

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي - تبسة

Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi - Tébessa

معهد المناجم

Institut des Mines et Geotechnologie

قسم المناجم والحيوتكنولوجيا

Département des Mines et de la Geotechnologie



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention d'un diplôme de Master

Filière : Electromécanique

Option : Electromécanique

**La fiabilité du système du jaugeage d'un bac de
stockage GNL "WHESSOE 1146"**

Présenté et soutenu par :

FETHALLAH Seddam Hocine

BICHICHI Farouk

Devant le jury :

RAIS Khaled	MCA	President	Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi-Tébessa
MELKIA Choukri	MCB	Encadreur	Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi-Tébessa
TALEB Monnia	MCB	Examineur	Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi-Tébessa

Promotion : 2023/2024





رقم التحفظات

طالب مينة

اسم و لقب الأستاذ المناقش :

la fiabilité du système de jaugeage
d'un bus de stockage GNL
" WHESSOE 1146 "

عنوان المذكرة :

الطالبة :

1- فتح الله براهيم

2- جيسون فا روج

التخصص : كهوسو ميكانيكا القسم : الجبروت كمال

موافق على وضع المذكرة في المكتبة بعد إجراء التصحيح المطلوب

موافق على وضع المذكرة في المكتبة و هي معفية من التصحيح



Année universitaire : 2023/2024

Tébessa le :

Lettre de soutenabilité

Noms et prénoms des étudiants :

1- BECHICHI Farouk

2- FETHALLAH Seddam Hocine

Niveau : 2^{eme} année Master Option : Electromécanique

Thème : La fiabilité du système de jaugeage d'un bac de stockage « GNL
WHESSOE 1146 »

Nom et prénom de l'encadreur : MELKIA Chaouki

Chapitres réalisés	Signature de l'encadreur
Présentation du complexe GL2K	
Mesure de niveau	
Le système de jaugeage WHESSOE 1146	
Les méthodes d'analyses de défaillance et l'Etude de FMD	
L'analyse statistique de la FMD	

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي : جامعة العربي التبسي - تبسة

تصريح شرفي
خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا الممضي أدناه،

السيد (ة) إبشيبي فاروق..... الصفة : طالب، أستاذ باحث، باحث دائم : طالب.....

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم : 401455110 و الصادرة بتاريخ 2022/04/17
المسجل بمعهد المحساجم قسم المناجم والحاسوب تكنولوجيا

و المكلف بانجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)، عنوانها :

La fiabilité du système de jaugeage d'un bac
de stockage GNL "WHESSOE 114.6"

أصرح بشرفي أنني التزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية و معايير الأخلاقيات المهنية و النزاهة الأكاديمية
المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ: 2024/06/08

إمضاء المعني (ة)

Fataouk

تم إرسال المرسوم الشخصي بالالتزام
و تمتدحه ضمن منه
تسجيلات الجامعة
بالتاريخ 08/06/2024



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي : جامعة العربي التبسي - تبسة

تصريح شرفي

خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا المعنى أدناه،

السيد (ة) فتح الله محمد حسين الصفة : طالب، أستاذ باحث، باحث دائم : طالب

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم : 411051732 و الصادرة بتاريخ 2024/04/01

المسجل بمعهد المناجم قسم المناجم والجيوتكنولوجيا

و المكلف بإنجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)، عنوانها :

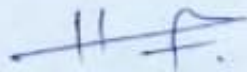
La Fiabilité du système de jaugeage d'un bac de stockage GNL "WHESSOE 1146"

أصرح بشرفي أنني التزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية و معايير الأخلاقيات المهنية و النزاهة الأكاديمية

المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ: 2024/06/08

إمضاء المعنى (ة)





بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

Je remercie avant tous ALLAH pour son aide, ses innombrables dons, ALLAH qui m'a donné la force, la volonté et le moral pour accomplir mes études.

Mes remerciements vont aussi à tous les enseignants de l'Institut des mines

Et spécialement l'encadreur Mr. MELKIA Chaouki,

Qui ont contribué à notre formation.

Je remercie également l'ensemble des membres du jury pour avoir consacré leur temps à examiner ce travail malgré leurs nombreuses responsabilités, je leur suis reconnaissant pour l'attention qu'ils ont porté à mon travail.

Enfin, Je tiens aussi à remercier ma famille et mes amis pour leur soutien Inconditionnel et leur présence continue.

Dédicace

L'homme a été trouvé sur la surface de la terre, et il n'a pas vécu isolé des autres humains.

À toutes les étapes de la vie, il y a des personnes qui méritent notre gratitude.

Les premières personnes à remercier sont les parents, car leur mérite atteint les cieux.

Leur présence est une cause de salut et de succès dans ce monde et dans l'au-delà.

À mes grands-parents et aux compagnons de lutte dans le parcours de la vie.

À mes frères, que je considère comme d'excellents compagnons dans toutes les circonstances.

Bechichi farouk

Dédicace

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour,
leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes
études,*

A mes chers frères, pour leur appui et leur encouragement,

*A mes chères sœurs, pour leurs encouragements permanents, et
leur soutien moral,*

*A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon
parcours universitaire,*

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant
allégués, et le fruit de votre soutien infailible,*

Merci d'être toujours là pour moi.

FETHALLAH Seddam Hocine

Sommaire

Remerciement	I
Dédicaces	II
Table des matières	III
Liste des figures	IV
Liste des tableaux	V
List des sigles et abréviations	VI
Introduction générale	01

CHAPITRE I

Présentation du complexe GL2K

I.1.	Introduction.....	02
I.2.	Présentation du complexe GL2K /Skikda Le nouveau train de GNL.....	03
I.3.	Capacité de production.....	03
I.4.	Composition du gaz naturel.....	04
I.5.	Rôle du complexe GL2/K.....	04
I.6.	Organisation du complexe GL2/K.....	05
I-7	Procédé de production.....	06
I.7.1.	Unité 01 (conditionnement).....	06
	I.7.1.1. Comptage du gaz.....	06
	I.7.1.2. Filtrage du gaz.....	06
	I.7.1.3. Compression du gaz d'alimentation.....	06
I.7.2.	Unité 12 /13 /14 (traitement de gaz).....	07
I.7.3.	Unité 15 (liquéfaction).....	08
I.7.4.	Unité 07 (fractionnement).....	09
I.7.5.	Unité 71/76 (stockage et chargement)	10
I.7.6.	Les autres unités connexes de GL2K (les utilités).....	10
I.8.	Conclusion.....	11

CHAPITRE II

Mesure de niveau

II.1.	Introduction.....	12
II.2.	Mesure de niveau.....	13
II.2.1.	Définition.....	13
II.3.	Méthodes de mesure de niveau.....	13
II.3.1.	Méthodes hydrostatiques.....	14
	II.3.1.1. Niveau à Glace.....	14
	II.3.1.2. Le flotteur.....	15
	II.3.1.3. Le plongeur.....	16
	II.3.1.4. Le palpeur électromagnétique.....	17
	II.3.1.5. Le capteur de pression.....	17

II.3.1.6.	Le capteur à bulle.....	18
II.3.2.	Méthodes électriques.....	19
II.3.2.1.	Sondes conductrices.....	19
II.3.2.2.	Sondes capacitives.....	20
II.3.2.3.	Détection.....	21
II.3.3.	Ondes acoustiques.....	22
II.3.3.1.	Sondes à ultrasons.....	22
II.3.3.2.	Radars.....	22
II.3.3.3.	Sonde optique.....	23
II.4.	Absorption de rayonnement gamma.....	23
II.4.1.	Détection.....	24
II.4.1.1	Comparaison entre les différentes méthodes de mesure.....	26
II.5.	Conclusion.....	26

CHAPITRE III

Le système de jaugeage WHESOE 1146

III.1.	Introduction.....	27
III.2.	Définition.....	27
III.3.	Diagramme synoptique du bac GNL (unité 71).....	28
III.4.	Montage sur le bac GNL.....	29
III.5.	Principe de Fonctionnement.....	29
III.6.	Description du Matériel.....	30
III.6.1.	La tête de détection 1146.....	31
III.6.1.1.	Principe de la lecture de niveau.....	32
III.6.2.	L'enceinte.....	32
III.6.3.	La bande perforée en acier inoxydable.....	34
III.7.	Comment se passe la mesure de niveau dans le WHESOE 1146.....	35
III.7.1.	Principe de mesure de la densité.....	36
III.7.2.	Principe de mesure de la température.....	36
III.8.	Configuration et réglage de la mesure de niveau.....	36
III.8.1.	Configuration.....	36
III.8.1.1.	Initialisation de premier niveau.....	36
III.8.1.2.	Réglage de la limite inférieure.....	38
III.9.	Communications d'interfacing /Host.....	38
III.9.1.	Bus de terrain Whessoe 0-20mA / RS232.....	38
III.10.	LNG Manager.....	40
III.11.	Le système de sécurité Whessoe.....	41
III.12.	L'expérience professionnelle acquise dans le complexe GL1K.....	42
III.13.	Conclusion.....	43

CHAPITRE IV

Les méthodes d'analyse de défaillance et l'Etude de FMD

IV.1	Les méthodes d'analyse de défaillance.....	44
IV.1.1	Diagramme Cause-Effets	44

	IV.1.1.1	Définition	44
	IV.1.1.2	LES 5M	44
	IV.1.1.3	Etapes de construction d'un diagramme d'Ishikawa	45
	IV.1.2.	Méthode ABC (Diagramme Pareto)	46
	IV.1.2.1	Diagramme de Pareto	46
	IV.1.2.2	Définition de la méthode ABC	46
	IV.1.2.3	But de la méthode ABC	47
IV.2.		Etude de FMD	47
	IV.2.1.	Fiabilité	47
	IV.2.1.1	Notion de fiabilité d'un système	47
	IV.2.1.2	Définition	47
	IV.2.1.3	Objectifs de la fiabilité	48
	IV.2.1.4	Les Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité	48
	IV.2.1.5	Paramètres nécessaires à la mesure de fiabilité	49
	IV.2.1.6	La loi de WEIBULL	50
	IV.2.2.	Maintenabilité	53
	IV.2.2.1	Définition	53
	IV.2.2.2	Taux de réparation μ	54
	IV.2.2.3	Amélioration de la maintenabilité	54
	IV.2.3.	Disponibilité	55
	IV.2.3.1	Définition	55
	IV.2.3.2	Différents niveaux de la disponibilité	55

CHAPITRE V

L'analyse statistique de la FMD

V.1		Historique de pannes de système WHESSOE 1146	57
V.2		L'application des méthodes d'analyse	59
	V.2.1	La méthode de la courbe ABC	59
V.3		L'analyse FMD	61
	V.3.1	La fiabilité	61
	V.3.1.1.	Test KOMOGOROV – SMIRNOV	63
	V.3.1.2.	Calculs de la fiabilité, de la densité probabilité et du temps de défaillance	66
	V.3.1.3.	Calcul de R (MTBF)	69
	V.3.1.4.	Calcul de F(MTBF)	69
	V.3.1.5.	La densité de probabilité $f(\text{MTBF})$	69
	V.3.1.6.	Calcul de $\lambda(\text{MTBF})$	70
	V.3.2.	La maintenabilité	70
	V.3.3	Disponibilité	73
	V.3.3.1.	Disponibilité Opérationnelle	73
	V.3.3.2.	Disponibilité intrinsèque ou asymptotique	73

V.4	Recommandation	75
V.5	Conclusion	76
	Conclusion générale	77
	Bibliographie	
	Annexes	

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1	Situation géographique du complexe GL1K/GL2K	03
Figure I.2	Organisation du complexe	05
Figure I.3	Schéma de procédé fonctionnel	06
Figure I.4	Unité 01	07
Figure I.5	Unité 12/13	07
Figure I.6	Unité 15	08
Figure I.7	Unité 07	09

Chapitre II

Figure II.1	Le Niveau	13
Figure II.2	Niveau à glace	14
Figure II.3	Le flotteur	15
Figure II.4	Le plongeur	16
Figure II.5	Le plongeur électromagnétique	17
Figure II.6	Le capteur de pression	18
Figure II.7	Le capteur à bulle	19
Figure II.8	Sonde conductrice	20
Figure II.9	Sondes capacitives	21
Figure II.10	Détection	21
Figure II.11	Sondes à ultrasons	22
Figure II.12	Le radar	23
Figure II.13	Principe mesure avec rayonnement gamma	24
Figure II.14	Principe mesure avec rayonnement gamma (Détection)	25
Figure II.15	Source radioactive	25
Figure II.16	Conteneur et collimateur pour la source de radiation	25

Chapitre III

Figure III.1	Diagramme synoptique du bac GNL	28
Figure III.2	Montage de jaugeur sur le bac GNL	29
Figure III.3	Whessoe 1146	29
Figure III.4	La tête de Whessoe 1146	30
Figure III.5	Whessoe 1146	30

Figure III.6	La tête de détection 1146	31
Figure III.7	La tête de détection	32
Figure III.8	Le boîtier de jauge 1146	33
Figure III.9	Les paquets électroniques	33
Figure III.10	La carte électronique du jaugeur 1146	34
Figure III.11	Le boîtier de jauge 1146	34
Figure III.12	Mode commutateur	37
Figure III.13	Convertisseur 0-20 mA/ RS232	39
Figure III.1	LNG Manager	40
Figure III.15	Déférents fonctions sur LNG Manager	41
Figure III.16	Système de sécurité WHESSOE	42

Chapitre IV

Figure IV.1	Diagramme d'Ishikawa	45
Figure IV.2	Diagramme de Pareto ou courbe ABC	47
Figure IV.3	Courbe de fiabilité et fonction de répartition	51
Figure IV.4	Formes de $f(t)$, $R(t)$, $\lambda(t)$ en fonction de β	51
Figure IV.5	Courbe en baignoire	52

Chapitre V

Figure V.1	La Courbe d'ABC	60
Figure V.2	Papier fonctionnel de Weibull	62
Figure.V.3	Fonction de répartition $F(t)$	66
Figure V.4	La fonction de fiabilité $R(t)$	68
Figure V.5	Densité de probabilité $f(t)$	68
Figure V.6	Taux de défaillance $\lambda(t)$	69
Figure V.7	La Courbe de Maintenabilité	72
Figure V.8	La Courbe de disponibilité instantanée	75

Liste des tableaux

Tableau II.17	Comparaison entre les différentes méthodes de mesure de niveau	26
Tableau V.1	L'historique des pannes de la GEP301 A	57
Tableau V.2	L'analyse ABC (Pareto)	59
Tableau V.3	Estimation de la fonction de répartition	61
Tableau V.4	Les paramètres de la loi de Wiebull	63
Tableau V.5	La fiabilité et la fonction de répartition	64
Tableau V.6	Calculs de la fiabilité, le temps de défaillance et la densité de probabilité	66
Tableau V.7	Le calcul de la maintenabilité	71
Tableau V.8	Tableau de disponibilité instantanée	73

Liste des abréviations

IP67	Standard international de la Commission électrotechnique internationale relatif à l'étanchéité
GNL	Gaz naturel liquéfié
GL2K	Gaz liquéfié 2/Skikda (méga train)
GL1K	Gaz liquéfié 1/Skikda (ancien complexe)
GN	Gaz naturel
MR	Mixed réfrigérant
BOG	Boil-off gaz
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
LTD	Niveau, Température, densité
PTFE	Polytétrafluoroéthène
LCD	Écran à cristaux liquides
PC	Ordinateur personnel
MANU	Manuel
AUTO	Automatique
UP	Haut
DOWN	Bas
TBF	Le Temps de Bon Travail
F(t)	Fonction de Répartition Empirique
Beta(β)	La distribution de Weibull.
Eta(η)	Échelle de la distribution
Gamma(γ)	Décalage de la distribution
MTBF	Le Temps Milieu de Bon Travail Moyen
Fe(t)	Fonction de Répartition Théorique
R(t)	Fiabilité
f(t)	Fonction de Départissements Cumulative
$\lambda(t)$	Taux de Défaillance

F(MTBF)	La fonction de répartition
R(MTBF)	La fonction de fiabilité
λ(MTBF)	Taux de Défauts par heure
f(MTBF)	La densité de probabilité
TTR	Temps Total de Réparation
M(t)	Maintenabilité
MTTR	Temps Moyen de Réparation
μ	Taux de réparation
λ	Le taux de défaillance
D(t)	La fonction de disponibilité

Introduction

Générale

Introduction générale

Aussi loin que remonte dans l'histoire, l'homme utilise d'une façon ou d'une autre un moyen pour indiquer une hauteur ou un niveau quelconque (eau, huile). En effet, comme tous produits, des liquides sont stockés et gérés sur tous les sites de production de l'industrie dite de procès. En effet ces sites industriels possèdent au moins une cuve ou un réservoir pour stocker par exemple des matières premières ou un produit fini sous forme liquide. Ainsi, la mesure de niveau est un complément indispensable à ces installations pour une gestion précise de ces produits.

Dans le domaine industriel et plus précisément au milieu du complexe GL1K, la société « SONATRACH » utilise des différents types de capteurs. Dans ce contexte, nous nous proposons une étude de fiabilité sur les capteurs de niveaux et leurs applications dans l'industrie.

Dans cette étude nous présentant les calculs de fiabilité d'un système du jaugeage d'un bac de stockage GNL à cause de leur sensibilité et leur valeur dans les deux systèmes de production et de sécurité

Chapitre I

Présentation du complexe GL2K

I.1.Introduction :

L'Algérie possède des réserves immenses en gaz naturel à savoir le champ de HASSIR'MEL, qui est le plus grand à l'échelle mondiale et celui de AIN-SALAH.

Depuis 1980, l'Algérie est devenue l'un des grands exportateurs mondiaux de gaz naturel.

Une particularité à souligner est que l'Algérie a pu réaliser diverses installations de liquéfaction de gaz naturel qui lui permettent de le commercialiser sous forme liquide et le transporter dans des méthaniers vers le marché extérieur (Etats-Unis, Europe, etc.).

L'exploitation de gaz naturel en provenance de l'Algérie atteindra 80 milliards m³ de production. Autrement dit l'Algérie deviendra le premier exportateur dans ce secteur.

Pour cela SONATRACH a construit de nombreuses usines de liquéfaction pour atteindre ces objectifs.

En matière de GNL, SONATRACH a mis en service deux nouveaux méga trains de liquéfaction, le premier à Skikda, le **GL2K** réceptionné en **2013**, le deuxième à Arzew le **GL3Z** réceptionné en **2014**. [1]

I.2.Présentation du complexe GL2K /Skikda Le nouveau train de GNL :

Le nouveau train de GNL (MEGA TRAIN) est situé à l'intérieur de l'enceinte du complexe GL1/K (figure I.1), au Nord-Ouest des trains de liquéfaction existants. Le complexe GL2/K est alimenté en gaz naturel (GN) à partir du gisement de HASSI R'MEL par gazoduc d'une longueur de 580 Km et de 40" de diamètre. [2]

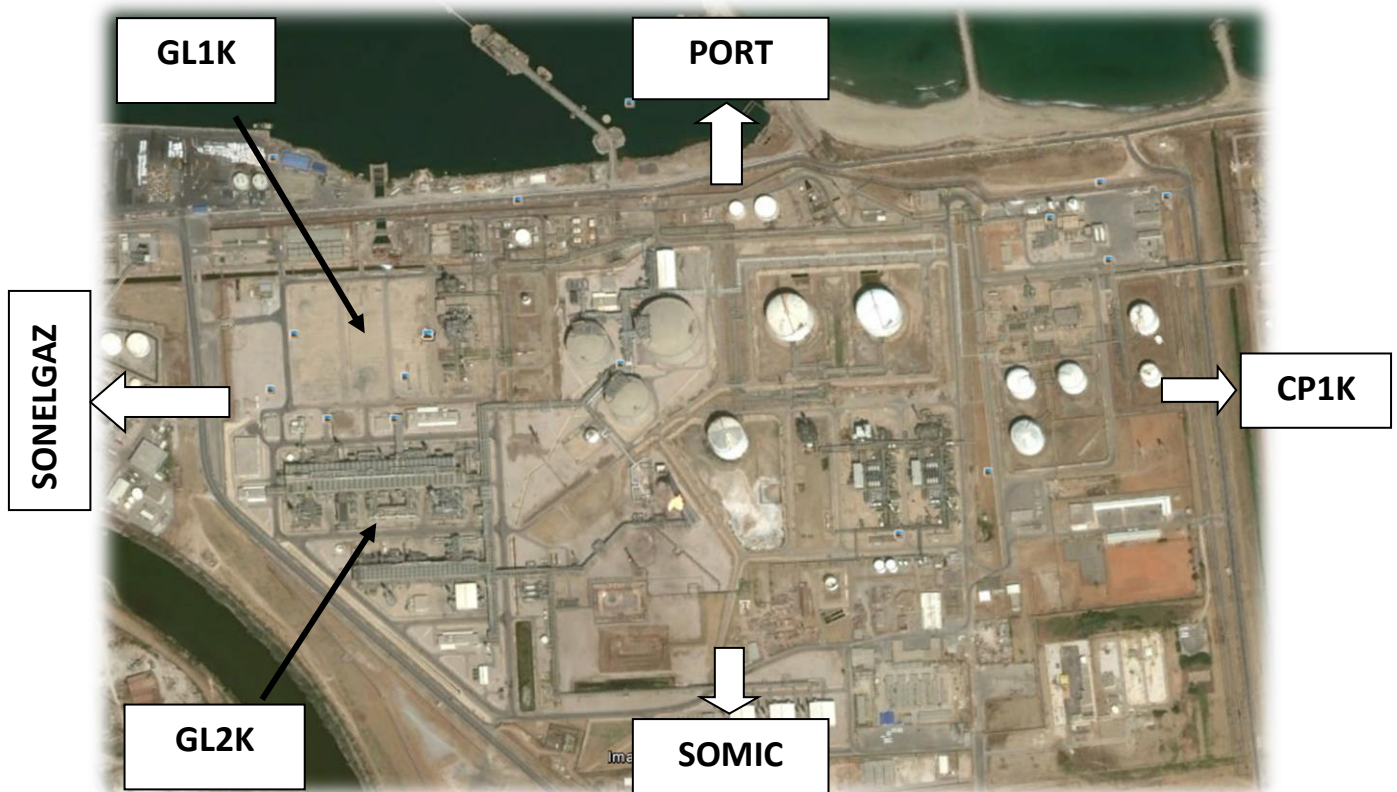


Figure I.1 situation géographique du complexe GL1K/GL2K

I.3.Capacité de production :

Afin de restituer la capacité de production perdue lors de l'incident du 19 janvier 2004, qui a touché le complexe GL1/K, Sonatrach a décidé de construire un nouveau train liquéfaction du gaz naturel GNL, ayant pour objet la liquéfaction de gaz naturel pour la production de :

- 9,978 millions m³ **GNL**.
- 171 400 tonnes métriques de **Butane**.
- 207 600 tonnes métriques de **Propane**.
- 164 700 tonnes métriques **d'Ethane**.

- 108 700 tonnes métriques de **Gazoline**.
- 163 millions m³ par an de **Gaz enrichi en Hélium**.
- 2 640 tonnes **d'isobutane**.
- Date de Mise en Production : **2013** [2]

I.4. Composition du gaz naturel :

Le GN, à sa sortie du gisement de HASSI RMEL, est un mélange d'hydrocarbures dont la teneur en méthane est > à 80% ; mais contient également de l'éthane, du propane, du butane, du pentane et quelque traces d'hydrocarbures lourds (C₆⁺).

On y trouve également d'autres constituants tels qu'He, N₂, CO₂ et l'H₂O, ainsi que des impuretés sous forme de poussière et des traces d'huiles. [1]

I.5. Rôle du complexe GL2/K :

L'objectif principal du complexe est **de liquéfier le gaz naturel** (GNL à -161 c°) qui sera destiné à l'exportation (dans des méthaniers) en réduisant son volume dans un rapport d'environ 600 à 1 afin de faciliter son transport dans des conditions optimales aussi bien sur le plan économique que sur celui de la sécurité, et aussi d'extraire les autres sous-produits qu'il contient tel que **l'éthane, le propane, le butane et le pentane**. [1]

I.6.Organisation du complexe GL2/K :

On peut le résumer dans l’organigramme suivant :

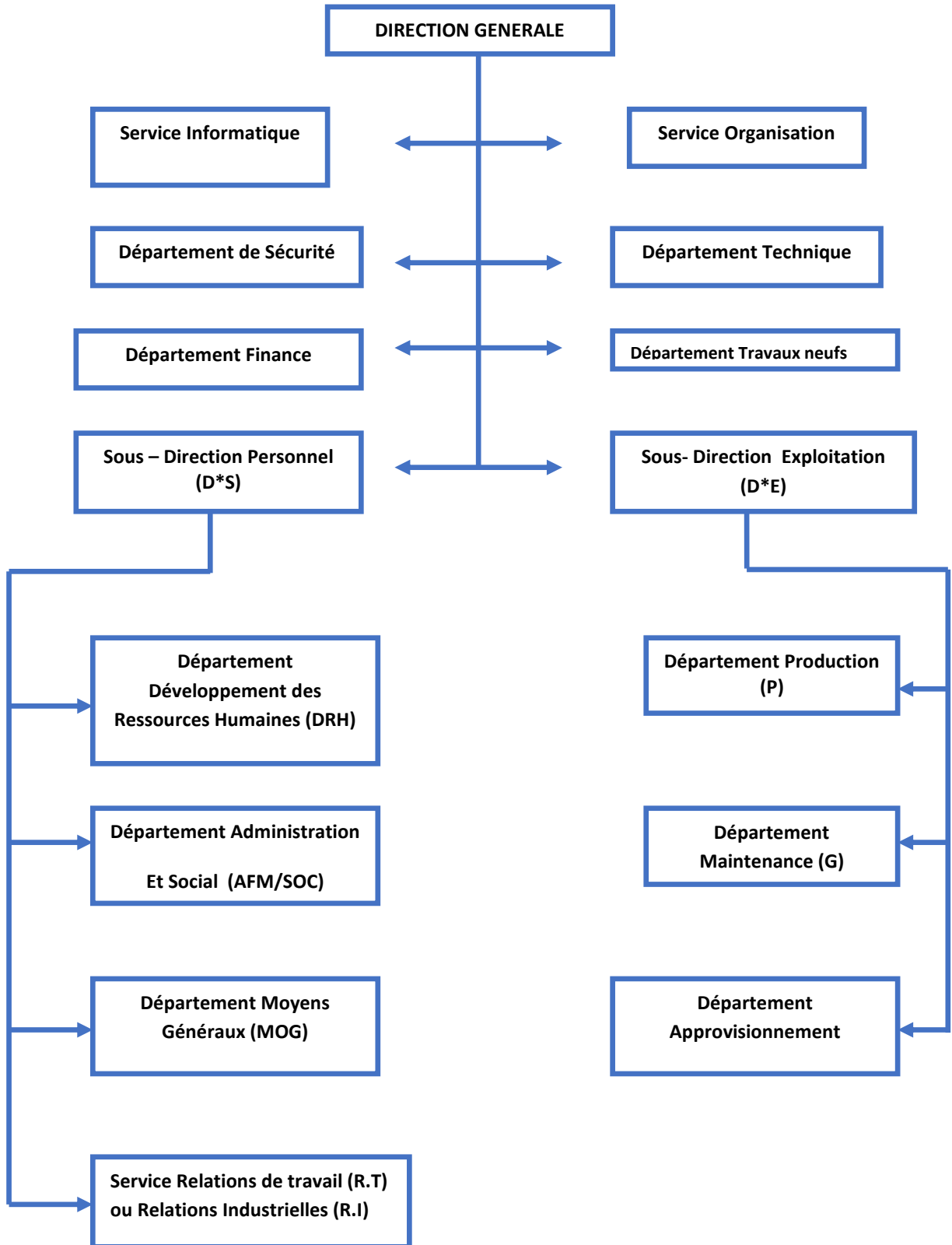


Figure I.2 Organisation du complexe

I.7 Procédé de production :

Comme on a montré précédemment le GN possède plusieurs impuretés, donc ce dernier passe par plusieurs unités de traitement (figure I.3) dont chacune a un rôle important qu'on verra plus tard.

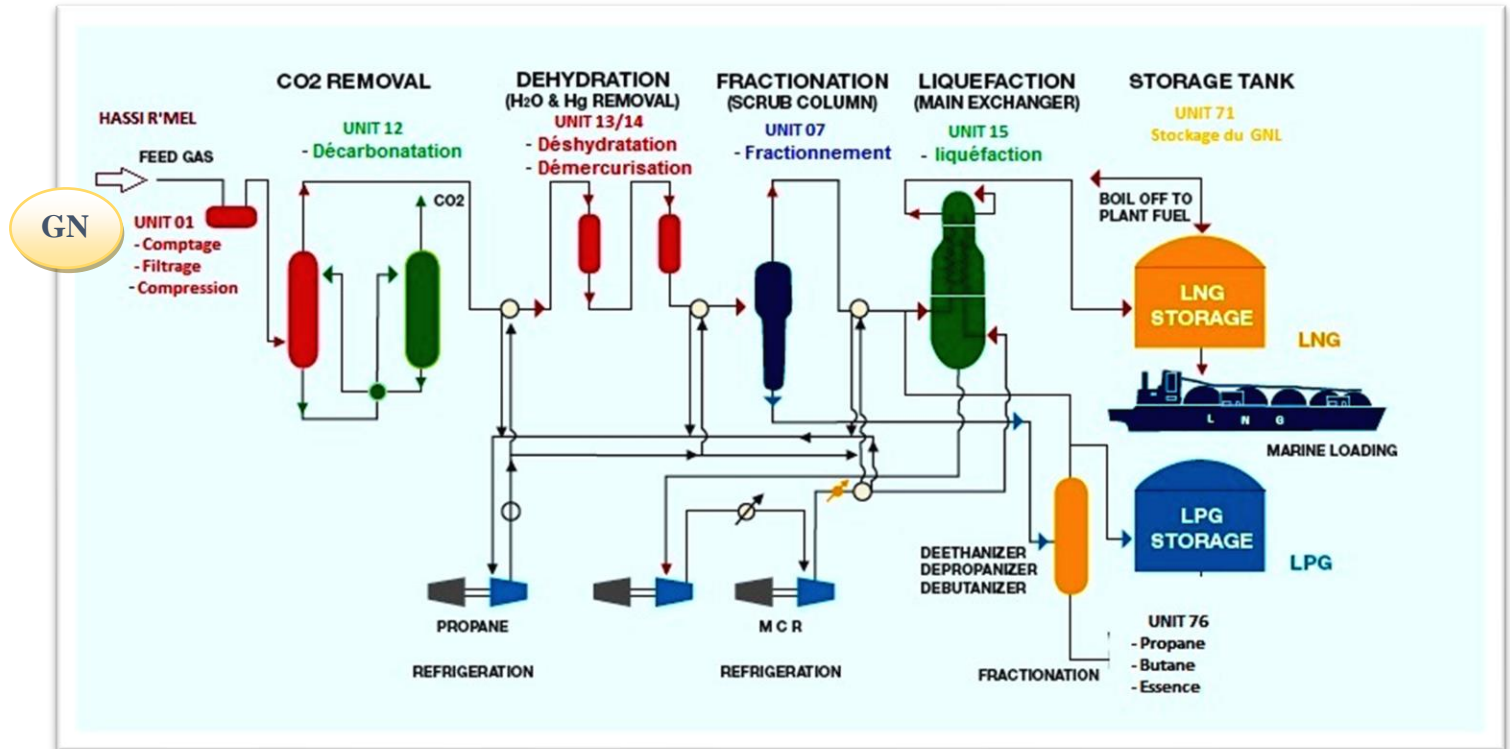


Figure I.3 Schéma de procédé fonctionnel.

I.7.1. Unité 01 (conditionnement) :

Cette unité a pour objectif de conditionner le GN en passant par les étapes suivantes :

I.7.1.1. Comptage du gaz :

Le rôle du système de comptage est le calcul en temps réel de la quantité du gaz entrante au niveau du nouveau train de GNL ainsi que l'analyse de sa composition chimique.

I.7.1.2. Filtrage du gaz :

Le rôle des filtres est de retenir les particules solides et liquides contenues dans le GN (Figure. I.4), pour éviter le phénomène du moussage au niveau de l'unité de décarbonatation.

I.7.1.3. Compression du gaz d'alimentation :

Augmenter la pression du GN entrant au Train de GNL de 42 bars à 66 bars pour faciliter sa liquéfaction et diminuer la consommation d'énergie. [3]

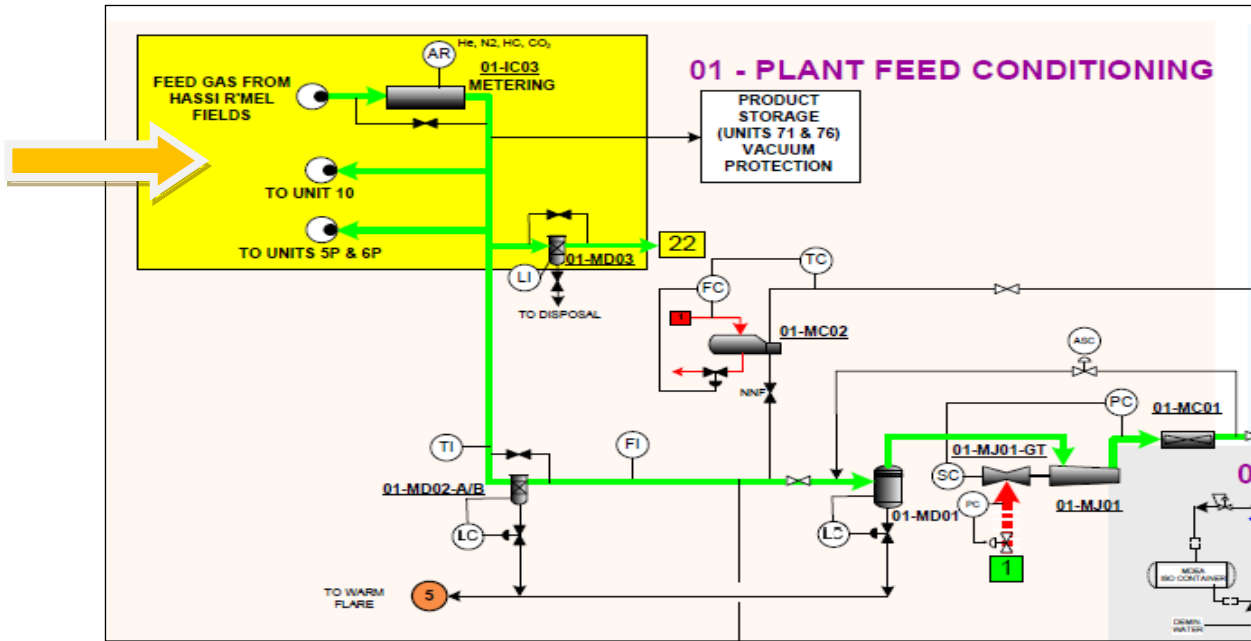


Figure. I.4 Unité 01

I.7.2. Unité 12 / 13 / 14 (traitement de gaz) :

Avant de passer à l'unité de liquéfaction, le gaz naturel doit subir trois traitements pour être débarrassé des trois éléments nuisibles au fonctionnement des équipements à savoir le CO₂ (Unité 12 - figure I.5) au moyen du solvant, l'eau (Unité 13 - figure I.5) au moyen de l'alumine et le mercure (Unité 14). Ceci est réalisé au niveau des unités de Décarbonatation, Déshydratation et Démercurisation. [3]

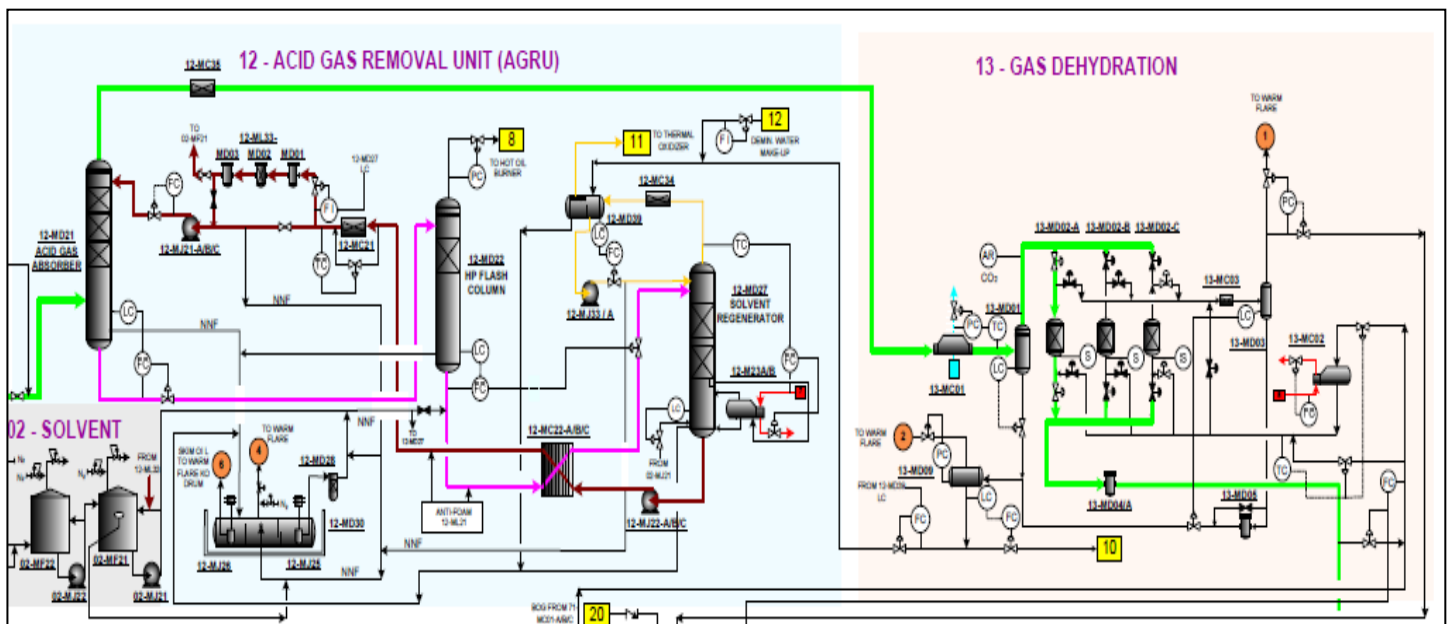


Figure I.5 Unité 12/13

I.7.3. Unité 15 (liquéfaction) :

On liquéfie un gaz en abaissant sa température ou en augmentant sa pression, dans la pratique, pour liquéfier le gaz naturel, on combine les deux méthodes.

L'extraction de la chaleur est obtenue par le biais d'un fluide réfrigérant que l'on aura auparavant refroidi par "auto réfrigération". Ce réfrigérant est par la suite circulé à contre-courant dans un échangeur cryogénique (figure .I.6) où il va extraire la chaleur contenue dans le gaz naturel.

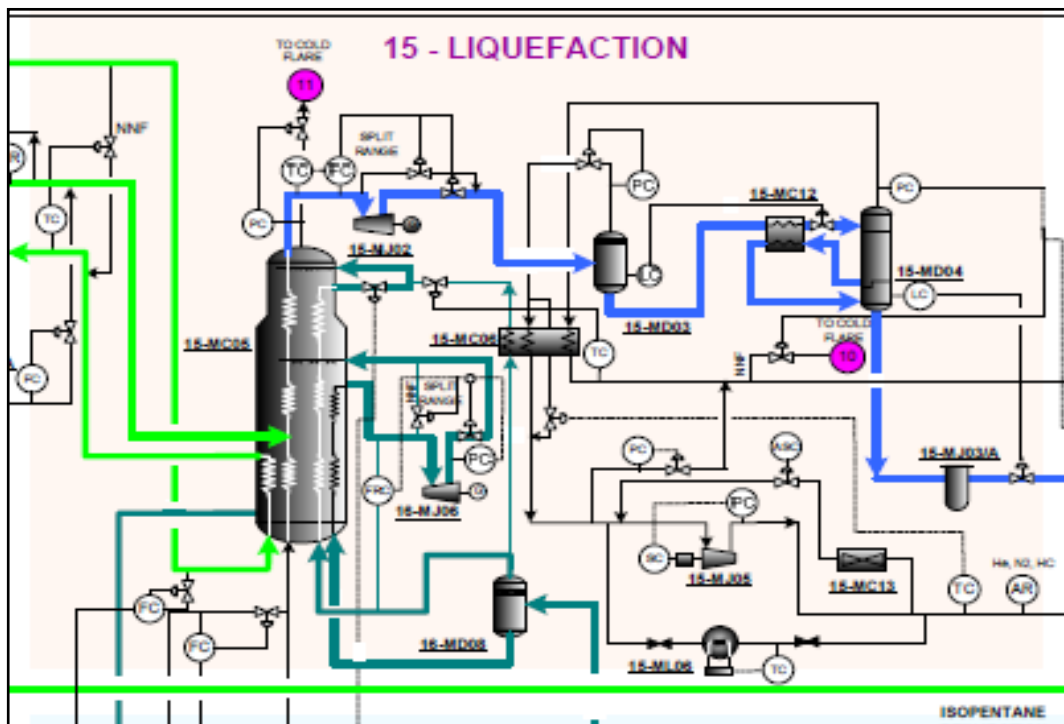


Figure I.6 Unité 15

Le Procédé de liquéfaction utilisé est le procédé BASF de APCI (Air Product and Chemicals Incorporation) qui consiste principalement en :

- ❖ **Une boucle de réfrigération (pré-refroidissement) au propane comprenant :**
 - Un compresseur de propane à 4 étages.
 - Une batterie d'évaporateurs.
 - Une batterie d'aéroréfrigérants.
- ❖ **Une boucle de réfrigération au réfrigérant mixte obtenu à partir du gaz naturel comprenant :**
 - Un compresseur de MR à 3 étages.
 - Une batterie d'évaporateurs.
 - Une batterie d'aéroréfrigérants.

- ❖ Une boucle externe de réfrigération au propane comprenant :
 - Un compresseur de propane à 4 étages.
 - Une batterie d'évaporateurs.
 - Une batterie d'aéroréfrigérants.
- ❖ Un échangeur principal de type bobiné pour la liquéfaction.

Remarque :

- ✓ L'eau de mer, utilisée comme agent réfrigérant dans les procédés "classiques" est remplacée par l'air ambiant, ceci par le biais d'aéro-réfrigérants.
- ✓ Le Nouveau Train de GNL n'utilise pas l'eau de mer (sauf pour le maintien de la pression du réseau incendie).
- ✓ Le nouveau Train de GNL n'utilise pas la vapeur, elle est remplacée par de l'huile dans les échangeurs de chaleurs.
- ✓ Le nouveau train est une installation autonome dans la mesure où son fonctionnement n'interférera pas avec le fonctionnement des trains existants du complexe GL1K.

I.7.4. Unité 07 (fractionnement) :

Son but est de séparer les constituants dits " lourds" du gaz naturel (figure I.7), ceci afin de respecter les spécifications commerciales du GNL. Ces constituants sont :

- L'Ethane.
- Le Propane.
- Le Butane.
- La Gazoline (C_5^+). [3]

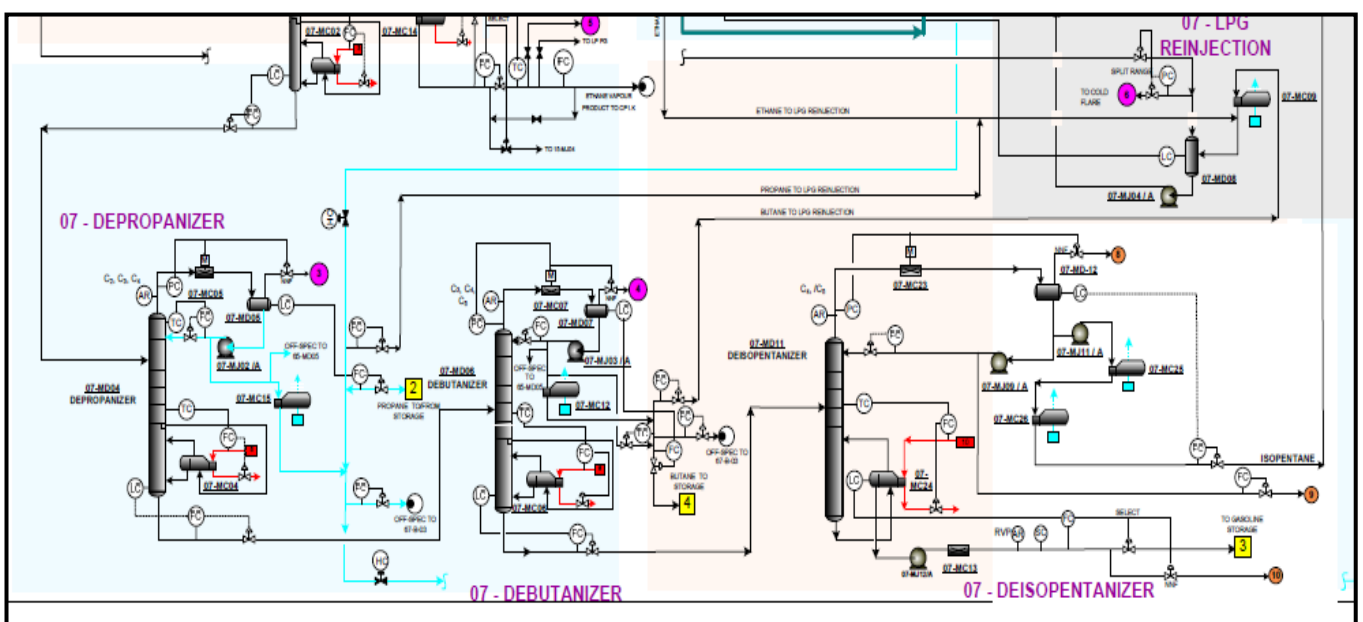


Figure I.7 Unité 07

I.7.5. Unité 71/76 (stockage et chargement) :

Le but de cette unité est de :

- Stocker le **GNL** produit à partir du Nouveau Train et chargement de méthanier de **GNL (Unité 71)**.
- Groupe de stockage et réfrigération de **Propane/Butane/Essence (UNIT 76)**.
- Le boil-off généré durant le stockage sera repris par les compresseurs de **BOG** puis renvoyé vers le réseau Fuel Gas du Nouveau Train de GNL.

I.7.6. Les autres unités connexes de GL2K (les utilités) :

Ces installations fournissent les utilités nécessaires au fonctionnement du Nouveau Train de GNL.

❖ Unité 51 Production de L'énergie électrique :

- Cinq Générateur Diesel d'une puissance unitaire de 1,8 MW ; Ces équipements servent à fournir l'énergie électrique nécessaire pour le démarrage et pour l'arrêt sécurisé des installations.
- Cinq turbos générateurs (turbines à gaz entraînant des alternateurs) d'une puissance unitaire de **25 MW** ; ils servent à fournir l'énergie électrique pour le nouveau Train de GNL et pour le complexe existant (GL-1/K).
- Six sous stations pour la distribution électrique.

❖ Unité 56 (production d'air instrument et d'air service) :

- Trois compresseurs d'une capacité unitaire de 3300 Nm³/heure, munis d'une batterie de sècheurs et de ballons de recette associés.

Cette unité produit de l'air instrument sec pour les besoins de l'instrumentation (vannes, positionneurs, ...etc.) ainsi que de l'air service non séché pour les besoins utilitaires des installations (nettoyage par exemple).

❖ Unité 71/65 (Le système torche et brulot) :

- Une torche recevant les effluents gazeux des unités du Nouveau Train de GNL et du complexe existant.
- La hauteur de cette torche est de 150m. Elle est montée sur un seul derrick comprenant 3 futs (2 pour le Nouveau Train et 1 pour les unités existantes de GL-1/K).

- Une torche basse pression (torche confinée) recevant le boil-off du nouveau Train de GNL et du complexe GL-1/K qui ne peut pas être repris par les compresseurs du BOG.
- Un brûlot recevant les liquides torchés à partir du Nouveau Train de GNL et du complexe existant. [3]

I.8.Conclusion :

Le complexe GL2K est l'un des principaux pôles Hydrocarbures d'Algérie. Dans ce chapitre on a présenté ce qui nous intéresse concernant le complexe GL2K. Sa mission principale est de liquéfier le gaz naturel (GN) car son transport par méthanier nécessite une réduction considérable son volume. Afin de garantir la présence de la marchandise on utilise des bacs de stockage, ces derniers sont constamment surveillés en utilisant des capteurs de niveau qui son l'objet du prochain chapitre.

Chapitre II

Mesure de niveau

II.1. Introduction :

L'optimisation de la gestion du stockage de liquides et donc de la mesure de niveau est une problématique présente sur bon nombre de sites industriels. Que ce soit du stockage de matières premières, de produits finis, voire de déchets de production en attente de traitement, la mesure de niveau continue devient indispensable. A cela il faut encore ajouter les exigences de productivité, de traçabilité ou encore de sécurité des personnels et de protection de l'environnement qui font que l'industriel a besoin de savoir à chaque instant ce qu'il a précisément dans sa cuve. [1]

Rappelons que les quatre grandes catégories de mesure sont :

- la pression (Pressure).
- le niveau (Level).
- le débit (Flow).
- la température (Température).

Ce chapitre présente les diverses approches utilisées pour mesurer le niveau ainsi que les calculs nécessaires pour sélectionner le bon équipement.

II.2. Mesure de niveau :

II.2.1. Définition :

En physique, le niveau correspond à la distance entre la surface d'un liquide et le fond du réservoir le contenant (figure. II.1).

Le contrôle de niveau est utilisé dans de nombreux et divers domaines, afin de connaître l'état de remplissage de récipients, c'est-à-dire le niveau qu'y atteint le produit présent.

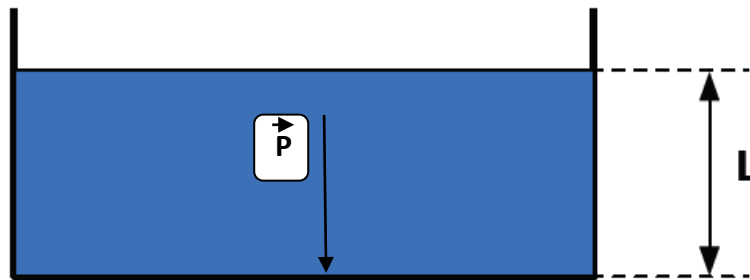


Figure II.1 : le niveau

Pour un liquide homogène donné, la pression relative en fond de réservoir est proportionnelle au niveau de celui-ci. La mesure de cette pression nous informe directement sur le niveau de liquide, mais dépend de la masse volumique du liquide. Dans la figure II.1 on a la relation suivante :

$$P(Pa) = \rho(kg/m^3) \times g(m/s^{-2}) \times L(m)$$

P : pression relative ; **g** : la gravité

ρ : masse volumique ; **L** : la distance entre la surface d'un liquide et le fond du réservoir.

II.3. Méthodes de mesure de niveau :

Il existe plusieurs méthodes de mesure de niveau sur de multiple principe de mesure, applicables aussi bien en mesure continue qu'en détection de seuil. Dans l'industrie et plus précisément à SONATRACH, on trouve les méthodes suivantes :

- Méthodes hydrostatiques.
- Méthodes électriques.

- Ondes acoustiques.
- Absorption de rayonnement gamma.

II.3.1. Méthodes hydrostatiques :

Les méthodes hydrostatiques concernent toutes les mesures de niveau dont l'information fournie est une fonction continue de la hauteur de liquide.

Les premières méthodes de mesure et contrôle de niveaux de liquides sont fondées sur les propriétés hydrostatiques des liquides (pression hydrostatique, poussée d'Archimède).

On distingue six principes de mesure :

II.3.1.1. Niveau à Glace :

Basé sur le principe des vases communicants, un tube transparent est connecté à un réservoir, la position visible du liquide dans le tube indique le niveau à l'intérieur du réservoir (Figure II.1).

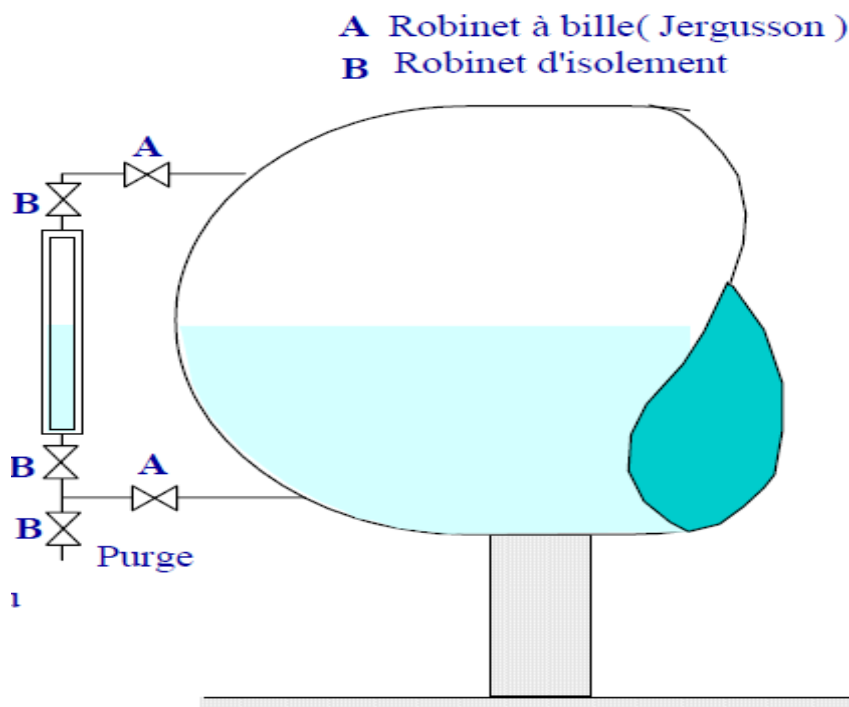


Figure II.2 : Niveau à glace

II.3.1.2. Le flotteur :

Il se maintient à la surface du liquide, il est rendu solidaire d'un capteur de position qui délivre le signal électrique correspondant au niveau. La mesure s'apparente ensuite à la mesure d'un déplacement ou la détection d'une position.

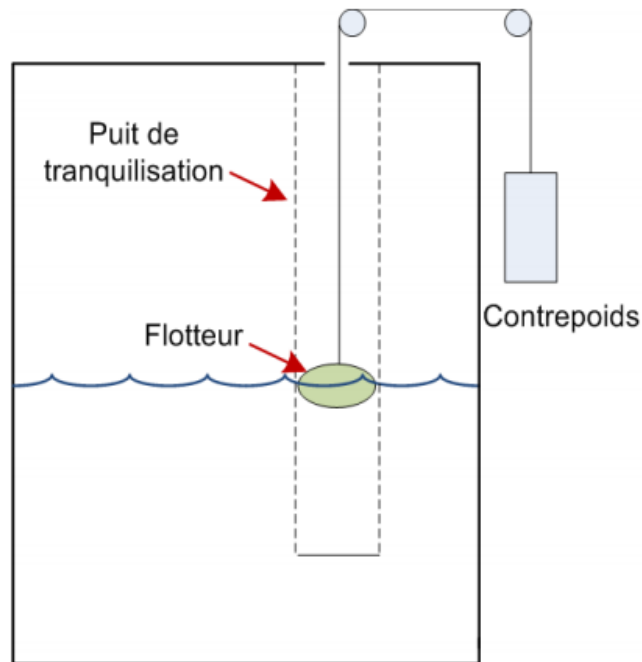


Figure II.3 : Le flotteur

- ✚ **Domaine d'utilisation :** C'est une technologie qui convient mal aux liquides très visqueux susceptibles d'adhérer aux parois du flotteur, modifiant ainsi son poids et par conséquent sa profondeur d'immersion. Ils sont utilisables aussi bien dans les réservoirs ouverts, fermés, sous pression qu'en extérieur sur les puits, canaux... La mesure peut être faussée lorsque la densité du fluide varie gamme de mesure : 10 mm à plusieurs mètres (30 m) précision : 0,5 à 5% de l'étendue de mesure.

Le cas le plus répandu est celui des détecteurs de niveau par transmission magnétique. La transmission est assurée par un système aimant permanent/interrupteur à lame souple (ILS). L'aimant permanent est solidaire du flotteur ou même contenu dans celui-ci. La position du contact est généralement réglable. Pour un montage vertical, le flotteur est guidé par un tube.

II.3.1.3. Le plongeur :

C'est un cylindre immergé dont la hauteur est au moins égale à la hauteur maximale du liquide dans le réservoir. Le plongeur est suspendu à un capteur dynamométrique qui se trouve soumis à une force F (poids apparent), qui est fonction de la hauteur h du liquide.

$$F = P - r \times g \times h \times S$$

$r \times g \times h \times S$: poussée d'Archimède s'exerçant sur le volume immergé du plongeur

S : aire de la section du plongeur

P : poids du plongeur

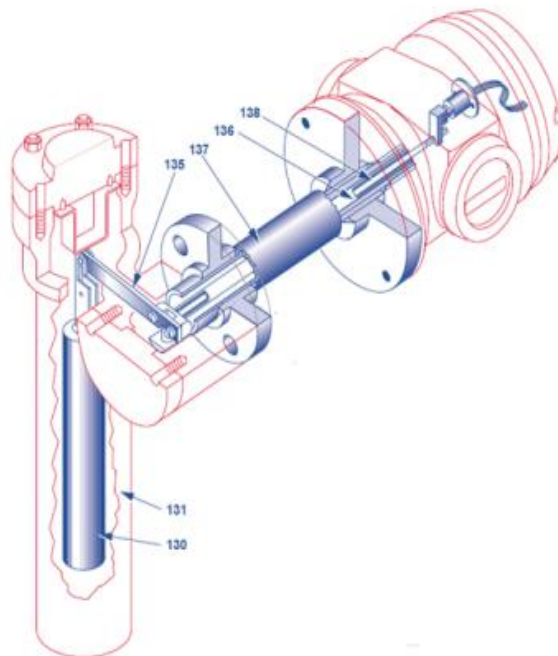


Figure II.4 : Le plongeur

✚ **Domaine d'utilisation :** Comme les dispositifs à flotteur, les dispositifs à plongeur utilisent le principe d'Archimède. Le plongeur subit de la part du liquide, une force qui est dépendante du niveau d'immersion. Le plongeur de forme cylindrique est peu sensible aux oscillations de niveaux autour d'un point d'équilibre. Il convient aux liquides très visqueux gamme de mesure : 30 cm à 6 mètres maximum précision : de l'ordre de 0,5%.

II.3.1.4. Le palpeur électromagnétique :

Il est constitué d'un contre poids suspendu à l'extrémité d'un câble. Un moteur permet de dérouler ce câble jusqu'à l'obtention que le contre poids entre en contact avec ce liquide.

A cet instant, la tension du câble se relâche actionnant un commutateur qui inverse le sens de rotation du moteur. Durant la descente du palpeur, des impulsions sont générées à intervalles réguliers. Le comptage des impulsions permet l'obtention du niveau.

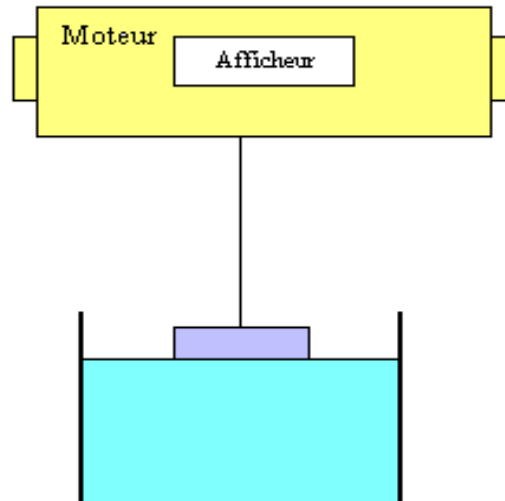


Figure II.5 : Le plongeur électromagnétique.

- ✚ **Domaine d'utilisation** : utilisés pour les installations sur canal ouvert, réservoir de stockage de raffinerie. Ils sont plus coûteux que les dispositifs à flotteur ou à plongeur. Ils portent également le nom de sondes affleurantes.
- ✚ **Gamme de mesure** : jusqu'à 50 mètres
- ✚ **Précision** : de l'ordre du millimètre.

II.3.1.5. Le capteur de pression :

Il mesure :

- La pression relative au fond du réservoir quand celui-ci est ouvert à l'air libre, cette pression est l'image du niveau h du liquide $P = r \cdot g \cdot h$
- La pression différentielle quand le réservoir est fermé et sous pression.

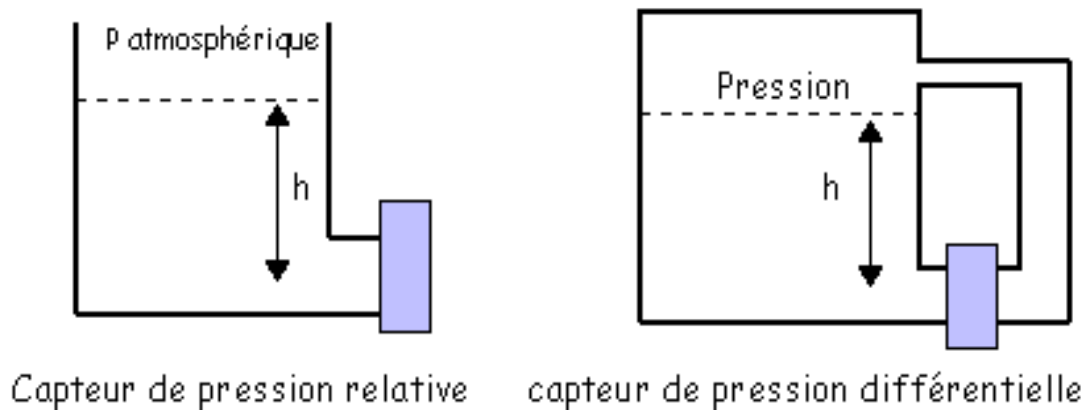


Figure II.6 : Le capteur de pression

- ✚ **Domaine d'utilisation :** cette technique est utilisable au quasi-totalité des liquides : toutes viscosités, neutres ou corrosifs, chargés ou non, inflammables ou non. Toutefois l'indication délivrée est directement proportionnelle à la densité du fluide. Toute variation de densité fausse la mesure. Utilisation dans une large gamme de la température ambiante -20 à + 80 °C et de liquide (< 120 °C) ainsi que de pression hydrostatique (<25 bars)
- ✚ **Gamme de mesure :** depuis 0 à 25 mbar et jusqu'à 25 bars
- ✚ **Précision :** 0,5 à 1 % de l'étendue de mesure selon la technologie employée

II.3.1.6. Le capteur à bulle :

Pour mesurer la pression, on peut utiliser un système à bulle.

Le système comporte :

- Une canne d'injection ;
- Un manomètre mesurant la pression d'air de bullage (PE) ;
- Un contrôleur de débit visuel (dit bulleur) (FT) ;
- Un régulateur de débit (FIC) ;

Le régulateur agit de manière à avoir un débit très faible. Ainsi, en négligeant les pertes de charges, la pression mesurée est la pression en bout de canne. P fournit donc une mesure du niveau L.

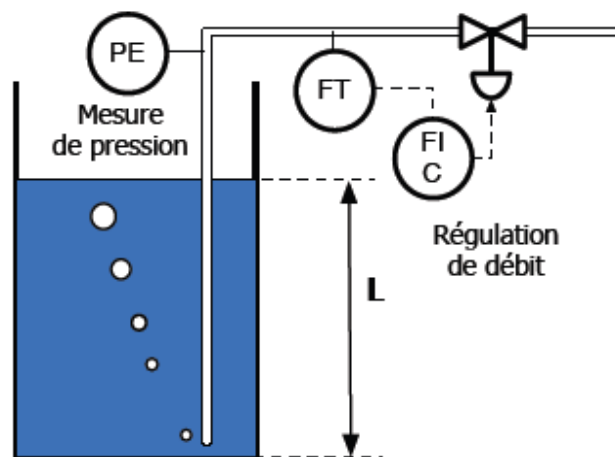


Figure II.7 : Le capteur à bulle.

- ✚ **Domaine d'utilisation :** mesure des hauteurs de liquide jusqu'à 1,5 m de hauteur d'eau environ. Le système est sensible aux obturations dues aux MES et aux modifications de la température
- ✚ **Précision :** 2 % environ.

II.3.2. Méthodes électriques :

Ce sont des méthodes employant des capteurs spécifiques, c'est à dire traduisant directement le niveau en signal électrique. Leur intérêt réside dans la simplicité des dispositifs et la facilité de leur mise en œuvre.

II.3.2.1. Sondes conductrices :

Elles ne conviennent que pour les produits conducteurs (liquides, pâtes, granuleux...), ne sont pas sujettes à l'usure et permettent la détection d'un niveau haut, bas ou intermédiaire. Ces sondes sont dotées d'une ou plusieurs électrodes selon les modèles.

Chaque électrode est installée par un passage étanche de telle sorte que leur extrémité inférieure se situe au niveau à détecter. Elle doit être isolée électriquement de la masse du réservoir quand il est métallique. Dès que le liquide touche une électrode, il met à la masse un circuit alternatif basse tension. La masse est constituée soit par le réservoir métallique, soit par une deuxième électrode quand le réservoir n'est pas métallique.

Le faible courant parcourant l'électrode est d'amplitude proportionnelle à la longueur d'électrode immergée et suffit à actionner un relais. On utilise une basse tension alternative afin d'éliminer tout risque d'électrolyse du liquide.

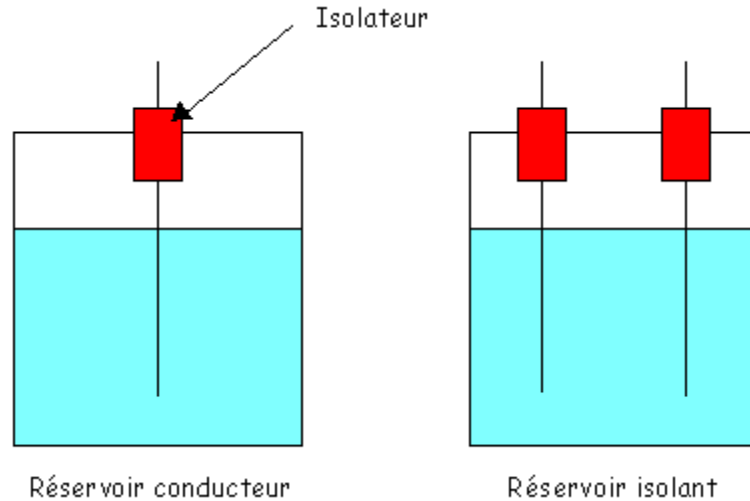


Figure II.8 : Sonde conductrice.

✚ **Domaine d'utilisation :** liquides conducteurs de conductance minimale $25 \mu\text{A/V}$ entre électrode et masse. Les températures sont comprises entre -200 et 250°C au niveau de l'électrode. La pression de service peut être élevée jusqu'à 160 bars. Ce principe est déconseillé dans les milieux agressifs et pour les fluides contenant des graisses ou des huiles qui peuvent former des dépôts non conducteurs sur les tiges des électrodes.

II.3.2.2. Sondes capacitives :

Elles sont d'un emploi plus répandu que les précédentes et fonctionnent à l'aide d'une électrode plongeante dans le réservoir.

Pour les produits isolants (huile, pétrole...) la sonde est constituée d'une tige métallique isolée du réservoir. Quand la sonde est découverte, le diélectrique est alors l'air ambiant (constante diélectrique = 1). En présence d'un produit isolant, la capacité du condensateur augmente sous l'effet de produits qui possèdent une constante diélectrique supérieure à 1. Cette variation de capacité est traitée pour actionner un relais ou fournir un signal de sortie proportionnel au niveau du produit.



Figure II.9 : Sondes capacitives.

II.3.2.3. Détection :

En détection, on peut, par exemple, placer une sonde courte horizontalement au niveau seuil. Un courant électrique d'amplitude constante apparaît dès que le liquide atteint la sonde

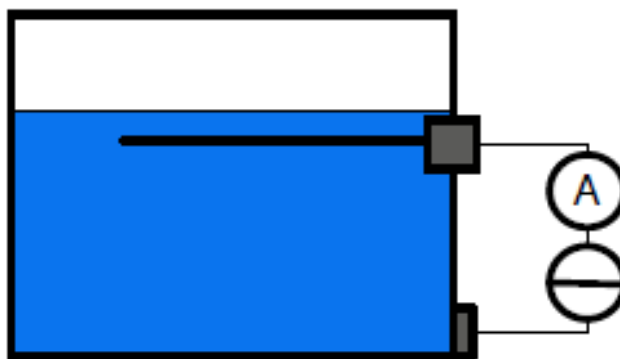


Figure II.10: Détection.

✚ **Domaine d'utilisation :** Il est utilisable uniquement avec des liquides conducteurs (conductance minimale de l'ordre de 50 S), non corrosifs et n'ayant pas en suspension une phase isolante (huile par exemple).

La pression est comprise entre le vide et 160 bar et une température comprise entre -200°C et 250°C.

II.3.3. Ondes acoustiques :

Elles permettent notamment des mesures sans contact avec le produit ce qui constitue un gros avantage.

II.3.3.1. Sondes à ultrasons :

Le principe est basé sur l'émission d'une onde ultrasonore réfléchiée sur la surface de l'eau. On capte l'écho et on mesure le temps de parcours. Le temps de parcours est indépendant de la nature du fluide et de la pression. Il faut toutefois respecter une zone dite " morte " à proximité du capteur (30 à 60 cm selon les sondes).



Figure II.11 : Sondes à ultrasons.

II.3.3.2. Radars :

Le principe est similaire à celui des ondes à ultrasons, on utilise une onde lumineuse infrarouge. L'avantage sur l'ultrason est que le procédé est indépendant de la température, du taux d'humidité et de poussière.

Le transducteur fonctionne successivement en émetteur et en récepteur. Il est placé au sommet du réservoir et émet dans un cône de faible ouverture l'onde qui après réflexion sur la surface du liquide retourne vers le transducteur qui les convertit en signal électrique.

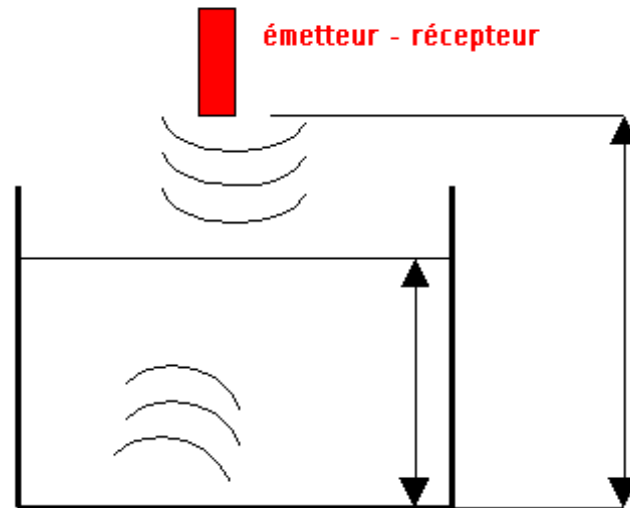


Figure II.12 : Le radar.

✚ **Précision** : 0,5 % de la distance mesurée, soit 5 à 10 mm dans la plupart des cas.

II.3.3.3. Sonde optique :

La sonde contient une diode électroluminescente (émetteur de lumière), un phototransistor (récepteur) et l'électronique correspondante. La sonde est constituée d'une pointe conique agissant comme un prisme. Le rayon émis par la diode située d'un côté de la tête de la sonde, est réfléchi vers le phototransistor situé de l'autre côté de la tête si le prisme est situé dans l'air. Le rayon est réfracté dans le liquide si la sonde est immergée.

✚ **Domaine d'utilisation** : liquide calme et non mousseux (huile, essence, pétrole, eau claire et boueuse, solutions aqueuses, alcool)

✚ **Gamme de mesure** : détection de niveau avec une précision de 2,5 mm, des pressions de 10 bars maxi et des températures de -20 à 80°C.

II.4. Absorption de rayonnement gamma :

La source et le détecteur sont placés à l'extérieur, de part et d'autre du réservoir ; cette disposition est particulièrement adaptée au cas de liquides très corrosifs ou sous haute pression ou à haute température. La source est un émetteur gamma. Le détecteur est soit une chambre d'ionisation soit un ou plusieurs tubes Geiger-Muller.

La Mesure est fiable et sans contact, indépendante des conditions de procédé variables comme la pression, la température, la viscosité, la corrosivité, ou des éléments internes (par ex. pales agitateur).

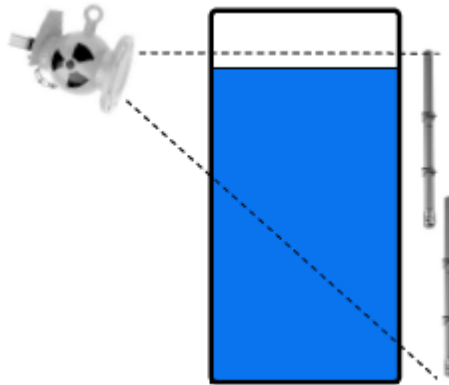


Figure II.13 : principe mesure avec rayonnement gamma.

Le blindage de la source est réalisé de façon qu'il y ait émission d'un faisceau avec un angle d'ouverture qui balaie la hauteur totale du réservoir d'une part et du détecteur d'autre part. La montée du liquide dans le réservoir réduit progressivement l'intensité de dose reçue par le détecteur dont le courant de sortie décroît donc de façon continue, à mesure qu'augmente le niveau. Pour les grands réservoirs ou relativement étroits, la source d'émission peut être montée à une plus grande distance du réservoir.

Dans ce cas, des mesures de sécurité supplémentaire sont nécessaires. Pour des étendue de mesure importante, plusieurs récepteurs peuvent être utilisés. L'emploi de deux sources peut être dicté non seulement pour des grandes étendues de mesure, mais encore par l'exactitude de la mesure.

II.4.2 Détection :

En détection de niveau, la source et le détecteur sont placés en regard, au niveau du seuil à signaler. La source convenablement colmatée émet vers le détecteur un faisceau étroit et de faible divergence, le détecteur est monté horizontalement. Selon que le niveau du liquide est supérieur ou inférieur au seuil, le faisceau est ou non atténué par le liquide, ce qui se traduit en un signal électrique binaire par le détecteur. [4]

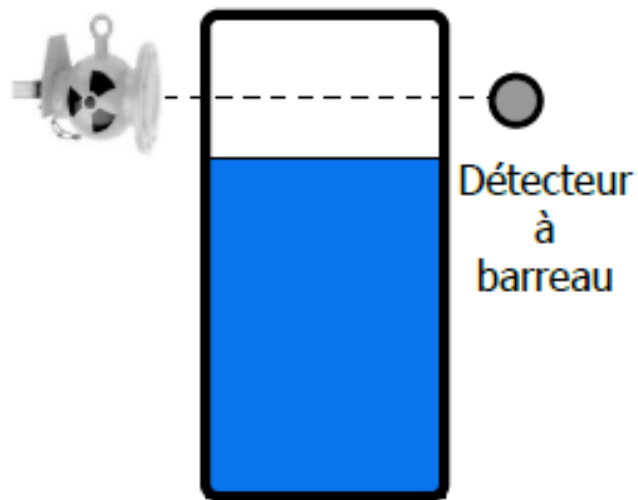


Figure II.14 : principe mesure avec rayonnement gamma (Détection).



Figure II.15 : Source radioactive.



Figure II.16 : Conteneur et collimateur pour la source de radiation.

II.4. Comparaison entre les différentes méthodes de mesure :

En peut faire la Comparaison entre les différentes méthodes de mesure de niveau dans le tableau suivant :

Tableau II.17. Comparaison entre les différentes méthodes

	Flotteur	Plongeur	Mesure de pression	Capteurs conductimétriques	Capteurs capacitifs	Ondes acoustiques	Radar	Absorption de rayonnement gamma
Standard très bien connu	++	++	++	++	++	-	-	-
Utilisable sur cuve synthétique	++	++	++	-	+	+	-	+
Insensible à la mousse	+	+	++	-	-	-	-	-
Indépendant du diélectrique	++	++	++	+	-	+	+	+
Indépendant de la densité	-	-	-	+	+	+	+	-
Économique	+	+	+	+	+	-	-	-
Facilité d'étalonnage	+	+	+	-	-	+	+	-
Pas de risque de bouchage ou d'encrassement	-	-	-	-	-	+	+	+
Sans maintenance	-	-	-	-	-	+	+	+
Montage économique	-	+	-	+	+	++	++	++
Pression maxi (bar)	4	4	350	50	50	3	64	1000
Température maxi (°C)	100	100	250	500	500	95	250	600

II.5. Conclusion :

Ce chapitre synthétise les résultats d'une comparaison entre les différents capteurs de niveau et leurs diverses utilisations dans l'industrie notamment la société Sonatrach. On s'est limiter à quelques principes, nous ne pouvons pas tous les citer, le prochain chapitre sera consacré au capteur WHESSO 1146 qui est du type jaugeage et qui est aussi l'objet de ce mémoire.

Chapitre III

Le système de jaugeage

WHESOE 1146

III.1. Introduction :

Parmi les méthodes de mesure de niveau dans le complexe GL2K, le système de jaugeage WHESSOE 1146 installé dans le bac de stockage 71-MF01 (unité 71), c'est un système très important pour connaître la quantité de GNL existant et celle produite par le complexe en temps réel.

Ceci (le niveau du GNL) est encore pris en compte pour assurer la sécurité du bac et dans la capacité de production du complexe (pour Augmenter ou diminuer la production). Ce servomoteur 1146 conçu pour les réservoirs réfrigérés au GPL et au GNL offre une solution précise pour mesurer le niveau, la température et la densité du gaz liquide. La servo-jauge 1146 est basée sur une combinaison de technologies brevetées de tête de détection et de bande perforée de précision.

L'électronique, les servomoteurs et les barrières I.S sont intégrés à l'intérieur d'un compartiment antidéflagrant séparé qui facilite un entretien facile.

III.2. Définition :

Le WHESSOE 1146 est une jauge de niveau, de température et de masse volumique (LTD) basée sur le concept de boîtier unique Whessoe.

La jauge LTD échantillonne 250 points de données pour créer un profil de température et de masse volumique détaillé et précis.

Les profils de masse volumique et de température permettent de détecter la stratification du liquide dans le réservoir. Il communique avec deux ports Mod-bus.

Le LTD possède une interface locale numérique affichant les données mesurées et les diagnostics.

Unité 71 : unité de stockage du GNL produit à partir du Nouveau Train et chargement de méthanier de GNL. [5]

III.3. Diagramme synoptique du bac GNL (unité 71) : [5]

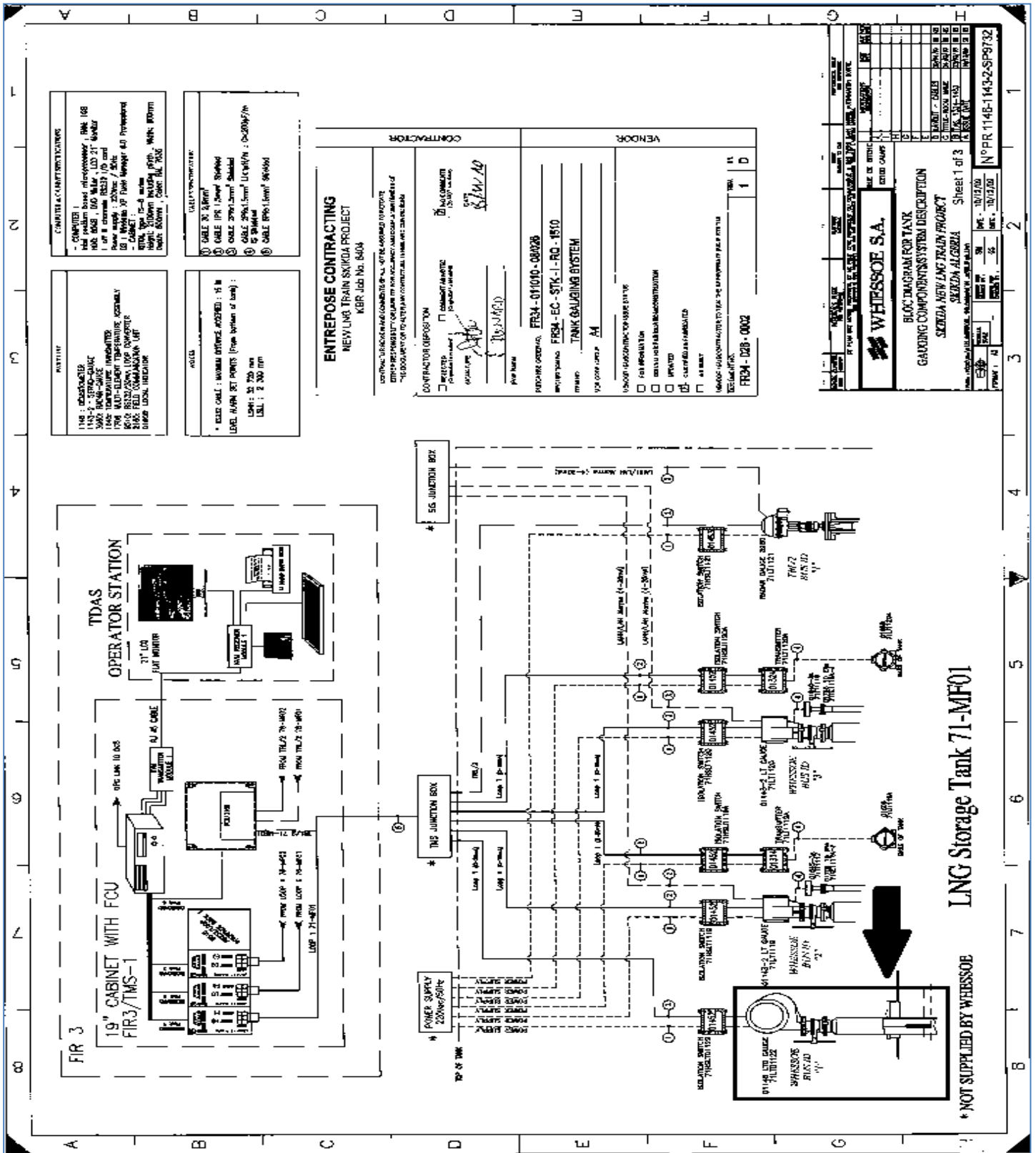


Figure III.1 : Diagramme synoptique du bac GNL

III.4. Montage sur le bac GNL :

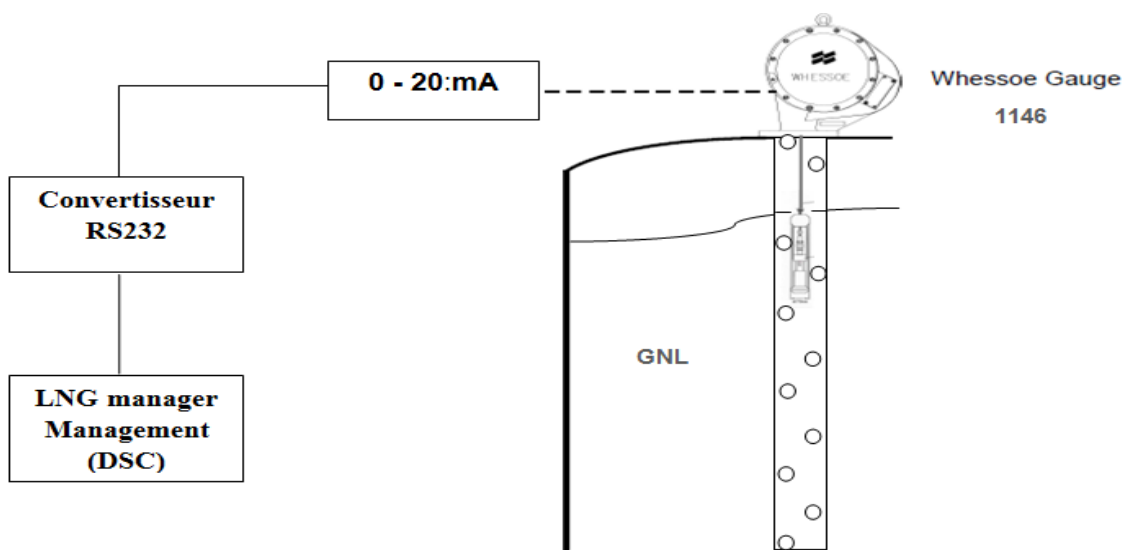


Figure III.2 : Montage sur le bac GNL [5]

III.5. Principe de Fonctionnement :

La mesure du niveau est effectuée par détection à la surface du liquide (GNL) grâce au palpeur contenu dans la tête de détection, un ruban multiconducteur, gainé de PTFE, permet à l'électronique située dans le corps du jaugeur de mesurer la valeur du capteur de niveau de la tête de détection.

Ce ruban, perforé tous les 50mm, passe sur une roue à picots qui, par un accouplement magnétique, entraîne un codeur absolu donnant fidèlement, à tout instant, la position de la tête de détection dans le réservoir. [6]

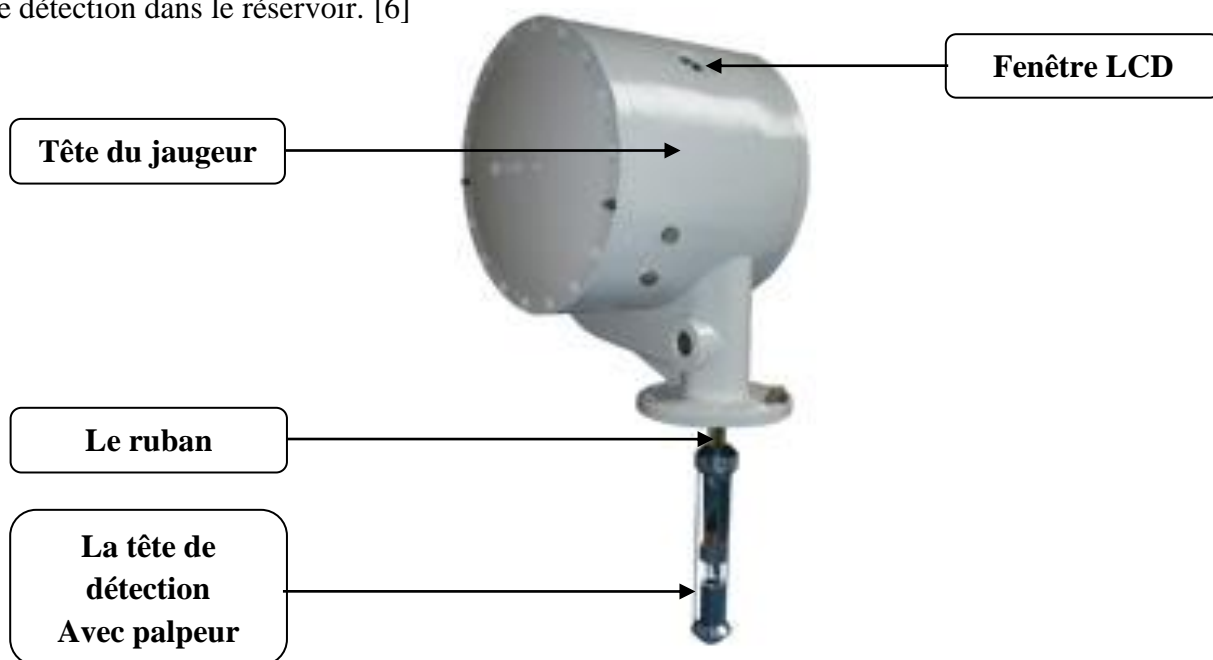


Figure III.3 : Whesoe 1146 (image [7])

III.6. Description du Matériel : [6]

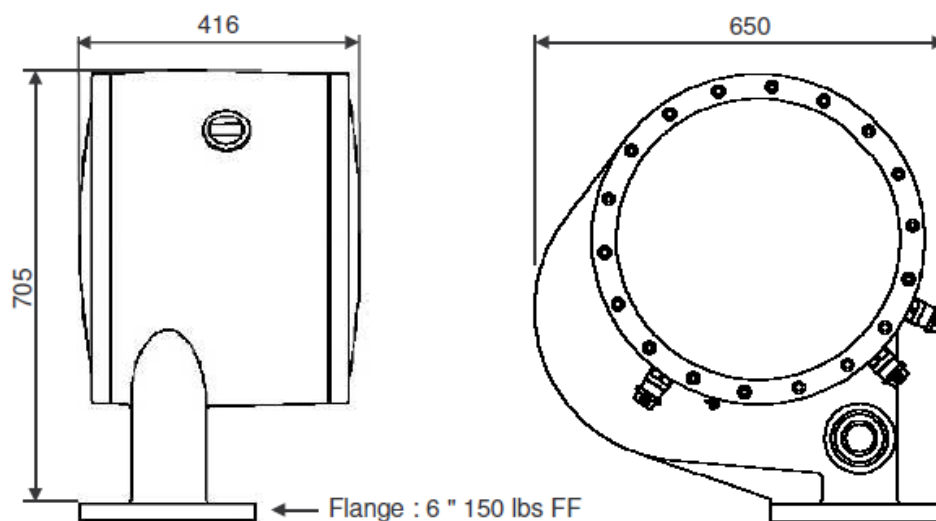


Figure III.4 : La tête de Whessoe 1146

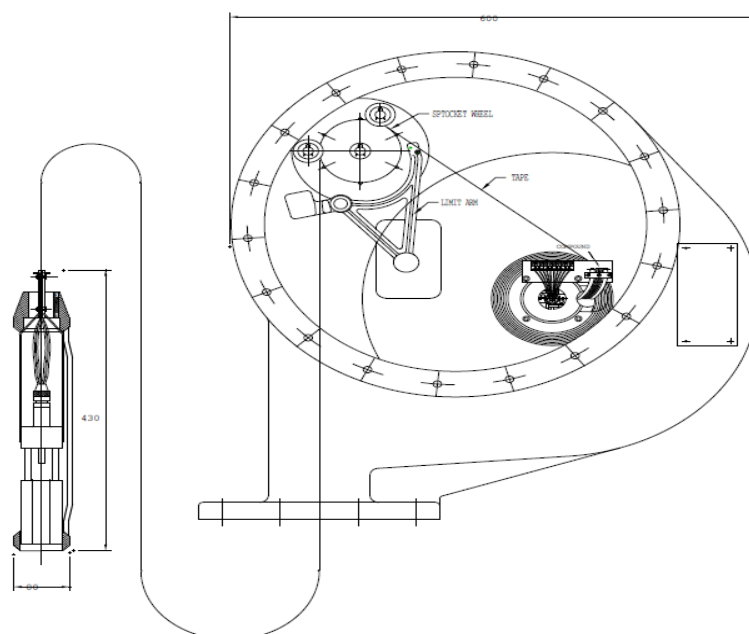


Figure III.5 : Whessoe 1146

L'équipement comprend une installation 1146 de servo-jauge de base :

- ✚ **-Tête de jauge :** Contenant une fenêtre LCD, 2 paquets électroniques, un tambour (avec une bande en acier inoxydable perforé revêtu PTFE), un moteur à courant continu et une unité à anneau de sécurité.

✚ -**Tête de détection** : Le 1145 supporte une tête de détection simple, sans électronique, capable de lire le niveau et la température et la densité de liquide (pt100, capteur de densité, palpeur, etc ...).

✚ - **une bande perforée.**

C'est un ruban perforé enduite de PTFE.

III.6.1. La tête de détection 1146 :

Le servomoteur intelligent WHESSOE, de densité, de température et de niveau est un compact capable de mesurer la densité, la température et le niveau par l'intermédiaire de sa tête de détection qui est maintenue à n'importe quel niveau dans le liquide ou à la surface du produit liquide par la bande en acier inoxydable enduit PTFE perforé.

La tête de détection est équipée de deux capteurs :

- **Un capteur de densité**
- **Un capteur de température [6]**

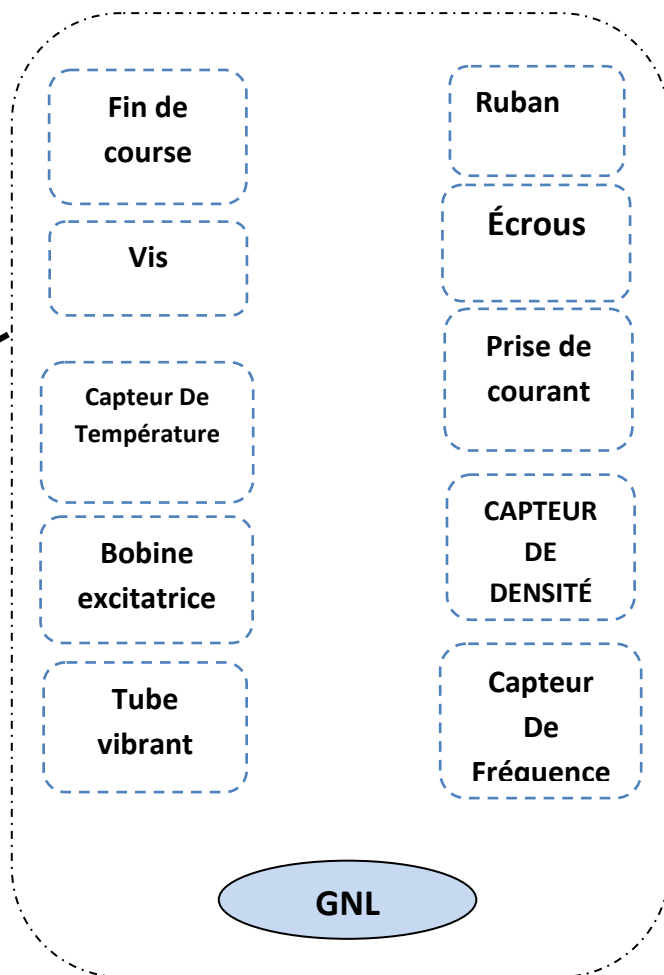


Figure III.6 : La tête de détection 1146 [5]

III.6.1.1. Principe de la lecture de niveau :

Le palpeur est solidaire d'un noyau en ferrite. Celui-ci fait varier la valeur d'une inductance selon les déplacements du palpeur (Figure III.7).

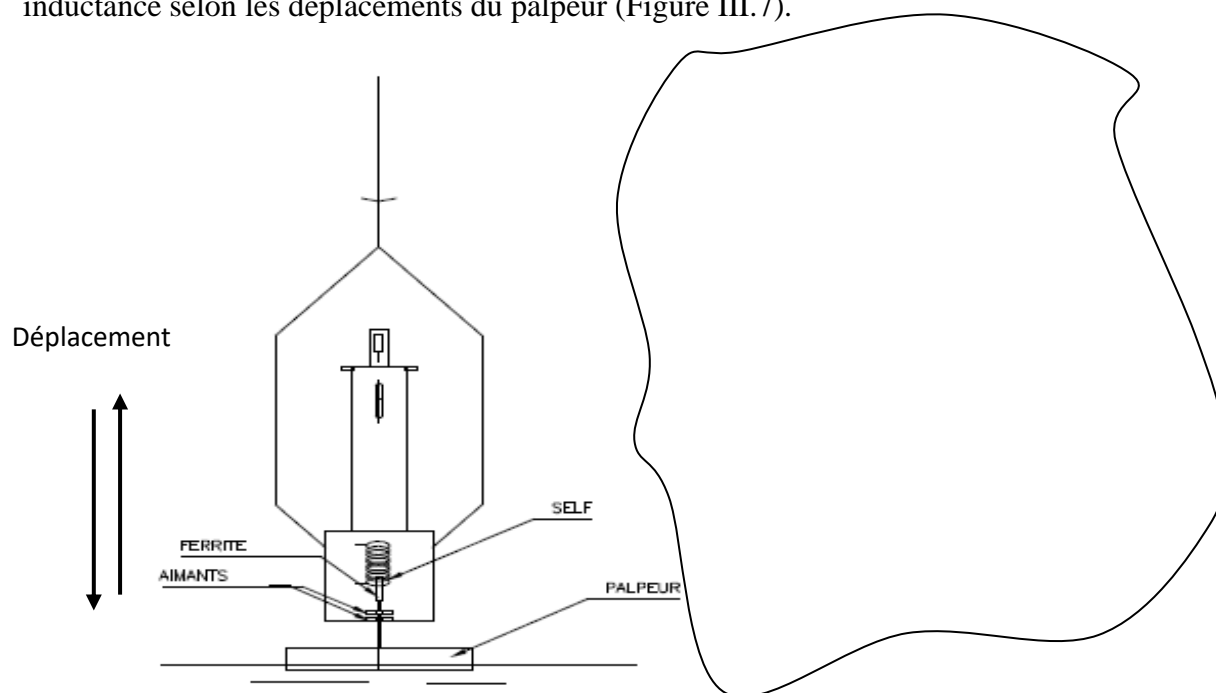


Figure III.7 : La tête de détection

Le flotteur et le noyau en ferrite sont tous les deux supportés par des aimants, donnant ainsi une très grande sensibilité à la tête de détection. (+/- 0.3mm). L'électronique contenue dans le jaugeur mesure de façon continue la valeur de la self et commande le moteur afin de maintenir la tête de détection à la surface du liquide. De plus, si la surface est constamment agitée, la tête de détection donnera le niveau moyen exact.

II.6.2. L'enceinte :

Le boîtier de jauge 1146 (Figure III.8) a été construit selon la norme IP67 et fournit une protection antidéflagrante pour les paquets électroniques, le moteur à courant continu, l'unité de bague collectrice et la lecture locale des données LCD. [6]



Figure III.8 : Le boîtier de jauge 1146 (image [7])

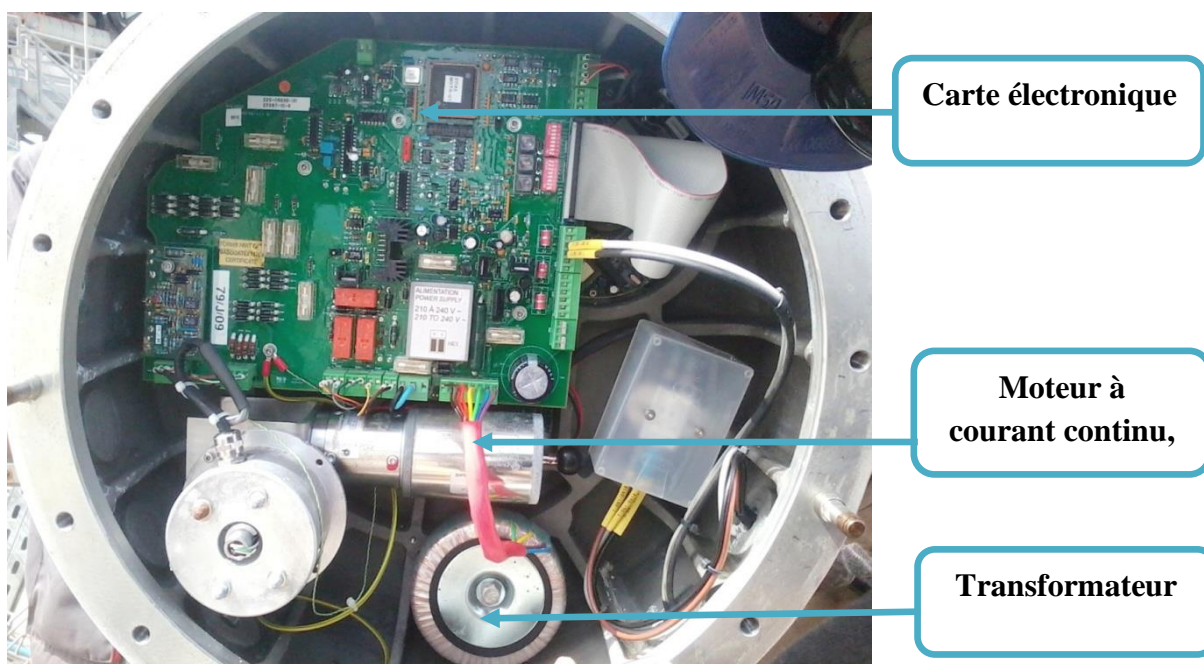


Figure III.9 : Les paquets électroniques [5]

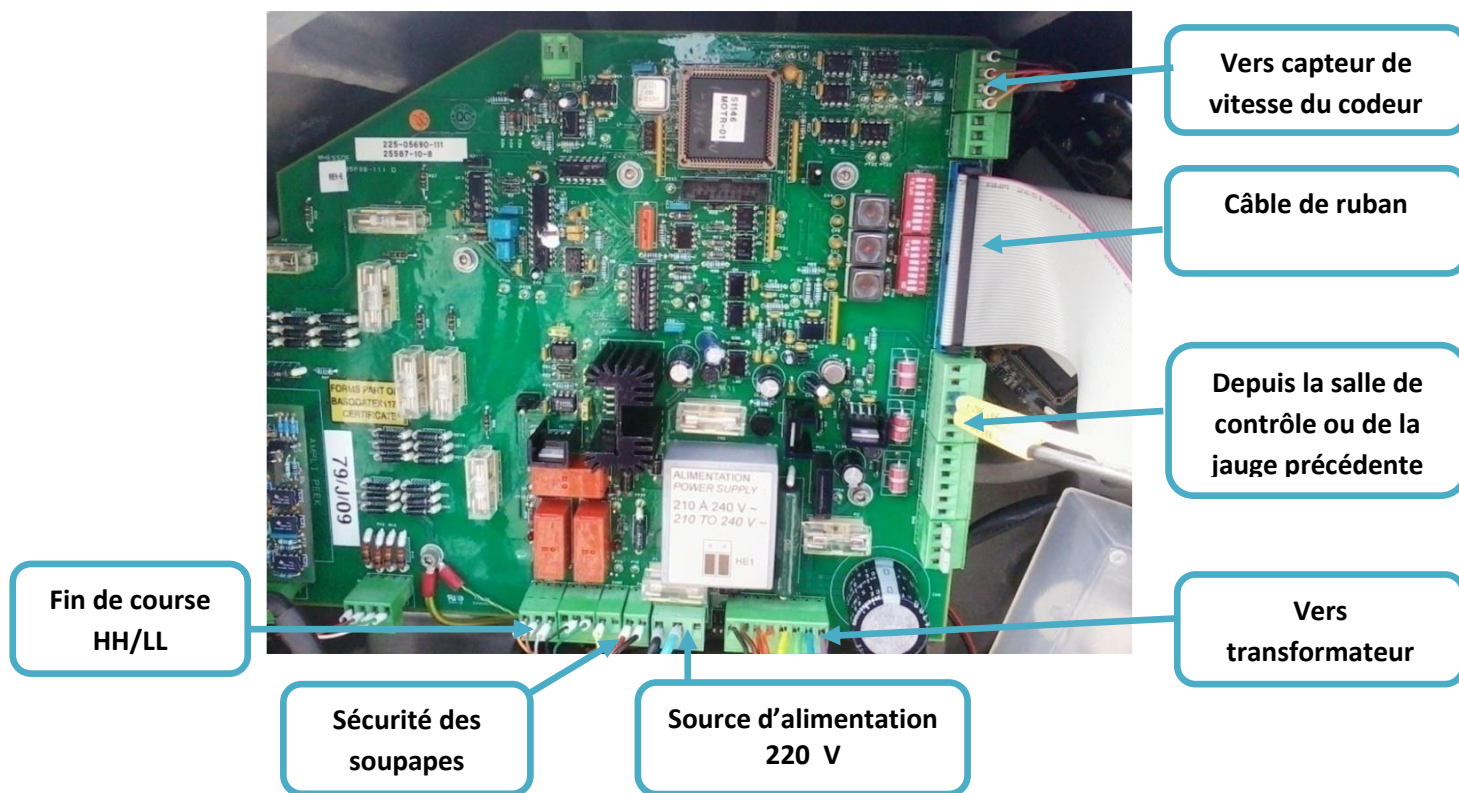


Figure III.10 : La carte électronique du jaugeur 1146 [5]

III.6.3. La bande perforée en acier inoxydable :

La bande est constituée d'un support perforé en acier inoxydable et de 8 fils de cuivre isolés, revêtus de PTFE. Deux paires de fils sont filtrées pour la connexion d'inductance de bobine ; Les quatre autres fils sont utilisés pour le raccordement de la résistance en platine. La bande est perforée tous les 50mm pour entraîner, sans glisser la roue dentée.

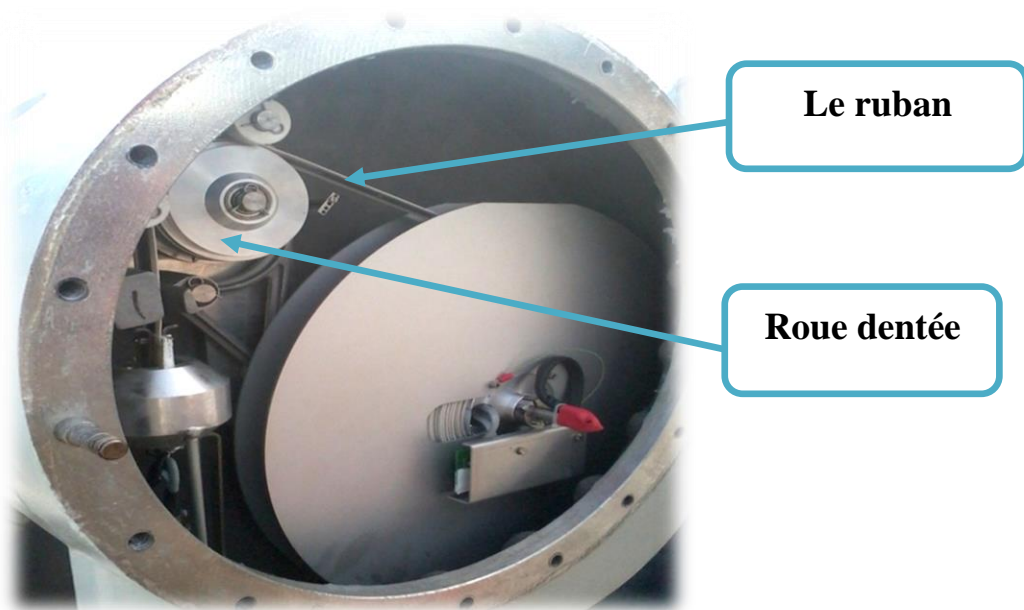


Figure III.11 : Le boîtier de jauge 1146. [5]

La bande entraîne la roue dentée avec un tour tous les 300mm. Le pignon prend en charge 3 aimants pour entraîner le site encodeur électronique dans le compartiment antidéflagrant.

III.7. Comment se passe la mesure de niveau dans le WHESSOE 1146 :

La mesure de niveau 1146 utilise un codeur absolu qui enregistre avec précision la rotation de la roue dentée, avec une révolution ayant lieu tous les 300 mm. Un compteur mécanique enregistre avec précision le nombre de tours effectués. La roue codée qui suit la roue dentée via un accouplement d'entraînement magnétique et donc tourne avec elle. Cette roue codée intègre des trous dont le niveau est codé en millimètres et en centimètres.

Tous les 10 centimètres de mouvement, un pignon de Genève provoque le mouvement d'un tambour décimètre. À son tour, tous les 10 décimètres ce tambour engage l'étape suivante, dont le code représente les mètres. Enfin, tous les 10 mètres, ce tambour engage le troisième et dernier tambour, dont le codage représente les décamètres.

Cet ensemble de quatre roues codées permet un codage absolu de 0 à 99,999 mm avec une précision de plus ou moins 1 mm. Ces codes sont signifiés par des trous ou des zones blanches sur fond noir, et sont lus par des capteurs optiques. Celles-ci ne touchent pas l'unité de mesure constituée des 4 roues en aucun point, assurant ainsi un minimum de friction. Le codage de chaque décennie est lu par 5 capteurs optiques uniformément répartis sur la zone encodée.

Le niveau est donc connu en lisant l'état de ces 25 capteurs optiques. Pour éliminer toute ambiguïté, inhérente à tout compteur à chiffres mouvants, chaque décennie est divisée en 30 parties égales, fournissant 30 codes différents par décennie. Deux codes inutilisés, sur les 32 codes possibles actionne un signal d'alarme s'ils sont lus; Cela peut se produire si l'un des capteurs est inutilisable.

Les 25 capteurs sont lus 3 fois par seconde pour afficher en temps réel le niveau affiché. En outre, lorsqu'un niveau est lu, il est toujours lu deux fois de suite et les deux lectures doivent être identiques pour être acceptées. Si tel n'est pas le cas, un message d'erreur s'affiche jusqu'à ce que l'égalité soit rétablie. Cette protection intervient lorsque le codeur se déplace à plus de 25 mm par seconde. Le WHESSOE 1146 capable aussi de mesure de la **densité** et la **température**

III.7.1. Principe de mesure de la densité :

La vibration d'une bobine immergée dans un liquide est fonction de la densité du liquide. La tête de détection supporte une bobine parfaitement libre dans une chambre ouverte en haut et en bas et deux inductances, des deux côtés de la bobine. Ces inductances sont reliées, par l'intermédiaire des fils de bande, à la carte de densité qui stimule et mesure la période de bobine. Le microprocesseur calcule la densité de cette période.

III.7.2. Principe de mesure de la température :

Une résistance de platine 100 Ohms à 0 ° C est fixée juste au-dessus de la bobine. Cette résistance est reliée, par l'intermédiaire des fils de la bande, à la carte moteur qui mesure la résistance. Le microprocesseur calcule la température à partir de cette valeur de résistance.

III.8. Configuration et réglage de la mesure de niveau :

La valeur affichée n'est pas correcte par rapport à une mesure effectuée à l'aide d'une jauge manuelle calibrée ; L'indicateur de niveau comporte deux moyens d'ajustement :

Le premier moyen consiste à effectuer un réglage approximatif en faisant tourner la roue dentée après avoir désengagé la bande. Le niveau peut ensuite être ajusté à plus ou moins 25 mm; Un réglage fin peut être effectué au moyen des commutateurs sur le circuit de bornier.

III.8.1. Configuration :

À l'allumage :

Si la tête de détection est connectée, la jauge entraîne la tête de détection vers le bas vers la surface du liquide ou vers le fond du réservoir suivant le mode utilisé.

Si la tête de détection n'est pas connectée, le moteur est arrêté. Pour configurer le mode, on se reporte à la vue générale du circuit imprimé du . On installe le lien ou on enlève la fonction du mode utilisé.

Mode Bas : La tête de détection est normalement arrimée au fond du réservoir.

Mode Surface : La tête de détection suit normalement la surface du liquide.

III.8.1.1. Initialisation de premier niveau :

- Nous assurons que la tête de détection est fixée à l'extrémité de la bande et le robinet à bille doit être fermé.
- Nous déplaçons le commutateur (Figure III.12) "LOCAL" MANU / AUTO de la carte de commande du moteur sur MANU, pour actionner manuellement le moteur.

- Pour commander le moteur, on doit pousser le bouton UP et DOWN par action brève.
- Il faut assurer que le moteur entraîne la bande dans les deux sens.
- Une action sur la touche STOP arrête le moteur
- Vers le bas de la tête de détection sur le dessus du robinet à tournant sphérique ;
L'affichage du niveau doit être $H + h$. Le niveau «H» est le niveau enregistré.
- Le niveau «h» est le niveau de décalage de la tête de détection.
- Pour afficher cette valeur il ya deux moyens de réglage :

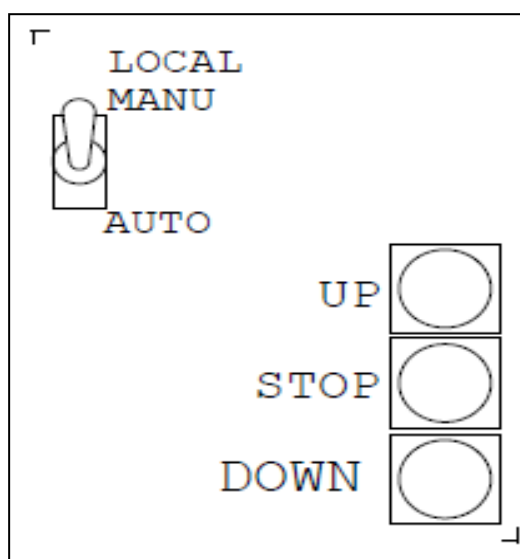


Figure III.12 : Mode commutateur

Le premier moyen consiste à effectuer un réglage approximatif en faisant tourner la roue dentée après avoir désengagé la bande.

Le niveau peut ensuite être ajusté à plus ou moins 25 mm; Un réglage fin peut être effectué au moyen des commutateurs sur le circuit de bornier. Le réglage fin est effectué avec les commutateurs DIP-OFFSET. Ces dip-switches offset ajoutent ou soustraient 0 à 63 mm de la lecture du codeur.

Lorsque le niveau affiché est correct, on fait monter la tête de détection. Il doit s'arrêter sur le bras limite.

- Il faut enregistrer ce niveau de haute limite = HLL
- On Répète le mouvement de la tête entre la vanne à bille et le bras limite. L'affichage doit être $H + h$ et HLL avec une tolérance de ± 1 mm.
- Si le résultat est correct, l'initialisation au premier niveau est terminée.
- Donc on enregistrera le niveau de logiciel élevé = HSL = HLL - 20mm

III.8.1.2. Réglage de la limite inférieure :

Lorsque l'initialisation de premier niveau est terminée, nous assurons que la tête de détection est fixée à l'extrémité de la bande.

- On Ouvre le robinet à bille.
- Conduire (mode manu) la tête de détection jusqu'au fond du réservoir ou à la plaque de référence.
- On Enregistrera ce niveau de limite inférieure = LLL.
- Notons la bande 2 trous justes après le bras limite.
- On déplace la bande vers le haut pour avoir accès à ce trou et connectons le support de limite inférieure à la bande.
- On Déplace vers le bas la bande pour contrôler le mouvement du bras limite. Il doit s'arrêter sur le bras limite. (Vers le bas de la bande désactiver la commande de commutation Reed à partir du PC)
- On Enregistrera ce niveau de basse = LLLL et on active la commande de changement des lames.
- On Répète le mouvement de la tête sur le bras de limite. L'affichage doit être LLLL avec une tolérance de +/- 1mm.

Si le résultat est correct, le réglage de la limite inférieure basse est terminé.

III.9. Communications d'interfacing /Host :

Le Servo-Gauge 1146 peut être connecté directement au bus de terrain Whessoe en utilisant le protocole Modbus.

III.9.1. Bus de terrain Whessoe 0-20mA / RS232 :

Ce convertisseur est utilisé dans la salle technique ou de contrôle pour prendre le protocole de bus de terrain Whessoe

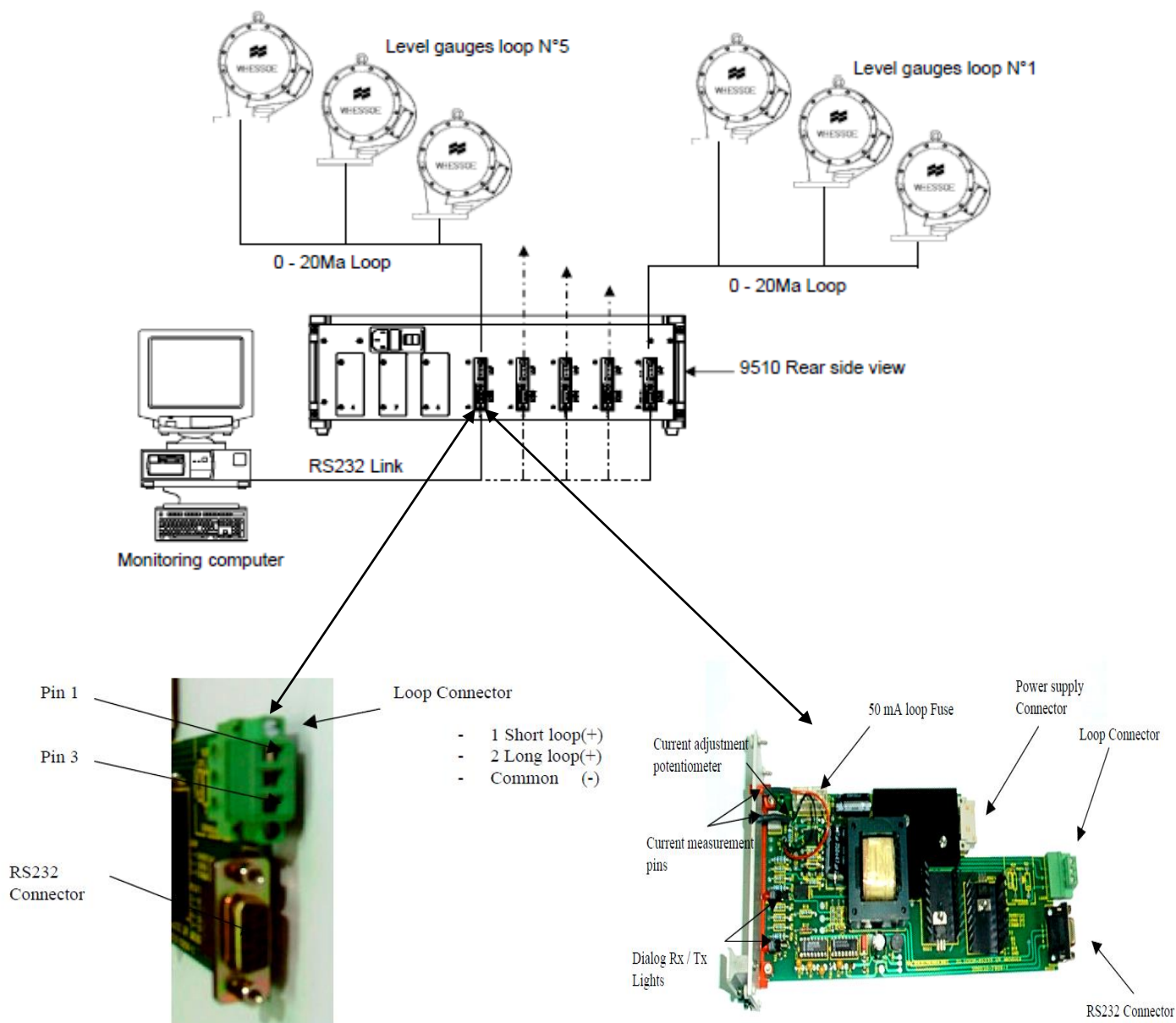


Figure III.13 : Convertisseur 0-20 mA/ RS232

Ce convertisseur 0-20 mA/ RS232 (Figure III.13) inclut tous les circuits nécessaires pour convertir le signal 0-20mA, boucle d'alimentation et l'isolation optique entre le champ et la sortie RS232. [6]

III.10. LNG Manager :

LNG Manager, surveille et affiche en temps réel les informations détaillées sur le réservoir (niveau, température, densité, tendances), des événements d'alarme et un résumé (rapports périodiques ou à la demande) et des informations pour les alarmes d'arrêt. Il utilise des bases de données différentes et standard pour le calcul de correction de volume. Il permet d'accéder aux menus de maintenance afin de configurer les jauges et émetteurs Whessoe connectés.

Différentes fonctionnalités sont disponibles selon les licences sélectionnées par les utilisateurs finaux. [7]



Figure III.14 : LNG Manager

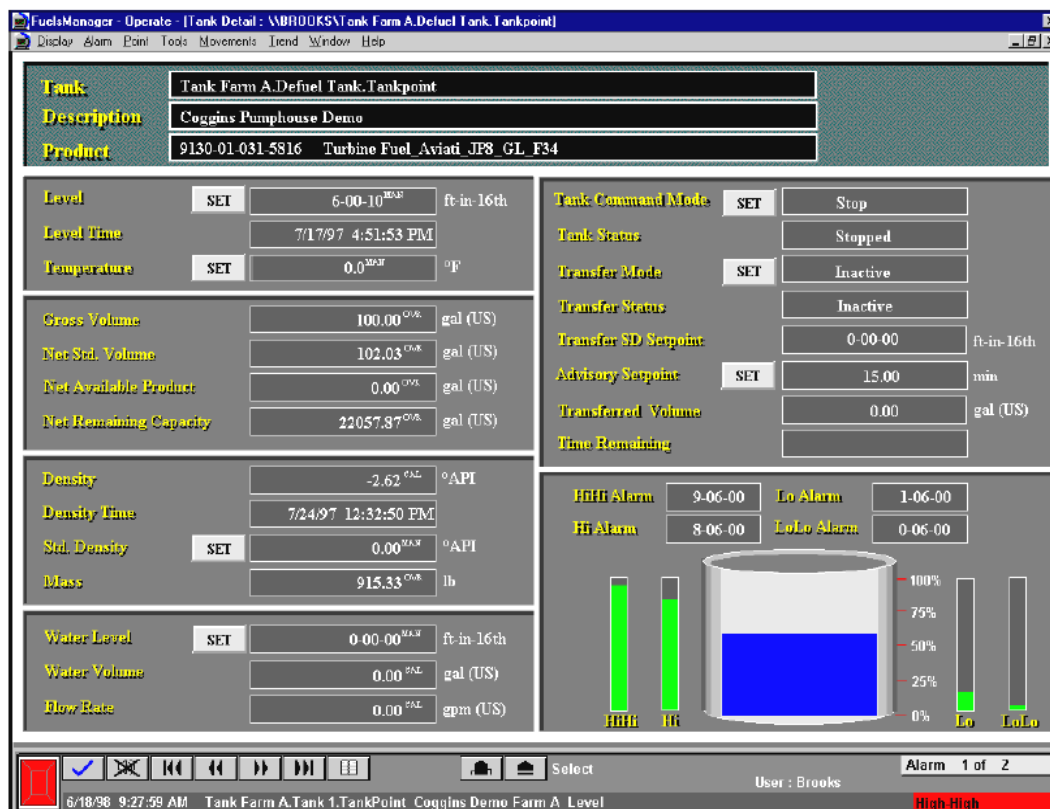


Figure III.15 : D eff erents fonctions sur LNG Manager

II.11. Le système de sécurité Whessoe :

Le système de sécurité Whessoe est compos e de deux jaugeurs de niveau et d'un jaugeur d'alarme très très haute.

Ces trois appareils sont strictement identiques en termes de design et de constitution. Tous ensembles ils composent un système bas e sur l'architecture 2 sur 3. Ce système est certifi e SIL 3 – Sécurité fonctionnelle. La fonction de sécurité de chaque jaugeur est de mesurer en continu le niveau du produit (GNL) et de le comparer à une alarme anti-débordement. Si cette valeur est atteinte ou d epass e, la sortie du relais d'alarme d edie e à l'alarme anti-débordement devient active. L'architecture de système de sécurité WHESSOE est décrite, sur la figure ci-dessous (Figure III.16).

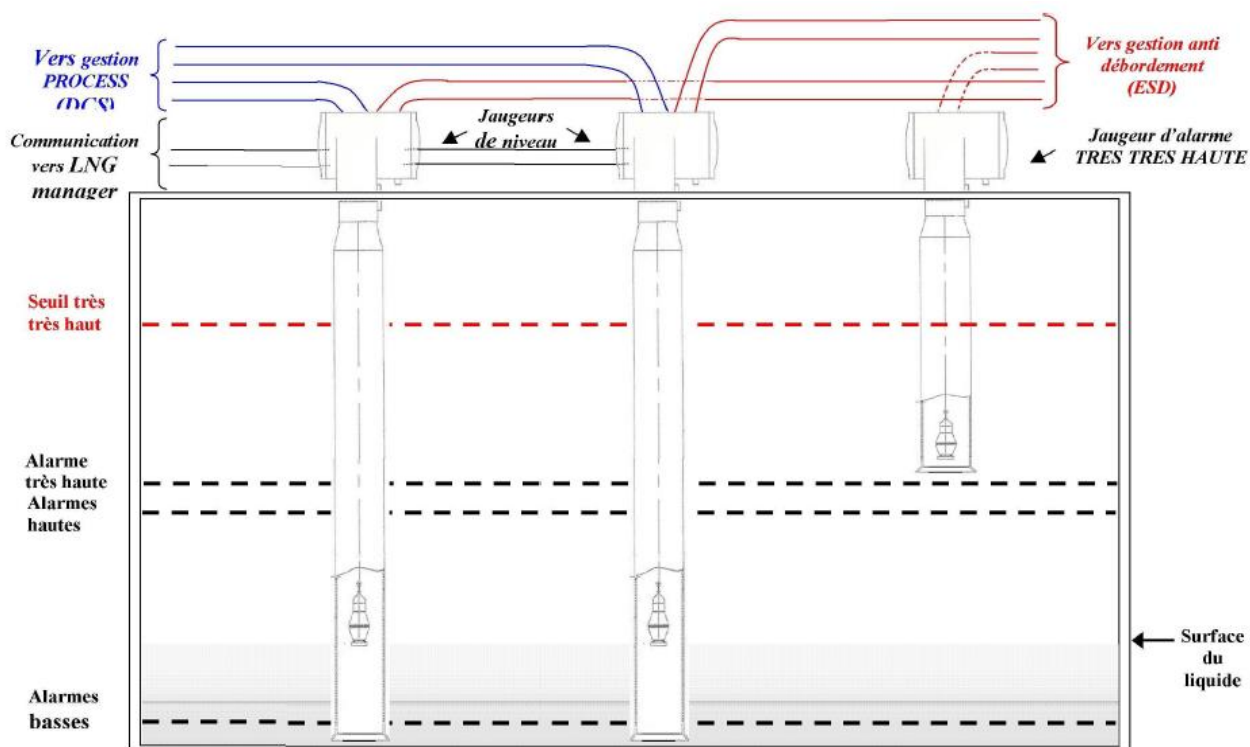


Figure III.16 : Système de sécurité WHESSOE [8]

III.12 l'expérience professionnelle acquise dans le complexe GL1K :

Pendant la durée du stage dans le complexe GL1K, pour une période de 5 jours, nous avons vu beaucoup d'instruments et beaucoup des systèmes de régulation et de sécurité.

Nous pouvons résumer les choses les plus importantes que nous avons bénéficié de ce stage dans les points suivants :

- Intégration dans un environnement de travail réel.
- Développement des compétences interpersonnelles et de la communication en milieu professionnel.
- Opportunité de rencontrer des professionnels du secteur.
- Ajout d'une expérience pertinente qui peut améliorer l'employabilité
- Adaptation aux horaires de travail et aux exigences physiques.

II.13. Conclusion :

Le jaugeur 1146 est un instrument de mesure très fiable, sa précision est de l'ordre de +/-1 millimètre, sa gamme de mesure est de l'ordre de 40 mètres et ses conditions de travail sont vastes. Tout comme il a été approuvé par les sociétés de normalisation et peut être utilisé dans les zones à risques. Il est équipé d'un servomoteur et d'un microprocesseur, ce qui le rend programmable, donc facile à exploiter, rapide, étalonnable sur site. Sa communication avec le DCS donne beaucoup d'informations (niveau, densité, température) est cela se fait par LNG Manager, qui surveille et affiche en temps réel les informations détaillées sur notre réservoir de GNL, par contre le système de sécurité Whessoe assure la sécurité de tout ce système et prévenir le débordement du réservoir.

Chapitre IV

Les méthodes d'analyse de défaillance et
l'Etude de FMD

IV.1. Les méthodes d'analyse de défaillance

IV.1.1. Diagramme Cause-Effets

IV.1.1.1 Définition

Cet outil a été créé par Ishikawa, professeur à l'Université de la TOKYO dans les années 60 et concepteur d'une méthode de management de la qualité totale. Le diagramme causes-effet est une représentation graphique du classement par familles de toutes les causes possibles pouvant influencer un processus. Ces familles de causes au nombre de 5 engendrent la non qualité dans un processus de fabrication. Leur nom commence par la lettre M d'où l'appellation 5M. Ishikawa a proposé une représentation graphique en « arête de poisson » [9]

IV.1.1.2 LES 5M

Le diagramme d'Ishikawa appelé aussi la méthode des 5M, le diagramme cause à effet ou le diagramme en arête de poisson est une démarche qui permet d'identifier les causes possibles d'un problème ou un défaut (effet).

Il convient ensuite d'agir sur ces causes pour corriger le défaut en mettant en place des actions correctives appropriées.

Alors Pour tenter de diminuer ou d'anéantir un problème de qualité, il faut connaître toutes les causes qui peuvent lui donner naissance. Puis en cherchant leur poids relatif, on peut déterminer sur quelle cause agir en priorité.

IL ne garantit pas le résultat mais elle contribue (grandement) à structurer les idées et les réflexions comme, par exemple, lorsque cette méthode est utilisée lors d'un groupe de travail. Il peut être utilisé comme support de communication, de formation. Il peut être vu comme une base de connaissance. Le diagramme causes -effet n'apporte pas directement de solutions, il permet néanmoins de bien poser les questions.

Le diagramme d'Ishikawa se présente sous la forme d'un graphe en arêtes de poisson. Dans ce dernier, sont classées par catégorie les causes selon la loi des 5 M.

La méthode des 5 M permet d'orienter la réflexion vers les 5 domaines, desquels sont généralement issues les causes :

M1 – Matières : matières premières, pièces, ensembles, fournitures, identification, stockage, qualité, manutention

M2 – Matériel : Recense les causes probables ayant pour origine les supports techniques et les produits utilisés. Machines, outils, équipements, capacité, âge, nombre, maintenance

M3-Main d'œuvre : directe, indirecte, motivation, formation, absentéisme, expérience,

problème de compétence, d'organisation, de management

M4 - Milieu : environnement physique, éclairage, bruit, aménagement, relations, température, climat, marché, législation

M5 – Méthodes : instructions, manuels, procédures, modes opératoires. [10]

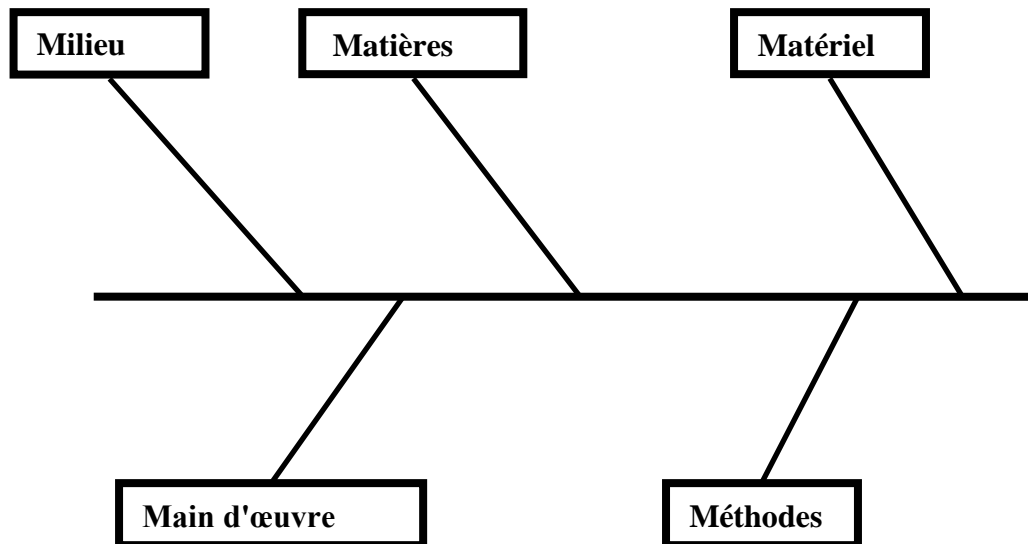


Figure IV.1 : Diagramme d'Ishikawa

Le diagramme Causes-Effet est donc l'image des causes identifiées d'un dysfonctionnement potentiel pouvant survenir sur un système. Il se veut le plus exhaustif possible en représentant toutes les causes qui peuvent avoir une influence sur la sûreté de fonctionnement. Les 5 grandes familles ou 5 facteurs primaires sont renseignés par des facteurs secondaires et parfois tertiaires; Les différents facteurs doivent être hiérarchisés [11].

IV.1.1.3 Etapes de construction d'un diagramme d'Ishikawa

La construction du diagramme d'Ishikawa est basée sur un travail de groupe. Il est élaboré en plusieurs étapes :

- a) Décrire le problème ou la défaillance.
- b) Déterminer les causes qui ont pu déclencher le problème. En général, on utilise soit le Brainstorming, soit la méthode des 5M.
- c) Tracer le squelette du diagramme d'Ishikawa (sous forme d'arêtes de poisson) en y mentionnant les 5M.
- d) Pour chaque catégorie de 5M, inscrire les causes suggérées par les membres du groupe en posant toujours la question : pourquoi telle cause produit-elle cet effet ?
- e) Classifier les causes proposées ou les hypothèses en de sous catégories.
- f) Définir les causes premières qu'il est possible de soustraire, voire même éradiquer.

g) Trouver les solutions adéquates aux causes en mettant en place des actions correctives. Toutes ces étapes permettent de décortiquer les causes provoquant le défaut. L'outil Ishikawa a été principalement conçu afin d'effectuer la gestion de la qualité. Il identifie les causes réelles à une problématique, permet une analyse, en équipe très intéressante en lien avec un problème résoudre et amène l'équipe à se poser les vraies questions et, surtout, à amener de la rigueur dans l'analyse sur des faits réels et non pas sur des perceptions ou des préjugés. [12]

IV.12 Méthode ABC (Diagramme Pareto)

IV.1.2.1 Diagramme de Pareto

Le diagramme de Pareto est un outil statistique qui permet d'identifier l'importance relative de chaque catégorie dans une liste d'enregistrements, en comparant leur fréquence d'apparition.

Un diagramme de Pareto est mis en évidence lorsque 20 % des catégories produisent 80 % d'un total d'effets. Cette méthode permet donc de déterminer rapidement quelles sont les priorités d'actions. Si on considère que 20 % des causes représentent 80% des occurrences, agir sur ces 20 % aide à solutionner un problème avec un maximum d'efficacité.

IV.1.2.2 Définition de la méthode ABC

La méthode ABC est un moyen objectif d'analyse, elle permet de classer les éléments qui représentent la fraction la plus importante du caractère étudié, en indiquant les pourcentages pour un caractère déterminé.

La méthode ABC apporte une réponse. Elle permet l'investigation qui met en évidence les éléments les plus importants d'un problème afin de faciliter les choix et les priorités.

On classe les événements (pannes par exemple) par ordre décroissant de coûts (temps d'arrêts, coût financier, nombre, etc.), chaque événement se rapportant à une entité.

On établit en suite un graphique faisant correspondre les pourcentages de coûts cumulés aux pourcentages de types de pannes ou de défaillances cumulés. Sur le schéma (figure IV.2), on observe trois zones. 1. Zone A : 20% des pannes occasionnent 80% des coûts; 2. Zone B : les 30% de pannes supplémentaires ne coûtent que 15% supplémentaires; 3. Zone C : les 50% de pannes restantes ne concernent que 5% du coût global.

Conclusion : il est évident que la préparation des travaux de maintenance doit porter sur les pannes de la zone A. toujours de façon claire.

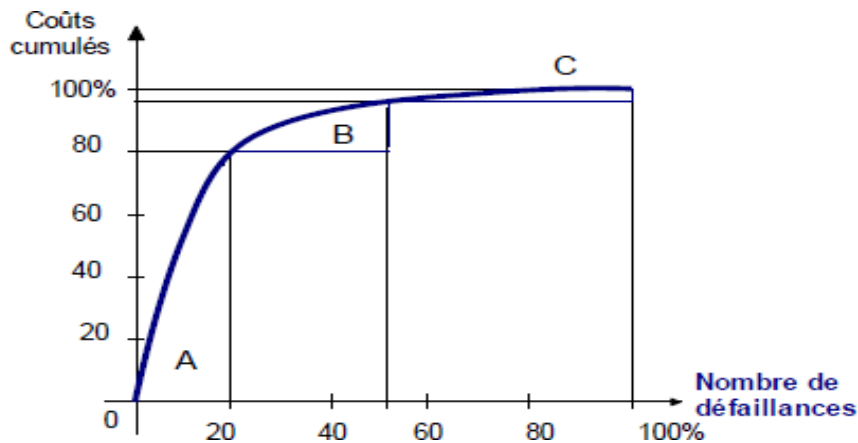


Figure IV.2 : Diagramme de Pareto ou courbe ABC

IV.1.2.3 But de la méthode ABC

L'exploitation de cette loi permet de déterminer les éléments les plus pénalisants afin d'en diminuer leurs effets :

A. Diminuer les coûts de maintenance.

B. Améliorer la fiabilité des systèmes. Justifier la mise en place d'une politique de maintenance. [13]

IV.2. Etude de FMD

IV.2.1. Fiabilité

IV.2.1.1 Notion de fiabilité d'un système

Un système peut être défini comme un ensemble de composants interdépendants, conçus pour réaliser une fonction donnée, dans des conditions données et dans un intervalle de temps donné, pour chaque système, il importe de définir clairement les éléments qui le caractérisent, à savoir : la fonction, la structure, les conditions de fonctionnement, les conditions d'exploitation, et l'environnement dans lequel il est appelé à opérer. [14]

IV.2.1.2 Définition

La fiabilité est l'aptitude d'une entité à accomplir les fonctions requises dans des conditions données pendant une durée donnée. Elle est caractérisée par la probabilité $R(t)$ que l'entité E accomplisse ces fonctions, dans les conditions données pendant l'intervalle de temps $[0; t]$, sachant que l'entité n'est pas en panne à l'instant 0.

$$R(t) = \text{Prob} * E \text{ non défaillante sur }]0; t+. [15]$$

Définition selon la NF X 06-501 : la fiabilité est la caractéristique d'un dispositif exprimée par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation données et pour une période de temps déterminée. [16]

IV.2.1.3 Objectifs de la fiabilité

La fiabilité a pour objectif de :

- I. Mesurer une garantie dans le temps ;
- II. Evaluer rigoureusement un degré de confiance ;
- III. Déchiffrer une durée de vie ;
- IV. Evaluer avec précision un temps de fonctionnement ;
- V. Déterminer la stratégie de l'entretien ;
- VI. Choisir le stock.

IV.2.1.4 Les Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité

Dans les études de fiabilité des différents équipements, une variable aléatoire continue ou discrète peut être distribuée suivant diverses lois qui sont principalement :

- La loi exponentielle
- La loi de WEIBULL
- La loi normale
- La loi log-normale (ou loi de GALTON)
- La loi binomiale
- La loi de POISSON ou loi de faibles probabilités. [17]

A. La loi exponentielle

Elle est la plus couramment utilisée en fiabilité électronique pour décrire la période durant laquelle le taux de défaillance des équipements est considéré comme constant. Elle décrit le temps écoulé jusqu'à une défaillance, ou l'intervalle de temps entre deux défaillances successives.

B. La loi de WEIBULL

C'est une loi continue à trois paramètres, donc d'un emploi très souple. En fonction de la valeur de ses paramètres, elle peut s'ajuster à toutes sortes de résultats expérimentaux. Cette loi a été retenue pour représenter la durée de vie des pièces.

C. La loi normale

C'est une loi continue à deux paramètres ; la valeur moyenne et l'écart type caractérise la dispersion autour de la valeur moyenne. Elle est la plus ancienne, utilisée pour décrire les phénomènes d'incertitudes sur les mesures, et ceux de fatigue des pièces mécaniques.

D. La loi log-normale (ou loi de GALTON)

Soit une VA continue positive ; si la variable $y = \text{Log}x$ est distribuée selon une loi normale, la variable x suit une loi log-normale. De nombreux phénomènes de mortalité ou de durée de répartition sont distribués selon des lois log-normale.

E. La loi binomiale

La loi binomiale est une loi discrète. On l'applique pour décrire un phénomène ayant deux occurrences s'excluant mutuellement (succès ou échec, état défaillant ou en fonctionnement par exemple). En fiabilité cette loi représente la probabilité de voir k défaillances de matériels lors de l'exécution de n essais, sachant que la probabilité élémentaire de défaillance d'un matériel est P . [18]

$$\text{-Sa variance :} \quad V = nP(1 - P) \quad (\text{IV.01})$$

$$\text{-Son écart type :} \quad \delta = \sqrt{nP(1 - P)} \quad (\text{IV.02})$$

F. La loi de POISSON ou loi de faibles probabilités :

La réalisation d'évènements aléatoires dans le temps se nomme « processus de poisson » et caractérise une suite de défaillances indépendantes entre elles et indépendantes du temps.

La loi de POISSON est une loi discrète, elle exprime la probabilité d'apparition d'un évènement lorsque celui-ci peut se manifester de nombreuses manières mais avec une faible probabilité. [19]

Ses paramètres sont, en posant Sa variance : $m = \lambda t$

- Sa fréquence : $\Pr(x = k) = \frac{m^k}{K!} e^{-m} \quad (\text{IV.03})$

- Sa fonction de répartition : $F(x) = \sum_{k=0}^x \frac{m^k}{K!} e^{-m} \quad (\text{IV.04})$

IV.2.1.5 Paramètres nécessaires à la mesure de fiabilité

A. Densité de probabilité

La densité de probabilité de l'instant de la défaillance T s'obtient en dérivant la fonction de répartition $F(t)$:

$$f(t) = \frac{df(t)}{dt} = \frac{dR(t)}{dt} \quad (\text{IV.05})$$

B. Fonction de répartitions

C'est la probabilité pour que le dispositif soit en panne à l'instant t_i

$$F(t_i) = P_r(t < t_i) \quad (\text{IV.06})$$

Notons que ces deux fonctions sont complémentaires :

$$F(t) + R(t) = 1 \quad (\text{IV.07})$$

C. La fonction de fiabilité

Nous appelons $R(t)$ la fonction de fiabilité, qui représente la probabilité de fonctionnements sans défaillances pendant un temps (t) , ou la probabilité de survie jusqu'à un temps (t) .

La probabilité d'avoir au moins une défaillance avant le temps (t) , qui représente la probabilité cumulative des défaillances, est appelé : « probabilité de défaillance ».

D. La MTBF

Le temps moyen jusqu'à défaillance (ou moyenne des temps de bon fonctionnement) est :

$$MTBF = \frac{\Sigma \text{ temps de bon fonctionnement}}{\text{Nombre d'intervalles de temps de bon fonctionnement}}$$

$$MTBF = \int_0^{+\infty} R(t) dt \quad (IV.08)$$

IV.2.1.6 La loi de WEIBULL

C'est un modèle statistique particulièrement bien adapté à l'étude statistique des défaillances. Cette loi a l'avantage d'être très souple et de pouvoir s'ajuster à différents résultats d'expérimentation.

WEIBULL : a donné au taux de défaillance $\lambda(t)$ une formule générale dépendant de trois (03) paramètres γ, η, β qui modélise avec une précision dans une gamme étendue l'application de ce modèle nécessite :

- TBF : temps de bon fonctionnement entre deux défaillances ;
- Le nombre de pannes correspondant au TBF.

Nous pouvons associer à chaque instant t , soit analytiquement soit graphiquement, les fonctions liées au comportement du matériel à savoir :

A. Densité de probabilité $f(t)$

En fiabilité, elle représente la probabilité instantanée de défaillance (juste au temps t).

$$f(t) = \left(\frac{\beta}{\eta}\right) \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (IV.09)$$

B. La fonction de répartition $F(t)$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (IV.10)$$

La fonction de fiabilité $R(t)$

C'est la probabilité de non défaillance au-delà du temps t .

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} = 1 - F(t) \quad (IV.11)$$

Probabilité complémentaire

$$F(t) + R(t) = 1 \quad (IV.12)$$

$$\int_0^t f(t)dt + \int_0^\infty f(t)dt = 1 \quad (IV.13)$$

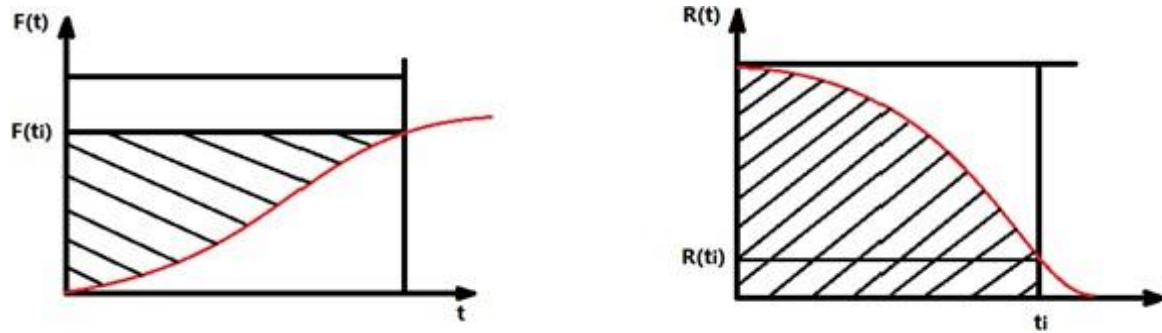


Figure IV.3 : Courbe de fiabilité et fonction de répartition

C. Taux de défaillance $\lambda(t)$

C'est la probabilité de défaillance à l'instant $(t+dt)$, sachant que le dispositif était bon à l'instant t .

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\frac{\beta-1}{\eta}} \quad (IV.14)$$

Signification des paramètres du modèle de Weibull

a. Paramètres de forme β :

C'est un nombre sans dimensions, il définit l'allure de la distribution des durées. Il permet d'adapter la forme de la courbe $f(t)$, $R(t)$ et $\lambda(t)$.

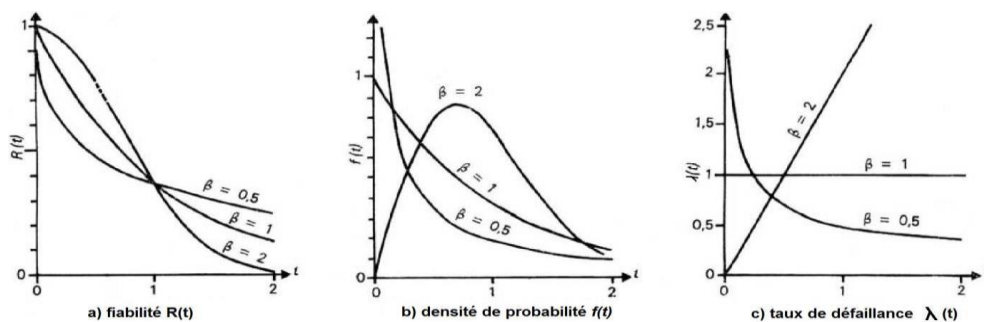


Figure IV.4 : Formes de $f(t)$, $R(t)$, $\lambda(t)$ en fonction de β

Courbe en baignoire :

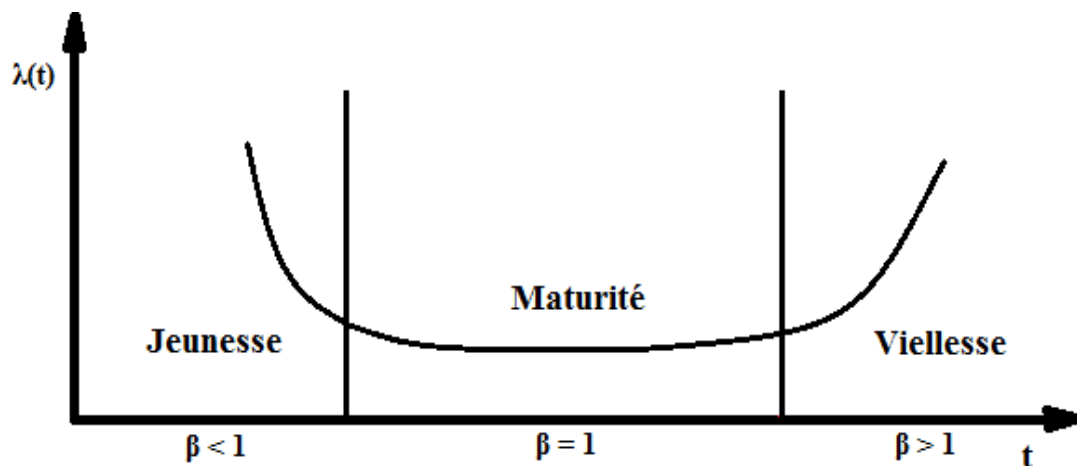


Figure IV.5 : Courbe en baignoire

($\beta < 1$) Correspond à la zone décroissante de la courbe, c'est la période de mise en place et de dégradation de l'installation (période de jeunesse).

($\beta = 1$) Correspond à la zone où le taux de défaillance est pratiquement constant, c'est la période de défaillance aléatoire qui ne présente généralement pas de symptômes de dégradation préalable (vie utile). C'est la période la plus longue.

($\beta > 1$) Correspond à la zone croissante rapide, c'est la période de vieillesse provoquée par l'usure mécanique.

b. Paramètre d'échelle :

En unité qui est associée à l'échelle utilisée sur le graphe d'allions plait.

c. Paramètre de position :

Il permet de déterminer la date du début de la défaillance ; son unité est celle du temps :

$\gamma < 0$: les défaillances ont débuté avant l'origine du temps ; $\gamma = 0$: les défaillances ont débuté dès l'origine du temps ; $\gamma > 0$: il y a une survie totale entre $t=0$ et $t=\gamma$.

D. Test d'adéquation

Le modèle qu'on peut établir en fiabilité est issu d'un échantillon de population puis on fait l'hypothèse qu'ils suivent une loi particulière (loi de Weibull pour notre cas); Ainsi, il reste à vérifier la validité de cette loi; la vérification est obtenue par un test d'adéquation.

L'utilisation des statistiques a un risque d'erreur (α) petit, α est ce niveau de signification (est égal à la probabilité de tromper en utilisant ce test).

IV.2.1.6.1 Test de KOLMOGOROV-SMIRNOV

À l'une restriction n'est nécessaire, quel que soit la taille (n) on peut l'appliquer. L'idée du test est de comparer la fonction réelle de répartition des défaillances à la fonction de répartition théorique. Il consiste à mesurer l'écart point par point entre ces deux fonctions :

$$D_n \max = |F(i) - F(t)|$$

Où : F(t) est la fonction de répartition réelle ; elle peut être obtenue par la méthode des rangs moyens :

$$F(t) = \frac{\sum n_i}{n+1} \quad (IV.15)$$

Un exemple d'une équation : (Copier et coller pour une autre équation.)

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (IV.16)$$

On montre que $D_n = \max |F(i) - F(t)|$

Suit une loi ne dépendant que de η , et on écrit que :

$$P(\max |F(i) - F(t)| < D_n, \alpha) = 1 - \alpha$$

Si $D_n, \max > D_n, \alpha$, on refuse l'hypothèse du modèle théorique. Si $D_n, \max < D_n, \alpha$, on refuse l'hypothèse du modèle théorique.

N.B : la valeur de D_n, α , est donnée par la table de Kolmogorov-Smirnov.

N.B : La démarche pour calculer MTBF et les paramètres γ, η, β par le modèle de Weibull :

Cumuler les avaries n_i ;

Recherche les fréquences cumulées F(t) :

$$\text{Si } n \leq 20 \text{ méthode des rangs médians : } F(t) = \frac{\sum n_i - 0.3}{N + 0.4} \quad (IV.17)$$

$$\text{Si } n > 20 \text{ méthode des rangs moyens : } F(t) = \frac{\sum n_i}{N + 1} \quad (IV.18)$$

IV.2.2 Maintenabilité

IV.2.2.1 Définition

Selon la norme AFNOR X60-010, la maintenabilité définit comme suit: « dans des conditions données d'utilisation, aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits » Il est possible de donner à la maintenabilité une définition probabiliste : « si la probabilité de rétablir un système dans des conditions de fonctionnement spécifiées, en des limites de temps désirées, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions avec des moyens prescrits ». La maintenabilité

dépend essentiellement de l'accessibilité, de la facilité de démontage et de remontage des éléments constitutifs et de leur interchangeabilité d'un équipement. L'indicateur essentiel de la maintenabilité d'un équipement est la MTTR (Mean Time To Repair) traduite par la (Moyenne des Temps Techniques de Réparation), la maintenabilité concerne donc les responsable de maintenance ou même titre que la fiabilité, tant pour le choix d'équipements nouveaux que pour l'amélioration éventuelle l'équipement existant. [20]

$$MTTR = \frac{\sum \text{Temps d'intervention pour } n \text{ pannes}}{\text{Nombre de pannes } (n)}$$

IV.2.2.2 Taux de réparation μ

La probabilité de réparation d'un composant est principalement fonction du temps écoulé depuis l'instant de défaillance. Il existe un certain délai t avant que le composant puisse être réparé. Ce délai t comprend le temps de détection et le temps d'attente de l'équipe de réparation. [19]

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (IV.19)$$

IV.2.2.3 Amélioration de la maintenabilité

L'amélioration de la maintenabilité passe par :

- Le développant des documents d'aide à l'intervention,
- L'aptitude de la machine au démontage (modification, risquant de coûter chère).
- L'accessibilité.
- L'interchangeabilité et la standardisation.
- La facilité de remplacement.
- L'aide au diagnostic.

Il assurera de ce fait la réduction des durées de détection des pannes d'état, diminuant, ainsi les TTR l'amélioration de la maintenabilité d'une manière considérable.

La maintenance doit améliorer la maintenabilité par les actions suivantes :

- 1- disponibilité de la documentation tenue à jour du matériel.
- 2- utilisation des systèmes d'aide au diagnostic
- 3- utilisation des capteurs intégrés pour la localisation de la panne
- 4- disponibilité des accessoires outillages [17]

IV.2.3 Disponibilité :

IV.2.3.1 Définition

Selon la norme AFNOR X60 – 500, on peut définir la disponibilité comme aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires de maintenance soit assurée ».

IV.2.3.2 Différents niveaux de la disponibilité

A. Disponibilité intrinsèque théorique

Cette disponibilité est évaluée en prenant en compte les moyennes des temps de bon fonctionnement et les moyennes de réparations, ce qui donne

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (IV.20)$$

B. Disponibilité moyenne

La disponibilité moyenne sur un intervalle de temps donné peut-être évalué par les rapports suivants :

$$D_m = \frac{TCBF}{MCBF+TCI} \quad (IV.21)$$

TCI: Temps cumulé d'immobilisation

C. Disponibilité opérationnelle

Pour cette mesure, sont pris en compte les temps logistiques, ce qui donne :

$$D_0 = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR+MTL} \quad (IV.22)$$

Avec :

MTL : moyenne des temps logistiques

D. Disponibilité asymptotique

Lorsque λ et μ sont indépendants de temps et quand (t) devient grand, on constate que D (t) tend vers une valeur constante. Cette valeur est souvent dénommée disponibilité asymptotique et se note A_∞ est égale à :

$$A_\infty = \frac{\mu}{\eta+\lambda} \quad (IV.23)$$

$$\text{Avec} \quad \lambda = \frac{1}{MBTF} \quad (IV.24)$$

$$\text{Et} \quad \mu = \frac{1}{MTTR} \quad (IV.25)$$

E. Disponibilité instantanée

Pour un système avec l'hypothèse d'un taux de défaillance λ constant et d'un taux de réparation μ constant, on montre que la disponibilité instantanée a pour expression :

$$D(t) = \frac{\mu}{\mu+\lambda} + \frac{\lambda}{\mu+\lambda} e^{-(\lambda+\mu)t} \quad (\text{IV.26})$$

Chapitre V

L'analyse statistique de la FMD

V. L'analyse statistique de la FMD

Le choix d'un système de jaugeage WHESSOE 1146 est basé sur leur rôle et leur importance dans la chaîne de production d'une l'industrie. Pour évaluer le niveau de sureté de fonctionnement (fiabilité, maintenabilité et sécurité) de système choisi, il faut extraire son historique de panne. Dans notre travail, on a choisi le système de jaugeage WHESSOE 1146 à cause de son importance dans l'entreprise GNL SKIKDA.

V.1 Historique de pannes de système WHESSOE 1146

Le tableau suivant résume l'historique des pannes du système WHESSOE 1146 depuis l'année 2014 jusqu'à 2023.

Tableau V.1 : L'historique des pannes du système WHESSOE 1146

N°	Elément en panne	Date de début de panne	Date de fin de Panne	Temps d'arrêt (h)
1	Apparition alarme fictif de niveau très haut 71LAHH1121	04/03/2014	04/03/2014	14
2	71LI1121 en défaut	12/08/2014	12/08/2014	3
3	APPARITION ALARM FICTIF 71LAHH1121	05/02/2014	05/02/2014	7
4	Boucle SIF SIL3 (71-LT-1121/20/19)"LSHH1167"	15/05/2015	15/05/2015	14
5	Paramètres TMS en défaut (indicateur de niveau, volume +densité)	11/12/2015	12/12/2015	32
6	Paramètres TMS en défaut (indicateur de niveau, volume +densité)	28/01/2016	28/01/2016	14
7	71LI1121 en défaut	19/05/2016	19/05/2016	7
8	Lecteur de niveau incorrect	20/09/2016	20/09/2016	13
9	Apparition alarme fictif de niveau très low 71LALL1121	10/12/2016	11/12/2016	24
10	Lecteur de niveau incorrect	19/05/2017	19/05/2017	20
11	Paramètres TMS en défaut (indicateur de niveau, volume +densité) se figent par intermittence	01/07/2017	01/07/2017	10
12	Lecteur de niveau incorrect	08/08/2017	08/08/2017	3
13	Boucle SIF SIL3 (71-LT-1121/20/19)"LSHH1167"	19/10/2017	19/10/2017	20

14	Problème de connexion BJ	24/02/2018	24/02/2018	10
15	Apparition alarme fictif de niveau très haut 71LAHH1121	12/03/2018	12/03/2018	19
16	Inspection règlementaire	04/09/2018	04/09/2018	15
17	Échec de communication sérielle	28/03/2019	29/03/2019	21
18	Décalage du zéro	02/10/2019	02/10/2019	16
19	71LI1121 en défaut	21/09/2019	21/09/2019	3
20	Problème de connexion BJ	03/02/2020	03/02/2020	8
21	Problème d'alimentation	13/04/2020	14/04/2020	35
22	Échec de communication sérielle	29/11/2020	29/11/2020	3
23	Inspection règlementaire	11/03/2021	12/03/2021	28
24	Problème fusible	17/03/2021	17/03/2021	15
25	Problème d'alimentation	24/04/2021	24/04/2021	9
26	Décalage du zéro	03/10/2021	03/10/2021	8
27	Problème d'alimentation	15/06/2022	15/06/2022	10
28	Apparition alarme fictif de niveau très haut 71LAHH1121	29/06/2022	30/06/2022	28
29	Problème fusible	04/12/2022	04/12/2022	12
30	Paramètres TMS en défaut (indicateur de niveau, volume +densité) se figent par intermittence	17/01/2023	17/01/2023	19
31	Boucle SIF SIL3 (71-LT-1121/20/19)"LSHH1167"	12/03/2023	12/03/2023	9

V.2 L'application des méthodes d'analyse

V.2.1 La méthode de la courbe ABC

Pour appliquer la méthode ABC, il doit classer en premier temps les pannes du système WHESSOE 1146 par ordre décroissant en suite calculer leurs cumuls et leurs pourcentages et calculer en deuxième temps le cumul et le pourcentage de fréquence de panne comme illustré par le tableau suivant :

Tableau V.2 : L'analyse ABC (Pareto)

N°	Types des pannes	Fréquence	Temps de pannes	Cumul de fréquence	Cumul de T-p	Cumul de fréquence %	Cumul NT,P (%)
1	Paramètres TMS en défaut (indicateur de niveau, volume +densité)	4	75	4	75	13.79	18.61
2	Apparition alarme fictif de niveau très haut 71LAHH1121	3	61	7	136	24.13	33.74
3	Problème d'alimentation	3	51	10	187	34.48	46.4
4	Boucle SIF SIL3 (71-LT-1121)"LSHH1167"	3	43	13	230	44.82	57.07
5	Problème fusible	2	40	15	270	51.72	66.99
6	Lecteur de niveau incorrect	3	36	18	306	62.06	75.93
7	Échec de communication sérielle	2	27	20	333	68.96	82.63
8	Décalage du zéro	2	24	22	357	75.86	88.63
9	Problème de connexion BJ	2	18	24	375	82.73	93.05
10	71LI1122 en défaut	3	13	27	388	93.12	96.27
11	Apparition alarme fictif de niveau très low 71LALL1121	1	8	28	396	96.55	98.26
12	APPARITION ALARM FICTIF 71LAHH1121	1	7	29	403+	100	100

La figure suivante (Fig. V.1) montre la présentation graphique de la courbe ABC, cette courbe est le pourcentage du cumul des heures de panne en fonction du pourcentage de cumul de fréquence de panne.

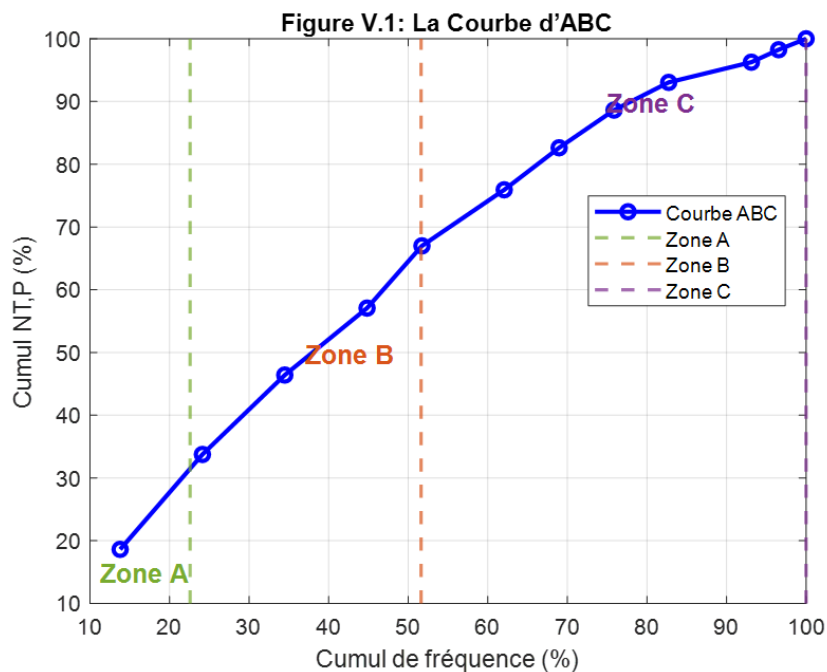


Figure V.1 : La Courbe d'ABC

D'après cette figure, on observe que la courbe ABC contient trois zones d'où :

Zone "A" : les 30.49% des heures de panne représentent 22.58% de fréquence de panne, cette zone contient les éléments les plus tombent en panne : Paramètres TMS en défaut (indicateur de niveau, volume +densité)

Zone "B" : les 59.64% des heures de panne représentent 51.61% de fréquence de panne.

Zone "C" : les 5% des heures de panne représentent 20% de fréquence de panne.

V.3 L'analyse FMD

V.3.1 La fiabilité

Pour représenter graphiquement la fonction de fiabilité, on utilisera un logiciel de simulation du MATLAB.

Il permet, à partir des données opérationnelles ou expérimentales, d'estimer la loi de distribution des défaillances, d'estimer les paramètres caractéristiques de ces lois et de calculer ensuite la fiabilité prévisionnelle du système étudié pour les dates (temps, cycles, h, etc...)

Tableau V.3 : Estimation de la fonction de répartition

Rangs	TBF	F(t)
1	144	0.0322
2	264	0.0645
3	336	0.0967
4	384	0.129
5	912	0.1935
6	912	0.1935
7	1056	0.2258
8	1152	0.258
9	1296	0.2903
10	1680	0.3225
11	1728	0.3548
12	1944	0.387
13	2376	0.4193
14	2424	0.4516
15	2448	0.5161
16	2448	0.5161
17	2688	0.5483
18	2976	0.6129

19	2976	0.6129
20	3072	0.6451
21	3792	0.6774
22	3864	0.7096
23	3888	0.7419
24	4224	0.7741
25	4248	0.8387
26	4248	0.8387
27	4920	0.8709
28	5040	0.9032
29	5520	0.9354
30	6120	0.9677

La figure suivante illustre la représentation graphique de la fonction de répartition sur le papier de Weibull



Figure V.2 : Papier fonctionnel de Weibull

D'après la courbe de la figure (V.2), on peut extraire les paramètres de la loi de Weibull pour calculer la fonction de répartition théorique $F(t)$. Le calcul de $F(t)$ a pour but de choisir le modèle adéquat (acceptable). Les valeurs de ces paramètres sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau V.4 : Les paramètres de la loi de Weibull

Paramètres	Valeurs
Beta(β)	1.158438
Eta(η)	3013.849459
Gamma(γ)	00.00
MTBF	2636.000000

Pour vérifier l'acceptation de la loi du calcul de différentes fonctions telles que la fiabilité, la densité de probabilité, la fonction de répartition et le taux de défaillance, on utilise le test de KOLMOGOROV-SMIRNOV.

V.3.1.1. Test KOMOGOROV – SMIRNOV

L'idée du test est de comparer la fonction réelle de répartition des défaillances à la fonction de répartition théorique.

Il consiste à mesurer l'écart point par point entre ces deux fonctions :

$$D_{ni} = |F(t_i) - F(t)|$$

Où :

$F(t_i)$ est la fonction de répartition réelle ; elle peut être obtenue par la méthode des rangs moyens :

$$F(t_i) = \frac{\sum ni}{n + 1}$$

$F(t)$ est la fonction de répartition théorique donné par l'équation suivante :

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

On montre que : $D_n = \text{Max}|F(t_i) - F(t_i)|$

Suit une loi ne dépendant que de η et on écrit que :

$$P(\text{Max}|F(t_i) - F(t_i)|D_n, a) = 1 - \alpha$$

La valeur de D_n, α est donnée par le tableau de KOMOGOROV – SMIRNOV.

Les résultats de comparaison entre les deux fonctions de réparation sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V.5: La fiabilité et la fonction de répartition

Rang	TBF	n_i	Σn_i	F (t)	Fe(t)	$D_{ni} = Fe(t) - F(t) $
1	144	1	1	0.0322	0.029080	0.00312
2	264	1	2	0.0645	0.057818	0.006682
3	336	1	3	0.0967	0.075731	0.020969
4	384	1	4	0.129	0.087828	0.041172
5	912	1	5	0.1935	0.221506	0.028006
6	912	1	6	0.1935	0.221506	0.028006
7	1056	1	7	0.2258	0.256765	0.030965
8	1152	1	8	0.258	0.279791	0.021791
9	1296	1	9	0.2903	0.313532	0.023232
10	1680	1	10	0.3225	0.398380	0.07588
11	1728	1	11	0.3548	0.408436	0.053636
12	1944	1	12	0.387	0.452139	0.065139
13	2376	1	13	0.4193	0.531964	0.112664
14	2424	1	14	0.4516	0.540220	0.08862
15	2448	1	15	0.5161	0.544302	0.028202
16	2448	1	16	0.5161	0.544302	0.028202
17	2688	1	17	0.5483	0.583496	0.035196
18	2976	1	18	0.6129	0.626735	0.013835
19	2976	1	19	0.6129	0.626735	0.013835
20	3072	1	20	0.6451	0.640264	0.004836
21	3792	1	21	0.6774	0.728779	0.051379
22	3864	1	22	0.7096	0.736463	0.026863
23	3888	1	23	0.7419	0.738981	0.002073
24	4224	1	24	0.7741	0.772027	0.064464

25	4248	1	25	0.8387	0.774236	0.064464
26	4248	1	26	0.8387	0.774236	0.042211
27	4920	1	27	0.8709	0.828689	0.066165
28	5040	1	28	0.9032	0.837035	0.066165
29	5520	1	29	0.9354	0.866793	0.068607
30	6120	1	30	0.9677	0.896874	0.070826

Le tableau V.5 montre que $D_{n_{max}} = 0.112664$ et d'après le tableau de KOMOGOROV – SMIRNOV

$$D_{n, \alpha} = D_{23,0.05} = 0.24303$$

$D_{n_{max}} < D_{23,0.05}$ Implique que le modèle de Wiebull est acceptable.

La figure ci-dessous représente la fonction de répartition en fonction du temps de bon fonctionnement (TBF).

Nous avons utilisé des fonctions simples dans le programme Matlab pour représenter graphiquement les modèles mathématiques de fonction de répartition, de fiabilité, de densité de probabilité, du taux de défaillance, de maintenabilité et de disponibilité.

Les paramètres d'entrée de ce programme sont :

- Le temps de bon fonctionnement (TBF)
- Le temps de réparation (TTR)
- Les paramètres de Wiebull (β , η et γ)
- Le nombre des TBF (n)
- Courbe de la Fonction de répartition F(t)

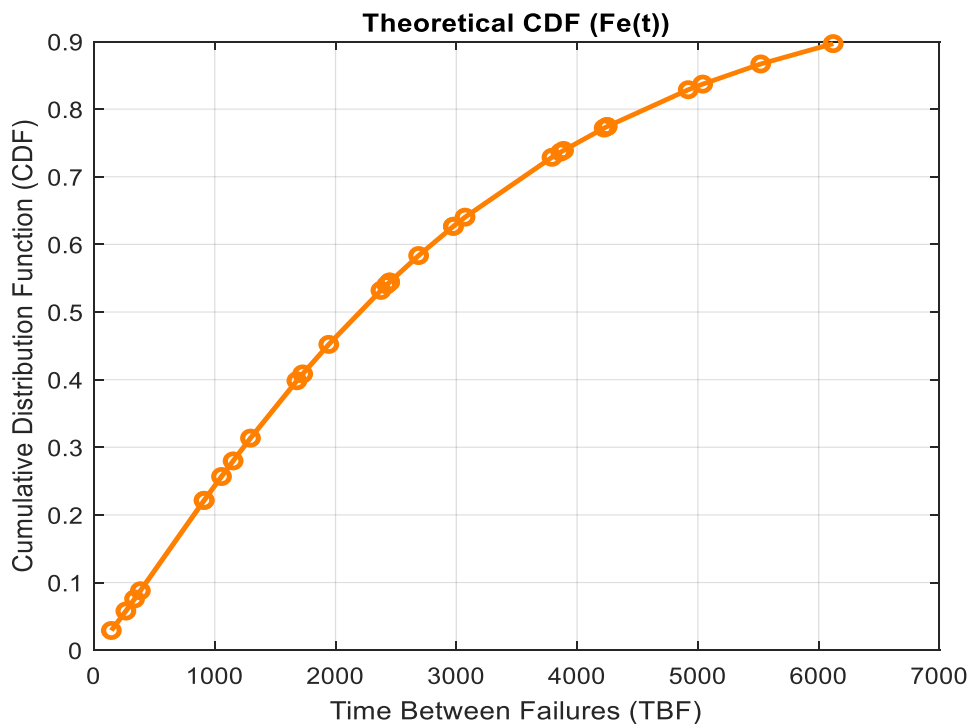


Figure. V.3: Fonction de répartition $F(t)$

La figure V.3 illustre la fonction de répartition $F(t)$ en fonction du temps de bon fonctionnement (TBF). On observe d'après cette figure que la fonction de répartition augmente avec l'augmentation du temps de bon de fonctionnement (TBF).

V.3.1.2. Calculs de la fiabilité, de la densité probabilité et du temps de défaillance

Le tableau V.6 est résumé les calculs de fiabilité, de densité de probabilité et du temps de défaillance.

Tableau V.6: Calculs de la fiabilité, du temps de défaillance et de la densité de probabilité

TBF	$R(t)$	$f(t).(10^{-3})$	$\lambda(t).(10^{-3})$
144	0.97092	0.23050	0.23741
264	0.94218	0.24623	0.26134
336	0.92427	0.25095	0.27152
384	0.91217	0.25296	0.27732
912	0.77849	0.2476	0.31805
912	0.77849	0.2476	0.31805
1056	0.74323	0.24194	0.32553
1152	0.72021	0.2377	0.33005
1296	0.68647	0.23083	0.33626

1680	0.60162	0.21079	0.35038
1728	0.59156	0.2082	0.35195
1944	0.54786	0.19645	0.35858
2376	0.46804	0.17325	0.37016
2424	0.45978	0.17073	0.37133
2448	0.45570	0.16948	0.37191
2448	0.45570	0.16948	0.37191
2688	0.41650	0.15722	0.37747
2976	0.37327	0.14319	0.3836
2976	0.37327	0.14319	0.3836
3072	0.35974	0.13869	0.38554
3792	0.27122	0.10811	0.39862
3864	0.26354	0.10536	0.39981
3888	0.26102	0.10446	0.4002
4224	0.22797	0.09244	0.40549
4248	0.22576	0.09163	0.40585
4248	0.22576	0.09163	0.40585
4920	0.17131	0.07116	0.41541
5040	0.16297	0.06796	0.417
5520	0.13321	0.05635	0.42305
6120	0.10313	0.04435	0.43002

Les figures suivantes (Fig. V.4, V .5, V.6) montrent les courbes de fiabilité, de densité de probabilité et du temps de défaillance :

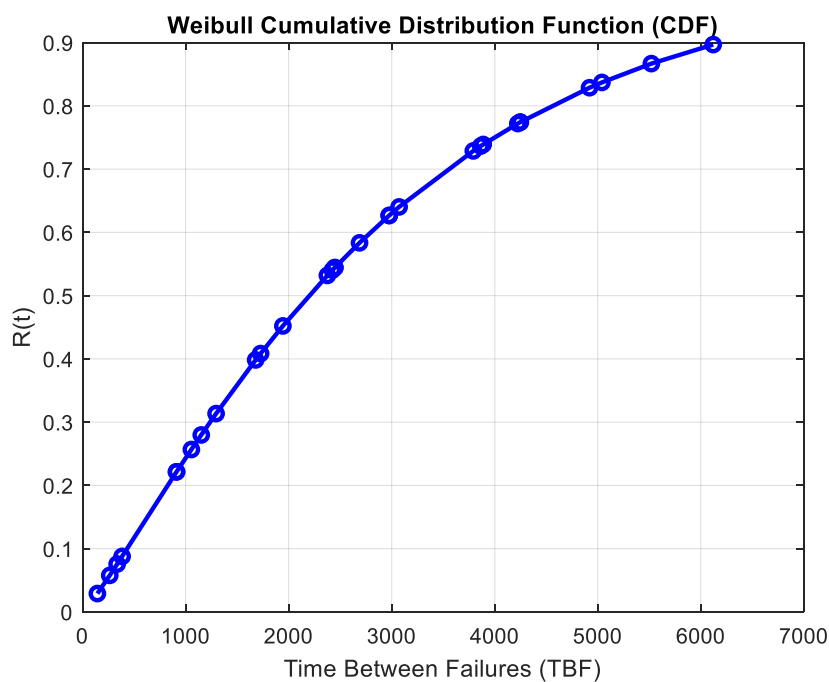


Figure V.4 : La fonction de fiabilité $R(t)$

La figure. V.4 montre la fonction de fiabilité $R(t)$ en fonction du temps de bon fonctionnement (TBF), on remarque à partie cette courbe que la fiabilité augmente avec le temps.

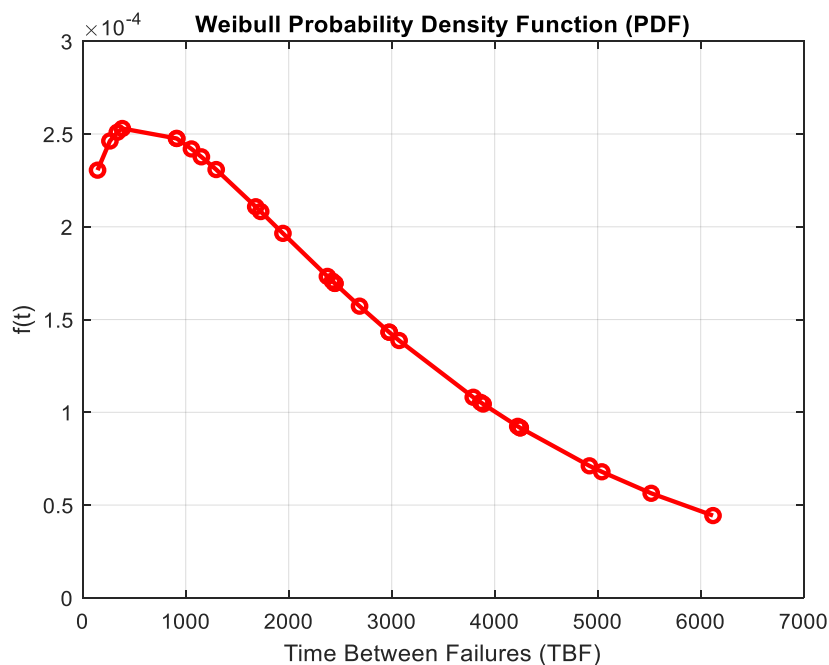


Figure V.5 : Densité de probabilité $f(t)$

La Figure. V.5 présente la densité de probabilité $f(t)$ en fonction du temps de bon fonctionnement (TBF).

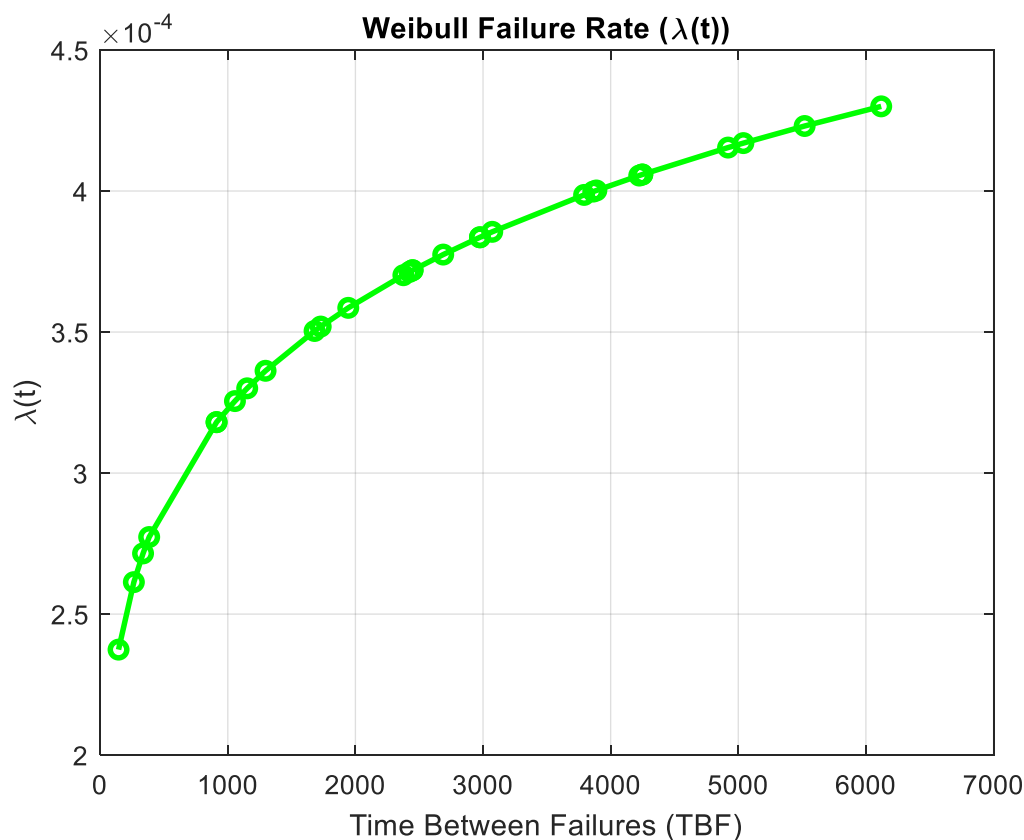


Figure V.6: Taux de défaillance lambda(t)

La Figure. V.6 présente le Taux de défaillance lambda(t) en fonction du temps de bonfonctionnement (TBF).

V.3.1.3. Calcul de R (MTBF)

D'après les calculs, on a la moyenne des temps de bon fonctionnement MTBF = 2636.0000 h alors la fiabilité est:

$$R(MTBF) = e^{-\left(\frac{MTBF-\gamma}{\eta}\right)^\beta} = e^{-\left(\frac{2636-0}{3013.849459}\right)^{1.158438}} = 0.424747$$

V.3.1.4. Calcul de F(MTBF)

La fonction de répartition pour la moyenne des temps de bon fonctionnement est

$$F(MTBF) = 1 - e^{-\left(\frac{MTBF-\gamma}{\eta}\right)^\beta} = 1 - e^{-\left(\frac{2636-0}{3013.849459}\right)^{1.158439}} = 0.57525$$

V.3.1.5. La densité de probabilité f(MTBF)

La densité de probabilité pour la moyenne des temps de bon fonctionnement f(MTBF) est :

$$f(MTBF) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{MTBF - \gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{MTBF-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

$$f(MTBF) = \frac{1.158438}{3013.849459} \left(\frac{2636 - 0}{3013.849459} \right)^{1.158439-1} \cdot e^{-\left(\frac{2636-0}{3013.849459} \right)^{1.158439}}$$

$$= 0.159832 * 10^{-3}$$

V.3.1.6. Calcul de $\lambda(MTBF)$

Le taux de défaillance pour la moyenne des temps de bon fonctionnement $\lambda(MTBF)$ est :

$$\lambda(MTBF) = \frac{\beta}{5} \left(\frac{MTBF - \gamma}{5} \right)^{\beta-1}$$

$$\lambda(MTBF) = \frac{1.158438}{5} \left(\frac{2636 - 0}{5} \right)^{1.158438-1} = 0.3763 * 10^{-3}$$

V.3.2. La maintenabilité

La fonction de maintenabilité est donnée par la relation suivante:

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

Le taux de réparation μ est exprimé par:

$$\mu = \frac{1}{MTTR}$$

$$\text{Avec } MTTR = \frac{\sum TTR}{N} = 10.4194h$$

$$\mu = 0.09597h^{-1}$$

Le tableau ci-dessous résume la maintenabilité pour l'historique des pannes précédent.

Tableau V.7 : le calcul de la maintenabilité

N°	Temps de Réparation (h)	M(t)
1	1	0.0915
2	1	0.0915
3	1	0.0915
4	1	0.0915
5	2	0.1746
6	2	0.1746
7	2	0.1746
8	3	0.2501
9	3	0.2501
10	4	0.3187
11	4	0.3187
12	5	0.3811
13	6	0.4377
14	6	0.4377
15	8	0.5359
16	8	0.5359
17	10	0.6169
18	11	0.652
19	11	0.652
20	13	0.7128
21	15	0.7629
22	15	0.7629
23	15	0.7629
24	17	0.8043
25	18	0.8222
26	19	0.8385
27	20	0.8533

28	20	0.8533
29	25	0.9092
30	27	0.925
31	30	0.9438

Le tableau V.7 permet de présenter la fonction de maintenabilité en fonction des temps de réparation comme illustré la figure suivante.

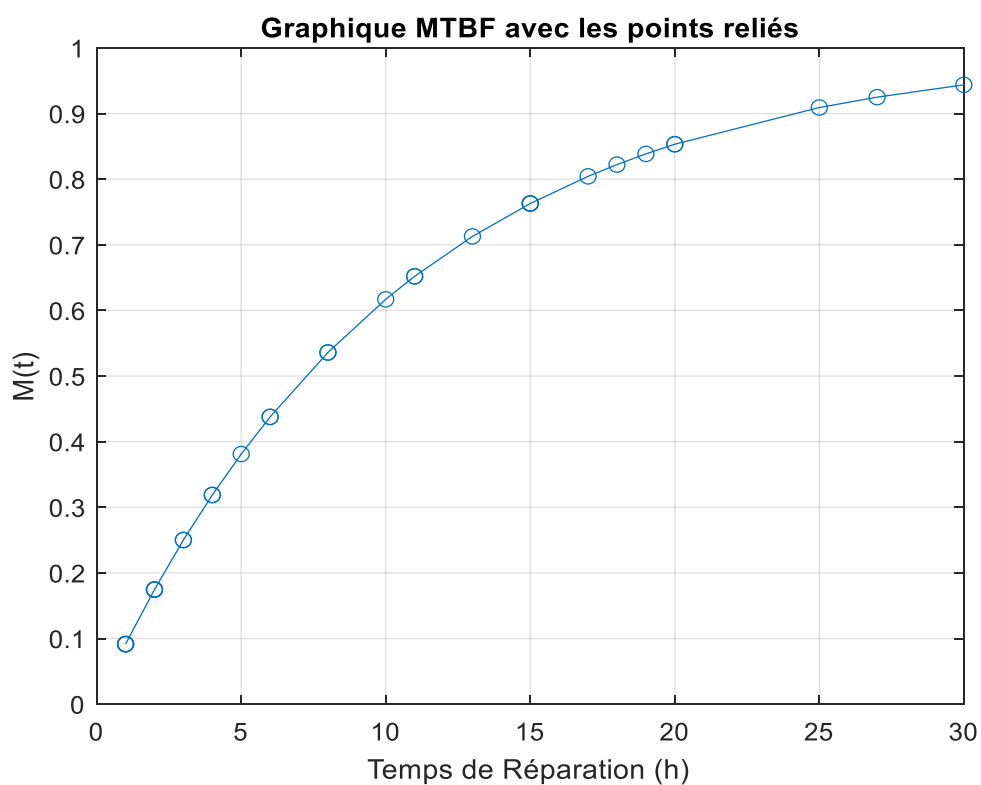


Figure V.7 : La Courbe de Maintenabilité

La figure V.7 montre la maintenabilité en fonction des temps de réparation (TTR), on remarque d'après cette figure que la maintenabilité augmente avec l'augmentation du temps de réparation (TTR).

V.3.3 Disponibilité

V.3.3.1. Disponibilité Opérationnelle

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Avec :

$$MTBF = 2636.0000$$

$$MTTR = 10.4194$$

$$\text{Alors : } D = \frac{2636}{2636+10.4194} = 0.99606h$$

V.3.3.2. Disponibilité intrinsèque ou asymptotique

L'utilisation de la formule suivante permet de calculer la disponibilité intrinsèque :

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)TTR}$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{2636} = 3.7936 * 10^{-4}$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \Rightarrow \mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{10.4194} = 0.09597$$

$$D(t) = \frac{0.09597}{3.7936 * 10^{-4} + 0.09597} + \frac{3.7936 * 10^{-4}}{3.7936 * 10^{-4} + 0.09597} e^{-(3.7936 * 10^{-4} + 0.09597)TTR}$$

Le tableau suivant résume les calculs de la disponibilité intrinsèque :

Tableau V.8 : Tableau de disponibilité instantanée

TTR	D(t)
1	0.99249
1	0.99249
1	0.99249
1	0.99249
2	0.99282
2	0.99282
2	0.99282
3	0.99311
3	0.99311
4	0.99338
4	0.99338

5	0.99363
6	0.99385
6	0.99385
8	0.99424
8	0.99424
10	0.99456
11	0.9947
11	0.9947
13	0.99494
15	0.99514
15	0.99514
15	0.99514
17	0.9953
18	0.99537
19	0.99543
20	0.99549
20	0.99549
25	0.99571
27	0.99577
30	0.99584

Les résultats de calculs de la disponibilité intrinsèque sont illustrés par la figure suivante :

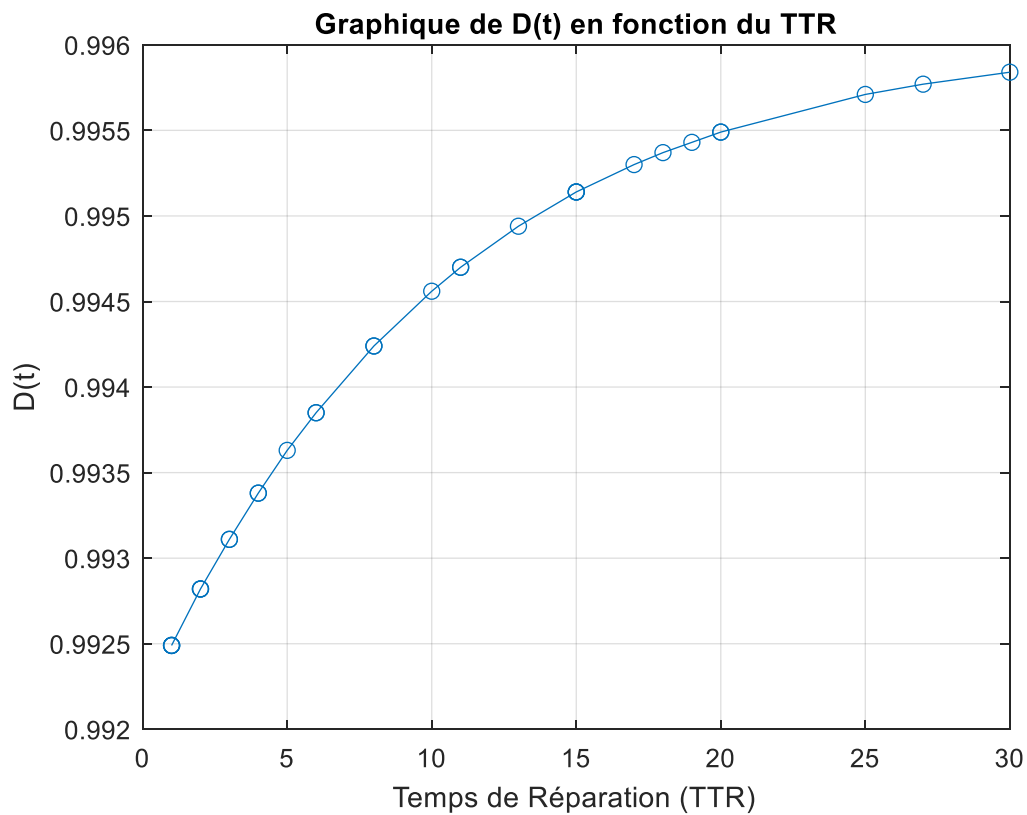


Figure V.8: La Courbe de disponibilité instantanée

La figure V.8 montre la disponibilité intrinsèque en fonction du temps de réparation. D'après cette figure, on remarque que la disponibilité augmente avec l'augmentation du temps de réparation.

III.1. Recommandation

D'après les résultats obtenus, on voit que la fiabilité est très élevée, que le taux de défaillance est constant et que le temps de panne est très faible. On peut conclure que le système n'est pas dans l'époque de vieillissement, parce que le temps de bon fonctionnement est plus long que le temps de panne. Dans ce cas, il n'est pas recommandé de dégrader le système ou de le remplacer par un autre.

I12 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons extrait l'historique de panne du système à travers le stage que nous avons fait à l'entreprise GNL SKIKDA. Ensuite, nous avons choisi la loi de calcul de fiabilité, de densité de probabilité, de fonction de répartition et du taux de défaillance grâce au test de Kolmogorov-Smirnov. Ce test a montré que la loi de Weibull est acceptable et les calculs ont montré que la fiabilité est élevée, le taux de défaillance est faible et le temps de panne est réduit. Cela nous a permis de ne pas recommander la dégradation du système.

Conclusion Générale

Conclusion générale

En gis de conclusion, cette étude nous a permis de bien approfondir nos connaissances dans le domaine industriel et surtout celui de la mesure de niveau. La période de stage pratique à la Société GL1K nous a permis de perfectionné et de mettre en valeur nos connaissances et de voir de prêt l'application des différents capteurs de dans ce domaines. Notamment le système de contrôle de niveau de liquide (TMC).

Ces dernières années les technologies de mesure de niveau ont connues un grand nombre d'améliorations, voire d'innovations comme en particulier l'arrivée du capteur de niveau radar en 1990, puis en 1997 du radar filoguidé (TDR).

Le capteur se distingue de l'instrument de mesure par le fait qu'il ne s'agit que d'une simple interface entre un processus physique et une information manipulable. Par opposition, l'instrument de mesure est un appareil autonome se suffisant à lui-même, disposant d'un affichage ou d'un système de stockage des données.

Mais alors, y a-t-il un capteur de niveau idéal ?

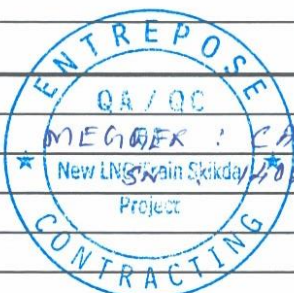
Il n'y pas de réponse toute faite. Le plus important quand on veut une mesure de niveau, c'est d'avoir une mesure fiable ensuite tout dépend de l'application : du produit mesuré, de la géométrie de la cuve, de l'environnement dans lequel sera installé le capteur de niveau. On différencie les systèmes mesurant la masse (le poids) de ceux mesurant le volume, et les systèmes mécaniques des systèmes électroniques. Par conséquent, le choix est facteur des caractéristiques de l'application et du résultat ou plus exactement de l'unité de mesure que l'on veut obtenir. Mesurer la hauteur et afficher le poids, c'est exiger un peu plus du système qu'une simple variation de niveau.

Bibliographie

Bibliographie




- [1] Le Gazier N° 215.
- [2] Fiche technique du GL1K.
- [3] Documentation disponible sur le réseau local du complexe.
- [4] <http://perso.numericable.fr/cira/pdf/Cours/Instrumentation/niveau.pdf>
- [5] Rapport de Stage Par Alidra Mehdi et Djebbloun Sadek.
- [6] MANUAL_1146_EN rev9.pdf
- [7] <http://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/ogi/tank-control/brochure-ogi-tank-control-Ing-systems.pdf?sfvrsn=10>.
- [8] <http://www.detect-measure.com/images/pdf/measure-analysis/WartsilaWhessoeRolloverPredictor.pdf>
- [9] **BELHOMME .A**, Cours de stratégie de maintenance 2010/2011.
- [10] **Abdoulaye**, « Analyse et conception d'un système d'information pour la Maintenance des équipements de la SOCOCIM », Thèse de doctorat d'université CHEKH ARTA DIOP, Sénégal, 2007.
- [11] **Jean. B**, « La TPM : un système de production », Technologie (SCEREN - CNDP) – Revue Française de gestion Industrielle, Paris, avril 2008.
- [12] **ISET Nabeul**, cours ; Introduction à la maintenance 2013/ 2014
- [13] [http://erwan.neau.free.fr/Toolbox/Diagramme d ISHIKAWA.htm](http://erwan.neau.free.fr/Toolbox/Diagramme%20d%20ISHIKAWA.htm)
- [14] "**Manuel de maintenance**", NAPHTOGAZ, HMD, (2001).
- [15] [https://fr.wikipedia.org/wiki/ Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité.](https://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_des_modes_de_d%C3%A9faillance,_de_leurs_effets_et_de_leur_criticit%C3%A9)
- [16] <https://qualite.ooreka.fr/comprendre/amdec>
- [17] **BRAHIM HEROU.MOHAMED ELGHORBA**, L'AMDC un outil puissant d'optimisation de la maintenance, application à une moto compresseur d'une PME Marocaine, Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique Casablanca, Morocco, 2005.
- [18] **HATHAT ABDELKADER, DEBLAOUI HICHAM**, Mémoire (Etude analytique FMD d'une turbine DR 990) université Kasdi Merbah, Ouargla 2014/2015.
- [19] **A.villemeur** Sûreté de fonctionnement de systèmes industriel: fiabilité, facteurs humains, informatisation, Eyrolles, Paris 1988
- [20] **M. KADI**, Etude et amélioration FMD d'une motopompe centrifuge, Mémoire de master professionnel, Université de Ouargla, (2014).

Annexes

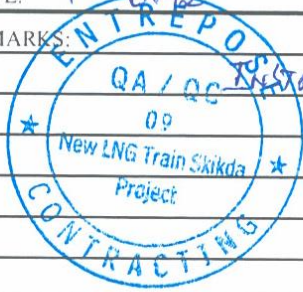
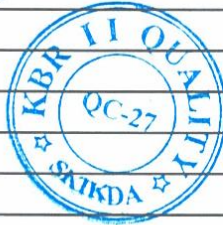
KBR	QUALITY CONTROL			
	ELECTRICAL INSTRUMENTATION WIRING INSTALLATION		JOB NO.: 6404	
SYSTEM NO.: 71-71A			CLIENT.: SONATRACH	
AREA.: DNB			DATE: 10.7.12	
ITEM : 71HSLT1122		JUNCTION BOX NO.: 71.MFO1-JB.N.01		
TYPE.:	NIS	SIZE : 1P x 1.5mm ²	LOOP : 71L1122	
OPERATION		ELECTRICAL INSPECTOR		OWNER'S INSPECTOR
		S/C	KBR	
VERIFY FOR CONFORMANCE TO AREA CLASSIFICATION REQUIREMENTS		[Signature]	[Signature]	
VERIFY WIRING FOR CONFORMANCE TO COLOR CODE AND IDENTIFICATION AT ALL TERMINALS		[Signature]	[Signature]	
VERIFY WIRING THAT CANNOT BE IMMEDIATELY TERMINATED IS COILED UP AND PROTECTED AGAINST DAMAGE AND LABELED.		[Signature]	[Signature]	
VERIFY ALL WIRES TERMINATE AT EQUIPMENT TERMINALS OR JUNCTION BOXES. NO INTERMEDIATE JOINTS OR SPLICES IN BETWEEN CONDUITS, CABLE TRAYS OR DUCTS ALLOWED.		[Signature]	[Signature]	
VERIFY TERMINAL FOR PROPER IDENTIFICATION		[Signature]	[Signature]	
VERIFY JUNCTION BOXES AND CONDUITS FOR PROPER IDENTIFICATION, MARKING, PROPER TERMINATIONS AND TIGHTNESS		[Signature]	[Signature]	
VERIFY SHIELD GROUNDING		[Signature]	[Signature]	
VERIFY CONTINUITY ON ALL CONDUCTORS		[Signature]	[Signature]	
WIRING IDENTIFIED BOTH ENDS		[Signature]	[Signature]	
		RESISTANCE Meg Ohms		
CORE TO CORE		239.4 G _Ω	[Signature]	
CORE TO SCREEN		88.7 G _Ω	[Signature]	
CORE TO EARTH		121 G _Ω	[Signature]	
REMARKS:				
				
S/C INSPECTOR:		[Signature]		DATE: 10.7.12
KBR INSPECTOR:		[Signature]		DATE: 10/7/12
OWNER'S INSPECTOR:		[Signature]		DATE:



[Handwritten signature]

KBR		QUALITY CONTROL				
					JOB NO.: 6404	
SYSTEM NO.: 71-71A		INSTRUMENT INSTALLATION RECORD			CLIENT: SONATRACH	
AREA.: DNB					DATE: 12.7.12	
DEVICES: TRANSMITTER__ INDICATOR__ ANALYZER__ LOCAL CONTROLLER__ TEMPERATURE GAUGE__ PRESSURE GAUGE__ SAFETY VALVE__ THERMOCOUPLE__ HAND SWITCH__ PROCESS SWITCH__ PRESSURE SWITCH__ SOLENOID VALVE__ CONTROL VALVE__ VALVE POSITIONER__						
DRAWING NO.: , PR-71-SYPI-005				TAG NO.: 71LTD1122		
OPERATION	REQUIRED		DATE COMPLETE	INSTRUMENT INSPECTOR		OWNER'S INSPECTOR
	YES	NO		S/C	KBR	
LOCATION CORRECT	✓		12.7.12	✓	✓	
ORIENTATION & HEIGHT SATISFACTORY	✓		12.7.12	✓	✓	
INSTRUMENT AIR FUNCTIONAL		N/A				
NAME PLATE CORRECT & READABLE	✓		12.7.12	✓	✓	
HAZARDOUS AREA CLASSIFICATION LABELING	✓		12.7.12	✓	✓	
SUPPORTS SATISFACTORY		N/A				
TUBING RUNS INSTALLED		N/A				
NO SUPPORTS OR MOVABLE EQUIPMENT		N/A				
CLEARANCE FOR COVERS SATISFACTORY	✓		12.7.12	✓	✓	
ACCESS FOR OPERATION SATISFACTORY	✓		12.7.12	✓	✓	
LOCATION OF INSTRUMENT TAPS CORRECT		N/A				
INDICATORS & GAUGES READABLE		N/A				
ACCESS FOR VALVE POSITIONERS SATISFACTORY		N/A				
MOTOR OPERATED VALVES TERMINATED		N/A				
VALVE ORIENTATION CORRECT AND HANDWHEEL ACCESSIBLE		N/A				
MATERIALS AND FITTINGS CORRECT		N/A				
WEATHERSHIELD FITTED CORRECT		N/A				
TUBING IDENTIFIED & INSTALLED CORRECT		N/A				
WIRING INSTALLED TO INSTRUMENTS	✓		12.7.12	✓	✓	
REMARKS:						
						
S/C INSTRUMENT INSPECTOR: 				DATE: 12.7.12		
KBR INSTRUMENT INSPECTOR: 				DATE: 12/7/12		
OWNER'S INSPECTOR:				DATE:		



QUALITY CONTROL			
TAG NO.: 71LTD1122	INSTRUMENT CALIBRATION	JOB NO.: 6404	
SYSTEM NO.: 71-71A		CLIENT.: SONATRACH	
AREA.: DNB		DATE: 1.6.12	
P&ID.: , PR-71-SYPI-005			
MANUFACTURER: WHESSOE SA	RANGE.:		
SERIAL NO.: 26972	MODEL NO.: 01146-21-0921		
OPERATION	S/C	KBR	DATE
INSTRUMENT CHECKED AGAINST DATA SHEET	✓	✓	1.6.12
INSTRUMENT CHECKED FOR DAMAGE	✓	✓	↓
INSTRUMENT TAG NUMBER ATTACHED TO INSTRUMENT	✓	✓	↓
CALIBRATION TAG OR STICKER ATTACHED TO INSTRUMENT	n/a	n/a	n/a
CONFIGURED: HAND HELD DCS	n/a	n/a	n/a
n/a only			
CALIBRATION			
PERCENT OF TEST	ISSUE FOR INSTALLATION		
	INPUT	OUTPUT	
0%			
25%			
50%			
75%			
100%			
CALIBRATION DATE:			
S/C INSPECTOR	KBR INSPECTOR	OWNER'S INSPECTOR	
BY: <i>G. L...</i>	BY: <i>J...</i>		
DATE: 1.6.12	DATE: 01/6/12		
REMARKS: INSTRUMENT CALIBRATED BY VENDOR			
			

2011

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

EN ELECTROMECHANIQUE

SPECIALITE : ELECTROMECHANIQUE

Proposé et dirigé par : **D. MELKIA Chawki**

Présenté par : **FEHALLAH Seddam Hocine** et **BECHICHI Farouk**

Thème

La fiabilité du système du jaugeage d'un bac de stockage GNL "WHESSOE 1146"

Résumé :

Dans ce travail ; nous allons étudier la fiabilité du système du jaugeage d'un bac de stockage GNL l'entreprise GNL SKIKDA par une étude statistique approfondie des défauts de ce système (historique de pannes) et la préconisation des solutions efficaces concernant ces défauts pour minimiser le temps d'arrêt et agrandir le temps de bon fonctionnement.

Abstract:

In this work; we will study the reliability of the system of the gauging of an LNG storage tank LNG company SKIKDA by a detailed statistical study of the defects of this system (failure history) and the recommendation of effective solutions for these defects to minimize downtime and increase uptime

ملخص:

في هذا العمل؛ سندرس موثوقية نظام قياس خزان الغاز الطبيعي المسال لشركة SKIKDA من خلال دراسة إحصائية مفصلة لعيوب هذا النظام (تاريخ الفشل) والتوصية بحلول فعالة لهذه العيوب لتقليل وقت التوقف وزيادة وقت التشغيل.

خلال هذا العمل قمنا بتحسين دقة آلة (groupe électropompe) في مؤسس SP3 المسيلة عن طريق دراسة إحصائية معمقة لأعطال هذا النظام (تاريخ الاعطال) مع إعطاء اقتراحات لحلول ناجعة متعلقة بهاته الأعطال من أجل إنقاص ازمنة التوقف وسيادة ازمنة الاداء الجيد.

Mots clés : Maintenance, fiabilité, sécurité, disponibilité, sureté, système de jaugeage, bac de stockage, GNL (Gaz Naturel Liquéfié), WHESSOE 1146, mesure de niveau, capteurs, analyse de performance, Sécurité industrielle, maintenance préventive, évaluation des risques, Contrôle de processus, technologies de stockage, instrumentation industrielle, calibration des instruments.