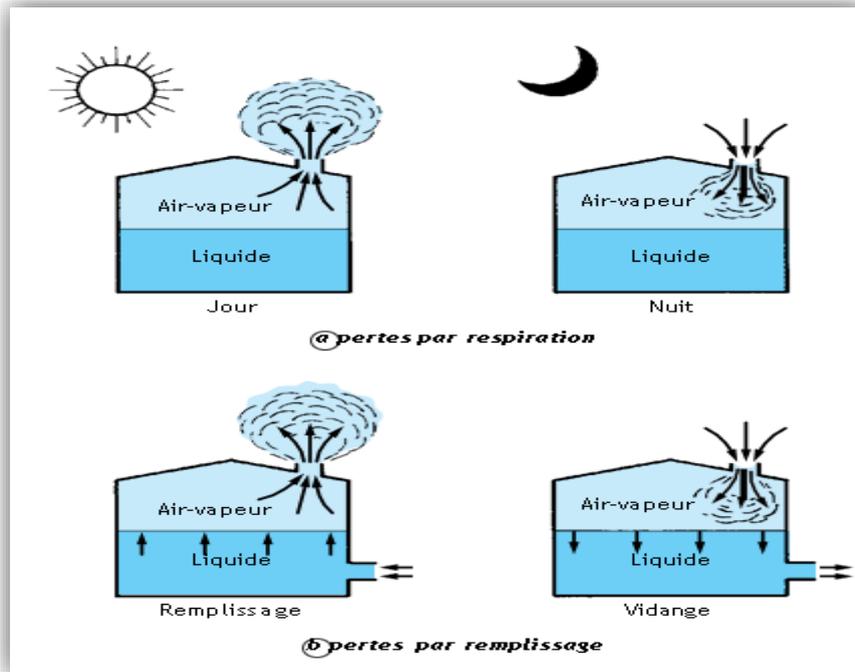


Figure 2. 18 : Réservoirs à toit fixe : pertes de produit

6.2.2 Les pertes de positionnement et le de mouillage au soutirage

Les réservoirs à toit flottant permettent d'éliminer les importantes pertes par respiration et par remplissage que l'on déplore sur les réservoirs à toit fixe . L'espace vapeur au-dessus du liquide, qui est la cause de ces évaporations, n'existe plus sur les toits à contact ou est confiné sans possibilité de respiration sous le pont boulonné des écrans avec phase vapeur.

Les pertes qui subsistent encore sur les toits flottants sont peu importantes et n'ont aucune commune mesure avec celles constatées sur les réservoirs à toit fixe. Les deux types de pertes que l'on observe sont les pertes de positionnement et les pertes de mouillage au soutirage (figure 2.19).

Les pertes de positionnement sont inhérentes à l'imperfection de l'étanchéité sur les joints annulaires et les accessoires de service traversant la structure tels que les pieds supports réglables, les puits de jauge ou de guidage, les poteaux du toit fixe, etc. Ce type de fuite est permanent et intervient même lorsque le toit est en stationnement sans aucun mouvement de produit.

A ces pertes, il faut ajouter les pertes de mouillage au soutirage qui sont le résultat de l'évaporation du film de liquide déposé sur les parois de la cuve et des accessoires à l'occasion de la descente du toit, au cours de la vidange du réservoir.

On notera que l'installation d'un joint secondaire améliore considérablement l'étanchéité en périphérie du toit, spécialement sur les toits flottants externes exposés au vent. La réduction obtenue peut atteindre dans certains cas, avec un joint secondaire bien adapté et correctement installé, 90 % des émissions du joint primaire.

Sur les écrans flottants boulonnés, il y a lieu de tenir compte d'une source supplémentaire de fuite sur les assemblages du pont qui ne sont pas totalement étanches.

L'estimation des pertes sur les toits flottants peut être établie, pour les produits pétroliers, à partir des travaux développés par l'American Petroleum Institute ; ils ont fait l'objet des publications référence 2517 pour les toits flottants externes et référence 2519 pour les toits flottants internes [12].

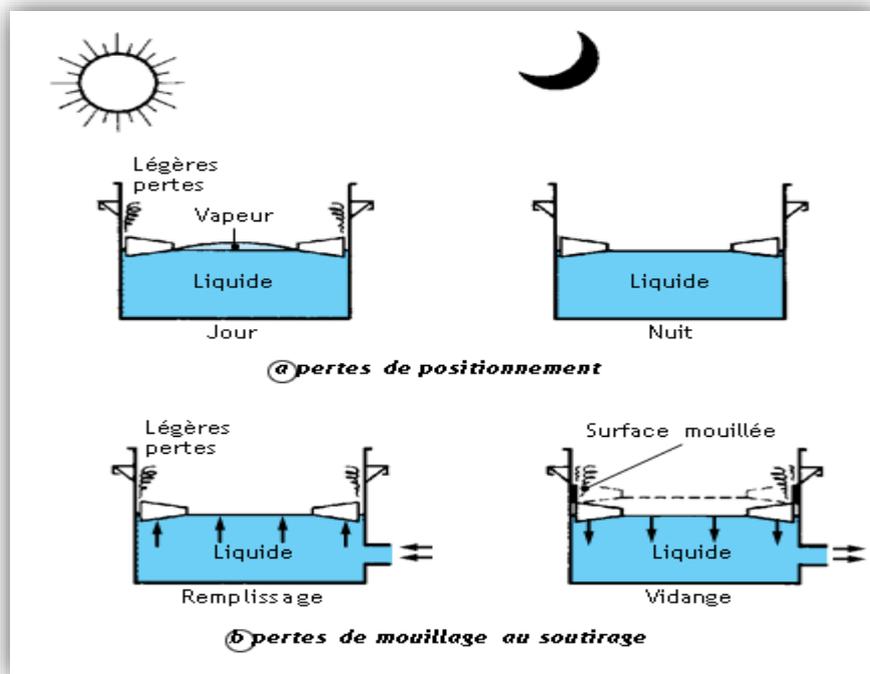


Figure 2. 19 : Réservoirs à toit flottant : pertes de produit

CHAPITRE III : ESTIMATION DES PERTES PAR EVAPORATION DES RESERVOIRS A TOIT FLOTTANTS

1. Définitions Les termes sélectionnés sont définis dans cette section et une liste complète de nomenclature est donnée dans le tableau 1.

1.1 Réservoir couvert à toit flottant (RCTF)

Réservoir à toit flottant qui à la fois un toit fixe au sommet de la coque du réservoir et un toit flottant de type externe Les **RCTF** se distinguent ainsi des réservoirs à toit flottant externe (**RTFE**), qui n'ont pas de toit fixe, et des réservoirs à toit flottant interne (**RTFI**), qui ont un toit fixe mais ont le type plus léger de toit flottant [14]

1.2 Tablier

Partie d'un toit flottant qui assure la flottabilité et la structure et qui recouvre la majeure partie de la surface du liquide dans un réservoir à toit flottant. Le pont a un espace annulaire autour de son périmètre pour lui permettre de monter et descendre (lorsque le réservoir est rempli et vidé) sans se lier contre la coque du réservoir. Cet espace annulaire est fermé par un dispositif flexible appelé joint de jante. Le pont peut également avoir des pénétrations, fermées par des raccords, qui acceptent certaines caractéristiques fonctionnelles ou opérationnelles du réservoir.

1.3 Ferrure de pont

Dispositif qui ferme sensiblement ou scelle une pénétration dans le pont d'un réservoir à toit flottant. Telles les pénétrations sont généralement destinées à accueillir une caractéristique fonctionnelle ou opérationnelle du réservoir.

1.4 Joint de pont

Joint de fixation des feuilles ou panneaux adjacents dans le pont flottant. Certains types de tabliers de toit flottant internes sont constitués de feuilles ou de panneaux qui sont assemblés par des moyens mécaniques, tels que par boulonnage ou serrage. De telles coutures de pont assemblées mécaniquement ont une perte de couture de pont associée. D'autres types de plateformes de toit flottant internes, et pratiquement toutes les plateformes de toit flottant externes, sont construits de feuilles de métal qui sont jointes par soudure. Ces coutures de pont n'ont pas de perte de couture de pont associée.

1.5 Réservoir à toit flottant externe (RTFE)

Un réservoir à toit flottant qui n'a pas de toit fixe au sommet de la coque. Les **RTFE** se distinguent ainsi des réservoirs internes à toit flottant (**RTFI**) et des réservoirs couverts à toit

flottant (**RCTF**), tous deux dotés de toits fixes pour protéger les toits flottants des charges environnementales. [14]

1.6 Toit flottant

Appareil qui flotte à la surface du liquide stocké dans un réservoir à toit flottant. Un toit flottant recouvre substantiellement la surface du produit liquide, réduisant ainsi son potentiel d'exposition à l'évaporation. Les toits flottants se composent d'une terrasse, d'un joint de rebord et de divers accessoires de pont.

1.7 Réservoir à toit flottant

Récipient destiné à stocker des liquides en vrac, ayant une coque cylindrique verticale et également un toit flottant reposant sur le liquide stocké. Un réservoir à toit flottant peut en outre avoir un toit fixe fixé au sommet de la coque du réservoir.

1.8 Réservoir à toit flottant interne (RTFI)

réservoir à toit flottant qui a un toit fixe au sommet de la coque du réservoir et un toit flottant léger , Les réservoirs internes à toit flottant se distinguent ainsi des réservoirs externes à toit flottant et des réservoirs couverts à toit flottant, qui ont tous deux le type plus lourd de toit flottant . Certains accessoires de pont, tels que les pieds de pont, peuvent ressembler davantage à la construction typique .Le jugement doit être utilisé pour déterminer le facteur de perte approprié pour un montage de pont spécifique. [14]

1.9 Facteur de perte

Expression utilisée pour décrire les caractéristiques du taux de perte par évaporation d'un dispositif à toit flottant donné. Afin d'obtenir le taux de perte par évaporation total de stockage permanent pour un réservoir à toit flottant, la somme des facteurs de perte par évaporation pour chacun des appareils individuels est modifiée par certaines caractéristiques des conditions climatiques et du stockage Liquide. Les caractéristiques du liquide stocké sont exprimées en fonction de la pression de vapeur, du poids moléculaire de la vapeur du stock et d'un facteur de produit.

1.10 Facteur de produit

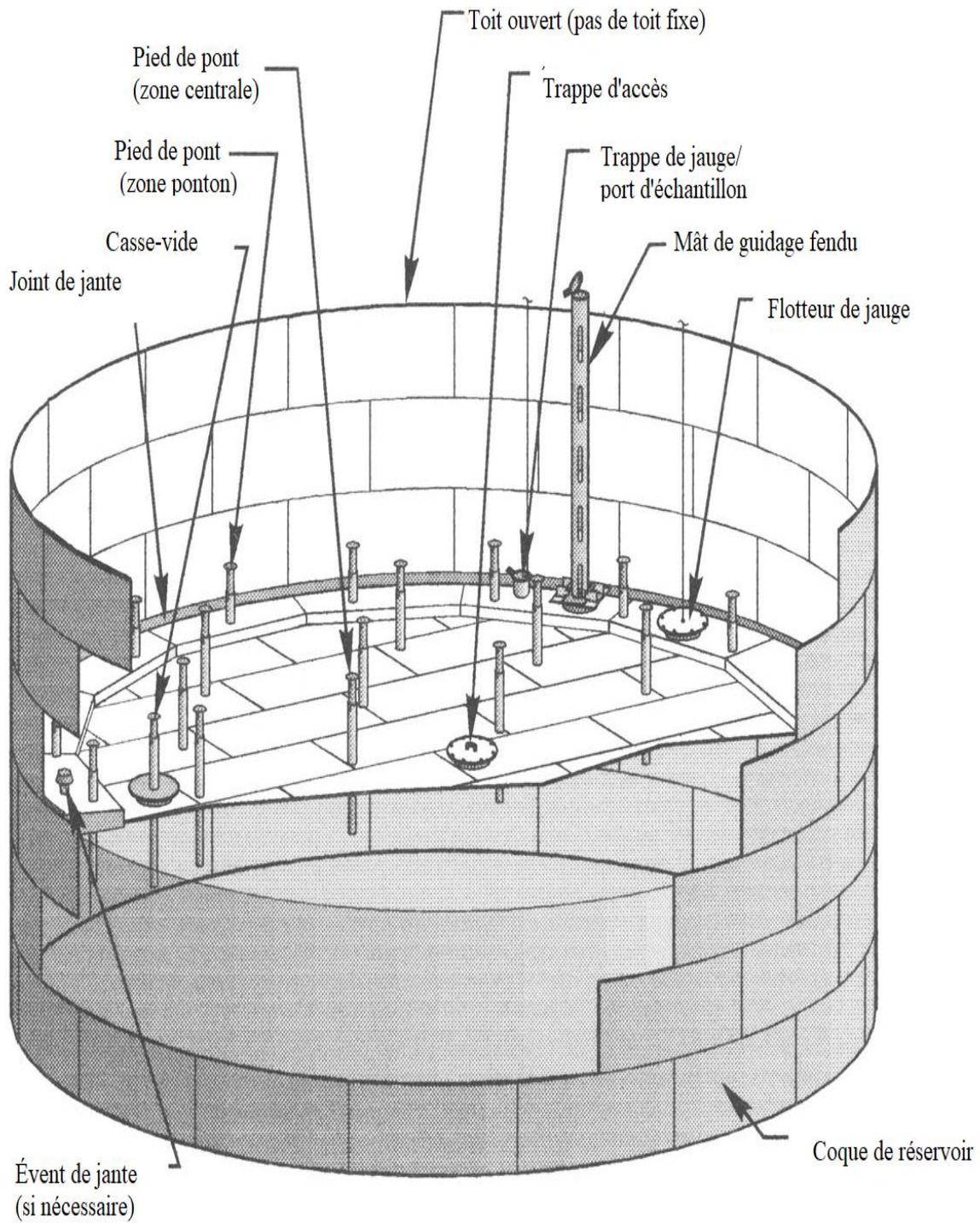
Facteur qui décrit les caractéristiques de perte par évaporation d'un liquide donné. Le facteur de produit, le poids moléculaire de la vapeur du stock et la fonction de pression de vapeur sont multipliés par la somme des facteurs de perte du toit flottant pour déterminer le taux de perte par évaporation total du stockage permanent d'un réservoir à toit flottant.

1.11 Joint de jante

Dispositif flexible sur toit flottant qui ferme l'espace annulaire entre le pont et la coque de la citerne. Lorsqu'un toit flottant a deux de ces dispositifs, l'un monté au-dessus de l'autre, le joint inférieur est le joint primaire et le supérieur est le joint secondaire.

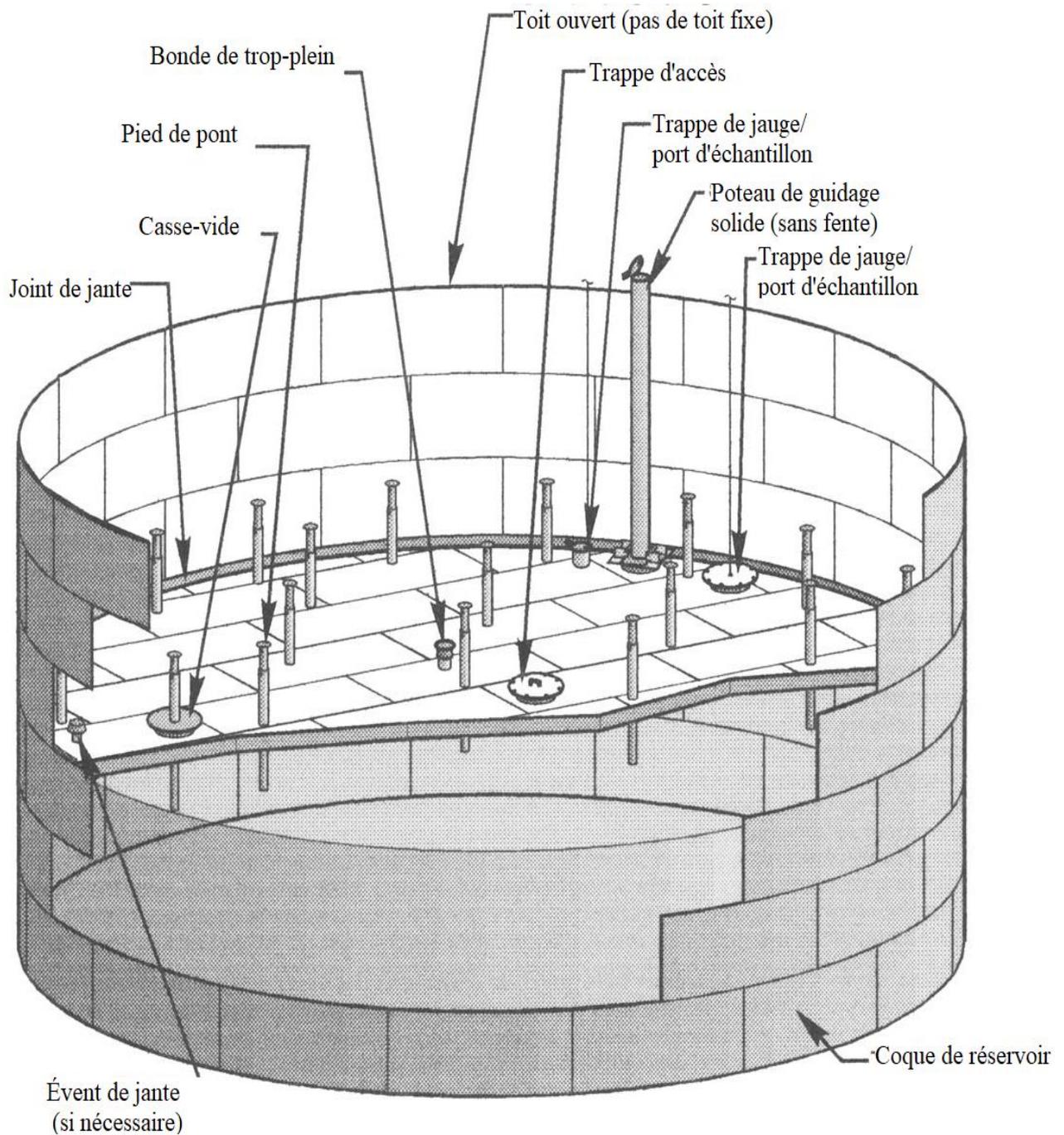
1.12 Perte de stockage permanent

Perte de stock liquide stocké par évaporation au-delà du toit flottant dans des conditions de service normales. Cela n'inclut pas l'évaporation du liquide qui s'accroche à la coque du réservoir (et aux colonnes de support du toit fixe, le cas échéant) et qui est exposé à l'évaporation lorsque le réservoir est vidé (perte de prélèvement). Il n'inclut pas non plus la perte de vapeur qui peut se produire lorsque le niveau de liquide est suffisamment bas pour permettre au toit flottant de reposer sur ses pieds de support.



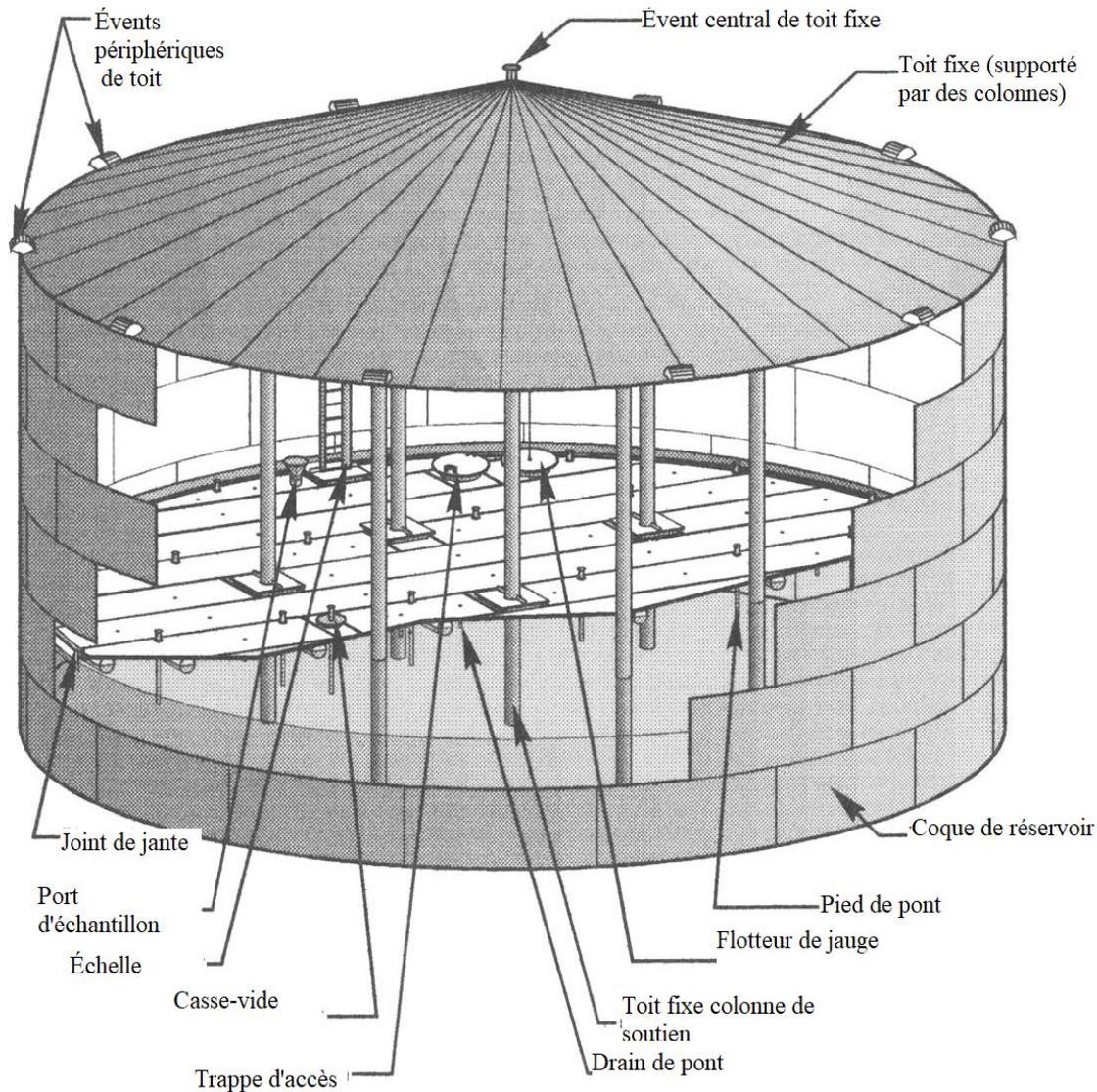
Remarque : Les détails affichés ne représentent pas nécessairement les fonctionnalités les plus courantes ou les plus typiques utilisées.

Figure 3. 1 : Réservoir à toit flottant externe avec toit flottant à deux étages [16].



Remarque : Les détails affichés ne représentent pas nécessairement les fonctionnalités les plus courantes ou les plus typiques utilisées.

Figure 3. 2 : Réservoir à toit flottant externe avec toit flottant à ponton [16].



Remarque : Les détails affichés ne représentent pas nécessairement les fonctionnalités les plus courantes ou les plus typiques utilisées.

Figure 3. 3 : Réservoir à toit flottant interne avec pont sans contact [16]

1.13 Fonction de pression de vapeur

Facteur adimensionnel utilisé dans la procédure d'estimation des pertes, qui est fonction du rapport de la pression de vapeur du liquide stocké à la pression atmosphérique moyenne au lieu de stockage. La fonction de pression de vapeur, le poids moléculaire de la vapeur de réserve et le facteur de produit sont multipliés par la somme des facteurs de perte d'équipement pour déterminer le taux de perte par évaporation total de stockage sur pied d'un réservoir à toit flottant.

1.14 Perte de soutirage

Perte par évaporation du liquide qui adhère à la coque du réservoir (et aux colonnes de support à toit fixe, le cas échéant) et qui est exposé à l'évaporation lorsque le réservoir est vidé (perte de retrait).

2 Équations pour l'estimation des pertes

2.1 Généralités

Cette section présente les équations pour estimer la perte annuelle totale de stock par évaporation ou les émissions de vapeur d'hydrocarbures atmosphériques équivalentes des stocks volatils stockés dans des réservoirs à toit flottant. La perte totale, L_t , est la somme de la perte de stockage sur pied, L_s , et de la perte de retrait, L_w . Dans certains cas, la perte de retrait peut être négligeable (voir section 4); dans ces cas, la perte totale est approximativement égale à la perte de stockage sur pied. Pour plus de commodité, une description de chaque variable est donnée après sa première utilisation dans une équation dans chaque section. De plus, une liste complète de nomenclature est donnée dans le tableau 1.

2.2 Perte de stockage permanent

Les informations minimales suivantes sont nécessaires pour estimer la perte de stockage permanent, L_s :

- a. La pression de vapeur réelle du stock (ou la pression de vapeur Reid et la température moyenne de stockage du stock).
- b. Le type de stock.
- c. Le diamètre du réservoir
- d. Le type de toit flottant [RTFE et RCTF]; ou type [RTFI]. [14]
- e. Le type de construction à toit fixe (sur poteaux ou autoportant [RTFI et RCTF]; ou aucune [RTFE]).
- f. La vitesse moyenne du vent ambiant sur le site du réservoir, pour les réservoirs qui n'ont pas de toit fixe (RTFE).

Des estimations améliorées de la perte de stockage permanent peuvent être obtenues grâce à la connaissance de tout ou partie des informations supplémentaires suivantes

- a. Le type de construction de la coque du réservoir (soudée ou rivetée) (RTFE).
- b. Le type de système de joint de jante.
- c. Le type et le nombre d'accessoires de pont.
- d. Le type de construction de tablier à toit flottant (ponton ou à deux niveaux), [RTFE et RCTF]; soudé ou boulonné, et longueur des joints de tablier boulonnés, [14].
- e. Le poids moléculaire de la vapeur stock. La perte de stockage debout, L_s , comprend les pertes du joint de jante et des accessoires de pont, et des joints de pont s'ils sont de

construction boulonnée (RTFI). La perte de stockage permanent peut être estimée comme suit:

$$L_s = [(F_r) + (F_f) + (F_d)] P * M_v K_c \quad (1)$$

Où

L_s = perte de stockage sur pied, en livres par an,

F_r = facteur de perte totale du joint de jante, en livres-moles par an,

F_f = facteur de perte total des ferrures de pont, en livres-moles par an,

F_d = facteur de perte total des joints de pont, en livres-moles par an,

$P *$ = fonction de pression de vapeur (sans dimension),

M_v = poids moléculaire moyen de la vapeur de réserve, en livres par livre-mole,

K_c = facteur de produit (sans dimension).

La perte de stockage sur pied est convertie de livres par an en barils par an comme suit:

$$L_S \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) = \frac{L_s \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right)}{42 W_v} \quad (2)$$

W_l = densité moyenne du stock liquide au stockage moyen

W_v = densité de la vapeur condensée, en livres par gallon.

La constante, 42, dans l'équation 2 a des unités de gallons par baril.

Les procédures utilisées pour calculer la perte de stockage sur pied sont résumées dans le tableau 2. L'équation 1 a été obtenue en additionnant les trois équations qui représentent les contributions indépendantes aux pertes du joint de bordure, des ferrures de pont et des joints de pont. Les équations suivantes peuvent être utilisées pour estimer ces contributions indépendantes:

$$L_r = F_r P * M_v K_c \quad (3)$$

$$L_f = F_f P * M_v K_c \quad (4)$$

$$L_d = F_d P * M_v K_c \quad (5)$$

Où

L_r = perte totale de joint de jante, en livres par an,

L_f = perte totale de montage de pont, en livres par an,

L_d = perte totale de joint de pont, en livres par an.

Les autres variables sont telles que définies dans l'équation 1.

2.3 PERTE DE RETRAIT

La perte de retrait,

Lw, peut être estimé à partir des informations suivantes:

- Le débit net annuel (associé à l'abaissement du niveau de liquide du stock dans le réservoir)
- Le type de stock.
- La densité moyenne du stock liquide.
- Le diamètre du réservoir.
- L'état de la coque du réservoir (et des colonnes de support à toit fixe, le cas échéant (RTFI) et (RCTF)).

Une légère amélioration de l'estimation des pertes de soutirage peut être obtenue pour les réservoirs et pour le réservoir particulier considéré.

La perte de retrait, Lw, concerne l'évaporation du liquide de réserve qui s'accroche à la coque du réservoir (et à toute colonne de support à toit fixe) pendant le retrait du stock. La perte de retrait peut être estimée comme suit:

$$LW = \left[\frac{(0.943) QCWl}{D} \right] \left[1 + \frac{(Nfc Fc)}{D} \right] \quad (6)$$

Où

Lw = perte de retrait, en livres par an,

Q = débit net annuel (associé à la baisse du niveau de stock liquide dans le réservoir), en barils par an,

C = facteur d'accrochage, en barils par 1000 pieds carrés.

Tableau 2 : Résumé de la procédure de calcul de la perte de stockage permanent		
Équations de perte de stockage permanent :		
	$Ls = [(Fr) + (Ff) + (Fd)] P * Mv Kc$	(1)
	$LS \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) = \frac{Ls \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right)}{42 Wv}$	(2)
Facteurs liés à l'équipement		
Variable	Définition	Unités de mesure
$Fr =$	facteur de perte totale du joint de jante	livres-moles par an
	$= Kr D$	
$Kr =$	facteur de perte de joint de jante	livres-moles par pi•an
	$= Kra + KrbV^2$	
$Kra =$	facteur de perte de joint de jante à vitesse de vent nulle	livres-moles par pi•an

K_{rb} = facteur de perte de joint de jante dépendant du vent	livres-moles par (mile par heure) n •ft-année
V = vitesse moyenne du vent ambiant sur le site du réservoir	miles par heure
n = Exposant de perte de joint de jante dépendant du vent	(sans dimension)
D = diamètre du réservoir	PI
F_f = facteur de perte total des raccords de pont = $[(N_{f1}K_{f1}) + (N_{f2}K_{f2}) + \dots + (N_{fk}K_{fk})]$	livres-moles par an
N_{fi} = nombre de raccords d'un type particulier	(sans dimension)
K_{fi} = facteur de perte de ferrures de pont pour un type particulier de ferrures = $K_{fai} + K_{fbi} (K_v V)^{mi}$	livres-moles par an
K_{fai} = facteur de perte d'équipement de pont à vitesse de vent nulle	livres-moles par an
K_{fbi} = facteur de perte d'équipement de pont dépendant du vent;	livres-moles par (miles par heure) m années
K_v = facteur de correction de la vitesse du vent $K_v = 0,7$ (RTFE)	(sans dimension)
mi = exposant de perte de pont dépendant du vent	(sans dimension)
V = vitesse moyenne du vent sur le site du réservoir	miles par heure
k = nombre total de différents types d'accastillage	(sans dimension)
F_d = facteur total de perte de joint de pont	livres-moles par an
P^* = fonction de pression de vapeur	(sans dimension)
M_v = poids moléculaire moyen de la vapeur de base	livres par livre-mole
K_c = facteur de produit	(sans dimension)
W_v = densité de vapeur condensée	livres par gallon

D = diamètre du réservoir, en pieds,

N_{fc} = nombre de colonnes de support à toit fixe (sans dimension) (RTFI et RCTF),

F_c = diamètre effectif de colonne, en pieds (RTFI et RCTF),

La constante, 0,943, dans l'équation 6 a des dimensions de (1000 pieds cubes) \times [gallons par (baril au carré)]. La perte de retrait est convertie de livres par an, en barils par an comme suit:

$$LW \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) = \frac{LW \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right)}{42 Wv} \quad (7)$$

Où

W1 = densité moyenne du liquide stock à 60 ° F, en livres par gallon. La constante, 42, dans l'équation 7 à des unités de gallons par baril.

Les procédures utilisées pour calculer la perte de retrait sont résumées dans le tableau 3.

2.4 PERTE TOTALE

La perte totale, Lt, en livres par an et en barils par an, peut être estimée comme suit:

$$Lt \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right) = (Ls + LW) \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right) \quad (8)$$

$$Lt \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) = (Ls + LW) \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) \quad (9)$$

Où Lt = perte totale, Ls = perte de stockage permanent, Lw = perte de retrait.

3. Facteurs de perte de stockage sur pied

3.1 Généralités

Cette section explique comment déterminer les valeurs spécifiques des variables dans les équations de perte de stockage sur pied données en 2.2. Des tableaux, des figures et la plage de valeurs des variables pour lesquelles les équations de perte de stockage sur pied sont applicables sont cités à titre de référence. Le cas échéant, une distinction est faite entre les valeurs RTFE, RTFI et RCTF. Ces distinctions concernent principalement les effets du vent et la construction du toit flottant.

Pour obtenir l'estimation la plus précise, les quantités, dimensions et autres informations détaillées concernant le ou les réservoirs spécifiques considérés doivent être utilisées. Les quantités et tailles typiques incluses dans les tableaux ne doivent être utilisées que lorsque les informations détaillées réelles ne sont pas disponibles..

Les facteurs de perte de stockage permanent qui se rapportent à la conception du réservoir et du toit flottant sont des facteurs désignés liés à l'équipement et sont considérés séparément des facteurs qui se rapportent aux caractéristiques du liquide stocké. Les facteurs liés à l'équipement sont Fr, Ff et Fd de l'équation 1 et sont décrits à la section 3 pour chaque type de réservoir à toit flottant.

Les facteurs de perte de stockage permanent qui se rapportent aux caractéristiques du liquide stocké sont désignés comme facteurs liés au stock. Les facteurs liés au stock sont P^* , M_v et K_c de l'équation 1 et sont décrits en 3.3.

Bien que les facteurs de perte liés à l'équipement soient exprimés en unités de livre-mole par an, ils doivent être multipliés par les facteurs sans dimension liés au stock, P^* et K_c , afin de déterminer la livre-mole réelle par an de perte par évaporation pour un produit liquide donné. Pour convertir la livre-mole réelle par an en livres par an, multipliez par le poids moléculaire du produit dans sa phase vapeur, M_v , le poids moléculaire ayant des unités de livres par livre-mole.

Bien que les facteurs de perte liés au matériel soient exprimés en unités de livre-mole par an, ils doivent être multipliés par les facteurs sans dimension liés au stock, P^* et K_c , afin de déterminer la livre-mole réelle par an de perte par évaporation. Pour un produit liquide donné. Pour convertir la livre-mole réelle par an en livres par an, multipliez par le poids moléculaire du produit dans sa phase vapeur, M_v , le poids moléculaire ayant des unités de livres par livre-mole. Bien que les facteurs de perte liés au matériel soient exprimés en unités de livre-mole par an, ils doivent être multipliés par les facteurs sans dimension liés au stock, P^* et K_c , afin de déterminer la livre-mole réelle par an de perte par évaporation. Pour un produit liquide donné. Pour convertir la livre-mole réelle par an en livres par an, multipliez par le poids moléculaire du produit dans sa phase vapeur, M_v , le poids moléculaire ayant des unités de livres par livre-mole.

3.2 Facteurs liés à l'équipement

Les facteurs liés à l'équipement sont le facteur de perte totale du joint de jante, F_r , discuté en 3.2.1; le facteur d'affaiblissement total de l'installation de pont, F_f , discuté en 3.2.2; et le facteur de perte totale des joints de pont, F_d , discuté en 3.2.3 (RTFI). Ces facteurs de perte dépendent de la taille du réservoir, du type de tablier à toit flottant, du type de joint de jante et du type de toit fixe, s'il y en a un (RTFI et RCTF). La taille du réservoir est décrite par le diamètre, D , en pieds.

3.2.1 Facteur de perte du joint de jante

Le facteur de perte du joint de jante, F_r , peut être estimé comme suit:

$$F_r = K_r D \quad (10)$$

Où

Fr = facteur de perte totale du joint de jante, en livres-moles par an, Kr = facteur de perte du joint de jante, en livres-moles par pied • an, D = diamètre du réservoir, en pieds. Le facteur de perte du joint de jante, Kr, peut être estimé comme suit:

$$K_r = K_{ra} + K_{rb} V^2 \quad (11)$$

Où

Kra = facteur de perte de joint de jante à vitesse du vent nulle, en livres-moles par pied • an,

Krb = facteur de perte de joint de jante dépendant du vent, en livres-moles par (miles par heure)ⁿ • ft • an,

V = vitesse moyenne du vent ambiant sur le site du réservoir, en miles par heure

n = exposant de perte de joint de jante en fonction du vent (sans dimension).

Pour les Réservoirs à toit fixe (RTFI et RCTF), la température ambiante la vitesse du vent n'est pas un paramètre significatif, et la valeur de V en L'équation 11 est mise à zéro.

L'équation devient alors:

$$K_r = K_{ra} \quad (12)$$

Les facteurs de perte du joint de jante, Kra, Krb et n, sont donnés dans le tableau 3 en fonction de la construction du réservoir et du type de système de joint de jante. Il existe trois types de base de joints primaires: montés sur vapeur, à montage liquide et à sabot mécanique. Primaire monté sur vapeur des joints sont montés sur le toit flottant de sorte qu'une vapeur existe entre le liquide de réserve et le fond du joint primaire.

Les joints primaires montés sur la vapeur comprennent un remplissage élastique joints insuffisamment au-dessus de la surface du liquide pour ne pas être en contact avec lui, et le type de lame des joints communément appelés joints racleurs flexibles. Monté sur liquide les joints primaires sont généralement des joints remplis élastiques montés de manière que le bas du joint touche le liquide.

En plus du joint primaire, certains systèmes de joint de jante sont équipés d'un joint secondaire. Pour primaire de chaussures mécaniques jointes, le joint secondaire peut être monté sur patins ou monté sur jante. Pour les joints typiques montés sur liquide et vapeur, le joint secondaire est uniquement monté sur la jante.

Les facteurs de perte pour les joints de montage moyens sont applicables pour conditions typiques de joint de jante et doit être utilisé sauf lorsqu'une Le joint de jante est connu pour être toujours bien ajusté (qui est, là où il n'a pas d'espace de plus de 1/8 po de largeur entre les

joint de jante et la coque du réservoir), correspondant à des facteurs de perte pour des joints hermétiques sont applicables.

Des facteurs de perte ont été développés pour les joints à ajustement moyen car il n'a pas été possible de quantifier les paramètres pour tous les joints de jante conditions qui affectent la perte. Il n'était donc pas possible de déterminer une relation exacte entre la perte du joint de jante et conditions d'étanchéité de la jante.

Le facteur de perte du joint de jante, K_r , peut être estimé à l'aide de l'équation 11, ou lire directement à partir du tableau 3 pour la température ambiante sélectionnée la vitesse du vent. Facteurs de perte de joint de jante certifiés API pour dès l'équipement peut être remplacé lorsqu'il est disponible.

Les facteurs de perte du joint de jante ne sont applicables que pour les vitesses de vent de 0 mph - 15 mph. Si la température ambiante moyenne la vitesse du vent, V , sur le site du réservoir n'est pas disponible, la vitesse du vent donné de la station météorologique locale la plus proche ou valeurs de Le tableau 13 peut être utilisé comme approximation. Ambiante moyenne la vitesse du vent n'est pas requise pour les Réservoirs à toit fixe (RTFI et RCTF).

Si aucune information n'est disponible sur le type spécifique de réservoir système de construction et de joint de jante, un réservoir soudé avec un on peut supposer que le joint primaire du patin mécanique représente le type le plus courant actuellement utilisé pour l'API Std 650, Ponts de type Annexe C (RTFE et RCTF), et un joint primaire peut être supposé pour l'API Std 650, Ponts de type H (IFRT) [14]. Cependant, les estimations sur la base de ces données supposées ne doivent être utilisées qu'à titre préliminaire indication des pertes par évaporation. Les droits à des réservoirs doivent être basés sur les caractéristiques réelles des réservoirs.

3.2.2 Facteur de perte

Si des informations sont disponibles sur le type et le numéro spécifiques des ferrures de pont, le facteur de perte totale des ferrures de pont, F_f , peut être estimé comme suit :

$$F_f = [(N_{f1}k_{f1}) + (N_{f2}K_{f2}) + \dots + (N_{fk}K_{fk})] \quad (13)$$

Où

F_f = facteur de perte total des ferrures de pont, en livres-moles par an,

N_{fi} = nombre de ferrures de pont d'un type particulier (sans dimension),

K_{fi} = factor de perte pour un type particulier de ferrure de pont, en livres-moles par an,

i = numéro de raccord, 1, 2, ..., k (sans dimension),

k = nombre total de différents types de ferrures de pont (sans dimension).

Le facteur de perte pour un type particulier de ferrure de pont, K_{fi} , peut être estimé comme suit:

$$K_{fi} = K_{fai} + K_{fbi} (K_v V)^{m_i} \quad (14)$$

Où

K_{fi} = facteur de perte pour un type particulier de ferrure de pont, en livres-moles par an,

K_{fai} = facteur de perte de vitesse du vent nul pour un type particulier de aménagement de pont, en livres-moles par an,

K_{fbi} = facteur de perte dépendant du vent pour un type particulier de ferrures de pont, en livres-moles par (miles par heure) $m \cdot$ année,

m_i = exposant de perte dépendant du vent pour un type particulier de la ferrure de pont (sans dimension),

i = numéro de raccord, 1, 2, ..., k (sans dimension),

k = nombre total de différents types de ferrures de pont (adimensionnelle),

K_v = facteur de correction de vitesse du vent ajusté (sans dimension),

V = vitesse moyenne du vent ambiant sur le site du réservoir, en mph.

Pour les citernes sans toit fixe (RTFE), la vitesse du vent approprié le facteur de correction, K_v , est donné ci-dessous:

$$K_v = 0.7$$

Pour les Réservoirs à toit fixe (RTFI et RCTF), la température ambiante la vitesse du vent n'est pas un paramètre significatif, et la valeur de V dans l'équation 14, il est égal à zéro.

L'équation alors devient:

$$K_{fi} = K_{fai} \quad (15)$$

Les ferrures de pont les plus courantes sont répertoriées dans le tableau 13, le long avec les facteurs de perte associés, K_{fa} , K_{fb} et m , pour divers types de détails de construction, sauf en ce qui concerne la configuration est donnée pour les guides avec l «API Std 650, Platines de type Appendice C (RTFE et RCTF) [14]. Évaporait les estimations de perte pour ces réservoirs doivent être établis sur les caractéristiques du mât de guidage.

Les facteurs de perte de montage sur pont ne peuvent être utilisés que pour les vitesses de vent de 0 mph - 15 mph. Le facteur de perte pour un particulier le type de ferrure de pont peut être estimé à l'aide de l'équation 14 ou lire directement à partir du tableau 13 pour le vent ambiant sélectionné vitesses. Ces facteurs de perte sont applicables pour un montage de pont conditions typiques; Facteurs de perte de montage de pont certifiés API pour l'équipement peut être remplacé lorsqu'il est disponible.

Les facteurs de perte peuvent être estimés pour les configurations de montage de pont qui ne figurent pas dans le tableau 13, à zéro mille par heure conditions de vitesse du vent (RTFI et RCTF), parmi l'équation ;

$$K_{fai} = 0.27 (A_{fi})^{0.86} \quad (16)$$

Où

K_{fai} = facteur de perte de vitesse du vent nul pour un type particulier d'aménagement de pont, en livres-moles par an, A_{fi} = surface liquide dans un type particulier de raccord de pont, en carré pied. La surface du liquide la zone est la zone à l'intérieur du puits d'aménagement de pont ou manche de jambe, moins toute zone occupée par obstruction dans le puits de montage du pont ou le manchon de jambe (comme une colonne de support à toit fixe, sans fente mât de guidage, flotteur de mât de guidage ou pied de support de pont).

Le coefficient, 0,27, a des unités de livre-mole par (carré in.)^{0,86} an, et l'exposant, 0,86, est sans dimension.

Cette équation n'est applicable que lorsque la distance de la surface du liquide vers le haut du puits ou du pied de pont le manchon mesure 12 pied ou plus. Puits ou pattes plus courts les manchons peuvent entraîner des taux de perte plus élevés. Il n'y a pas de semblables algorithmes disponibles pour estimer les facteurs de perte pour des puits de pont ou manches de jambe.

Cette équation concerne une ferrure de terrasse non contrôlée. Efficace on s'attend à ce que les contrôles d'aménagement du pont entraînent une réduction des pertes de facteurs qui seraient estimés par cette équation, mais il n'y a aucun algorithme disponible pour estimer l'efficacité des commandes d'aménagement de pont.

Cette équation est pour la vitesse du vent de zéro mille par heure état. Il n'y a pas d'algorithme disponible pour estimer les facteurs de perte à des vitesses de vent non nulles (RTFE).

Étant donné que le nombre de chaque type de ferrure de pont peut varier le besoin de cuve à cuve, valeurs N_f pour chaque type de pont l'ajustement doit être déterminé pour le réservoir considéré. Si ces informations ne sont pas disponibles, des valeurs N_f typiques sont données dans les tableaux 13, 14, 15, et 16.

3.2.3 Facteur de perte de joint de pont

Les facteurs de perte de joint de pont ne s'appliquent qu'à l'API Std 650, annexe Tabliers de type H (RTFI) [14] qui sont de construction boulonnée. Le facteur de perte totale des joints de pont,

F_d , peut être estimé à partir d'Équation 17:

$$F_d = K_d S_d D^2 \quad (17)$$

Où

F_d = facteur de perte totale des joints de pont, en livres-moles par an,

K_d = perte de couture de pont par facteur de longueur de couture unitaire, en livres-moles par pied • an,

S_d = facteur de longueur de pont -couture, pi par pied carré,

D = diamètre du réservoir, en pieds.

L'équation 17 est basée sur l'hypothèse que les pertes les joints de pont se produisent en continu ou à partir de points répartis sur toute la longueur de la couture. Cette hypothèse peut être plus applicable à certaines coutures dessins que d'autres, mais il est jugé être le plus raisonnable et prudente (surestimation potentielle de la perte) pour déterminer les facteurs généraux de perte des joints de pont. Pertes de couture de pont des conceptions spécifiques peuvent varier et peuvent provenir à partir de joints ou de détails de couture qui ne sont pas proportionnels à la longueur totale de la couture. Facteurs de perte de joint de pont certifiés API pour des équipements spécifiques peuvent être remplacés étant disponibles.

La perte de couture de pont par facteur de longueur de couture unitaire,

K_d , est donnée ci-après:

$K_d = 0,00$ pour les tabliers soudés. $0,34$ pour les tabliers boulonnés.

Aucune information n'est disponible pour les autres types de platines (par exemple, coutures collées). Le facteur de longueur de joint de pont, S_d , est défini par l'équation 18:

$$S_d = \frac{L_{seam}}{A_{deck}} \quad (18)$$

Où

S_d = facteur de longueur de pont-couture, pi par pied carré, L_{seam} = longueur totale des coutures du pont, en pieds,

A_{deck} = superficie de la terrasse,

En pieds carrés. Étant donné que le facteur de longueur de couture de pont peut varier pour différentes conceptions de tablier, ce facteur doit être estimé à partir de l'équation 18, si possible, ou estimé à partir du tableau 4 . Si le type de pont n'est pas connu, on peut supposer qu'un pont avec des coutures boulonnées est plus courant dans les réservoirs avec colonne les

toits fixes soutenus et un tablier soudé sont plus courants dans des cuves à toits fixes autoportants.

3.3 FACTEURS LIÉS AUX BOURSES

Les facteurs liés au stock dans les équations de perte de stockage permanent sont la fonction de pression de vapeur, P *, discutée en 3.3.1; le poids moléculaire de la vapeur stock, Mv, discuté en 3.3.2; et le facteur produit, Kc, discuté en 3.3.3. Ces facteurs de perte

Dépend des caractéristiques du liquide stocké. La fonction de pression de vapeur dépend en outre de la température moyenne de stockage du stock, Ts. Conversion de la perte de stockage permanent de livres par an en barils (ou gallons) par an dépend de la densité du condensé vapeur, Wv, discuté en 3.3.4.

3.3.1 Fonction de pression de vapeur

La fonction de pression de vapeur, P *, peut être déterminée comme suit:

$$P^* = \frac{\frac{P}{Pa}}{\left\{1 + \left(1 - \left(\frac{P}{Pa}\right)^{0.5}\right)^2\right\}} \quad (19)$$

Où

P = pression de vapeur réelle du stock au stockage moyen du stock température, en livres par carré en pouces absolus, Pa = pression atmosphérique moyenne à l'espace du réservoir, en livres par carré en. Absolu.

Alternativement, P * peut être lu directement à partir du tableau 18, qui est basé sur une pression atmosphérique, Pa, de 14,7 livres par carré en absolu.

Si la pression de vapeur réelle du stock n'est pas connue, elle peut être déterminée à partir de l'équation 20, ou pour les stocks de pétrole raffiné (essences et naphta) et stocks de pétrole brut, à partir des chiffres 1 et 2, respectivement.

La vraie pression de vapeur du stock peut être déterminée comme suit:

Tableau 3 : Fonction de pression de vapeur, P*, en fonction de la pression de vapeur réelle, P									
Fonction de pression de vapeur, P* (sans dimension)									
P	0	1	2	3	4	5	6	7	8

1.	0.018	0.019	0.021	0.023	0.025	0.027	0.029	0.031	0.033
2.	0.037	0.039	0.041	0.043	0.045	0.047	0.049	0.051	0.053
3.	0.057	0.059	0.061	0.063	0.066	0.068	0.070	0.072	0.075
4.	0.079	0.082	0.084	0.086	0.089	0.091	0.094	0.096	0.099
5.	0.104	0.106	0.109	0.111	0.114	0.117	0.119	0.122	0.125
6.	0.130	0.133	0.136	0.139	0.142	0.145	0.148	0.151	0.154
7.	0.160	0.163	0.167	0.170	0.173	0.177	0.180	0.183	0.187
8.	0.194	0.198	0.201	0.205	0.209	0.213	0.216	0.220	0.224
9.	0.233	0.237	0.241	0.245	0.250	0.254	0.259	0.263	0.268
10.	0.278	0.283	0.288	0.293	0.298	0.303	0.309	0.314	0.320
11.	0.332	0.338	0.344	0.351	0.357	0.364	0.371	0.378	0.385
12.	0.400	0.408	0.416	0.424	0.433	0.442	0.451	0.461	0.471

Remarque : Dans la première colonne, sélectionnez le nombre qui représente la partie entière et dans la rangée du haut, sélectionnez le nombre qui représente la partie fractionnaire de la pression de vapeur réelle du stock, P, P ayant des unités de livres par carré en absolu. L'intersection de la ligne et de la colonne donnera la fonction de pression de vapeur, P*, lorsque la pression atmosphérique, Pa, est égale à 14,7 livres par pouce absolu. L'équation 19 doit être utilisée pour les endroits où la pression atmosphérique moyenne est significativement différente de 14,7 livres par pouce absolu. [17]

$$P = \text{expo} \left\{ A - \left(\frac{B}{T_a + 459.6} \right) \right\} \quad (20)$$

Où

P = pression de vapeur réelle du stock au stockage moyen du stock température, en livres par carré en pouces absolus, Ts = température moyenne de stockage du stock, en degrés Fahrenheit (voir tableau 5), A = constante dans l'équation de la pression de vapeur (sans dimension), B = constante dans l'équation de la pression de vapeur, en degrés Rankine, exp = fonction exponentielle.

La constante, 459,6, dans l'équation 20 convertit les degrés Fahrenheit aux degrés Rankine.

Pour les stocks de pétrole raffiné (essences et naphtha), détermination de la pression de vapeur réelle du stock à partir de l'un ou l'autre des chiffres 1 ou l'équation 20 dépend du stockage moyen du stock température, Ts; la pression de vapeur Reid, RVP; et l'ASTM Distillation Sloop,

Les constantes A et B pour l'équation 20 peut être déterminé à partir des chiffres 3 et 4 ou estimé à partir de Équations 21 et 22, respectivement:

$$A = 15.64 - 1.854 S^{0.5} - (0.8742 - 0.3280 S^{0.5}) \ln (RVP) \quad (21)$$

$$B = 8742 - 1042 S^{0.5} - (1049 - 179.4 S^{0.5}) \ln (RVP) \quad (22)$$

Où RVP = pression de vapeur stock Reid, en livres par carré dans. S = stock ASTM-D86-Distillation du pétrole Pente de distillation des produits à 10% en volume évaporé, en degrés Fahrenheit par volume%, ln = fonction logarithmique naturelle.

La pente, S, est la pente de la distillation ASTM-D86 les données à 10% en volume se sont évaporées et peuvent être estimées à partir des données de distillation en utilisant l'équation 23:

$$S = \frac{T_{15} - T_5}{10} \quad (23)$$

Où

S = stock ASTM-D86-Distillation du pétrole Pente de distillation des produits à 10% volume évaporé, en degrés Fahrenheit par volume %, T5 = température à laquelle 5% en volume sont évaporés, en degrés Fahrenheit,

T15 = température à laquelle 15% en volume sont évaporés, en degrés Fahrenheit.

La constante, 10, dans l'équation 23 à des unités de% de volume. En l'absence de données de distillation ASTM-D86 sur le raffiné stocks pétroliers, valeurs approximatives de la pente de distillation, S, du tableau 18, peut être utilisé. Pour les stocks de pétrole brut, déterminer la pression de vapeur réelle du stock de la figure 3.5 ou de l'équation 20 dépend de la température moyenne de stockage du stock, Ts, et le stock Reid

Tableau 4 : Pente de distillation ASTM, S, pour certains Stocks de pétrole raffiné		
STOCK de pétrole raffiné	Pression de vapeur Reid RVP (psi)	ASTM-D86 Pente de distillation à 10 % en volume évaporé, S (°F/volume %)
Essence d'aviation.	—	2.0
Naphte	2 – 8	2.5
Essence à moteur	—	3.0
naphta léger	9 – 14	3.5

pression de vapeur, RVP. Les constantes A et B pour l'équation 20 peut être déterminé à partir des figures 3.8 et 3.9 ou estimé à partir des Équations 24 et 25, respectivement :

$$A = 12.82 - 0.9672 \ln(RVP) \quad (24)$$

$$B = 7261 - 1216 \ln(RVP) \quad (25)$$

Où

RVP = pression de vapeur stock Reid, en livres par carré dans. Ln = fonction logarithmique naturelle. Les équations pour déterminer les constantes A et B sont actuellement non disponible pour les stocks pétroliers plus lourds, tels que les distillats et les huiles résiduelles, ou pour certains stocks à un seul composant (pétrochimie). Pour certains de ces liquides, les constantes A et B pour L'équation 20 peut être lue directement à partir du tableau 6 pour liquides pétroliers et tableau 6 pour certains produits pétrochimiques

Si la température moyenne de stockage du stock, T_s , n'est pas connue, elle peut être estimée à partir de la température ambiante annuelle moyenne, T_a , en degrés Fahrenheit (donné pour certains endroits aux HASSY MESSAUDE dans le tableau 7) et la couleur de la peinture du réservoir, en utilisant le tableau 5.

Les équations de perte sont applicables pour les stocks non bouillants jusqu'à une pression de vapeur réelle d'au moins 0,1 livre par carré en absolu. Les équations de perte peuvent être appliquées à des pressions de vapeur plus faibles avec une légère perte de précision, mais ils ne doivent pas être appliqués en hauteur (c'est-à-dire près de la pression atmosphérique) pressions de vapeur auxquelles il est possible pour le stock de atteindre un état d'ébullition à la surface du liquide. La pression de vapeur de certains mélanges d'hydrocarbures ou de produits pétrochimiques ne peuvent être facilement prédit; dans ces cas, les équations de perte ne peuvent pas soit appliqué.

3.3.2 Poids moléculaire de la vapeur

Le poids moléculaire de la vapeur, M_v , peut être déterminé par analyse d'échantillons de vapeur ou par estimation à partir de la composition du liquide. En l'absence de ces informations, un on peut supposer une valeur typique de 64 livres par livre-mole pour l'essence, et une valeur de 50 livres par livre-mole peut être supposée pour les pétroles bruts américains du centre du continent (y compris les deux fractions réactives et non réactives). Depuis une grande variabilité

En poids moléculaires a été observée dans des pétroles bruts étrangers, aucune valeur moyenne n'a été développée pour ces stocks

Pour certains liquides pétroliers (stocks à plusieurs composants), le poids moléculaire de la vapeur, M_v , est indiqué dans le tableau 18.

Pour les stocks à un seul composant, le poids moléculaire du la vapeur est égale au poids moléculaire du liquide de base, et est donnée dans le tableau 6 pour certains produits pétrochimiques.

3.3.3 Facteur de produit

Le facteur produit, K_c , tient compte de l'effet de différents types de stock liquide en cas de perte par évaporation. Les facteurs de produit ont été développés pour les mélanges d'hydrocarbures multi composants, y compris les stocks raffinés (tels que les essences et les naphthas) et Pétrole brut, ainsi que les stocks à un seul composant (comme les produits pétrochimiques):

$$K_c = \begin{array}{l} 1,0 \text{ pour les stocks raffinés} \\ 0,4 \text{ pour les pétroles bruts} \\ 1,0 \text{ pour les stocks à un seul composant} \end{array}$$

3.3.4 Densité de la vapeur condensée

Pour les stocks de pétrole raffiné et les pétroles bruts, la densité de la vapeur condensée, W_v , est inférieure à la densité du liquide stocké. Si la densité de la vapeur condensée est inconnue, il peut être approximé à partir de l'équation 26, qui a été développée principalement pour l'essence:

$$W_v = 0.08M_v \quad (26)$$

Où

W_v = densité de la vapeur condensée, en livres par gallon, M_v = poids moléculaire de la vapeur, en livres par livre-mole.

La constante, 0,08, dans l'équation 26 a des unités de livres-moles par gallon

Pour certains liquides pétroliers (stocks à plusieurs composants), la densité de vapeur condensée, W_v , à 95.5 ° F est donnée dans le tableau 17.

Pour les stocks à un seul composant, la densité du condensé la vapeur est égale à la densité du liquide de base, et est donnée dans le tableau 6 pour certains produits pétrochimiques

4 Facteurs de perte de retrait

4.1 IMPORTANCE

Des informations sont données ci-dessous sur la manière de déterminer des valeurs spécifiques pour les variables des équations de perte de retrait données en 2.3. L'importance de la perte de retrait, L_w , variera avec pratiques d'exploitation des réservoirs. À l'échelle de l'industrie, la perte de retrait peut généralement supposé négligeable par rapport à la position perte de stockage, L_s .

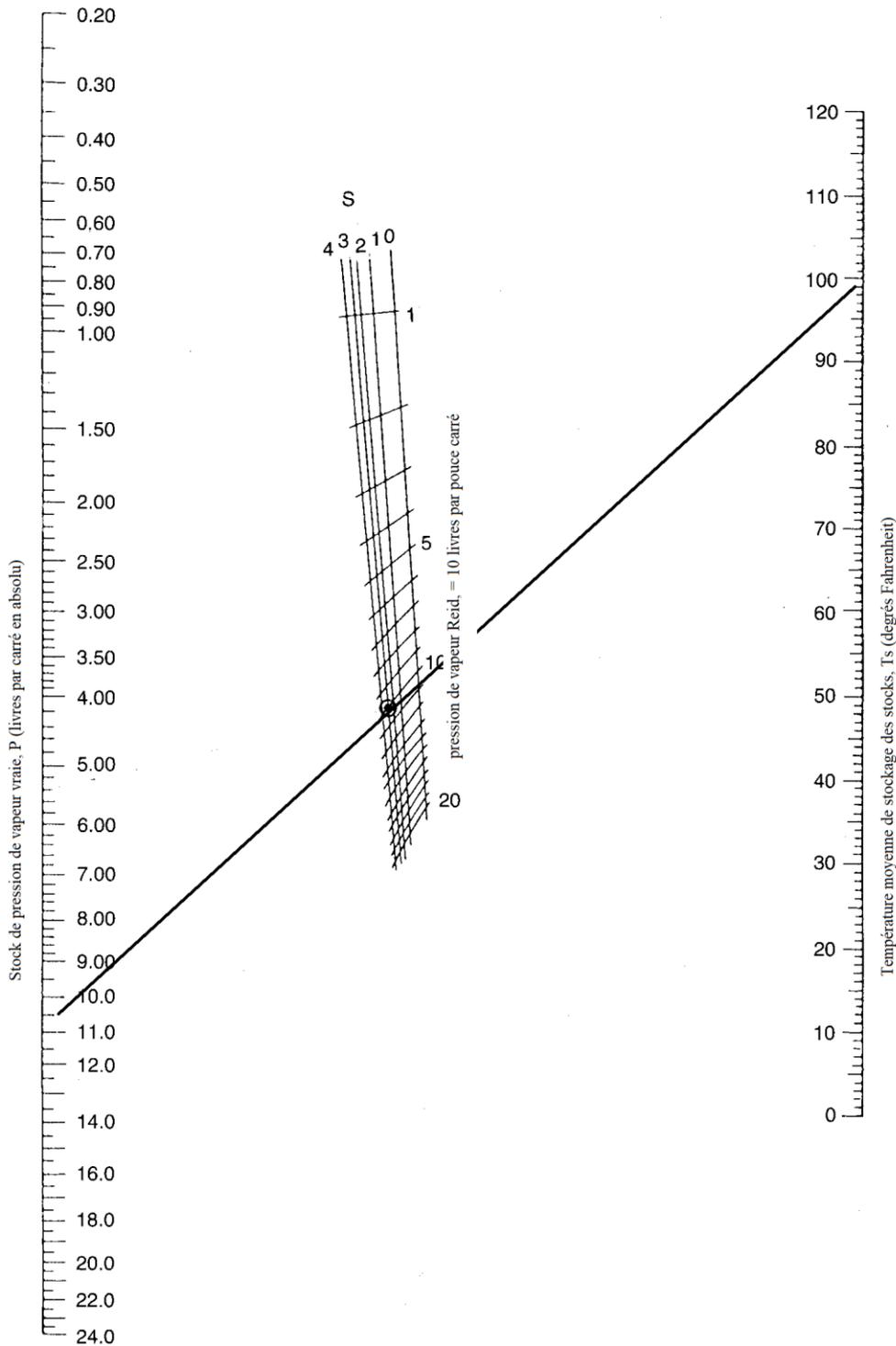


Figure 3.4 : Pression de vapeur réelle (P) des stocks de pétrole raffiné avec une pression de vapeur Reid de 1 à 20 Livres par pouce carré.

Remarques: 1. Exemple de problème illustré par la ligne pointillée pour RVP = 10 psi, stock d'essence (S = 3,0) et Ts = 98°F. 2. L'équation de la pression de vapeur est $P = \exp [A - B/(Ts + 459,6)]$, où P est la pression de vapeur en livres par carré en absolu, Ts est la température moyenne de stockage du stock en °F, et exp est la fonction exponentielle

Source : Nomographe tiré des données du National Institute of Standards and Technologie

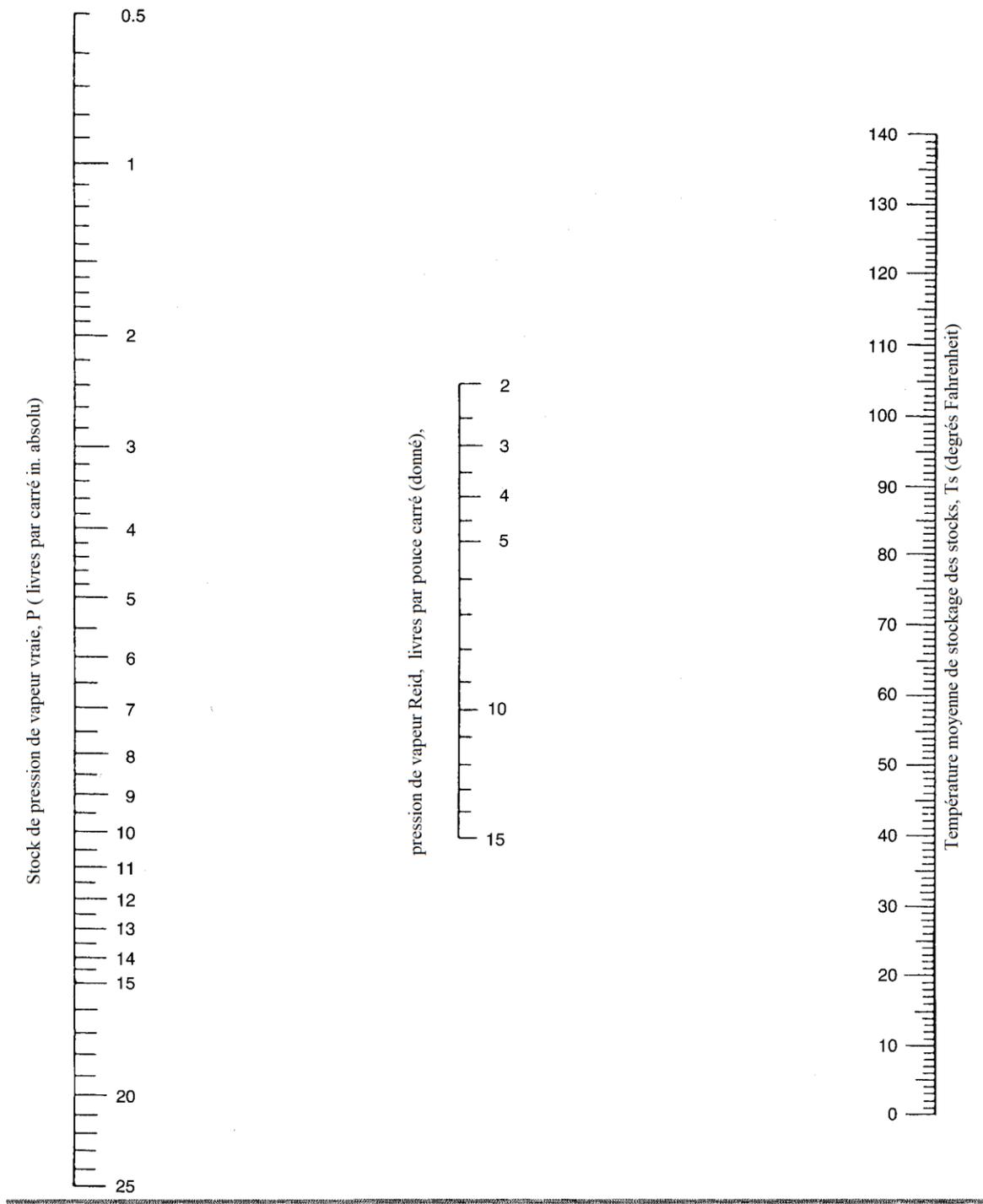


Figure 3. 5 : Pression de vapeur réelle (P) des stocks de pétrole brut avec une pression de Vapeur Reid de 2 à 15 Livres par pouce carré.

Remarque : L'équation de la pression de vapeur est $P = \exp [A - B/(Ts + 459,6)]$, où P est la pression de vapeur en livres par carré en absolu, Ts est le stock moyen de stockage température en °F, et exp est la fonction exponentielle.

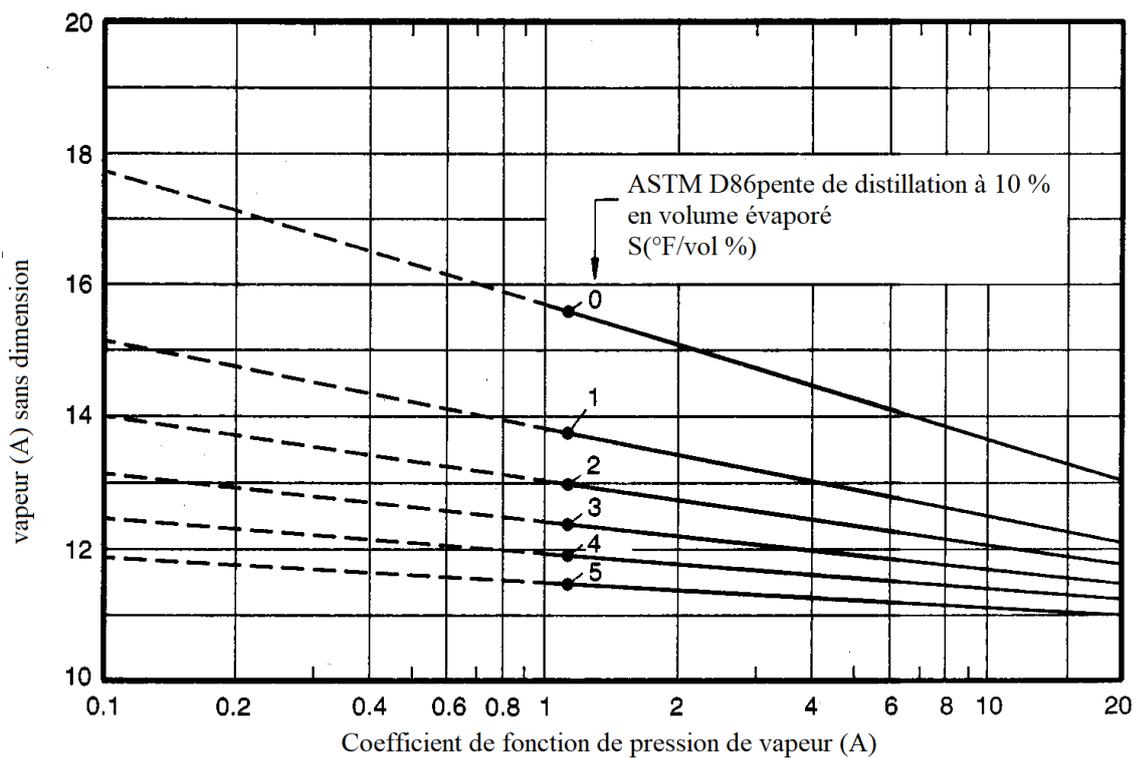


Figure 3. 6 : Coefficient de fonction de pression de vapeur (A) des stocks de pétrole raffiné Avec une pression de vapeur Reid de 1 à 20 Livres par pouce carré, extrapolées à 0,1 livre par pouce carré.

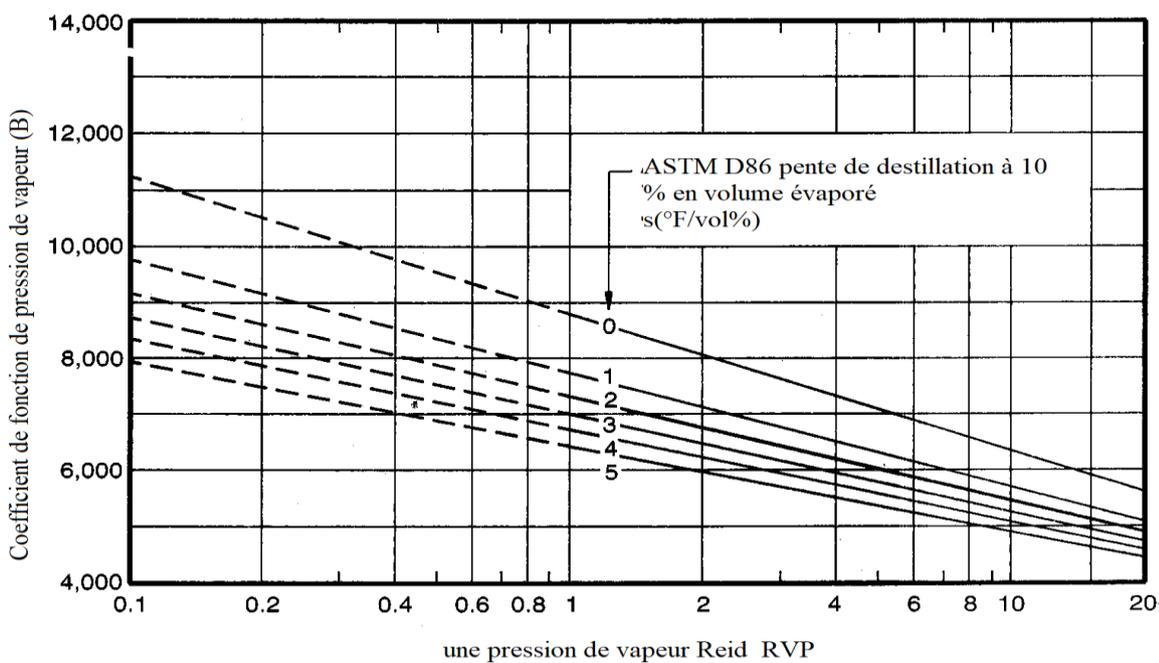


Figure 3. 7 : Coefficient de fonction de pression de vapeur (B) des stocks de pétrole raffiné Avec une pression de vapeur Reid de 1 à 20 Livres par pouce carré, extrapolées à 0,1 livre par pouce carré.

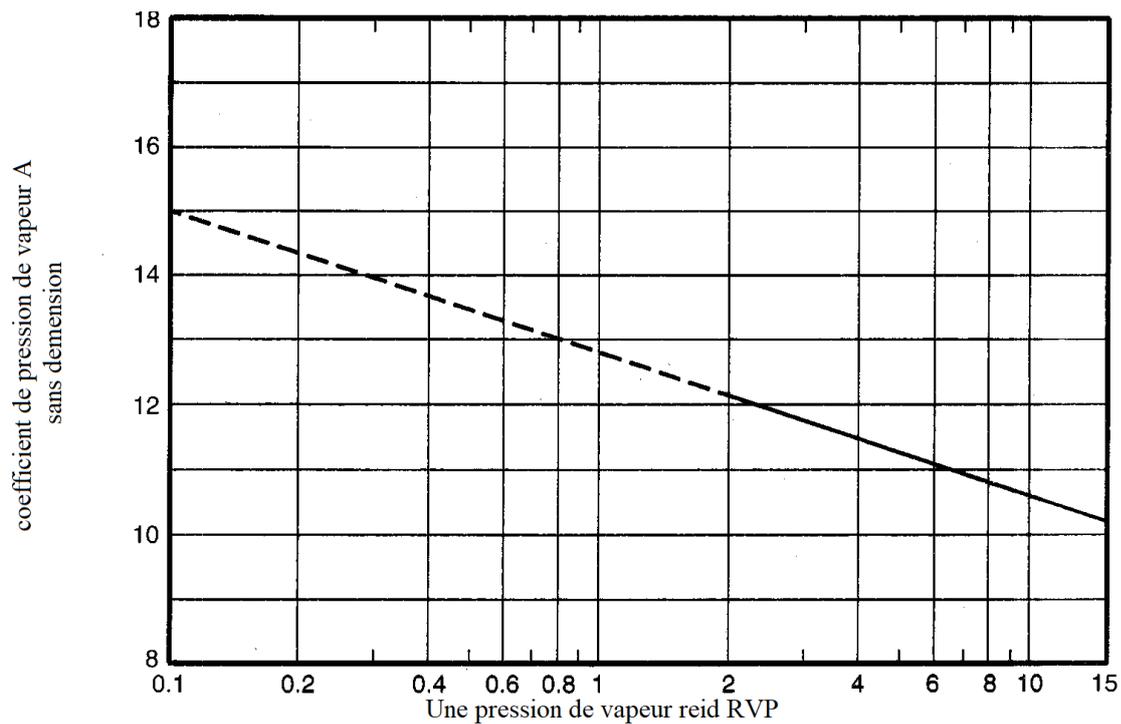


Figure 3. 8 : Coefficient de fonction de pression de vapeur (A) des stocks de pétrole brut avec une pression de vapeur Reid de 2 à 15 livres par pouce carré, extrapolé à 0,1 livre par pouce carré.

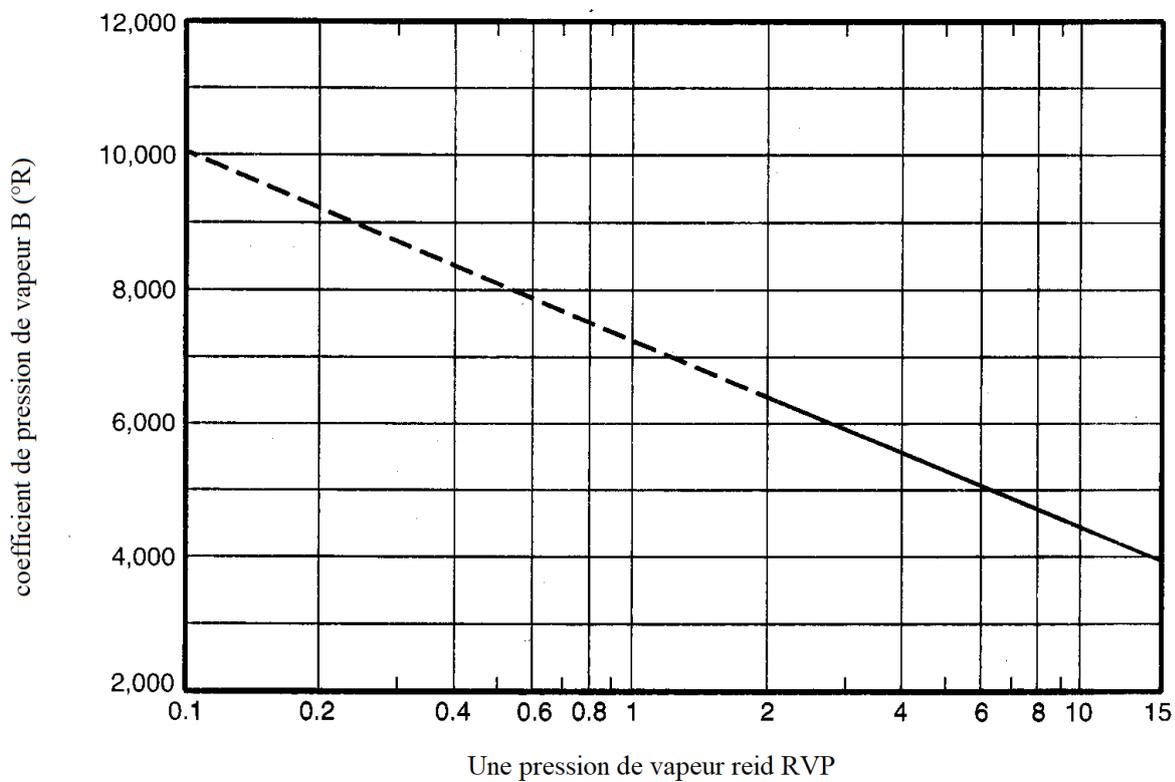


Figure 3. 9 : Coefficient de fonction de pression de vapeur (B) des stocks de pétrole brut avec une pression de vapeur Reid de 2 à 15 livres par pouce carré, extrapolé à 0,1 livre par pouce carré.

4.2 Rendement net annuel

Tel qu'utilisé dans cette publication, le débit net annuel, Q, est le volume total de stock retiré du réservoir par an qui se traduit par une diminution du niveau du liquide dans le réservoir. Si le remplissage et le retrait se produisent de manière égale et simultanée. Que le niveau de liquide ne change pas, le débit net est zéro pendant ces périodes.

4.3 Accrochage

Le tableau 6 donne les facteurs d'accrochage, C, pour les réservoirs en acier avec rouille, rouille dense et revêtement en gunite dans l'essence, mono composant stock et service de pétrole brut.

4.4 Densité moyenne du liquide de stock

La densité du liquide de base, Wl, pour l'essence est généralement cohérente assez qu'une valeur typique de 6,1 livres par gallon peut être supposé. La densité des autres liquides en stock peut varier de manière significative, en particulier pour les pétroles bruts et mono composants stocks. Pour les stocks à un seul composant, la densité du stock liquide est égal à la densité de la vapeur condensée, Wv, qui est donnée dans le tableau 6 pour certains produits pétrochimiques.

4.5 Nombre de support de toit fixe colonnes

Le nombre de colonnes de support à toit fixe, Nfc, doit être déterminé pour le réservoir considéré. Si ces informations n'est pas disponible, les valeurs Nfc typiques sont données dans le tableau 15. Seuls les réservoirs à toit fixe supporté par des colonnes ont des colonnes (typique des RTFI). Réservoirs à toits fixes autoportants (typique des RCTF) et les réservoirs sans toit fixe (RTFE) ne pas avoir de colonnes de support à toit fixe.

4.6 Diamètre de colonne efficace

Le diamètre effectif de la colonne, Fc, est déterminé par l'équation 27:

$$F_c = \frac{\text{Périmètre de colonne } (\pi)}{3.1416} \quad (27)$$

Les valeurs suivantes pour Fc peuvent être supposées pour une colonne typique construction:

- 1,1 pi pour 9 po. par 7 po. colonnes construites
- Fc = 0,7 pi pour 8 po. diamètre
- 1,0 pied comme valeur approximative à utiliser lorsqu'il n'y a pas de colonne les détails de construction sont connus.

5 exemples de problèmes

5.1 Résumé de la procédure d'estimation

Les tableaux 2 et 11 résument les équations et les informations nécessaires pour estimer la perte totale par évaporation, y compris la perte de stockage permanent et la perte de retrait, respectivement. Les informations contenues dans ces tableaux sont les mêmes que celles présentées dans les sections 2, 3 et 4, mais sans tous les qualificatifs descriptifs présentés dans ces sections. Par conséquent, les questions sur les informations des tableaux 2 et 11 doivent être répondues en se référant aux sections 2 à 4 pour en savoir plus des informations détaillées.

La perte totale par évaporation est la somme du stockage permanent perte (voir le tableau 2) et la perte de retrait (voir le tableau 11). Cependant, comme indiqué aux sections 2 et 4, la perte de retrait

Tableau 5 : Stockage annuel moyen des stocks Température, Ts, en fonction de Couleur de la peinture du réservoir		Tableau 6 : Facteurs d'accrochage moyens, C, pour le réservoir en acier (Barils par 1000 pieds carrés)			
Couleur du réservoir	Stock annuel moyen Température de stockage Ts (degrés Fahrenheit)	État de la coque			
		Produit stocké	Rouille légère		
blanc	Ta + 0	De l'essence	0.0015	0.0075	0.15
Aluminium	Ta + 2.5	Stocks à un seul composant	0.0015	0.0075	0.15
gris	Ta + 3.5	Huile brute	0.0060	0.030	0.60
Noir	Ta + 5	Remarque : si aucune information spécifique n'est disponible, les valeurs de ce tableau peuvent être supposées représenter l'état le plus courant ou typique des réservoirs actuellement utilisés.			



Figure 3.10 : Températures pour les mois de l'année à Hassi Messaoud [21]

Figure 3.10

A partir de figure 3.10 :

MOIS	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	dec
T moyennes	52.5	57.5	66.5	71.5	83.5	90.5	95.5	95.5	87	76	63.5	54.5

Peut souvent être considérée comme négligeable, auquel cas le total on peut supposer que la perte est approximativement égale à la valeur perte de stockage

Des exemples de problèmes sont fournis pour illustrer la procédure pour estimer la perte par évaporation. Un toit flottant extérieur problème de réservoir (RTFE) est donné en 5.2, un toit flottant interne problème de réservoir (RTFI) dans la version 5.3, et un réservoir couvert à toit flottant (RCTF) problème dans 5.4.

Estimer la perte annuelle totale par évaporation, en livres par an et barils par an, compte tenu des informations suivantes.

Un réservoir à toit flottant externe soudé en bon état a les caractéristiques suivantes:

A diamètre de 100 pieds.

b. Une coque peinte en aluminium.

c. Un toit flottant de ponton.

d. Un joint primaire à patin mécanique.

e. Un mât de guidage non fendu sans commandes (c'est-à-dire pas bien joint, racleur de pôle ou manchon de pôle).

F. Détails de construction typiques supposés pour toutes les autres terrasses raccords.

L'essence à moteur stockée dans le réservoir présente les caractéristiques suivantes caractéristiques (aucune composition de vapeur ou de liquide n'est indiquée):

A Une pression de vapeur Reid de 10 livres par pouce carré.

b. Une densité de liquide de 6,1 livres par gallon.

c. Un débit net moyen de 1,5 million de barils par an

Les conditions ambiantes sont les suivantes:

A. Une température ambiante moyenne annuelle de 95.5 ° F.

b. Une pression atmosphérique de 14,7 livres par pouce carré. absolu.

c. Une vitesse annuelle moyenne du vent ambiant de 10 mph

5.2.1 Perte de stockage permanent

EFRT Estimez la perte de stockage permanent à partir des équations 1 et 2:

$$L_s = [(F_r) + (F_f) + (F_d)] P * M_v K_c \quad (1)$$

$$L_s \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) = \frac{L_s \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right)}{42 W_v} \quad (2)$$

Les variables de l'équation 1 et 2 peuvent être déterminées comme suit:

Facteur de perte totale du joint de jante

$$F_r = K_r D \quad (10)$$

= 4400 livres-moles par an (de l'équation 10 pour un sabot mécanique primaire à ajustement moyen joint, avec $V = 10$ mph).

Où

$$K_r = 5.8 + (0.3) (10)^{2.1},$$

= 44 livres-moles par pied • an (pour un réservoir soudé avec un joint primaire à patin mécanique, à partir de l'Équation 11 et tableau 12, ou directement à partir de Tableau 12),

$D = 100$ PI (donné).

Facteur de perte total de montage sur pont

$$F_f = [(N_{f1}K_{f1}) + (N_{f2}K_{f2}) + \dots + (N_{fk}K_{fk})] \quad (13)$$

= 2500 livres-moles par an (de l'équation 13, avec $V = 10$ mph).

Où

$$N_{fah} K_{fah} = (1)[(1.6) + (0)(0.7 \times 10) 0]$$

= 1,6 livre-mole par an (pour boulonné, joint les hachures d'accès, à partir de l'équation 14 et du tableau 12, ou directement du tableau 12).

$$N_{fc}K_{fc} = (\text{non utilisé sur les RTFE})$$

= 0 livre-mole par an (pour le support de toit fixe Colonnes).

$$N_{fgf}K_{fgf} = (1)[(14) + (5.4)(0.7 \times 10) 1.1]$$

= 60 livres-moles par an (pour non boulonné, non flotteurs de jauge, de l'équation 14 et du Tableau 12, ou directement du tableau 12).

$$N_{fsp}K_{fsp} = (1)[(0.47) + (0.02)(0.7 \times 10) 0.97]$$

= 0.6 livres-moles par an (pour les trappes de jauge/orifices d'échantillonnage à joint, de l'Équation 14 et du Tableau 12, ou directement du Tableau 12).

$$N_{fvb}K_{fvb} = (1)[(6.2) + (1.2)(0.7 \times 10)^{0.94}]$$

= 14 livres-moles par an (pour les casse-vide à joint, K_{fvb} , de l'équation 14 et du tableau 14 ou directement du tableau 12, N_{fvb} du tableau 14).

$$N_{fdd}K_{fdd} = (1)[(1.8) + (0.14)(0.7 \times 10)^{1.1}]$$

= 3.0 livres-moles par an (pour 10 % de drains à ciel ouvert, K_{fdd} de l'équation 14 et du tableau 12 ou directement du tableau 12, N_{fdd} du tableau 14).

$$N_{fdl}K_{fdl} = (17) [(2.0) + (0.37) (0.7 \times 10)^{0.91}] + (16) [(0.82) + (0.53) (0.7 \times 10)^{0.14}]$$

= 95 livres-moles par an (pour les jambes de pont, K_{fdl} de l'équation 14 et du tableau 12 ou directement du tableau 12, N_{fdl} du tableau 15).

$$N_{frv}K_{frv} = (1)[(0.71) + (0.10)(0.7 \times 10)^{1.0}]$$

$$N_{fl}K_{fl} = (\text{not typically used on EFRTs})$$

= 1,4 livre-mole par an (pour les événements à joint, de l'équation 14 et du tableau 12, ou directement du tableau 12).

= 0 livres-moles par an (pour les échelles verticales).

$$N_{fugp}K_{fugp} = (1)[(31) + (150)(0.7 \times 10)^{1.4}]$$

= 2300 livres-moles par an (pour les poteaux de guidage non fendus sans joint de puits, racleur de poteau ou manchon de poteau, de l'équation 14 et du tableau 12, ou directement du tableau 12).

$N_{fsgp}K_{fsgp}$ = (n'est généralement pas utilisé lorsqu'un poteau de guidage non fendu est présent)

= 0 livre-mole par an (pour les barres de guidage à fentes).

Facteur de perte totale des joints de pont

$$Fd = Kd Sd D^2 \quad (17)$$

$$= (0.0) (0.0) (100)^2$$

= 0 livres-moles par an (équation 17 pour un pont soudé).

Fonction de pression de vapeur

$$P^* = \frac{\frac{P}{Pa}}{\left\{1 + \left(1 - \left(\frac{P}{Pa}\right)^{0.5}\right)^2\right\}} \quad (19)$$

$$P^* = \frac{\frac{10.5}{14.7}}{\left\{1 + \left(1 - \left(\frac{10.5}{14.7}\right)^{0.5}\right)^2\right\}} \quad (19)$$

= 0.303 (pour P= 10.5 livres par carré en absolu, de l'équation 19 ou du tableau 8).

Où

$T_a = 95.5^\circ\text{F}$ (donnée),

$T_s = 98^\circ\text{F}$ (du tableau 18 pour aluminium couleur de réservoir),

RVP = pression de vapeur Reid, = 10 livres par pouce carré (donné),

P = 10.5 livres par pouce carré absolu (pour l'essence avec RVP = 10 livres par pouce carré et $T_s = 98^\circ\text{F}$, d'après l'équation 20 ou la figure 1), $P_a = 14,7$ livres par carré en pouces absolus (donné).

Poids moléculaire de la vapeur

$M_v = 64$ livres par livre-mole (pour l'essence, à partir de 3.3.2).

Facteur de produit

$K_c = 1,0$ (pour les stocks raffinés, à partir de 3.3.3).

Densité de la vapeur condensée

$W_v = 5,1$ livres par gallon (d'après l'équation 26).

Perte de stockage permanent RTFE

Pour estimer la perte de stockage permanent en livres par an, remplacez les valeurs ci-dessus dans l'équation 1:

$$L_s = [4400 + 2500 + 0] (0.303) (64) (1.0)$$

$$= 134,000 \text{ livres par an.}$$

Pour estimer la perte de stockage sur pied en barils par an, remplacez les valeurs ci-dessus dans l'équation 2:

$$L_s = 134,000 / [(42) (5.1)]$$

$$= 626 \text{ barils par an}$$

5.2.2 Perte de retrait de RTFE

Estimez la perte de retrait à partir de l'équation 6 et de l'équation 7:

$$LW = \left[\frac{(0.943) QCWl}{D} \right] \left[1 + \frac{(Nfc Fc)}{D} \right] \quad (6)$$

$$LW \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) = \frac{LW \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right)}{42 Wv} \quad (7)$$

Les variables des équations 6 et 7 peuvent être déterminées comme suit:

Q = 1,5 x 10⁶ barils par an (donné),

C = 0,0015 baril par 1000 pieds carrés (pour l'essence dans un réservoir légèrement rouillé, d'après le tableau 5),

Wl = 6,1 livres par gallon (donné),

D = 100 PI (donné),

N_{fc} = 0.

Pour estimer la perte de retrait en livres par an, remplacez les valeurs ci-dessus dans l'équation 6:

$$LW = \left[\frac{(0.943) (1.5 \times 10^6) (0.0015) (6.1)}{100} \right] \left[1 + \frac{(0)}{100} \right]$$

$$= 130 \text{ livres par an}$$

Pour estimer la perte de retrait en barils par an, remplacez les valeurs ci-dessus dans l'équation 7:

$$Lw = 130 / [(42) (6.1)] = 0.5 \text{ barils par an}$$

5.2.3 Perte totale RTFE

Estimez la perte totale à partir des équations 8 et 9:

$$Lt \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right) = (L_s + Lw) \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right) \quad (8)$$

$$= 134000 + 130$$

$$= 134000 \text{ livres par an}$$

$$Lt \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) = (L_s + Lw) \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) \quad (9)$$

$$= 626 + 0.5$$

$$= 626 \text{ barils par an}$$

Tableau 8 : la perte à différents mois de l'année pour RTFE												
MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Ts	55	60	69	74	86	93	98	98	89.5	78.5	66	57
P	4.8	5.2	6.2	6.9	8.5	9.5	10.5	10.5	9	7.4	5.9	5
P*	0.098	0.108	0.136	0.157	0.216	0.254	0.303	0.303	0.233	0.173	0.127	0.104
Ls×10 ³	43	48	60	69	95	112	134	134	103	76	56	46
Lt×10 ³	43	48	60	69	95	112	134	134	103	76	56	46

Perte totale pour toute l'année

$$Lt \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right) = (Ls + Lw) \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right) \quad (8)$$

$$= (43+48+60+69+95+112+134+134+103+76+56+46) \times 10^3$$

$$= 976\,000 \text{ livres par an}$$

$$Lt \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) = Lt \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right) / [(42) (6.1)] \quad (9)$$

$$976\,000 / [(42) (6.1)]$$

$$= 3810 \text{ barils par an}$$

5.3 Problème d'échantillon RTFI

Estimez la perte annuelle totale par évaporation, en livres par an et en barils par an, à partir des informations suivantes.

Une cuve à toit flottant interne à coque soudée en bon état présente les caractéristiques suivantes:

$$Ls = [(Fr) + (Ff) + (Fd)] P * Mv Kc \quad (1)$$

$$Ls \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) = \frac{Ls \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right)}{42 Wv} \quad (2)$$

Les variables de l'équation 1 et 2 peuvent être déterminées comme suit :

Facteur de perte totale du joint de jante

$$F_r = K_r D \quad (10)$$

= 670 livres-moles par an (à partir de l'équation 10 pour un joint d'étanchéité primaire uniquement monté sur vapeur de montage moyen).

$K_r = 6,7$ livres-moles par pied • an (pour un ajustement moyen joint primaire uniquement monté sur vapeur, à partir de Équation 12 et tableau 11, ou directement à partir de Tableau 11),

$D = 100$ PI (donné).

Facteur de perte total de montage sur pont

$$F_f = [(N_{f1}K_{f1}) + (N_{f2}K_{f2}) + \dots + (N_{fk}K_{fk})] \quad (13)$$

= 770 livres-moles par an (à partir de l'équation 13).

Où

$$N_{fah}K_{fah} = (1)(36)$$

= 36 livres-moles par an (pour la couverture non boulonnée, trappes d'accès sans joint, à partir de l'équation 16 Et tableau 12),

$$N_{fc}K_{fc} = (6)(47)$$

= 280 livres-moles par an (pour les colonnes multicouches, les couvercles coulissants sans joint, de l'équation 16 et tableaux 12 et 13),

$$N_{fgf}K_{fgf} = (1)(14)$$

= 14 livres-moles par an (pour non boulonné, flotteurs de jauge sans joint, de l'équation 16 et tableau 12),

$$N_{fsp}K_{fsp} = (1)(12)$$

= 12 livres-moles par an (pour la trappe de jauge/ ports d'échantillonnage avec joints en tissu fendus, d'Equation 16 et tableau 14)

$$N_{fvb}K_{fvb} = (1)(6.2)$$

= 6.2 livres-moles par an (pour le vide à joint disjoncteurs, de l'équation 16 et du tableau 14),

$$N_{fdd}K_{fdd} = (80)(1.2)$$

= 96 livres-moles par an (pour une terrasse de 1 po drains, de l'équation 16 et du tableau 14),

$$N_{fdl}K_{fdl} = (32)(7.9)$$

= 250 livres-moles par an (pour pieds de pont, de l'équation 16 et du tableau 14),

$N_{frv}K_{frv}$ = (non utilisé avec les joints de jante montés sur vapeur)

= 0 livre-mole par an (pour les événements de jante),

$$N_{fl}K_{fl} = (1)(76)$$

= 76 livres-moles par an (pour les échelles verticales, couvercle coulissant sans joint, à partir de l'équation 16 et tableau 14)

$N_{fugp}K_{fugp}$ = (généralement pas utilisé sur les RTFI)

= 0 livre-mole par an (pour les poteaux de guidage non fendus),

$N_{fsgp}K_{fsgp}$ = (généralement pas utilisé sur les RTFI)

= 0 livre-mole par an (pour les tiges de guidage à fentes).

Facteur de perte totale des joints de pont

$$F_d = K_d S_d D^2$$

$$= (0.34)(0.20) (100)^2$$

= 680 livres-moles par an (à partir de l'équation 17 et Tableau 4 pour un pont boulonné sans contact avec des feuilles de 5 pieds de large).

Fonction de pression de vapeur

$$P^* = \frac{\frac{P}{Pa}}{\left\{1 + \left(1 - \left(\frac{P}{Pa}\right)^{0.5}\right)^2\right\}} \quad (19)$$

$$P^* = \frac{\frac{10.5}{14.7}}{\left\{1 + \left(1 - \left(\frac{10.5}{14.7}\right)^{0.5}\right)^2\right\}} \quad (19)$$

= 0.303 (pour P= 10.5 livres par carré en absolu, de l'équation 19 ou du tableau 16).

Où

$T_a = 95.5^\circ\text{F}$ (donnée),

$T_s = 98^\circ\text{F}$ (du tableau 18 pour aluminium couleur de réservoir),

RVP = pression de vapeur Reid, = 10 livres par pouce carré (donné),

P = 10.5 livres par pouce carré absolu (pour l'essence avec

RVP = 10 livres par pouce carré et

$T_s = 98^\circ\text{F}$ d'après l'équation 20 ou la figure 3.4),

$P_a = 14,7$ livres par carré en pouces absolus (donné).

Poids moléculaire de la vapeur

$M_v = 64$ livres par livre-mole (pour l'essence, à partir de 3.3.2).

Facteur de produit

$K_c = 1,0$ (pour les stocks raffinés, à partir de 3.3.3).

Densité de la vapeur condensée

$W_v = 5,1$ livres par gallon (d'après l'équation 26).

5.3.1 Perte de stockage permanent RTFI

Pour estimer la perte de stockage permanent en livres par an, remplacez les valeurs ci-dessus dans l'équation 1:

$$L_s = [670 + 770 + 680] (0.303) (64) (1.0) \\ = 41,000 \text{ livres par an.}$$

Pour estimer la perte de stockage sur pied en barils par an, remplacez les valeurs ci-dessus dans l'équation 2:

$$L_s = 41,000 / [(42) (5.1)] \\ = 191 \text{ barils par an.}$$

5.3.2 Perte de retrait RTFI

Estimer la perte de retrait à partir de l'équation 6 et de l'équation 7:

$$LW = \left[\frac{(0.943) QCWl}{D} \right] \left[1 + \frac{(Nfc Fc)}{D} \right] \quad (6)$$

$$LW \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) = \frac{LW \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right)}{42 Wv} \quad (7)$$

Les variables des équations 6 et 7 peuvent être déterminées comme suit:

$Q = 1.5 \times 10^6$ barils par an (donnée),

$C = 0,0015$ baril par 1000 pieds carrés (pour l'essence dans un réservoir légèrement rouillé, d'après le tableau 5),

$Wl = 6,1$ livres par gallon (donné),

$D = 100$ PI (donné),

$Nfc = 6$ (du tableau 13 pour un réservoir de 100 pieds),

$Fc = 1.1$ pi (pour les colonnes composées typiques).

Pour estimer la perte de retrait en livres par an, remplacez les valeurs ci-dessus dans l'équation 6:

$$LW = \left[\frac{(0.943) (1.5 \times 10^6) (0.0015) (6.1)}{100} \right] \left[1 + \frac{(6)(1.1)}{100} \right]$$

= 140 livres par an

Pour estimer la perte de retrait en barils par an, remplacez les valeurs ci-dessus dans l'équation 7:

$$LW = 140 / [(42) (6.1)]$$

= 0.5 barils par an

5.3.3 Perte totale RTFI

Estimez la perte totale à partir des équations 8 et 9:

$$Lt \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right) = (Ls + LW) \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right) \quad (8)$$

$$= 41000 + 140$$

$$= 41000 \text{ livres par an}$$

$$Lt \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) = (Ls + LW) \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) \quad (9)$$

$$= 191 + 0.5$$

$$= 191 \text{ barils par an}$$

Tableau 9 : la perte à différents mois de l'année pour RTFI												
MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Ts	55	60	69	74	86	93	98	98	89.5	78.5	66	57
P	4.8	5.2	6.2	6.9	8.5	9.5	10.5	10.5	9	7.4	5.9	5
P*	0.098	0.108	0.136	0.157	0.216	0.254	0.303	0.303	0.233	0.173	0.127	0.104
Ls×10 ³	13	15	18	21	29	34	41	41	32	23	17	14
Lt×10 ³	13	15	18	21	29	34	41	41	32	23	17	14

Perte totale pour toute l'année

$$Lt \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right) = (Ls + Lw) \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right) \quad (8)$$

$$= (13+15+18+21+29+34+41+41+32+23+17+14) \times 10^3$$

$$= 298\,000 \text{ livres par an}$$

$$Lt \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) = Lt \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right) / [(42) (6.1)] \quad (9)$$

$$298\,000 / [(42) (6.1)]$$

$$= 1163 \text{ barils par an}$$

5.4 Problème d'échantillon RCTF

Estimer la perte annuelle totale par évaporation, en livres par an et barils par an, compte tenu des informations suivantes.

Une coque soudée, RCTF en bon état présente les caractéristiques suivantes:

- A. Un diamètre de 100 pieds.
- b. Une coque peinte en aluminium.
- c. Un toit flottant de ponton (construit à l'origine conformément avec API 650 Annexe C).
- d. Un joint primaire à patin mécanique.
- e. Un mât de guidage non fendu sans contrôle (par exemple, non joint de puits, racleur de pôle ou manchon de pôle).
- F. Détails de construction typiques supposés pour tous les autres accessoires de pont.
- g. Un toit en dôme en aluminium autoportant.

L'essence à moteur stockée dans le réservoir présente les caractéristiques suivantes :

(Aucune composition de vapeur ou de liquide n'est indiquée):

- a. Une pression de vapeur Reid de 10 livres par pouce carré.
- b. Une densité de liquide de 6,1 livres par gallon.

c. Un débit net moyen de 1,5 million de barils par an.

Les conditions ambiantes sont les suivantes:

- a. Une température ambiante moyenne annuelle de 95.5 ° F.
- b. Une pression atmosphérique de 14,7 livres par pouce carré absolu.

5.4.1 Perte de stockage permanent RCTF

Estimez la perte de stockage permanent à partir des équations 1 et 2:

$$L_s = [(Fr) + (Ff) + (Fd)] P * Mv Kc \quad (1)$$

$$L_s \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) = \frac{L_s \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right)}{42 Wv} \quad (2)$$

Les variables de l'équation 1 et 2 peuvent être déterminées comme suit:

Facteur de perte totale du joint de jante

$$Fr = Kr D \quad (10)$$

= 580 livres-moles par an (à partir de l'équation 10 pour un Garniture mécanique primaire uniquement à ajustement moyen, avec V = 0 mph).

Où

Kr = 5,8 livres-moles par pi • an (pour un réservoir soudé avec un joint primaire à sabot mécanique, à partir de l'équation 12 et Tableau 11, ou directement à partir du Tableau 11),

D = 100 pi (donnée).

Facteur de perte total de montage sur pont

$$Ff = [(N_{f1}K_{f1}) + (N_{f2}K_{f2}) + \dots + (N_{fk}K_{fk})] \quad (13)$$

= 100 livres-moles par an (à partir de l'équation 13, avec V = 0 mph).

Où

$$N_{fah}K_{fah} = (1)(1.6)$$

= 1.6 livres-moles par an (pour boulonné, trappes d'accès, de l'équation 16 et tableau 12),

N_{fc}K_{fc} = (non utilisé sur les toits fixes autoportants)

= 0 livre-mole par an (pour le support de toit fixe Colonnes),

$$N_{fgf}K_{fgf} = (1)(14)$$

= 14 livres-moles par an (pour non boulonné, sans joint flotteurs de jauge, de l'équation 16 et du tableau 12),

$$N_{fsp}K_{fsp} = (1)(0.47)$$

= 0.47 livres-moles par an (pour jauge à joint trappes/ports d'échantillonnage, à partir de l'équation 16 et tableau 12),

$$N_{fvb}K_{fvb} = (1)(6.2)$$

= 6,2 livres-moles par an (pour le vide à joint disjoncteurs, de l'équation 16 et des tableaux 12 et 6),

$$N_{fdd}K_{fdd} = (1)(1.8)$$

= 1,8 livre-mole par an (pour 10 % de pont découvert drains, de l'équation 16 et des tableaux 12 et 14),

$$N_{fdl}K_{fdl} = (17)(2.0) + (16)(0.82)$$

=,47 livres-moles par an (pour les pieds de pont, à partir de l'équation 16 et des tableaux 12 et 15)

$$N_{frv}K_{frv} = (1)(0.71)$$

= 0,71 livre-mole par an (pour jante à joint évents, de l'équation 16 et du tableau 14),

$$N_{fn}K_{fn} = (\text{non utilisé sur RCTFs})$$

= 0 livre-mole par an (pour les échelles verticales),

$$N_{fugp}K_{fugp} = (1)(31)$$

= 31 livres-moles par an (pour les poteaux de guidage non fendus sans joint de puits, racleur de poteau ou poteau manchon, de l'équation 16 et du tableau 12),

$N_{fsgp}K_{fsgp}$ = (généralement non utilisé lorsqu'un pôle de guidage non fendu est présent) = 0 livre-mole par an (pour les tiges de guidage à fentes).

Facteur de perte totale des joints de pont

$$F_d = K_d S_d D^2 \quad (17)$$

$$= (0.0)(0.0)(100)^2$$

= 0 livres-moles par an (à partir de l'équation 17 pour un pont soudé).

Fonction de pression de vapeur

$$P^* = \frac{\frac{P}{Pa}}{\left\{1 + \left(1 - \left(\frac{P}{Pa}\right)^{0.5}\right)^2\right\}} \quad (19)$$

$$P^* = \frac{\frac{10.5}{14.7}}{\left\{1 + \left(1 - \left(\frac{10.5}{14.7}\right)^{0.5}\right)^2\right\}} \quad (19)$$

= 0.303 (pour P= 10.5 livres par carré en absolu, de l'équation 19 ou du tableau 16).

Où

$$T_a = 95.5^\circ\text{F} \text{ (donnée),}$$

$$T_s = 98^\circ\text{F} \text{ (du tableau 18 pour aluminium couleur de réservoir),}$$

RVP = pression de vapeur Reid, = 10 livres par pouce carré (donné),

P = 10.5 livres par pouce carré absolu (pour l'essence avec

RVP = 10 livres par pouce carré et

T_s =, 98°F d'après l'équation 20 ou la figure 3.4

P_a = 14,7 livres par carré en pouces absolus (donné).

Poids moléculaire de la vapeur

$M_v = 64$ livres par livre-mole (pour l'essence, à partir de 3.3.2).

Facteur de produit

$K_c = 1,0$ (pour les stocks raffinés, à partir de 3.3.3).

Densité de la vapeur condensée

$W_v = 5,1$ livres par gallon (d'après l'équation 26).

Pour estimer la perte de stockage permanent en livres par an, remplacez les valeurs ci-dessus dans l'équation 1:

$$L_s = [580 + 100 + 0] (0.303) (64) (1.0) \\ = 13,000 \text{ livres par an.}$$

Pour estimer la perte de stockage sur pied en barils par an, remplacez les valeurs ci-dessus dans l'équation 2:

$$L_s = 13,000 / [(42) (5.1)] \\ = 62 \text{ barils par an.}$$

5.4.2 Perte de retrait RCTF

Estimer la perte de retrait à partir de l'équation 6 et de l'équation 7:

$$L_w = \left[\frac{(0.943) Q C W_l}{D} \right] \left[1 + \frac{(N f c F c)}{D} \right] \quad (6)$$

$$L_w \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) = \frac{L_w \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right)}{42 W_v} \quad (7)$$

Les variables des équations 6 et 7 peuvent être déterminées comme suit:

$Q = 1.5 \times 10^6$ barils par an (donnée),

$C = 0,0015$ baril par 1000 pieds carrés (pour l'essence dans un réservoir légèrement rouillé, d'après le tableau 5),

$W_l = 6,1$ livres par gallon (donné),

$D = 100$ PI (donné),

$N f c = 0$

Pour estimer la perte de retrait en livres par an, remplacez les valeurs ci-dessus dans l'équation 6:

$$L_w = \left[\frac{(0.943) (1.5 \times 10^6) (0.0015) (6.1)}{100} \right] \left[1 + \frac{(0)}{100} \right] \\ = 130 \text{ livres par an}$$

Pour estimer la perte de retrait en barils par an, remplacez les valeurs ci-dessus dans l'équation 7:

$$Lw = 130 / [(42) (6.1)]$$

= 0.5 barils par an

5.4.3 Perte totale RCTF

Estimez la perte totale à partir des équations 8 et 9:

$$Lt \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right) = (Ls + Lw) \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right) \quad (8)$$

$$= 13000 + 130$$

$$= 13000 \text{ livres par an}$$

$$Lt \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) = (Ls + Lw) \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) \quad (9)$$

$$= 62 + 0.5$$

$$= 62 \text{ barils par an}$$

Tableau 10 : la perte à différents mois de l'année pour RCTF												
MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Ts	55	60	69	74	86	93	98	98	89.5	78.5	66	57
P	4.8	5.2	6.2	6.9	8.5	9.5	10.5	10.5	9	7.4	5.9	5
P*	0.098	0.108	0.136	0.157	0.216	0.254	0.303	0.303	0.233	0.173	0.127	0.104
Ls×10 ³	4.3	4.7	5.9	6.8	9.4	11	13	13	10	7.5	5.5	4.5
Lt×10 ³	4.3	4.7	5.9	6.8	9.4	11	13	13	10	7.5	5.5	4.5

Perte totale pour toute l'année

$$Lt \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right) = (Ls + Lw) \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right) \quad (8)$$

$$= (4.3 + 4.7 + 5.9 + 6.8 + 9.4 + 11 + 13 + 13 + 10 + 7.5 + 5.5 + 4.5) \times 10^3$$

$$= 95.6 \text{ 000 livres par an}$$

$$Lt \left(\frac{\text{barils}}{\text{an}} \right) = Lt \left(\frac{\text{livres}}{\text{an}} \right) / [(42) (6.1)] \quad (9)$$

$$95.6 \text{ 000} / [(42) (6.1)]$$

$$= 373 \text{ barils par an}$$

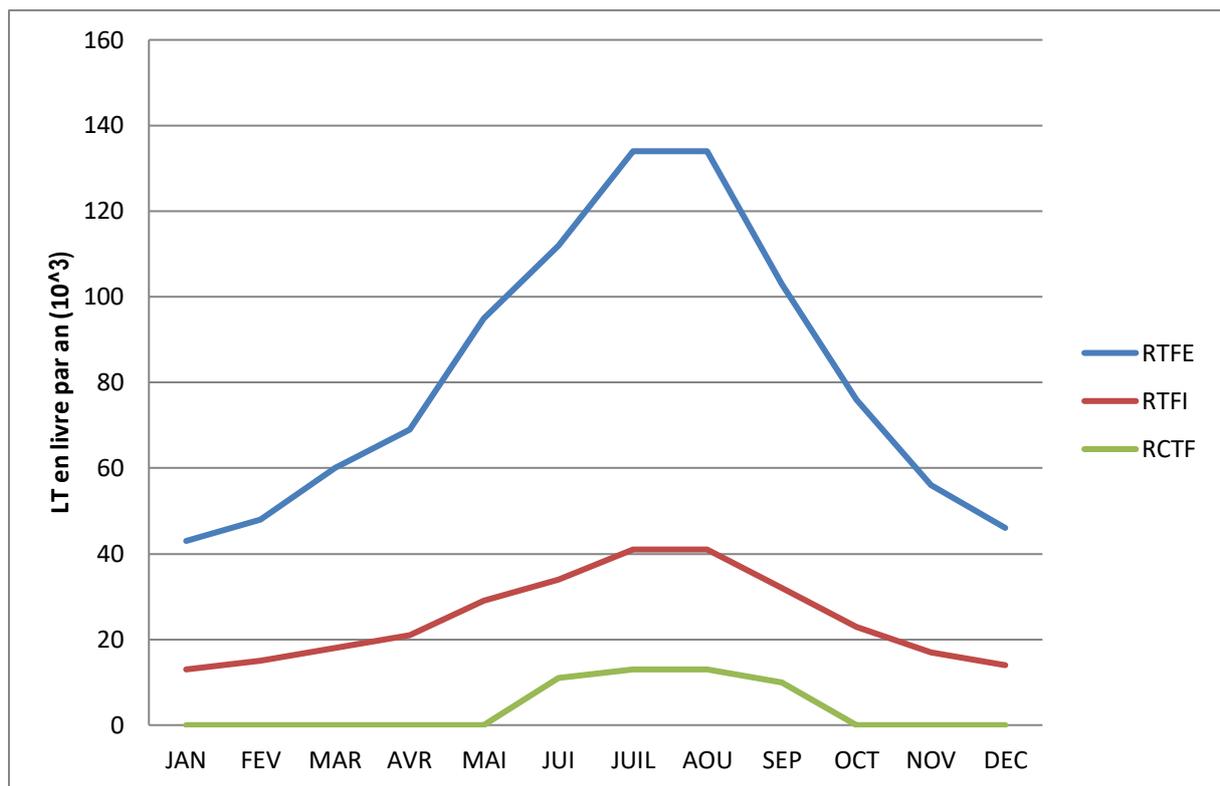


Figure 3. 11: La perte annuelle totale des trois toits.

Comparaison

La plupart des différents modèles de joints de jante sont utilisés sur toits flottants externes, les principaux types de joints d'étanchéité les plus courants l'utilisation sont le sabot mécanique et rempli de résilience. Lorsque les toits flottants qui ont un joint primaire à remplissage élastique ne sont pas équipés d'un joint secondaire,

Les Réservoirs a toit flottant externe contient des boucliers contre les intempéries fournissent généralement joint primaire avec une durée de vie plus longue en protégeant le joint primaire tissu contre la détérioration due à l'exposition aux intempéries, aux débris, et la lumière du soleil.

Les ferrures de terrasse sur les toits flottants externes sont généralement de construction en acier et sont généralement de construction plus lourde que ceux utilisés sur les toits flottants internes.

Ferrures de terrasse pour toitures flottantes intérieures, qu'elles soient en aluminium ou construction en acier, sont généralement d'une configuration différente que ce qui est généralement utilisé pour les toits flottants externes ponts. Plutôt que d'avoir des boîtiers hauts

pour éviter l'eau de pluie entrée, les ferrures de terrasse à toit flottant interne ont tendance à boîtier à profil plus bas pour minimiser le potentiel de raccord de pont pour entrer en contact avec le toit fixe lorsque le réservoir est rempli.

Comme pour les RTFE, les pertes par évaporation des RTFI principalement se produisent pendant le stockage permanent, avec une contribution supplémentaire des pertes de retrait. En plus du joint de jante pénétrations de zone et de pont, sources de position debout les pertes de stockage dues aux RTFI incluent les joints boulonnés dans le pont flottant.

Les RCTF ont le type de toit flottant qui est caractéristique des RTFE mais, ayant des toits fixes librement ventilés, l'effet de la vitesse du vent ambiant n'est pas un paramètre de l'évaporateur équation pour ces réservoirs. Les RCTF ont donc la même forme d'équation de perte par évaporation comme RTFI, mais appliquée à les détails de construction d'un toit flottant de type externe, et, n'ont donc aucune perte de couture de pont.

La valeur des pertes augmente pendant les mois chauds sur différents toits flottants, contrairement aux mois froids comme décembre et janvier, qui enregistrent un peu moins la valeur des pertes.

Où dans le toit RTFE la valeur des pertes au mois d'août était de $131.10^3L/an$ et au mois de janvier la valeur de $41.10^3L/an$, qui est trois fois la valeur des pertes dans le toit RTFI, qui a atteint la valeur de $41.10^3L/an$ dans le mois d'août, et d'ici nous concluons que la valeur des pertes de ce dernier dans ses mois chauds est équivalente à la valeur des pertes sur le toit RTFE Dans ses mois froids

Quant au troisième toit RCTF, on remarque qu'il enregistre de très faibles pertes même dans ses mois chauds. Par exemple au mois de juillet ce dernier a enregistré un taux de perte estimé à $13.10^3L/an$, lequel 10 % de la valeur des pertes enregistrées par le toit RTFE et 1/3 de la valeur des pertes dans Le toit RTFI dans le même mois.

Quant au mois de janvier, la valeur des pertes s'élevait à $4.3.10^3L/an$.

CONCLUSION GENERALE

Dans ce travail nous avons essayé d'utiliser plusieurs techniques acquises durant notre formation master en génie mécaniques spécialité énergétique nous avons traité le problème Perte par évaporation à travers le joints d'étanchéité des réservoirs de stockage de Pétrole de l'entreprise SONATRACH TRC

Après nos équations, nous avons conclu que le toit couvert à toit flottant est le moins de gaspillage de Perte par évaporation. IL enregistré un taux de perte estimé à $95.6.10^3L/an$ dans toute l'année .Parce que les CFRT ont la même forme d'équation de perte par évaporation comme IFRT, mais appliquée à les détails de construction d'un toit flottant de type externe, et, n'ont donc aucune perte de couture de pont. Et aussi L'effet de la vitesse du vent ambiant n'est pas un paramètre de l'évaporateur équation pour ces réservoirs.

Nous ne prétendons pas résoudre les problèmes qui peuvent se poser au niveau de nos entreprises mais notre contribution, aussi mineure soit elle, sera une continuité des efforts déployés par nos devanciers qui ont su imprimer à notre économie une démarche rationnelle pour l'inscrire valablement dans l'arène, car il s'agit bien de cela, de la mondialisation.

Tableau 11 : Facteurs de perte de joint de jante, Kra, Krb et n ; et Facteurs de perte de joint de jante, Kr , à des vitesses de vent ambiant moyennes sélectionnées															
Joints d'ajustement moyen								Joints étanches							
	Facteur de perte de vitesse du vent nul	Facteur de perte dépendant du vent	Facteur de perte dépendant du vent	Facteur de perte de joint De jante Kr (lb-mole/ft-an)				Facteur de perte de vitesse du vent nul	Facteur de perte dépendant du vent	Facteur de perte dépendant du vent	Facteur de perte de joint De jante Kr (lb-mole/ft-an)				
				0 (mph)	5 (mph)	10 (mph)	15 (mph)					0 (mph)	5 (mph)	10 (mph)	15 (mph)
Construction de réservoir et système d'étanchéité de la jante	Kra (lb.-moles / ft-an)	Krb [lb.-moles/ (mi/hr)n ft-an]	m (adimensionnelle)	0 (mph)	5 (mph)	10 (mph)	15 (mph)	Kra (lb.-moles / ft-an)	Krb [lb.-moles/ (mi/hr)n ft-an]	m (adimensionnelle)	0 (mph)	5 (mph)	10 (mph)	15 (mph)	
Réservoirs soudés Garniture mécanique															
Primaire uniquement	5.8 ^{b,c}	0.3 ^c	2.1 ^c	5.8	15	44	94	1.5	0.4	1.9	1.5	10	33	70	
Secondaire monté sur chaussures	1.6	0.3	1.6	1.6	5.5	14	24	1.0	0.4	1.5	1.0	5.5	14	24	
Secondaire sur jante	0.6	0.4	1.0	0.6	2.6	4.6	6.6	0.4	0.4	1.0	0.4	2.4	4.4	6.4	
Joint monté sur liquide															
Primaire uniquement	1.6	0.3	1.5	1.6	5.0	11	19	1.0	0.08	1.8	1.0	2.4	6.0	11	
Bouclier météo	0.7	0.3	1.2	0.7	2.8	5.5	8.4	0.4	0.2	1.3	0.4	2.0	4.4	7.2	
Secondaire sur jante	0.3	0.6	0.3	0.3	1.3	1.5	1.7	0.3	0.4	0.4	0.2	1.0	1.2	1.4	
Joint à vapeur															
Primaire uniquement	6.7 ^d	0.2	3.0	6.7	32	210	680	5.6	0.2	2.4	5.6	15	56	139	
Bouclier météo	3.3	0.1	3.0	3.3	16	100	340	2.8	0.1	2.3	2.8	6.9	23	54	
Secondaire monté sur jante	2.2	0.003	4.3	2.2	5.2	62	340	2.2	0.02	2.6	2.2	3.5	10	25	
Réservoirs rivetés Joint d'étanchéité mécanique;															
Primaire uniquement	10.8	0.4	2.0	11	21	51	100	e	e	e					
Secondaire monté sur chaussure	9.2	0.2	1.9	9.2	14	25	44	e	e	e					
Secondaire sur jante	1.1	0.3	1.5	1.1	4.5	11	19	e	e	e					

Remarque : les facteurs de perte de joint de jante, Kra, Krb et n, ne peuvent être utilisés que pour des vitesses de vent ambiantes comprises entre 0 mph et 15 mph. A Les critères d'étanchéité sont définis en 3.2.1

lorsqu'aucune information spécifique n'est disponible, un réservoir soudé avec un joint primaire à sabot mécanique d'ajustement moyen seulement peut-être supposé représenter la construction et le système de joint de jante le plus courant ou le plus typique utilisé sur (RCTF).

Lorsqu'aucune information spécifique n'est disponible, un réservoir soudé avec un joint primaire à sabot mécanique d'ajustement moyen seulement peut être considéré comme représentant la construction et le système de joint de jante le plus courant ou typique utilisé sur (RTFE).

Lorsqu'aucune information spécifique n'est disponible, un réservoir soudé avec un joint primaire monté sur vapeur d'ajustement moyen seulement peut être considéré comme représentant la construction et le système de joint de jante le plus courant ou le plus typique utilisé sur (RTFI)

Aucune information sur les pertes par évaporation n'est disponible pour les réservoirs rivetés avec des systèmes de joint de jante toujours bien ajustés.

Tableau 12 : Facteurs de perte d'ajustement du pont, Kfa, Kfb et m ; Nombre typique d'accessoires de pont, Nf ; et Facteurs de perte d'équipement de pont, Kf , à des vitesses de vent ambiant moyennes sélectionnées									
Tableau 4A—Accessoires de pont autres que les poteaux de guidage	Vitesse de vent nul	Dépend du vent	Dépend du vent	Nombre et construction typiques des accessoires de pont	Facteur de perte de pont Kf (lb-moles/an)				
					0 (mph)	5 (mph)	10 (mph)	15 (mph)	
Type de pont et Détails de construction	Kfa (lb.-moles/an)	Kfb (lb.-moles/((mph)m an))	m (adimensionnelle)	Nf (adimensionnelle)	0 (mph)	5 (mph)	10 (mph)	15 (mph)	
Trappes d'accès				Nfah = 1					

Couvercle non boulonné, sans joint	36 ^a	5.9	1.2		36	63	97	140
Couvercle déboulonné, joint,	31	5.2	1.3		31	58	96	140
Couvercle boulonné, jointb	1.6	0.0	0.0	typique des IRTFI	1.6	1.6	1.6	1.6
Colonnes de support de toit fixe;				typique pour les RTFE/RCTF	31			
Tuyau rond, couvercle coulissant sans joint;	31				35			
Tuyau rond, couvercle coulissant à joint;	25							
Tuyau rond, joint de manchon souple en tissu	10			Nfc, d'après le tableau 5c	10			
Colonne montée, couvercle coulissant sans joint	51 ^a			typique des IFRT	51			
Colonne bâtie, couvercle coulissant à joint	33				33			
flotteurs de jauge (jauge automatique)				Nfgf = 1				
Couvercle non boulonné, sans joint	14 ^a	5.4	1.1		14	35		
Couvercle non boulonné, joint	4.3	17	0.38	typique pour tous	4.3	32	60	86
Couvercle boulonné, joint	2.8	0.0	0.0		2.8	2.8	40	46
							2.8	2.8
Trappe de jauge/ports d'échantillonnage				Nfsp = 1				
Actionnement mécanique pondéré, sans joint	2.3	0.0	0.0		2.3	2.3	2.3	2.3
Actionnement mécanique pondéré, jointb	0.47	0.02	0.97	typique des RTFE/RCTF	0.5	0.5	0.6	0.7
Joint en tissu fendu (10% zone ouverte)	12 ^a	d	d		12			
Casse-vide:				typique des RTFI Nfvb, du tableau 6 ^e				
Actionnement mécanique pondéré, sans joint	7.8	0.01	4.0		7.8	9.3	32	130
Actionnement mécanique pondéré, jointb	6.5	1.2	0.94	typique pour tous	6.2	10	14	17
Drains de pont (ouverture qui se déverse directement dans le produit)	1.5	0.21	1.7	Nfdd, d'après le tableau 6f		3.3		
	1.8	0.14	1.1	typique des RTFE/RCTF	1.5	2.4	7.2	13
3 pouces diamètre, ouvert	1.2 ^a	d	d		1.8		3.0	3.7
3 pouces diamètre (10% zone ouverte)b				typique des RTFI Nfdl, du tableau 9g	1.2			
1-in. diamètre 1,2a	7.9 ^a	d	d	typique des RTFI	7.9			
Pieds de pont;								
Réglable (API Std 650, type Annexe H);								
Réglable (API Std 650, type Annexe C, toits à double pont et zone centrale des toits de pontons)		0.53	0.14			1.5		
	0.82	0.11	0.13	typique des RTFE RCTF	0.8	0.7	1.5	1.6
Sans joint, sans chaussette,	0.53	0.16	0.14		0.5	0.7	0.7	0.7
Joint, sans chaussette	0.49				0.5		0.7	0.7
Avec chaussette, sans joint								
Réglable (API Std 650, type Annexe C, zone de ponton des toits de pontons)	2.0	0.37	0.91		2	3.2		
Sans joint, sans chaussette;	1.3	0.08	0.65	typique des RTFE RCTF	1.3	1.5	4.2	5.1
Joint d'étanchéité, pas de chaussette;	1.2	0.14	0.65		1.2	1.5	1.6	1.7
Avec chaussette, sans joint							1.7	1.8
Fixé;	0.0	0.0	0.0		0	0	0	0
Évents de jante				Nfrv = 1h				
Actionnement mécanique pondéré, sans joint	0.68	1.8	1.0		0.7	7.0	13	20
Actionnement mécanique pondéré, joint dB	0.71	0.10	1.0	typique des RTFE RCTF	0.7	1.1	1.4	1.8
Échelles				typique des RTFI				
Couvercle coulissant, sans joint;	98 ^a	d	d		98			
Couvercle coulissant, joint		d	d		56			

Tableau 12 : Facteurs de perte d'ajustement du pont, Kfa, Kfb et m ; Nombre typique d'accessoires de pont, Nf ; et Facteurs de perte d'équipement de pont, Kf , à des vitesses de vent ambiant moyennes sélectionnées (continue)

Tableau 6B—Mâts de guidage Directives non fendues (non perforées)				Vitesse de vent nul Facteur de perte	Dépend du vent Facteur de perte	Dépend du vent Exposant de perte	Facteur de perte de pont Kf (lb-moles/an)			
Joint de puits (OUI NON)	Flotteur avec essuie-glace K(OUI NON)	essuie-glace (OUI NON)	Manche de pôle (OUI NON)	Kfa (lb-moles/an)	Kfb (lb-moles/((mph m an))	m (adimensi onnelle)	0 (mph)	5 (mph)	10 (mph)	15 (mph)
Non	Non	Non	Non	31	150	1.4	31	900	2300	4100
Oui	Non	Non	Non	25	13	2.2	25	230	970	2300
Non	Non	Non	Oui	25	2.2	2.1	25	56	160	330
Oui	Non	Non	Oui	8.6	12	0.81	9	42	67	89
Oui	Non	Oui	Non	14	3.7	0.78	14	24	31	37
Poteaux de guidage fendus (perforés) :				Vitesse de vent nul Facteur de perte	Dépend du vent Facteur de perte	Dépend du vent Exposant de perte	Facteur de perte de pont Kf (lb-moles/an)			
Joint de puits (OUI NON)	Flotteur avec essuie-glace K(OUI NON)	essuie-glace (OUI NON)	Manche de pôle (OUI NON)	Kfa (lb-moles/an)	Kfb (lb-moles/((mph m an))	m (adimensi onnelle)	0 (mph)	5 (mph)	10 (mph)	15 (mph)
Oui ou Non ^m	Non	Non	Non	43	270	1.4	43	1600	4200	7300
Oui ou Non ^m	Oui ^l	Non	Non	31	36	2.0	31	470	1800	4000
Oui ⁿ	Non	Oui	Non	41	48	1.4	41	320	770	1300
Oui ⁿ	Non	Non	Oui	11	46	1.4	11	280	710	1200
Oui ⁿ	Oui ^l	Oui	Non	21	7.9	1.8	21	100	280	570
Oui ⁿ	Non	Oui	Oui	8.3	4.4	1.6	8	41	110	200
Oui ⁿ	Oui ⁰	Oui	Oui	11	9.9	0.89	11	41	67	91

Remarque : les facteurs de perte de pont, Kfa, Kfb et m, ne peuvent être utilisés que pour des vitesses de vent comprises entre 0 mph et 15 mph. Pour les réservoirs à toit fixe (RTFI et RCTF), l'effet du vent ambiant n'est pas significatif, et la vitesse du vent est fixée à 0.

a Si aucune information spécifique n'est disponible, cette valeur peut être supposée représenter les accessoires de pont les plus courants ou typiques actuellement utilisés sur les ponts API Std 650, Annexe H (RTFI).

b Si aucune information spécifique n'est disponible, cette condition peut être supposée représenter les accessoires de pont les plus courants ou typiques actuellement utilisés sur les ponts API Std 650, Annexe C (RTFE et RCTF).

C Les colonnes ne sont pas utilisées sur les réservoirs à toit fixe autoportant (typique des RCFT), ni sur les réservoirs sans toit fixe (RTFE).

D Cette fonction n'est généralement pas utilisée sur les ponts API Std 650, Annexe C, et aucune information n'est disponible pour la perte par évaporation en fonction du vent de cette construction de raccord (RTFE).

E Le nombre de casse-vide sur les ponts API Std 650, Annexe H (RTFI) peut être supposé être
 $N_{fvb} = 1$

F Le nombre de drains de pont sur les ponts API Std 650, Annexe H (IFRT) peut être supposé être :
 $N_{fdd} = 0$, pour les ponts soudés
 $N_{fdd} = D/125$ pour les ponts boulonnés, où D = diamètre du réservoir (pi)

G Le nombre de segments de pont sur les ponts API Std 650, Annexe H (IFRT) peut être supposé être :
 $N_{fdl} = (5 + D/10 + D/600)$, où D = diamètre du réservoir (pi).

H Les événements de jante ne sont utilisés qu'avec certains joints primaires à patins mécaniques
 Les échelles i Verticales qui pénètrent dans le pont ne sont généralement pas utilisées sur les ponts API Std 650, Annexe C (EFRT et CFRT). Le nombre d'échelles sur les ponts API Std 650, Annexe H (RTFI) peut être supposé être :
 $N_{fi} = 1$

Les ponts j API Std 650, Annexe C ont généralement une tige de guidage sans fente ($N_{fugp} = 1$; $N_{fsgp} = 0$) ou une tige de guidage avec fente ($N_{fugp} = 0$; $N_{fsgp} = 1$), ou aucune ($N_{fugp} = 0$; $N_{fsgp} = 0$) (RTFE et RCTF) . Les guides ne sont généralement pas utilisés sur les ponts API Std 650, Annexe H (RTFI).

K Les flotteurs ne sont pas utilisés dans les tiges de guidage non fendues.

l'essuie-glace à flotteur positionné à une élévation de 1 po au-dessus du couvercle coulissant. Aucune autre réduction des émissions n'a été obtenue en plaçant l'essuie-glace à flotteur à la même hauteur que le couvercle coulissant.

M Les données limitées ne permettent pas de différencier la présence ou l'absence de joints de puits pour ces détails de construction

N Aucune information sur les pertes par évaporation n'est actuellement disponible pour ces détails de construction sans joints de puits.

O Les tests ont été effectués avec l'essuie-glace à flotteur à la même élévation que, 1 po au-dessus et 5 po au-dessous du couvercle coulissant.

Les données ne prennent pas en charge la différenciation entre les élévations d'essuie-glace de flotteur lorsqu'un flotteur est utilisé avec un manchon de poteau.

P Les tests ont été effectués avec le racleur de poteau à la même élévation et 6 pouces au-dessus du couvercle coulissant. Les données ne prennent pas en charge la différenciation entre les élévations des essuie-glaces de pôle. [15]

Tableau 13 : Nombre typique de colonnes, Nfc, pour les réservoirs avec toits fixes supportés par colonnes

Gamme de diamètre de réservoir, D (pieds)	Nombre typique de Colonnes, Nfc
85 < D ≤ 100	1
100 < D ≤ 120	6
120 < D ≤ 135	7
135 < D ≤ 150	8
150 < D ≤ 170	9
170 < D ≤ 190	16
190 < D ≤ 220	19
220 < D ≤ 235	22
235 < D ≤ 270	31
270 < D ≤ 275	37
	43
275 < D ≤ 290	
290 < D ≤ 330	49
330 < D ≤ 360	61
360 < D ≤ 400	71
	81

Remarque : Ce tableau est tiré d'une enquête auprès des utilisateurs et des fabricants. Le nombre réel de colonnes dans un réservoir particulier peut varier considérablement selon l'âge, le style de toit fixe, les spécifications de chargement et les prérogatives de fabrication. Les colonnes ne sont pas utilisées sur les réservoirs à toit fixe autoportant (typique des RCTF), ni sur les réservoirs sans toit fixe (RTFE). Ce tableau ne doit pas remplacer les informations basées sur les données réelles du réservoir. [15]

Tableau 14 : Nombre typique de casse-vide, Nfvb et de drains de pont, Nfdd , pour les ponts API Std 650, Annexe C (RCTE et RCTF)

Nombre de casse-vide, Nfvb			
diamètre de réservoir, D (pieds)	Ponton Toit	À deux étages Toit	Nombre de drains de pont Nfdd
50	1	1	1
100	1	1	1
150	2	2	2
200	3	2	3
250	4	3	5
300	5	3	7
350	6	4	—
400	7	4	—

Remarque : Ce tableau est tiré d'une enquête auprès des utilisateurs et des fabricants. Le nombre réel de casse-vide peut varier considérablement en fonction du débit et des prérogatives de fabrication. Le nombre réel de drains de toit peut également varier considérablement en fonction des précipitations de conception et des prérogatives de fabrication. Pour les réservoirs de plus de 300 pieds de diamètre, les données réelles du réservoir ou les recommandations du fabricant peuvent être nécessaires pour le nombre de drains de toit. Ce tableau ne doit pas remplacer les informations basées sur les données réelles du réservoir. Le nombre de casse-vide, Nfvb, et de drains de pont, Nfdd, pour les ponts API Std 650, Annexe H (IFRT) peut être supposé être :
Nfvb = 1

$N_{fd} = 0$, pour les ponts soudés.

$N_{fd} = D/125$ pour les ponts boulonnés, où D = diamètre du réservoir (π).

B Si le diamètre réel se situe entre les diamètres indiqués, le diamètre indiqué le plus proche doit être utilisé. Si le diamètre réel est à mi-chemin entre les diamètres indiqués, le diamètre immédiatement supérieur doit être utilisé. [15]

Tableau 15 : Nombre typique de pattes de pont, N_{fd} , pour l'API Std 650, Annexe C Decks (RTFE et RCTF)

Toit de ponton			
diamètre de réservoir, D (pieds)	NOM DES Jambes de la zone ponton	Nombre de Centre-zone Jambes	Number of Legs on Double Deck
30	4	2	6
40	4	4	7
50	6	6	8
60	9	7	10
70	13	9	13
80	15	10	16
90	16	12	20
100	17	16	25
110	18	20	29
120	19	24	34
130	20	28	40
140	21	33	46
150	23	38	52
160	26	42	58
170	27	49	66
180	28	56	74
190	29	62	82
200	30	69	90
210	31	77	98
220	32	83	107
230	33	92	115
240	34	101	127
250	35	109	138
260	36	118	149
270	36	128	162
280	37	138	173
290	38	148	186
300	38	156	200
310	39	168	213
320	39	179	226
330	40	190	240
340	41	202	255
350	42	213	270
360	44	226	285
370	45	238	300
380	46	252	315
390	47	266	330
400	48	281	345

Remarque : Ce tableau est tiré d'une enquête auprès des utilisateurs et des fabricants. Le nombre réel de pieds de pont peut varier considérablement en fonction de l'âge, du style de toit flottant, des spécifications de chargement et des prérogatives de fabrication, ce tableau ne doit pas remplacer les informations basées sur les données réelles du réservoir

A Le nombre de segments de pont sur les ponts de type API Std 650, Annexe H (IFRT) peut être supposé être :

$N_{fd} = (5 + D/10 + D/600)$, où D = diamètre du réservoir (π).

B Si le diamètre réel se situe entre les diamètres indiqués, le diamètre indiqué le plus proche doit être

utilisé. Si le diamètre réel est à mi-chemin entre les diamètres indiqués, le diamètre immédiatement supérieur doit être utilisé.

Tableau 16 : Facteurs de longueur de joint de pont, Sd, pour Constructions de ponts

Construction de pont	Joint de pont typique Facteur de longueur Sd (pi par pi carré)
Construction en feuille continue ^a	
Feuilles de 5 pieds de large	0.20 ^c
Feuilles de 6 pieds de large	0.17
Feuilles de 7 pi de large	0.14
Construction de panneaux ^b	
5 panneaux rectangulaires de 7,5 pi	0.33
Panneaux rectangulaires 5 × 12 pi	0.28

A Sd = (1/w), où w = largeur de la feuille (pi).
 B Sd = [(1 + w) / (1 × w)], où l = longueur du panneau (pi) et w = largeur du panneau (pi).
 C Si aucune information spécifique n'est disponible, cette valeur peut être supposée représenter les ponts boulonnés les plus courants ou typiques actuellement utilisés.

Tableau 17 : Propriétés (Mv , Wv , P, A, B) de certains liquides pétroliers

Liquide de pétrole	Vapeur Masse moléculaire MV (lb./lb.- mole)	Densité de vapeur condensée (à 60°F) VM (lb/gal)	La pression de vapeur (à 60°F) P (psia)	Constantes d'équation de pression de vapeur ^b		Plage de température Pour les constantes A et B	
				A(sans dimen sion)	B(sans dimensi on)	Mini mum °F	Maximum °F
Stocks de pétrole raffiné		—	—	c	c	—	—
Stocks de pétrole brut		—	—	c	c	—	—
Jet naphta (JP-4)		5.4	1.27	11.368	5,784.3	40	100
Jet kérosène		6.1	0.00823	12.390	8,933.0	40	100
Fioul distillé n°2		6.1	0.00648	12.101	8,907.0	40	100
Huile résiduelle n° 6		6.4	0.0000430	10.104	10,475.5	40	100

A Pression de vapeur calculée à 60°F en utilisant les constantes A et B
 B L'équation de la pression de vapeur est $P = \text{expo} \{A - [B/(T_s + 459,6)]\}$, où P est la pression de vapeur (en psia), T_s est la température moyenne de stockage du stock en °F, et expo est la fonction exponentielle.
 C Les constantes A et B de l'équation de pression de vapeur sont répertoriées dans les équations 21 et 22 pour les stocks de pétrole raffiné et les équations 24 et 25 pour les stocks de pétrole brut. Source : Les données de ce tableau proviennent de la référence [18].

Tableau 18 : Propriétés (Mv , Wv , P, A, B) de certains produits pétrochimiques

Liquide de pétrole	Formules chimiques	vapeur Poids moléculaire Mv (lb./lb.- mole)	Tempé rature d'ébulli tion (à psia) °F	Conde nsé Densité de vapeur (à 60 °F) Wv (bar/liv)	pression de vapeur (à 60°F) P (psia)	Constantes d'équation de pression de vapeur ^b		Plage de température pour les constantes A et B	
						A(Adime nsionnelle)	B(°R)	minimu m (°F)	maximu m (°F)
Alcool méthylique;	CH4O	32.04	148.5	6.641	1.351	15.9482	8,131.3	-47.2	435.2
Alcool éthylique	C2H6O	46.07	172.9	6.643	0.6200	16.3801	8,760.7	-24.3	467.6
Alcool allylique	C3H6O	58.08	205.9	7.127	0.2656	17.1073	9,579.2	-4.0	205.9
Alcool isopropylique;	C3H8O	60.10	180.1	6.607	0.4637	16.7687	9,113.6	-15.0	449.6
Alcool butylique tertiaire	C4H10O	74.12	180.4	6.586	0.3970	17.2230	9,430.3	-4.7	432.5
Alcool furfurylique	C5H5O2	98.10	337.1	9.422	0.006096	17.2335	11,606.1	89.2	338.0

Diéthylamine	C4H11N	73.14	131.9	5.942	2.868	13.7881	6,617.7	-27.4	410.0
Benzène	C6H6	78.11	176.2	7.361	0.9008	14.0920	7,377.5	-34.1	554.5
Toluène	C7H8	92.14	231.1	7.289	0.3249	13.8288	7,377.6	-16.1	606.2
Styrène;	C8H8	104.15	293.3	7.576	0.08254	14.2954	8,725.2	19.4	293.4
Ethylbenzène	C8H10	106.17	277.1	7.290	0.1139	14.0362	8,423.3	14.4	619.7
o-xylène	C8H10	106.17	292.0	7.377	0.07359	14.8147	9,054.7	25.2	291.9
Isopropylbenzène	C9H12	120.19	306.3	7.240	0.04968	15.0086	9,359.7	37.2	306.3
Naphtaline	C10H8	128.17	424.3	9.555	0.0006621	22.4188	15,454.4	32.0	176.0
Le chlorure de méthylène; Chloroforme	CH2Cl2	84.93	103.6	11.150	5.480	14.8970	6,857.5	-94.0	105.3
Le tétrachlorure de carbone;	CHCl3	119.38	142.1	12.503	2.212	13.8649	6,792.5	-72.4	489.2
Chlorure de vinylidène	CCl4	153.82	170.0	13.357	1.255	13.5218	6,908.7	-58.0	528.8
1,2-Dichloroéthane	C2H2Cl2	96.94	98.6	10.164	8.230	14.6756	6,531.1	-107.0	89.1
Trichloréthylène	C2H4Cl 2	98.96	182.2	10.509	0.9495	13.8035	7,200.2	-48.1	545.0
1, 1, 1-Trichloroéthane	C2HCl3	131.40	189.0	12.234	0.8912	14.3744	7,529.8	-46.8	188.1
Chlorure d'allyle	C2H3Cl3	133.40	165.4	11.229	1.507	14.3734	7,256.4	-61.6	165.4
Acrylonitrile	C3H5Cl	76.53	112.3	7.828	4.873	14.4564	6,689.5	-94.0	112.3
Cyclopentane	C3H3N	53.06	171.5	6.726	1.340	14.1319	7,191.8	-59.8	173.3
Cyclohexane	C5H10	70.13	120.7	6.338	4.152	14.3384	6,711.5	-90.4	120.7
Acétate de méthyle	C6H12	84.16	177.3	6.532	1.052	13.6969	7,091.7	-49.5	495.5
Acétate de vinyle	C3H6O2	74.08	134.5	7.847	2.359	14.3340	7,002.9	-71.0	437.0
Acrylate de méthyle	C4H6O2	86.09	162.5	7.827	1.312	15.0324	7,670.9	-54.4	162.5
Acétate d'éthyle	C4H6O2	86.09	176.9	7.957	1.014	14.9971	7,786.4	-46.7	176.4
Le méthacrylate de méthyle	C4H8O2	88.11	170.7	7.548	1.012	14.4776	7,517.5	-46.1	455.0
L'éther diéthylique	C5H8O2	100.11	212.5	7.928	0.4314	14.7995	8,127.7	-22.9	213.8
Acétone	C4H10O	74.12	94.0	6.002	6.109	13.9146	6,290.5	-101.7	361.9
Méthyle éthyle cétone	C3H6O	58.08	133.3	6.647	2.553	14.2539	6,920.2	-74.9	418.1
n-Pentane	C4H8O	72.11	175.4	6.753	1.197	14.3812	7,380.2	-54.9	175.3
n-Hexane	C5H12	72.15	96.9	5.262	6.091	13.2999	5,972.6	-105.9	376.3
n-Heptane	C6H14	86.18	155.7	5.534	1.702	13.8236	6,907.2	-65.0	408.9
n-Octane	C7H16	100.20	209.2	5.738	0.5109	13.9835	7,615.8	-29.2	477.5
n-Nonane	C8H18	114.23	258.2	5.894	0.1591	14.2309	8,350.6	6.8	538.5
n-Decane	C9H20	128.26	303.5	6.018	0.05069	15.2406	9,469.8	36.3	301.1
Phenol	C10H22	142.28	345.5	6.121	0.01888	15.0462	9,882.0	62.8	343.4
o-Cresol	C6H6O	94.11	359.3	8.937	0.006316	15.6581	10,769.0	104.2	785.7
Le disulfure de carbone	C7H8O	108.14	375.8	8.746	0.004231	16.2959	11,308.6	100.8	375.4
	CS2	76.13	115.2	10.592	4.491	13.3292	6,146.2	-100.8	492.8
A Pression de vapeur calculée à 60°F en utilisant les constantes A et B.									
B L'équation de la pression de vapeur est $P = \exp \{ A - [B/(Ts + 459.6)] \}$, où P est la pression de vapeur en livres par carré en absolu, Ts est la température moyenne de stockage en °F et exp est la fonction exponentielle. Source : Les constantes A et B de l'équation de pression de vapeur proviennent de la référence 7.									
Les autres propriétés proviennent des références [19] et [20] .									

Références Bibliographique

- [1] « Sonatrach » [archive], sur Euro-pétrole
- [2] [Wikipédia](#) sous licence [CC-BY-SA 3.0](#).
- [3] Article 3 du décret 63-49
- [4] Hocine Malti, Histoire secrète du pétrole algérien, Éditions La Découverte, 2010, 358 pages
- [5] M. KARDACHE & A .LOUNIS, Exploitation d'une Station de pompage, Département Mécanique Pétrolière et Transport des HC, Ecole d'Arzew, IAP, Novembre 2015
- [6] « Les pipelines, une longue histoire » [archive], sur gereports.fr (consulté le 12 novembre 2018).
- [7] Raymond Cabet, Yves Lizoret, L'économie du transport par pipeline, Éditions Technip, 1974, 190 pages (ISBN 978-2-7108-0247-1),
- [8] Arrêté multfluides du 5 mars 2014 sur Légifrance [archive]
- [9] Stéphane Sainson, Inspection en ligne des pipelines. Principes et méthodes. Ed. Lavoisier. 2007. (ISBN 978-2743009724). 332 p.
- [10]<https://sonatrach.com/transport-par-canalisation>
- [11]<https://fac.umc.edu.dz/fstech/cours/G%20Transport/TDH/Technologie%20des%20parcs%20de%20stockage%20et%20terminaux.pdf>
- [12] BM 6 591 Rservoirs mtalliques pour stockage des liquides FICHE DOCUMENTAIRE.pdf
- [13] Hemijska industrija 2013 Volume 67, Numéro 1, Pages : 165-174.
- [14] American Petroleum Institute Welded Steel Tanks for Oil Storage, Std 650, Ninth Edition, Washington, D.C., July 1993.
- [15] Manual of Petroleum Measurement Standards. SECOND EDITION, SEPTEMBER 2003 (FORMERLY, API PUBL 2517 AND API PUBL 2519)
- [16] Courtesy of Rob Ferry, The TGB Partnership, Hillsborough, North Carolina.
- [17] Laverman, R.J., Gallagher, T.A., and Cherniwchan, W.N., "Emission Reduction Options for Floating Roof Tank Fittings," Paper presented at Energy Week 1996, Held in Houston, Texas, January 29 – February 2, 1996.
- [18] American Petroleum Institute, Evaporation Loss from Fixed-Roof Tanks, Bulletin 2518, First Edition, Washington, D.C., June 1962.

[19] American Petroleum Institute, Technical Data Book— Petroleum Refining, Publ 999, Ninth Revision, Washington, D.C., 1988.

[20] Perry's Chemical Engineers' Handbook, Sixth Edition, R.H. Perry, D.W. Green, and J.O. Maloney, Editors, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, New York, 1984.

[21]http://www.tv5monde.com/cms/chaine-francophone/meteo/p-176-lg0-HassiMessaoud.htm?id_ville=1311