

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 سعد دحلب البليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Master

Filière Électronique
Spécialité Instrumentation

présenté par

Zyat Yousra

Étude de dysfonctionnement du transmetteur radar au niveau du champ OC-BMS avec proposition de solutions

Proposé par : Farid Ykhlef ET Laid Merad

Année Universitaire 2021-2022

Remerciements

En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu, tout puissant, de m'avoir donné la force et l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

Au terme de cet étude, il m'est agréable de remercier vivement tous ceux qui grâce à leur aide précieuse, ont permis la réalisation de ce travail et particulièrement :

*Mon encadreur **Mr MERAD Laid** et **Mr ALLIOUA Med** (B2B) qui m'ont accordé l'opportunité de réaliser ce travail de terrain. Vos qualités professionnelles, votre ardeur et votre rigueur au travail m'ont inspiré.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude au mon promoteur **Mr YKHLEF Farid** pour ses conseils bénéfiques et son soutien qu'il m'a cessé de m'apporter tout au long de ce travail.*

Messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de siéger à ma soutenance.

*Tous les enseignants du département **D'électronique** de m'avoir formés et de m'avoir donné leurs précieux conseils durant les années académiques. Tout le personnel d'**OC-BMS** de leur accueil chaleureux et spécialement le **service d'instrumentation**.*

Je dédie le fruit de ce modeste travail :

*A mes chers parents ♡**Mustapha** et **Lynda**♡ pour leur amour, leur patience et leur encouragement qui n'ont jamais cessé de me convenir durant mes années d'études.*

*A ma chère sœur ♡**Nourihene**♡ pour le soutien de moral et ses encouragements dans mes moments de doute et la confiance qu'elle m'a accordée.*

*A mes deux jumeaux ♡**Fouad** et **Nabil**♡ pour être toujours à mes côtés.*

*A toutes ma famille et spécialement mon cousin ♡**Amine**♡.*

*A mes amis ♡**Sabrina, Amina** et **Ayoub**♡.*

A tous ceux qui me sont chers.

ملخص:

أجهزة إرسال المستوى من نوع الرادار هي أجهزة إلكترونية تستخدم لقياس مستوى السوائل. كما يوحي اسمها، تستخدم أجهزة إرسال المستوى هذه تقنية الرادار لاكتشاف مستوى السوائل. تعمل هذه الأخيرة على أساس الموجات الكهرومغناطيسية في نطاق 10 جيجا هرتز تحت النطاق الترددي للميكروويف ذي النطاق السيني. وبسبب قياس المستوى دون تلامس، وجدت أجهزة إرسال المستوى هذه مكانها في صناعات مثل مصانع التعدين والنفط والغاز. تواجه OC-BMS في هذا المجال مشاكل مع معظم أجهزة إرسال المستوى المركبة في مرافق و معدات معالجة وتخزين النفط. الغرض من هذا المشروع هو تشخيص المشكلة، واقتراح الحلول لهذا الخلل الوظيفي.

كلمات المفاتيح: إرسال المستوى؛ رادار؛ اف ام ار 245.

Résumé :

Les transmetteurs de niveau type radar sont des dispositifs électroniques utilisés pour la mesure de niveau de fluide. Comme leur nom l'indique, ces transmetteurs de niveau utilisent la technologie radar pour la détection de niveau de fluide. Ces émetteurs fonctionnent sur la base d'ondes électromagnétiques dans une gamme de 10 GHz sous une bande passante hyperfréquence en bande X. En raison de la mesure de niveau sans contact, ces transmetteurs de niveau ont trouvé leur place dans les industries comme les mines, les usines de pétrole et de gaz. Le champ de l'OC-BMS est confronté à un dysfonctionnement de la plupart des émetteurs radar des bacs de stockage et de traitement des hydrocarbures. Le but de ce projet est de diagnostiquer le problème, et de proposer des solutions basées sur la conclusion diagnostique de ce dysfonctionnement.

Mots clés : Transmetteur de niveau; Radar; FMR245.

Abstract:

Radar level transmitters are electronic devices used for fluid level measurement. These level transmitters use radar technology for liquid level detection. These transmitters operate on the basis of electromagnetic waves in a range of 10 GHz under microwave X band. Due to non-contact level measurement, these level transmitters have found their found into industries such as mining, oil and gas factories. The field of OC-BMS is confronted with a malfunction of most of the radar transmitters of hydrocarbon storage and processing vessels. The goal of this project is to diagnose the problem, and to propose several solutions based on the diagnostic conclusion of this dysfunction.

Keywords: Level transmitter ; Radar ; FMR245.

Listes des acronymes et abréviations

Chapitre1

Km :	Kilo meter	HF:	Fired Heater
Kv :	Kilo volt	LCV:	Level Control Valve
CPF :	Central Processing Facility	OD1:	Pipe d'expédition vers h el hamra
Bar :	Unité de mesure de pression	ICSS:	Integrated Control and Safety System
PCV:	Pressure Control Valve	DCS:	Distributed control System
FCV:	Flow Control Valve	ESD:	Emergency Shutdown System
IGF:	Induced Gas Flotation	PSV:	Pressure Safety Valve
LT	Level transmitter	PT	Pressure transmitter
FT	Flow transmitter	TT	Temperature transmitter

Chapitre2

P:	Poids	L:	Level
Pa:	Pascal (Unité de mesure de pression)	FMR:	Endress+Hauser Model acronym
ρ :	masse volumique du liquide	V:	Vitesse
g:	accélération de la pesanteur	°C:	Degré Celsius
Kg:	Kilo gramme	ϵ_r :	relative permittivity
m ³ :	Mètre cube	Δt :	interval of time
m:	mètre	HZ:	Hertz
S ⁻² :	Par seconde au carré	RADAR:	acronyme de l'anglais RAdio Detection And Ranging
G:	Giga (10 ⁹)	ω :	Oméga
μ :	Micro (10 ⁻⁶)	Δ :	Delta
t:	temps	In:	Inch (pouce)
DS:	Data Sheet	LCD :	Liquid Crystal Display
α :	Alfa (angled'émission)	HART:	Protocol de Communication
Cm:	Centimètre	PC:	Personel Computer
°F:	degré Fahrenheit		

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Listes des acronymes et abréviations

INTRODUCTION GENERALE.....1

CHAPITRE 1 PRESENTATION DU SITE BMS.....4

1.1 INTRODUCTION4

1.2 PRESENTATION GENERALE DU CHAMP OC-BMS4

1.2.1 Introduction.....4

1.2.2 Localisation du champ BMS5

1.2.1 Description du projet BMS5

1.2.1 Identifications des puits de BMS7

1.2.2 Les installations de surface du projet BMS8

1.2.3 Processus de traitement de pétrole brut9

1.3 SYSTEME DE CONTROLE ET DE SECURITE INTEGREE (ICSS)11

1.3.1 Système de contrôle distribué DCS11

1.3.2 Arrêt d'urgence (ESD)13

1.3.3 Système de détection d'incendie et de gaz (FGS)13

1.4 SYSTEME INSTRUMENTE DE SECURITE (SIS)13

1.5 BOUCLE DE REGULATION14

1.5.1 Processus (procédé)15

1.5.2 Capteur et transmetteur15

a. *Capteur*15

b. *Transmetteur*.....15

1.5.3 Actionneur17

1.5.4 Correcteur18

1.6 CONCLUSION19

CHAPITRE 2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU TRANSMETTEUR RADAR

MICROPILOT M FMR245.....20

2.1 INTRODUCTION20

2.2 DIFFERENTS PRINCIPES DE MESURE DE NIVEAU21

2.2.1	Méthodes hydrostatiques.....	21
a.	<i>Rappel physique</i>	21
b.	<i>Flotteur</i>	21
c.	<i>Plongeur</i>	22
d.	<i>Mesure de pression</i>	23
e.	<i>Mesure de la masse volumique</i>	25
2.2.2	Méthodes électriques	25
a.	<i>Capteurs conductimétriques</i>	25
b.	<i>Capteurs capacitifs</i>	27
2.2.3	Ondes acoustiques	27
a.	<i>Principe</i>	27
b.	<i>Radar</i>	28
2.2.4	Absorption du rayonnement gamma	28
a.	<i>Principe</i>	28
b.	<i>Détection</i>	29
c.	<i>Mesure de densité</i>	30
2.3	DESCRIPTION DU TRANSMETTEUR DE NIVEAU AVEC RADAR	32
2.3.1	Principe de fonctionnement du radar LT	32
2.3.2	Description du radar LT M FMR245 Endress+Hauser	33
a.	<i>Principe d'opération</i>	33
b.	<i>Montage de l'émetteur</i>	36
c.	<i>Câblage</i>	41
d.	<i>Configuration</i>	42
2.4	2.4 AVANTAGES DU MICROPILOT M FMR245	47
2.5	INCONVENIENTS DU MICROPILOT M FMR245	47
CHAPITRE 3 ETUDE DE L'ETAT DE L'EMETTEUR INSTALLE A OC-BMS		48
3.1	INTRODUCTION	48
3.2	DESCRIPTION	48
3.3	LOCALISATION ET PROCESSUS.....	49
3.3.1	On-Spec Crude Oil Storage Tank (Bac de stockage) - Bacs de stockage de pétrole brut conforme aux spécifications.....	49
3.3.2	Off-Spec Crude Oil Storage Tank	51
3.3.3	Closed Drains (Drains Fermés)	52
3.3.4	Open Drains (Drains Ouvert)	52

3.3.5	Sewage (eaux usées)	53
3.3.6	Configuration	53
3.4	DESCRIPTION ET CONFIGURATION DU RADAR BMS LT	54
3.4.1	Plaque signalétique	54
3.4.2	Plaque signalétique	54
3.4.3	Tag number	55
3.5	CONFIGURATION DE TRANSMETTEUR DE NIVEAU 49-LT-0002	56
3.5.1	Étapes basiques	56
3.5.2	Paramètres monitoring (surveillance)	57
3.5.3	Configuration 49LT0002	57
3.5.4	Schéma de boucle (Loop diagram)	58
3.6	ACQUISITION ET ANALYSE DES DONNEES	59
3.6.1	Données du premier bac de stockage	59
3.6.2	Données du 2e bac de stockage	60
3.6.3	Données du 3e bac de stockage	60
3.7	DIAGNOSTIC ET CAUSES DE DYSFONCTIONNEMENT	61
3.8	SOLUTIONS PROPOSEES	69
3.8.1	Réadapter les installations selon les recommandations du fabricant des transmetteurs.....	69
3.8.2	Modifier la méthode (type) et la position d'installations	70
3.8.3	Remplacer les transmetteurs par d'autres types plus efficaces sans changer ou modifier les installations	71
	CONCLUSION GENERALE	72
	BIBLIOGRAPHIE	73

Liste des figures

<i>Figure 1.1 Étapes majeures de développement du champ BMS.</i>	5
<i>Figure 1.2 Localisation du BMS.</i>	6
<i>Figure 1.3 Organigramme de l'entreprise.</i>	7
<i>Figure 1.4 Plan du projet de développement du champ BMS CPF en Algérie.</i>	7
<i>Figure 1.5 Plan du champ pétrolier de BMS.</i>	8
<i>Figure 1.6 Schéma fonctionnel pour le processus de traitement de brut.</i>	11
<i>Figure 1.7 Différents niveaux d'un DCS.</i>	13
<i>Figure 1.8 Boucle de régulation</i>	14
<i>Figure 1.9 Transmetteur de pression.</i>	16
<i>Figure 1.10 Transmetteur de débit.</i>	16
<i>Figure 1.11 Transmetteur de température.</i>	17
<i>Figure 1.12 Transmetteur de niveau.</i>	17
<i>Figure 1.13 Actionneur.</i>	18
<i>Figure 2.1 Mesure de niveau.</i>	21
<i>Figure 2.2 Principe de mesure du niveau à flotteur.</i>	21
<i>Figure 2.3 Flotteur industriel.</i>	22
<i>Figure 2.4 Principe de mesure de niveau par plongeur.</i>	22
<i>Figure 2.5 Principe de mesure de niveau par capteur de pression.</i>	23
<i>Figure 2.6 Principe de mesure de niveau par bullage.</i>	24
<i>Figure 2.7 Réservoir avec condensation $\Delta P < 0$.</i>	24
<i>Figure 2.8 Réservoir sans condensation $\Delta P > 0$.</i>	25
<i>Figure 2.9 Mesure de la masse volumique.</i>	25
<i>Figure 2.10 Principe de mesure de niveau par capteur conductimétrie.</i>	26
<i>Figure 2.11 Capteur de niveau électrique.</i>	26
<i>Figure 2.12 Détection de niveau électrique.</i>	26
<i>Figure 2.13 Principe de mesure par ondes acoustiques.</i>	28
<i>Figure 2.14 Source (gauche) et Emetteur (droite).</i>	29
<i>Figure 2.15 Principe de montage pour une mesure avec deux récepteurs.</i>	29
<i>Figure 2.16 Montage de détection de niveau.</i>	30
<i>Figure 2.17 Mesure de densité.</i>	30

<i>Figure 2.18 Installation du transmetteur au niveau du bac de stockage.</i>	32
<i>Figure 2.19 Principe de fonctionnement du transmetteur LT RADAR.</i>	34
<i>Figure 2.20 Principe de mesure LT RADAR FMR245.</i>	35
<i>Figure 2.21 Angle d'émission.</i>	36
<i>Figure 2.22 Montage en émission libre sur une cuve.</i>	36
<i>Figure 2.23 Montage dans un tube de mesure.</i>	37
<i>Figure 2.24 Exemple d'un tube de mesure.</i>	38
<i>Figure 2.25 Montage dans un by-pass.</i>	39
<i>Figure 2.26 Emplacement de LT radar M FMR 245.</i>	40
<i>Figure 2.27 Emplacement de LT radar M FMR 245.</i>	40
<i>Figure 2.28 Câblage pour boîtier F12/F23.</i>	41
<i>Figure 2.29 Câblage pour boîtier T12.</i>	41
<i>Figure 2.30 Structure générale du menu de configuration.</i>	42
<i>Figure 2.31 Identification.</i>	43
<i>Figure 2.32 Interface utilisateur.</i>	44
<i>Figure 2.33 Afficheur à cristaux liquides (LCD).</i>	45
<i>Figure 2.34 Configuration des menus avec Field Communicator 375.</i>	46
<i>Figure 2.35 Raccordement HART avec les alimentations.</i>	46
<i>Figure 3.1 On-Spec Crude Storage Tank.</i>	51
<i>Figure 3.2 Off-Spec Crude Storage Tank.</i>	51
<i>Figure 3.3 Closed Drains.</i>	52
<i>Figure 3.4 Open Drains et Sewage.</i>	53
<i>Figure 3.5 Plaque signalétique du LT radar (14-LT-0001).</i>	55
<i>Figure 3.6 Tag number.</i>	55
<i>Figure 3.7 Etapes basiques de configuration de 49LT0001.</i>	56
<i>Figure 3.8 Monitoring.</i>	57
<i>Figure 3.9 Configuration 49LT0002.</i>	57
<i>Figure 3.10 Loop diagram.</i>	58
<i>Figure 3.11 Prise de données au niveau de la salle de contrôle du 14-T-0-0101.</i>	59
<i>Figure 3.12 Prise de données au niveau de la salle de contrôle du 14-T-0-0102.</i>	60
<i>Figure 3.13 Prise de données au niveau de la salle de contrôle du 14-T-0-0103.</i>	61

Liste des tableaux

<i>Tableau 2.1 Comparaison des méthodes.</i>	31
<i>Tableau 3.1 Description des 13 transmetteurs.</i>	48
<i>Tableau 3.2 Informations sur la plaque signalétique.</i>	54
<i>Tableau 3.3 14-LT-0001.</i>	62
<i>Tableau 3.4 14-LT-0003.</i>	62
<i>Tableau 3.5 14-LT-0005.</i>	63
<i>Tableau 3.6 14-LT-0006.</i>	63
<i>Tableau 3.7 14-LT-0008.</i>	64
<i>Tableau 3.8 14-LT-0010.</i>	64
<i>Tableau 3.9 14-LT-0013.</i>	65
<i>Tableau 3.10 48-LT-0001.</i>	65
<i>Tableau 3.11 48-LT-0003.</i>	66
<i>Tableau 3.12 49-LT-0002.</i>	66
<i>Tableau 3.13 49-LT-0002.</i>	67
<i>Tableau 3.14 49-LT-0003.</i>	67
<i>Tableau 3.15 59-LT-0001.</i>	68

Introduction générale

De nos jours, le pétrole brut est la principale matière première, à partir des années 1950 il est devenu la première source d'énergie au monde. C'est la principale matière première des carburants utilisés dans les transports. Le pétrole satisfait plus de 30% des besoins énergétiques de la planète. La consommation mondiale de pétrole représentait 97,4 millions de barils par jour (Mb/j) en 2017, soit l'équivalent de 1 127 barils ou 179 000 litres par seconde [1].

L'Algérie, le plus grand pays d'Afrique, est la porte d'entrée de l'Afrique, avec un littoral méditerranéen (1200 km) et un Sahara qui est classé parmi les plus grands Sahara du monde car il couvre une superficie de 84% de l'Algérie. De plus, notre pays est connu pour ces richesses naturelles, cette raison a conduit à l'avidité des envahisseurs pour la colonisation de l'Algérie et exploiter les richesses miraculeuses de cette dernière.

Pour cela, il a connu de nombreux empires, jusqu'au jour de la découverte de l'or noir par le colonisateur français. En 1956, l'Algérie découvre l'existence du super gisement pétrolier de Hassi Messaoud, au Sahara, qui change le cours de son histoire [2].

Après l'indépendance de l'Algérie en 1962, ancien directeur de cabinet, H Boumediene nationalise les hydrocarbures algériens au détriment des entreprises françaises en 1971 [3]. Le 24 février de la même année, le président prononce un discours annonçant la nationalisation des hydrocarbures et il affirme : « le moment est venu de prendre nos responsabilités donc nous avons décidé de porter la révolution dans le secteur pétrolier » [4].

L'Algérie a rejoint l'organisation des pays exportateurs de pétrole, également connue sous l'acronyme OPEP, en 1969, neuf ans après la fondation de l'organisation. L'OPEP regroupe les plus grands exportateurs de pétrole comme l'Algérie [5].

Sonatrach a été fondée en 1963. Elle est aujourd'hui la plus grande entreprise algérienne, ainsi que le premier groupe en Afrique et le 12e sur la scène internationale [6]. Les exportations d'hydrocarbures étant si énormes, il va sans dire que cette compagnie nationale est d'une importance primordiale.

Ces dernières années ont vu une augmentation des problèmes de sécurité dans le domaine de l'industrie. Quelle que soit l'importance économique du pétrole, les compagnies pétrolières algériennes accordent la plus haute importance à la sécurité de leurs employés, puis à la sécurité de leurs équipements. Pour cela, plusieurs équipements d'instrumentation (transmetteurs de niveau, de débit, de pression et de température) sont utilisés dans un champ pétrolifère, le paramètre le plus important qui doit être surveillé et contrôlé est le niveau. La mesure de niveau est un facteur très important, en particulier dans les industries pétrolières. Une mesure erronée ou un dysfonctionnement peut affecter la sécurité du champ en déclenchant des alarmes et en arrêtant tout le champ.

L'introduction de transmetteurs de niveau de type radar dans l'industrie pétrolière a contribué à réduire le nombre d'accidents. Comme leur nom l'indique, ces transmetteurs de niveau utilisent la technologie radar pour la détection du niveau de liquide. En raison de la mesure de niveau sans contact, ces transmetteurs ont trouvé leur place dans des industries telles que les mines, les usines pétrolières et gazières.

Le champ OC-BMS est confronté à un dysfonctionnement de la plupart des émetteurs radar des cuves de stockage et de traitement des hydrocarbures.

Ce mémoire a un double objectif :

D'une part, nous avons réalisé ce travail dans le domaine pétrolier OC-BMS, une période de stage d'un mois nous a permis de nous familiariser avec le milieu professionnel et de découvrir de manière très approfondie les nouvelles techniques appliquées dans cette discipline, d'acquérir une expérience professionnelle préalable qui nous sera très utile dans un avenir proche pour développer notre niveau de maintenance des différents types d'instruments de contrôle et de sécurité.

D'autre part, le but de ce projet est de diagnostiquer le problème de dysfonctionnement, et de proposer des solutions basées sur la conclusion diagnostique de ce dysfonctionnement.

Notre mémoire est divisé en trois chapitres :

- Dans le premier chapitre, nous présenterons d'abord l'organisation d'OC-BMS, puis nous aborderons les principaux concepts et définitions des systèmes de contrôle et de sécurité et ensuite nous présenterons la boucle de contrôle.
- Le deuxième chapitre précisera les différents principes de mesure de niveau ainsi que la description du transmetteur de niveau radar micropilot M type FMR245 après avoir évoqué son principe de fonctionnement, son câblage et sa configuration.
- Dans le troisième et dernier chapitre, une description des transmetteurs sera faite, suivie des résultats expérimentaux avec discussions et interprétations.

Ce mémoire s'achèvera par une conclusion générale.

Chapitre 1 Présentation du site BMS

1.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous donnerons d'abord une vue générale du groupe Bir El-m'sena (BMS), sa localisation, les différentes installations de surface de traitement du brut, le principe de fonctionnement du complexe, puis nous présenterons le contrôle et la gestion intégrée, système de sûreté et ces différents sous-systèmes, la boucle de régulation et ces branches seront présentées en dernier.

1.2 Présentation générale du champ OC-BMS

1.2.1 Introduction

L'organisation BMS (fondée en 2005, mise en production 2015) est l'opérateur délégué et chargé du développement et de l'exploitation du domaine BMS. Les partenaires ont conçu l'organisation BMS comme un instrument doté de pouvoirs fiables et de procédures approuvées par toutes les parties et l'ont dotée de moyens matériels et d'un personnel de haut niveau pour assurer son efficacité. L'organisation BMS a mis à profit toute l'expérience acquise par SONATRACH et le partenaire CEPSA (une société nationale associée aux espagnoles) au profit du projet et de la diversité culturelle.

La règle et la conduite de l'organisation sont l'équité, la transparence, la recherche du consensus, la satisfaction de tous les partenaires.

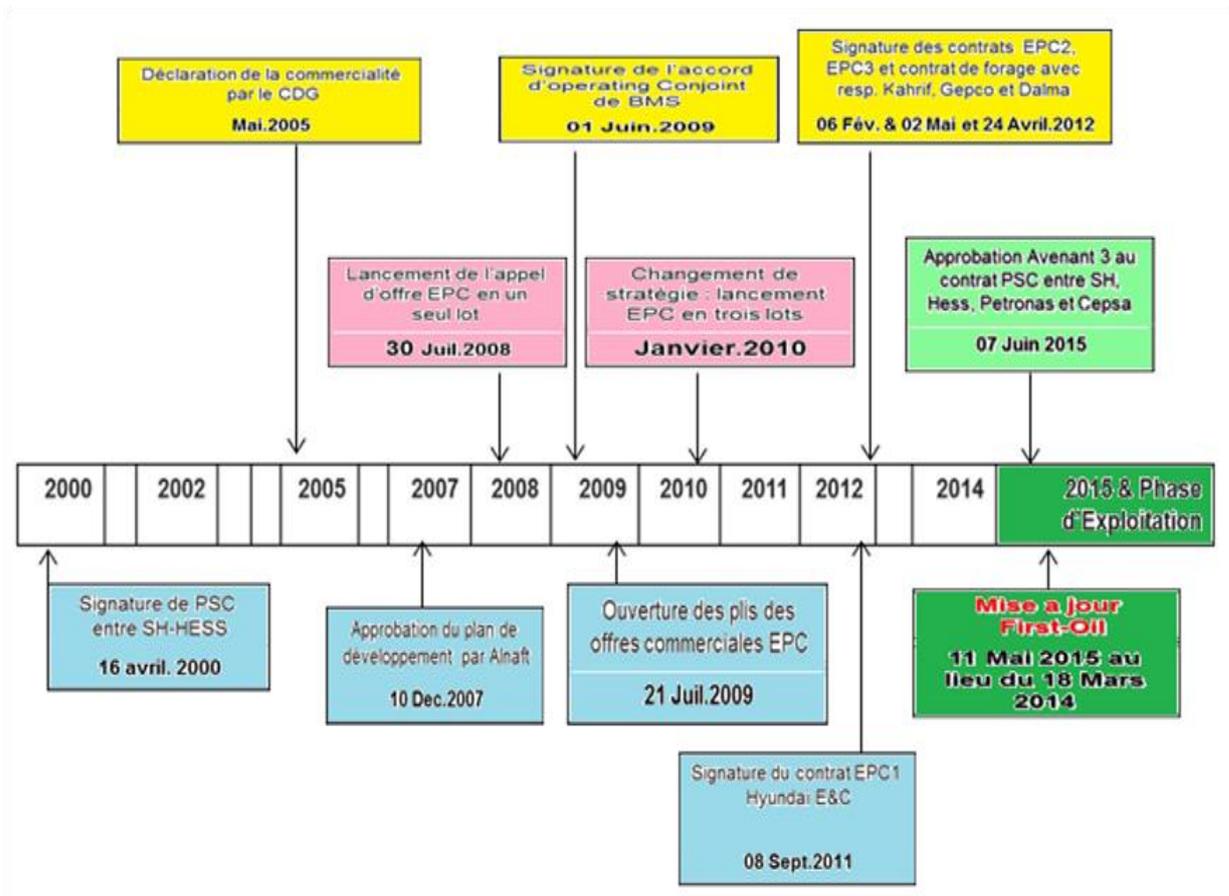


Figure 1.1 Étapes majeures de développement du champ BMS.

1.2.2 Localisation du champ BMS

Le champ pétrolier BMS Bir-Msana (anciennement connu sous le nom de ROUD ROUNI) est situé dans le désert algérien (figure 1.2). Le bloc BMS 401C est situé au nord de la frontière du bassin de Berkine, à environ 270 km à l'est de Hassi Messaoud, et à environ 60 km à l'ouest d'El Borma, à 1100 km au sud-est d'Alger, d'environ 20 km de long et 4 km de large, a été découvert en juin 2000.

1.2.1 Description du projet BMS

BMS est un petit gisement de brut léger, avec une production moyenne de 12 000 barils par jour. Le développement du champ comprend trois puits de production de brut, trois puits d'injection d'eau, deux puits d'eau de source (Barrémien) pour l'injection d'eau, deux puits d'eau de source (Mio-Pliocène) pour l'eau de nettoyage et l'eau potable, un système de collecte de brut et une usine de stabilisation de brut avec capacité de stockage et d'exportation.

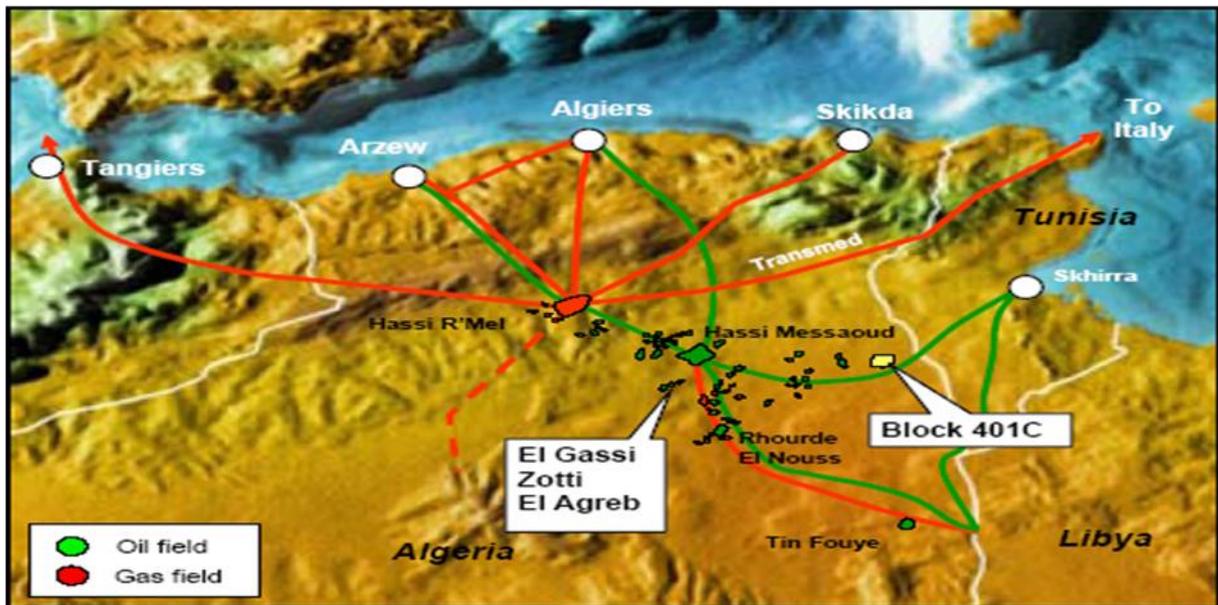


Figure 1.2 Localisation du BMS.

Les équipements de traitement du brut utiliseront un seul train pour la séparation, le dessalement et la stabilisation du brut des trois puits de production afin de répondre aux spécifications d'exportation de brut. L'eau produite sera traitée pour être réinjectée dans le réservoir. L'eau des deux puits de source sera traitée et injectée dans le réservoir pour être pressurisée. Le gaz récupéré sera utilisé comme gaz combustible et le surplus de gaz sera comprimé et réinjecté dans le réservoir.

Les utilités nécessaires à l'installation sont l'air instrument, l'air de service, les gaz inertes, l'eau incendie, l'injection de produits chimiques, l'eau potable et l'eau sanitaire, les gaz combustibles, le gasoil, les purges et les torches.

Trois bacs de stockage de brut conformes aux spécifications (on- specifications), un bac de stockage de brut hors spécifications (off-specifications) et un système d'expédition contenant des pompes et des conduites seront utilisés pour la stabilisation et le transfert du brut. Le stockage des fluides utilitaires est également nécessaire.

L'alimentation sera fournie à partir d'une sous-station connectée à une ligne à haute tension de 60 KV à partir de la sous-station BMS. Un générateur diesel de secours est également fourni.

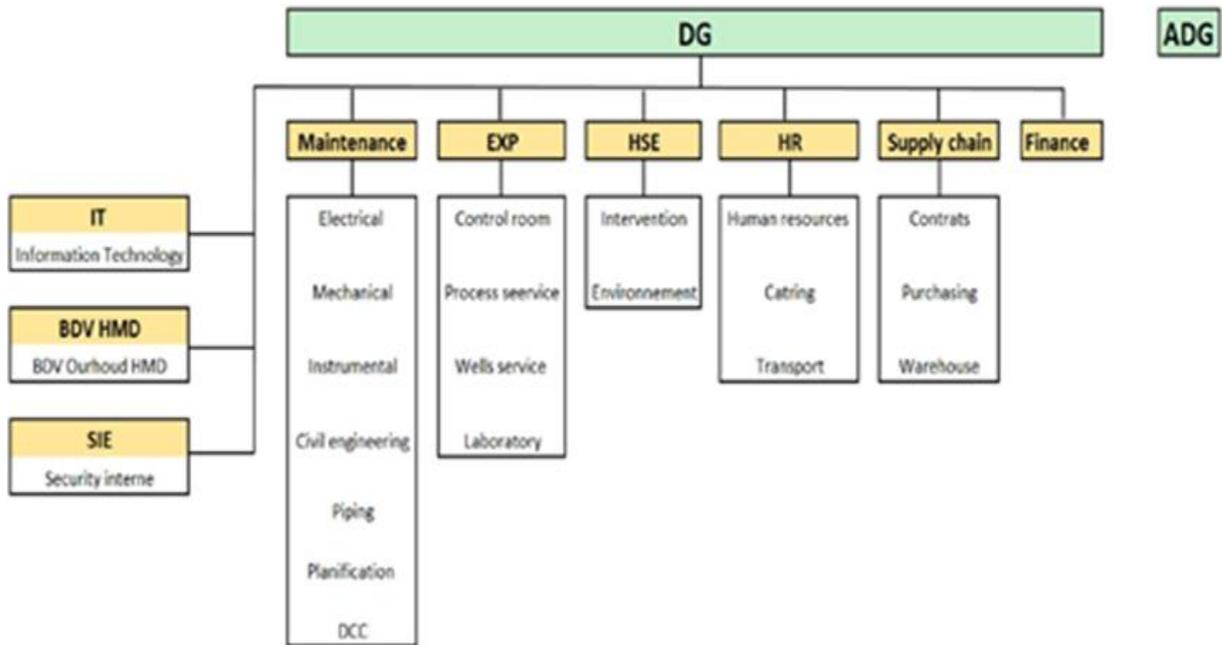


Figure 1.3 Organigramme de l'entreprise.



Figure 1.4 Plan du projet de développement du champ BMS CPF en Algérie.

1.2.1 Identifications des puits de BMS

BMS contient 9 puits :

- 3 Puits producteurs d'huile (BMS 6, BMS 7 et BMS 8).
- 2 Puits producteurs d'eau Barrémien (BMS1, BMS 2).
- 3 Puits injecteurs d'eau (BMS 3, BMS 4, BMS 5).
- 1 Puits injecteur de gaz « Puits poubelle BMS 9 ».

Il prévoit de forer le nouveau puits BMS 10.

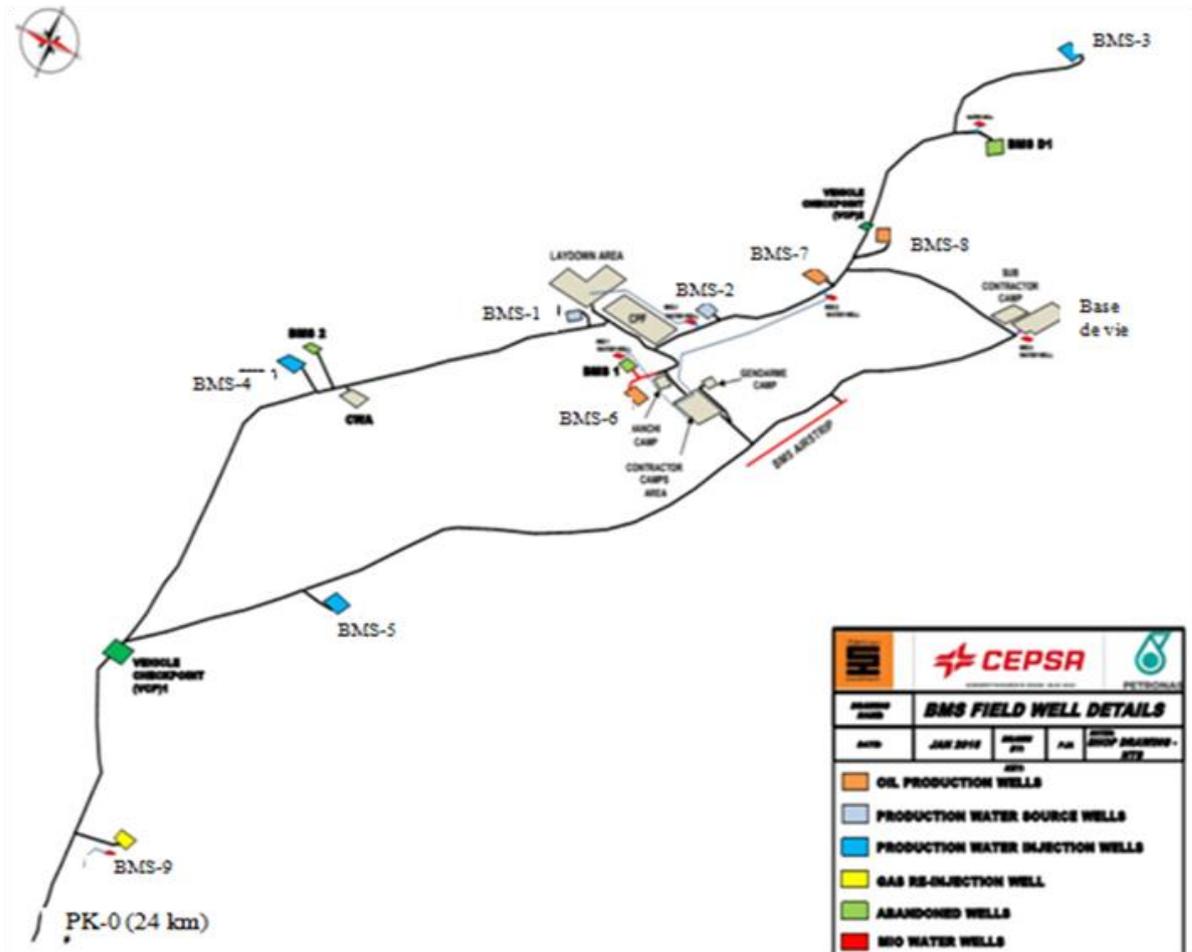


Figure 1.4 Plan du champ pétrolier de BMS.

1.2.2 Les installations de surface du projet BMS

L'objectif du projet BMS est l'extraction, le traitement et l'exportation par pipeline de pétrole brut :

- Trois puits de pétrole qui produiront à partir de trois plateformes d'exploitation.
- Trois puits d'injection d'eau à partir de trois plateformes d'exploitation.
- Un puits de réinjection de gaz à partir d'une plateforme d'exploitation.
- Deux puits source (barrémien) pour l'eau d'injection à partir de deux plateformes d'exploitation.
- Deux puits sources (mio-pliocène) pour l'eau potable et de traitement à l'usine.
- Un puits source (mio-pliocène) pour l'eau potable sur le camp permanent.
- Un système de collecte du pétrole comprenant trois conduites d'écoulement de puis des têtes de puits jusqu'à l'usine.
- Une usine de stabilisation du pétrole brut.
- Unité de traitement et d'injection d'eau.

- Unité de compression et d'injection de gaz.
- Conduites d'injection de gaz et d'eau.
- Trois réservoirs de stockage conformes aux spécifications et un réservoir hors spécifications.
- Un système d'exportation comprenant un pipeline de pétrole de 25 kilomètres.
- Une ligne haute tension de 80 km pour l'alimentation électrique des installations BMS et l'installation de stations locales de distribution électrique pour les installations et les puits.
- Camp permanent, piste d'atterrissage, système routier et camp de sécurité.

1.2.3 Processus de traitement de pétrole brut

Les 3 puits de production BMS 6, 7 et 8 arrivent au CPF et entrent dans le collecteur qui est composé de trois tuyaux, deux tuyaux vers le séparateur d'entrée qui est d'une capacité de collecte 2 puits, l'autre tuyau vers le séparateur test qui est d'une capacité de collecte d'un seul puits. Le tube d'essai (tuyau de test) traverse d'abord une résistance pour augmenter la température du brut, puis continue jusqu'au séparateur test.

Le séparateur d'entrée horizontal triphasé Pétrole/Eau/Gaz a une pression de conception de 13 bars et la pression de fonctionnement normale est de 8 bars. Le gaz produit sera transmis soit à la torche HP par la vanne de régulation de pression 10-PCV-0002A soit au 1er étage du compresseur d'injection de gaz par une conduite de 6 pouces. L'huile séparée sera acheminée vers le 1er étage du dessaleur via la vanne de régulation de débit 10-FCV-0001. L'eau produite est envoyée par le tuyau à l'entrée de l'hydrocyclone et du séparateur IGF. Le séparateur d'entrée 10-V-0-0100 est protégé contre les surpressions par les soupapes de sécurité 10-PSV-0001A/B. Ses soupapes se déclenchent à une pression de 13 bars.

Ce séparateur peut être alimenté par plusieurs sources :

- La source principale qui est le collecteur.
- La ligne de condensat provenant du quatrième et cinquième étage du compresseur de gaz.
- Vidange fermée (closed drain).
- Plateau hors spécifications.

Le séparateur test 10-V-0-0200 est une cuve horizontale de 5,8 mètres avec un diamètre intérieur de 2,2 mètres, ayant une pression de conception de 13 bars, qui sépare le gaz, le pétrole brut et l'eau. Le séparateur de test est disponible pour :

- Activer le test de puits de production individuellement et pour déterminer le rapport de fluide (pétrole/gaz/eau) des puits et leurs caractéristiques d'écoulement.
- Permettre le démarrage (lancement) de puits à basse pression en réduisant la pression de séparation.

Le gaz produit est envoyé soit vers la torche HP soit vers le système de compression de gaz (1er étage du compresseur d'injection). L'huile séparée passe à travers la vanne de régulation de débit 10-FCV-0005 au 1er étage de l'unité de dessalement, l'eau produite est envoyée à l'entrée Hydro-cyclone et séparateur IGF.

Le dessalage du pétrole est une opération essentielle car elle conditionne le bon déroulement du traitement en aval. Il consiste à éliminer au maximum la phase aqueuse par un traitement adapté, et à dissoudre les cristaux de sel et extraire les sels hydrolysables et les sédiments contenus dans le brut afin d'éviter la génération d'acide chlorhydrique et de réduire la vitesse du phénomène de la corrosion qui a un effet néfaste sur les équipements statiques et mécaniques. Le four 12-HF-0100 reçoit le brut non stabilisé pour élever sa température à 75 -78°C afin de terminer l'extraction des gaz restant dans le brut.

Le séparateur de basse pression 12-V-0-0300 est un séparateur horizontal de 5,8 mètres avec un diamètre intérieur de 2,2 mètres, sa pression de conception est de 4,0 bar et la pression de fonctionnement normale est de 0,4 bar.

Le gaz produit sera envoyé au 1er étage du compresseur de gaz, dans le cas où les compresseurs ne sont pas disponibles, le gaz produit sera envoyé à la torche HP par la vanne de régulation de pression 12-PCV-0009, située sur le séparateur conduit de sortie de gaz.

L'huile séparée passera par la vanne de contrôle de niveau 12-LCV-0019 vers les réservoirs de stockage de pétrole brut via les pompes de transfert 12-P-0-0201/02 à une pression de 4,4 bar à travers l'aéro-réfrigérant 14-X-0-0100 pour attendre expédition à HAOUDH EL HAMRA via le tuyau OD1.

L'eau produite s'écoulera à travers la vanne de contrôle de niveau 12-LCV-0017 vers le séparateur de drainage fermé 49-V-0-0100. Le séparateur 12-V-0-0300 est protégé contre les surpressions par des soupapes de sécurité 12-PSV-0004A/B.

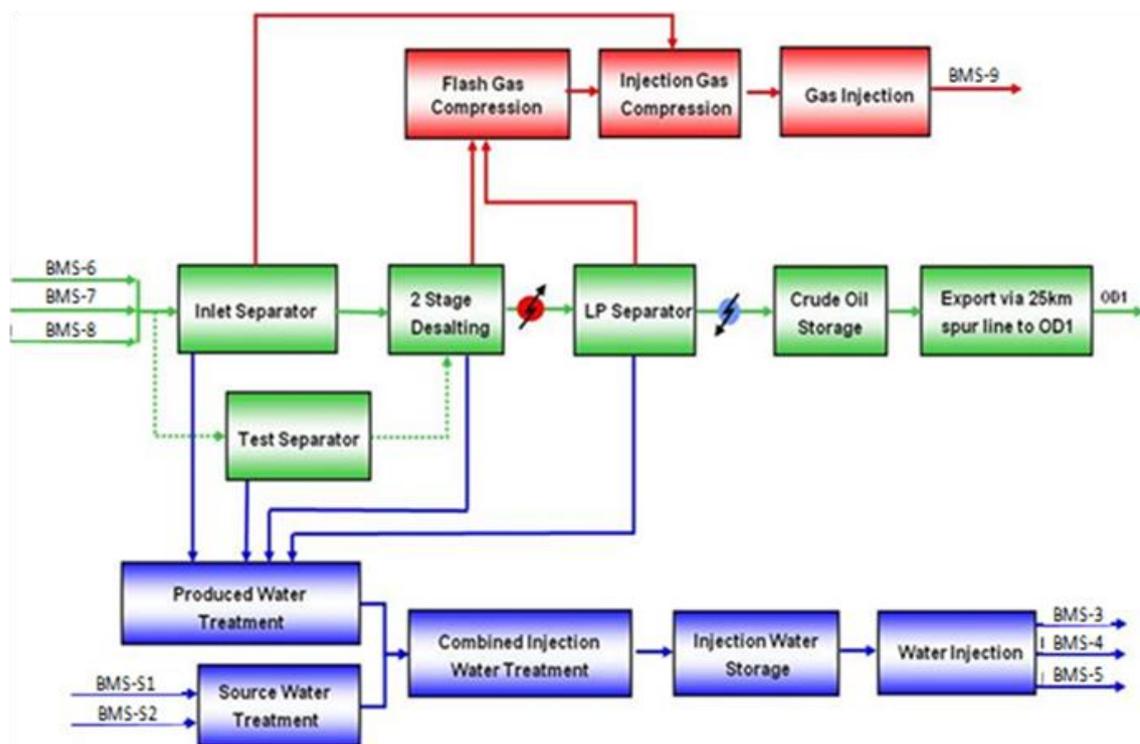


Figure 1.5 Schéma fonctionnel pour le processus de traitement de brut.

1.3 Système de contrôle et de sécurité intégrée (ICSS)

Les systèmes de contrôle assurent le contrôle, la surveillance, la protection et le bon fonctionnement des installations de production pétrolière. Chez BMS le système de contrôle utilisé est le ICSS qui signifie en anglais : Integral Control & Safety System.

Les installations sont conçues pour un fonctionnement en grande partie automatique afin qu'elles soient surveillées et contrôlées à partir d'une salle de contrôle située au CPF avec des informations détaillées sur les boucles de contrôle. Ce système se décompose en trois sous-systèmes :

1.3.1 Système de contrôle distribué DCS

Un DCS est une combinaison du concept d'une boucle de contrôle locale simple et de réseaux informatiques. Les systèmes de contrôle distribués améliorent énormément la gestion des processus industriels avec plus de flexibilité et de sécurité. Les systèmes de contrôle DCS permettent un contrôle et une surveillance centralisés et un contrôle distribué, d'où le nom DCS (Distributed Control System).

Un DCS fait référence à un système de contrôle de processus, dans lequel les éléments de régulation ne sont pas centralisés (comme le cerveau) mais distribués avec chaque sous-système sous le contrôle d'un ou plusieurs contrôleurs. Les éléments de l'ensemble du système peuvent être mis en réseau pour fournir des fonctions de communication, de contrôle et de surveillance.

DCS est un terme assez large qui décrit des solutions dans une grande variété d'industries telles que :

- Réseaux électriques et procédés de génération d'électricité.
- Systèmes de contrôle de l'environnement.
- Feux de circulation routière.
- Procédés de traitement des eaux.
- Raffineries et procédés pétrochimiques.
- Industrie pharmaceutique.
- Traitement de gaz et du pétrole.

L'architecture d'une solution DCS implique soit des connexions directes avec des équipements physiques tels que des interrupteurs, des pompes et des vannes, soit via un autre système secondaire tel qu'un SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition System).

Le DCS permet d'informatiser les processus. Il contient un ensemble de contrôleurs et de modules d'entrée/sortie reliés en réseau. Il se décompose en 5 niveaux mais en usine il ne s'arrête qu'au troisième niveau.

Niveau 0 : dans ce niveau, nous trouvons le processus de production proprement dit, les instruments (vannes, transmetteurs, capteurs, etc.).

Niveau 1 : C'est à ce niveau que l'on retrouve les contrôleurs qui se trouvent dans la salle des racks dans la régie.

Niveau 2 : on retrouve les consoles et les écrans de visualisation.

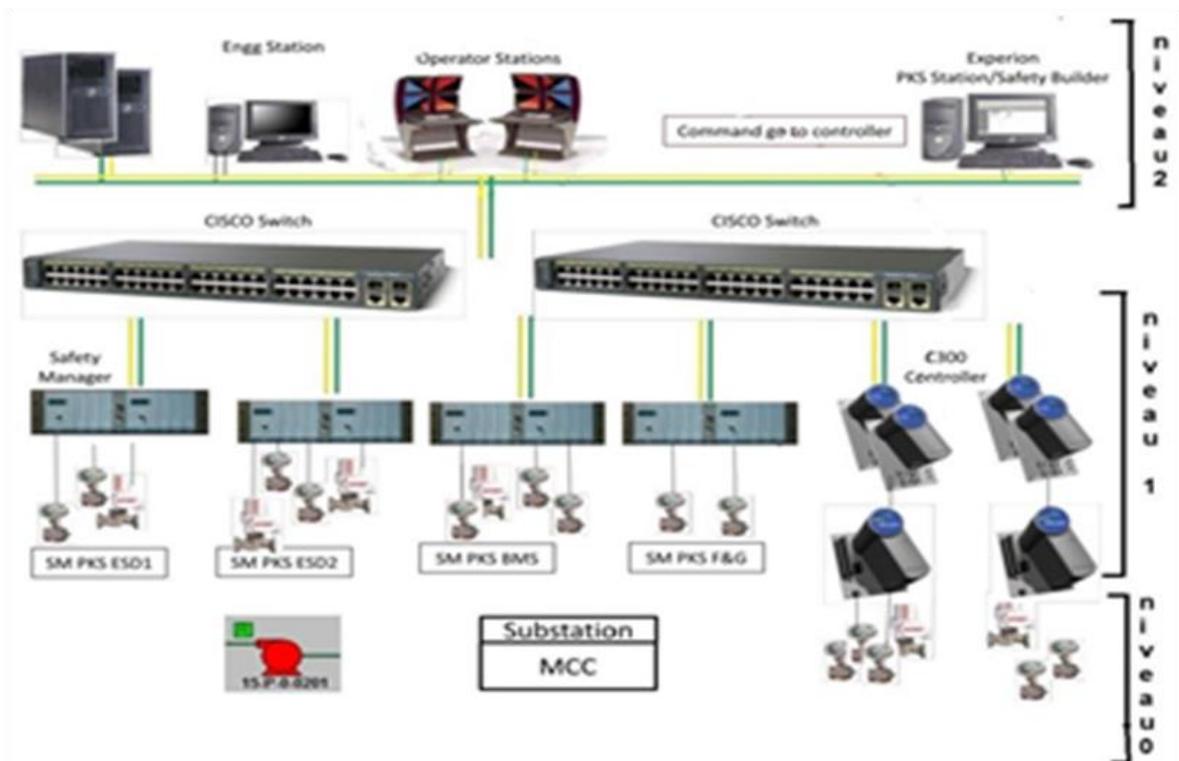


Figure 1.6 Différents niveaux d'un DCS.

1.3.2 Arrêt d'urgence (ESD)

La fonction principale du système d'arrêt d'urgence (ESD) est d'arrêter les installations, indépendamment du DCS, c'est-à-dire de remettre le procédé dans un état sûr selon les conditions d'arrêt d'urgence fixées au préalable (Cause et effet).

Il existe 3 niveaux d'arrêt d'urgence provoqués par le système ESD et un niveau d'arrêt provoqué par le DCS.

1.3.3 Système de détection d'incendie et de gaz (FGS)

La fonction principale du système feu & gaz (FGS : Fire & Gas System) est d'atténuer les effets de tout incendie ou dégagement de gaz afin de protéger le personnel, l'environnement et les installations. Le FGS surveille en permanence les installations et déclenche des actions de protection en cas de confirmation de détection d'incendie ou de fuite de gaz.

1.4 Système instrumenté de sécurité (SIS)

Les Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS) permettent d'assurer la sécurité fonctionnelle des installations et la réduction des risques à un niveau inférieur ou égal au risque tolérable.

L'activation des SIS dans les processus industriels est effectuée après l'apparition d'écarts spécifiques (situation dangereuse) par rapport au fonctionnement normal (situation normale), mais dans certains cas, les SIS sont activés en l'absence d'écarts ou de demandes : il s'agit d'activations non désirées [7].

1.5 Boucle de régulation

La régulation industrielle occupe une place importante dans le monde moderne, en raison des performances de plus en plus élevées exigées des commandes automatiques.

La régulation permet de maintenir une grandeur physique à une valeur constante quelles que soient les perturbations extérieures. L'objectif global de la régulation peut se résumer par ces trois mots clés : Mesurer, Comparer et Corriger [8]

Une bonne régulation se définit par :

- Sa précision.
- Son amortissement.
- Sa rapidité.

Le but de la régulation est de s'assurer que la consigne est égale à la mesure par un actionneur (une vanne).

Si la mesure est égale à la consigne, la vanne ne bougera pas (l'actionneur n'effectue aucune action), il ne se passera rien, par contre si la mesure est inférieure à la consigne, la vanne s'ouvrira alors que si la mesure est supérieure à la consigne, la vanne se fermera [9].

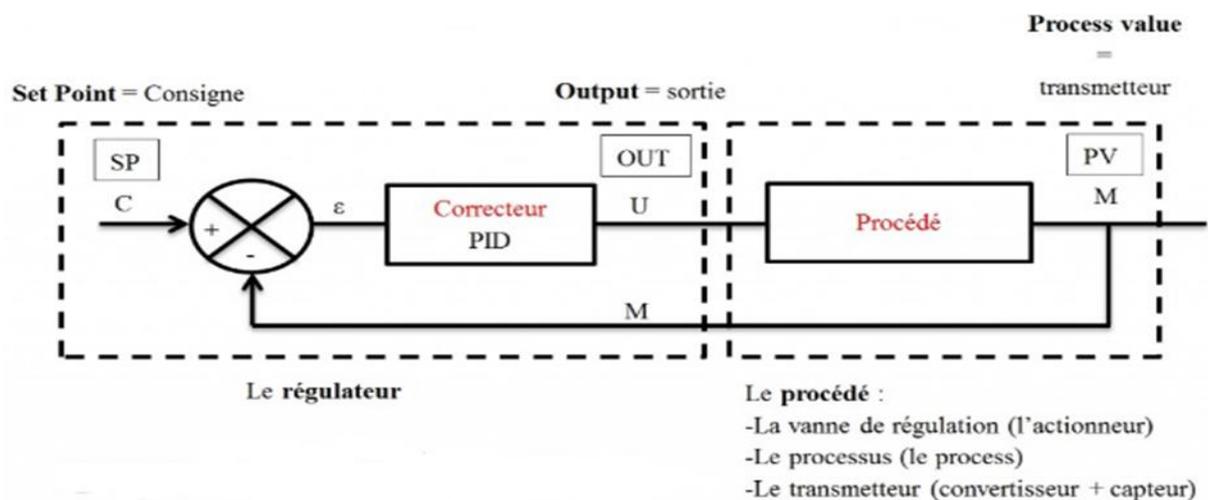


Figure 1.7 Boucle de régulation [9].

1.5.1 Processus (procédé)

Le procédé est le système physique sur lequel est placée (en sortie) la grandeur physique à contrôler, notée M (mesure) ou S (sortie).

Le procédé peut être de nature électrique, mécanique, hydraulique, chimique, thermique, etc. Il est caractérisé par une équation différentielle dont on peut déduire la fonction de transfert.

Il est également caractérisé par sa grandeur de sortie M, c'est la grandeur asservie ou la variable réglée.

Les principales grandeurs physiques mesurées au niveau du domaine OC-BMS sont :

- Niveaux.
- Pressions.
- Débits.
- Températures.

1.5.2 Capteur et transmetteur

a. *Capteur*

Un capteur est un dispositif de prélèvement d'informations qui élabore, à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur de nature différente (très souvent électrique). Cette quantité représentative de la quantité prélevée peut être utilisée à des fins de mesure ou de commande.

b. *Transmetteur*

Un transmetteur est l'appareil qui convertit le signal de sortie du capteur en un signal de mesure standard, il fait le lien entre le capteur et le système de contrôle.

- *Transmetteur de pression*

La fonction d'un transmetteur de température est de convertir le signal du capteur en un signal stable et normalisé. Toutefois, les transmetteurs modernes utilisant la technologie numérique vont bien au-delà : ils sont intelligents, flexibles et offrent une précision de mesure élevée.



Figure1.8 Transmetteur de pression.

- **Transmetteur de débit**

Les transmetteurs de débit sont utilisés pour les mesures de débit effectuées dans l'industrie chimique, cosmétique et du traitement de l'eau. Les transmetteurs de débit sont équipés d'une turbine et d'un rotor mis en mouvement par le passage du fluide. La figure ci-dessous représente un transmetteur de débit différentiel.



Figure 1.10 Transmetteur de débit.

- **Transmetteur de température**

La fonction d'un transmetteur de température est de convertir le signal du capteur en un signal stable et normalisé. Toutefois, les transmetteurs modernes utilisant la technologie numérique vont bien au-delà : ils sont intelligents, flexibles et offrent une précision de mesure élevée. La figure ci-dessous représente deux modèles de PT100.



Figure 1.9 Transmetteur de température.

- **Transmetteur de niveau**

Dans le chapitre qui suit nous allons expliquer en détail le transmetteur de niveau. La figure suivante comporte deux transmetteurs de niveau installés à BMS.



Figure 1.10 Transmetteur de niveau.

1.5.3 Actionneur

Un actionneur est la partie la plus importante de l'élément de régulation finale, un dispositif qui provoque un changement physique dans l'élément de contrôle final (organe de réglage). Pour une vanne de régulation, l'actionneur est la tige de la vanne et pour un réchauffeur, c'est la bobine (serpentin) de chauffage. Un actionneur peut être commandé pneumatiquement, hydrauliquement, électriquement [10].

Les actionneurs pneumatiques utilisent la pression d'air de l'instrument pour appliquer une force sur la membrane afin de déplacer l'actionneur de la vanne, puis de positionner la tige de la vanne [10].



Figure 1.11 Actionneur.

1.5.4 Correcteur

A partir de l'écart ε (consigne moins mesure) $C - M$, il génère le signal de commande U qui agit sur la grandeur régulatrice du processus. Il est déterminé par le concepteur à partir des critères du cahier des charges qui fixent les performances de l'asservissement [9].

1.6 Conclusion

Le travail qui a été fait dans ce chapitre avait en effet un double objectif, le premier était de faire une description détaillée du site de production d'OC-BMS, de ces différentes installations et de son processus industriel, le second était de comprendre les systèmes dont BMS est équipé ainsi que la boucle de régulation.

Chapitre 2 Principe de fonctionnement du transmetteur radar Micropilot M FMR245

2.1 Introduction

Chaque jour, les réservoirs de stockage sont remplis et vidés des produits les plus divers, notamment : du brut, de l'eau potable, des hydrocarbures, des acides et des bases ou encore des solides tels que des graviers, des granulés, des plastiques ou des poudres, car ces produits peuvent avoir des propriétés totalement différentes.

Il existe différents principes pour pouvoir mesurer leur niveau, OC-BMS utilise l'émetteur radar qui mesure en continu le niveau des liquides en fonction du temps de parcours, alors que ce dernier est un instrument très important pour assurer la sécurité. Le micropilot M FMR245 est utilisé dans le domaine OC-BMS dans plusieurs stations (bacs de stockage, ballon de traitement, etc.).

Le Micropilot M FMR 245 est un transmetteur de niveau radar compact pour la mesure continue et sans contact de liquides, pâtes et boues. L'appareil peut également être monté librement à l'extérieur de cuves métalliques fermées en raison de sa fréquence de fonctionnement d'environ 26 GHz et d'une énergie pulsée rayonnée maximale de 1 mW (puissance de sortie moyenne 1 μ W).

Le fonctionnement est totalement inoffensif pour les humains et les animaux.

Nous présenterons le micropilot M FMR245 dans ce chapitre, après avoir évoqué les différents principes de mesure de niveau.

2.2 Différents principes de mesure de niveau

2.2.1 Méthodes hydrostatiques

a. Rappel physique

Pour un liquide homogène donné, la pression relative au fond du réservoir est proportionnelle au niveau de ce dernier. La mesure de cette pression nous renseigne directement sur le niveau de liquide, mais dépend de la densité du liquide. Sur la figure 2.1 nous avons la relation suivante :

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



Figure 2.1 Mesure de niveau.

b. Flotteur

Le flotteur reste à la surface du liquide. Il est associé à un capteur de position qui délivre un signal électrique correspondant au niveau. Sa position est peu dépendante de la densité du liquide.

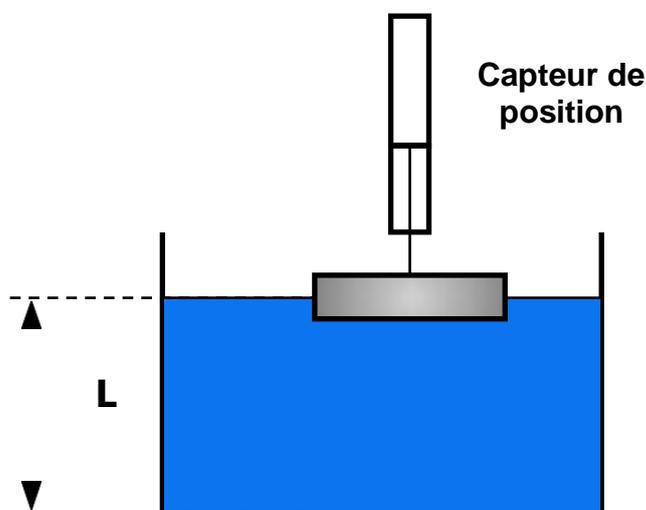


Figure 12 Principe de mesure du niveau à flotteur.



Figure 2.3 Flotteur industriel.

c. Plongeur

Le plongeur est un cylindre immergé (figure 2.4) dont la hauteur est au moins égale à la hauteur maximale du liquide dans le réservoir. Il est suspendu à un capteur dynamométrique qui est soumis à une force F (le poids apparent), fonction de la hauteur L du liquide :

$$F = P - \rho \times g \times s \times L$$

Avec P le poids du plongeur, s sa section et $\rho \times g \times s \times L$ la poussée d'Archimède exercée sur le volume immergé du plongeur (ρ : densité du liquide, g : accélération de la pesanteur).

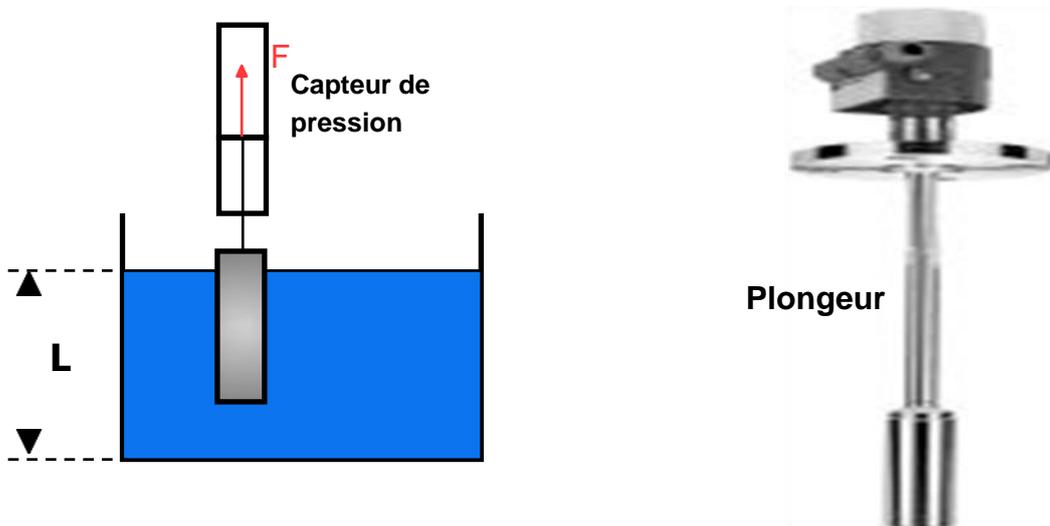


Figure 2.4 Principe de mesure de niveau par plongeur.

d. *Mesure de pression*

- **Principe de fonctionnement**

Un capteur de pression mesure la pression relative au fond du réservoir. Cette pression est l'image du niveau L du liquide (figure. 2.5).

$$L(\text{m}) = \frac{p(\text{pa})}{\rho(\text{kg/m}^3) \times g(\text{m/s}^{-2})}$$

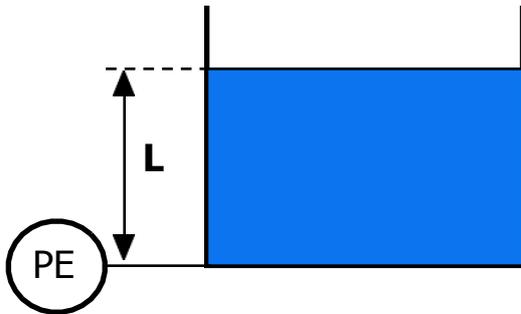


Figure 2.5 Principe de mesure de niveau par capteur de pression.

- **Mesure du niveau à bulle**

Pour mesurer la pression, un système à bulle peut être utilisé (Figure 2.6). Le système comprend :

- Une canne à injection ;
- Un manomètre mesurant la pression d'air de bullage ;
- Un contrôleur de flux visuel (appelé bulleur) ;
- Un régulateur de débit ;

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

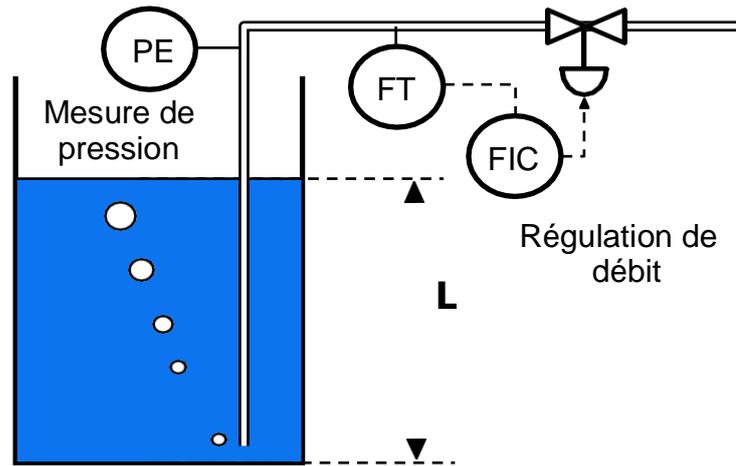


Figure 2.6 Principe de mesure de niveau par bullage.

- **Mesure en cuve fermée**

Si le réservoir est fermé, un capteur de pression différentielle est utilisé. Il y a alors deux assemblages différents. Si l'atmosphère se condense, l'assemblage utilisera un tuyau humide (figure 2.7). Si l'atmosphère est sans condensation, un montage avec un tuyau sec sera utilisé (figure 2.8).

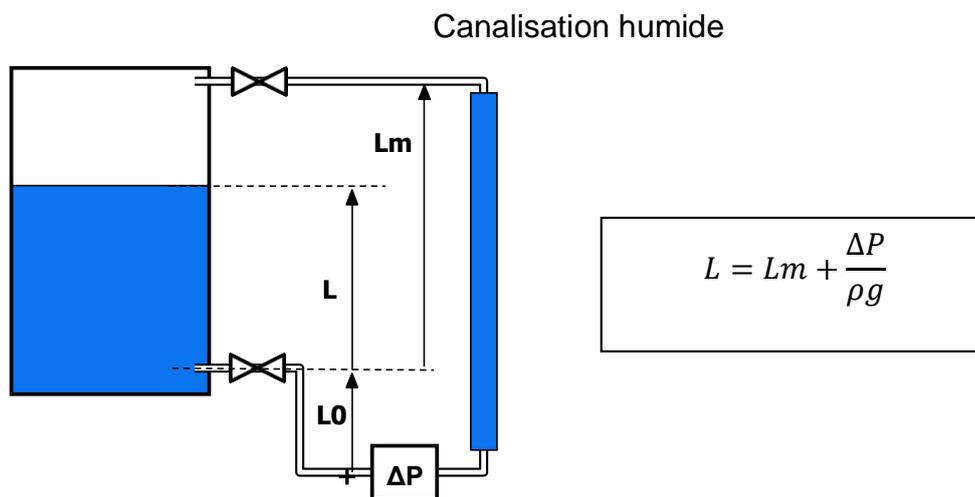


Figure 2.7 Réservoir avec condensation $\Delta P < 0$.

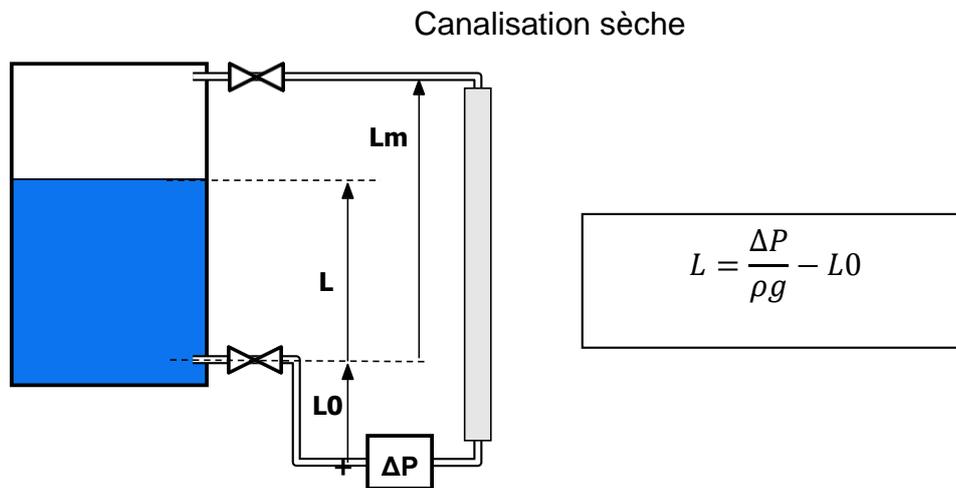


Figure 13 Réservoir sans condensation $\Delta P > 0$.

e. Mesure de la masse volumique

La mesure de la différence de pression ($P_1 - P_2$) permet de connaître la masse volumique du liquide à l'intérieur du réservoir (figure 2.9).

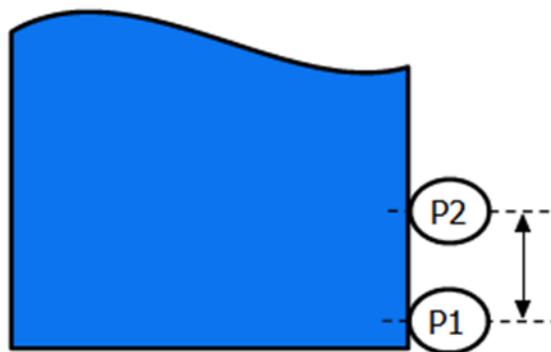


Figure 14 Mesure de la masse volumique.

2.2.2 Méthodes électriques

a. Capteurs conductimétriques

Il s'agit de méthodes utilisant des capteurs spécifiques, c'est-à-dire traduisant directement le niveau en un signal électrique. Leur intérêt réside dans la simplicité des dispositifs et la facilité de leur mise en œuvre.

- **Présentation**

La sonde est constituée de deux électrodes cylindriques dont l'une peut jouer le rôle de la cuve lorsqu'elle est métallique (figure 2.10). La sonde est alimentée par une faible

tension alternative (10 V) afin d'éviter la polarisation des électrodes. En mesure continue, la sonde est placée verticalement et sa longueur s'étend sur toute la plage de variation de niveau. Le courant électrique qui circule a une amplitude proportionnelle à la longueur de l'électrode immergée, mais sa valeur dépend de la conductivité du liquide.

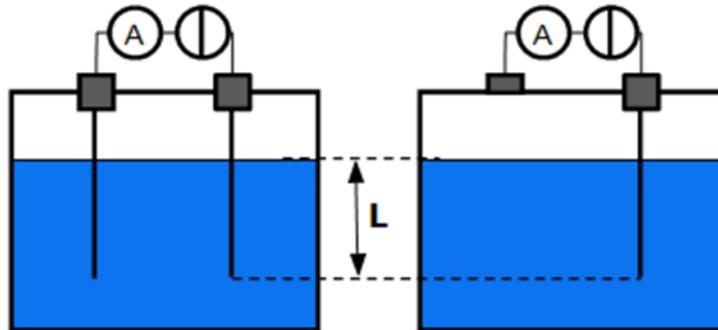


Figure 15 Principe de mesure de niveau par capteur conductimétrie.



Figure 16 Capteur de niveau électrique.

- **Détection**

En détection, il est possible, par exemple, de placer une sonde courte horizontalement au niveau du seuil. Un courant électrique d'amplitude constante apparaît dès que le liquide atteint la sonde (figure. 2.12).

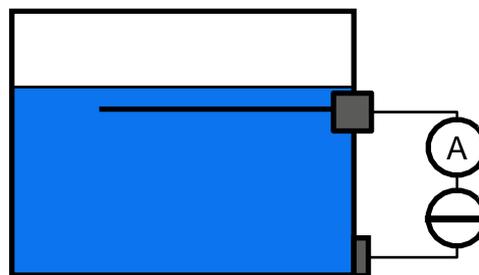


Figure 17 Détection de niveau électrique.

Domaine d'utilisation : Il ne peut être utilisé qu'avec des liquides conducteurs (conductance minimale de l'ordre de 50 S), non corrosifs et n'ayant pas de phase isolante en suspension (huile par exemple). La pression est comprise entre le vide et 160 bar et la température entre -200°C et 250°C.

b. Capteurs capacitifs

Lorsque le liquide est isolant, un condensateur est constitué soit par deux électrodes cylindriques, soit par une électrode et la paroi du réservoir si celui-ci est métallique. Le diélectrique est le liquide dans la partie immergée, l'air à l'extérieur. L'implantation des électrodes de mesure ou de détection en continu s'effectue comme pour le capteur conductimétrique. La mesure ou détection de niveau est réduite à la variation de capacité qui est d'autant plus importante que la constante diélectrique ϵ_r du liquide est supérieure à celle de l'air ; le procédé est généralement pris comme condition d'utilisation $\epsilon_r > 2$. Dans le cas d'un liquide conducteur, on utilise une seule électrode recouverte d'un isolant qui constitue le diélectrique du condensateur, dont l'autre est formée par le contact du liquide conducteur.

2.2.3 Ondes acoustiques

a. Principe

En mesure continue, on utilise un transducteur fonctionnant successivement en émetteur et en récepteur. Ce transducteur (fig. 2.13) placé au sommet du réservoir émet, dans un cône de faible ouverture, des trains d'ondes acoustiques qui, après réflexion sur la surface du liquide, reviennent au transducteur qui les convertit en signal électrique. L'intervalle de temps Δt séparant l'émission de la réception du train d'onde réfléchi est proportionnel à la distance du transducteur à la surface du liquide : il est donc fonction du niveau. Δt est inversement proportionnel à la vitesse du son qui dépend de la température : celle-ci doit donc être mesurée pour apporter la correction nécessaire. Le transducteur est une céramique piézoélectrique pour les ondes ultrasonores (40 kHz par exemple), il est de type électrodynamique pour les infrasons (10 kHz par exemple). Les ondes infrasonores, moins atténuées par la propagation, trouvent une application pour mesurer de longues distances (de 10 à 30 m), tandis que les ondes ultrasonores offrent une meilleure précision à des distances plus courtes.

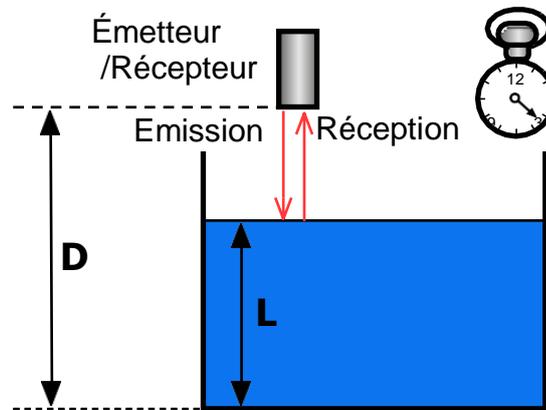


Figure 18 Principe de mesure par ondes acoustiques.

b. Radar

Le principe de fonctionnement est le même que celui des ondes acoustiques, celles-ci sont remplacées par des ondes électromagnétiques.

La vitesse des ondes électromagnétiques est indépendante de :

- La composition du gaz.
- Température.
- Pression.
- Densité.
- Les tribulations.

2.2.4 Absorption du rayonnement gamma

a. Principe

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, indépendamment des conditions de processus variables telles que la pression, la température, la viscosité, la corrosivité ou les éléments internes (par exemple, les pales de l'agitateur).

Le blindage de la source est réalisé de manière à ce qu'il y ait émission d'un faisceau avec un angle d'ouverture qui balaie la hauteur totale de la cuve d'une part et du détecteur d'autre part (figure 2.14). La montée du liquide dans le réservoir réduit progressivement l'intensité de la dose reçue par le détecteur, dont le courant de sortie diminue donc continûment à mesure que le niveau augmente. Pour les réservoirs grands

ou relativement étroits, la source d'émission peut être montée à une plus grande distance du réservoir. Dans ce cas, des mesures de sécurité supplémentaires sont nécessaires. Pour les grandes étendues de mesure (figure 2.15), plusieurs récepteurs peuvent être utilisés. L'utilisation de deux sources peut être dictée non seulement pour de grandes étendues de mesure, mais aussi par la précision de la mesure.



Figure 19 Source (gauche) et Emetteur (droite).

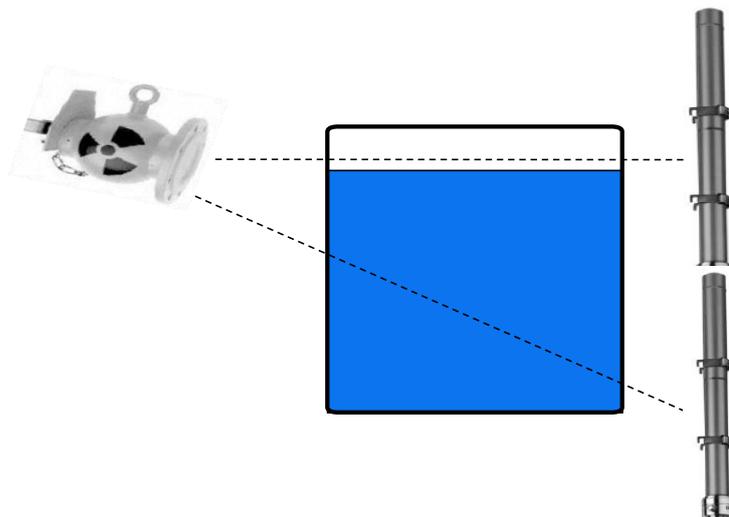


Figure 20 Principe de montage pour une mesure avec deux récepteurs.

b. Détection

En détection de niveau, la source et le détecteur sont placés en vis-à-vis, au niveau du seuil à signaler. La source convenablement scellée émet vers le détecteur un faisceau étroit et de faible divergence, le détecteur est monté horizontalement. Selon que le

niveau de liquide est supérieur ou inférieur au seuil, le faisceau est ou non atténué par le liquide, qui est traduit en un signal électrique binaire par le détecteur.

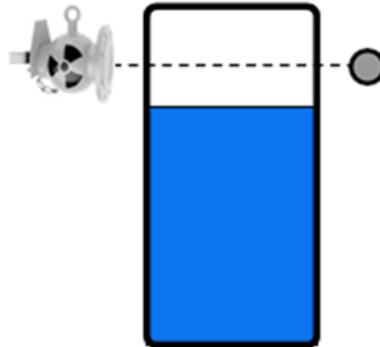


Figure 21 Montage de détection de niveau.

c. Mesure de densité

Cette technique peut être utilisée pour mesurer la densité du fluide. Le récepteur sera monté parallèlement à la canalisation véhiculant le fluide (figure 2.17).

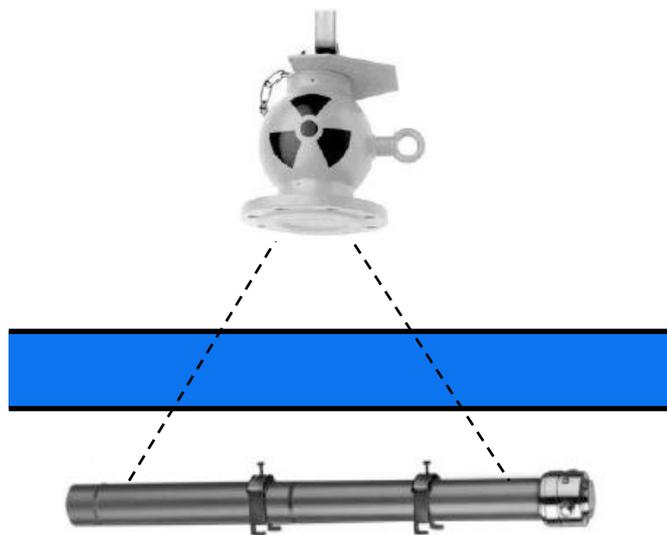


Figure 2.17 Mesure de densité.

Tableau 2.1 Comparaison des méthodes.

	Flotteur	Plongeur	Mesure de pression	Capteur Conductimétrique	Capteurs capacitifs	Ondes Acoustiques	Radar	Absorption de rayonnement gamma
Standard très bien connu	+++	+++	+++	++	++	.	.	.
Utilisable sur cuve synthétique	+++	+++	+++	.	+	+	.	+
Insensible à la mousse	+	+	+++	.	.	.	.	.
Indépendant de diélectrique	+++	+++	+++	+	-	+	+	+
Indépendant de la densité	.	-	.	+	+	+	+	-
Economique	+	+	+	+	+	.	.	.
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 (°C)	100	100	250	500	500	95	250	600

2.3 Description du transmetteur de niveau avec radar

Le Micropilot M FMR245 est un transmetteur de niveau radar de la marque "Endress+Hauser", compact conçu pour la mesure continue et sans contact dans les liquides, pâtes et boues, la fréquence de travail d'environ 26 GHz se situe dans une bande de fréquence homologuée par la l'industrie, sa puissance d'impulsion moyenne est de $1\mu\text{W}$ et un maximum de 1mW permet une installation en toute sécurité dans des réservoirs métalliques ou non métalliques, sans risque pour les personnes ou l'environnement.



Figure 2.18 Installation du transmetteur au niveau du bac de stockage.

2.3.1 Principe de fonctionnement du radar LT

Les dispositifs Micropilot fonctionnent en fonction du temps de parcours, détectant en permanence le niveau dans les réservoirs. Des impulsions micro-ondes électromagnétiques sont émises, réfléchies par la surface des produits et reçues à nouveau par le capteur.

La distance entre l'appareil et la surface du produit peut être calculée à partir de la mesure du temps de déplacement. Les micro-ondes sont des ondes mécaniques, les impulsions micro-ondes sont générées piézoélectriquement et réfléchies sur la surface du produit par la différence entre l'air et le produit. Le laps de temps mesuré et analysé

par l'appareil entre l'émission et la réception de l'impulsion est une mesure directe de la distance entre la membrane du capteur et la surface du produit.

D'autre part, les micro-ondes sont des ondes électromagnétiques, les impulsions micro-ondes sont générées électro-magnétiquement et réfléchies sur la surface du produit par la variation du coefficient diélectrique.

Les impulsions radar à haute fréquence peuvent être guidées le long d'une tige vers le produit ou émises librement dans un réservoir.

La mesure de temps de vol illustrée par des impulsions micro-ondes en émission libre, fonctionne aussi bien dans les liquides que dans les solides.

Les impulsions émises sont réfléchies par la surface du produit est détectée par le capteur de mesure, le temps de parcours de l'impulsion appelé TEMPS DE VOL détermine la distance entre l'émetteur et la surface en utilisant la vitesse de propagation connue selon le type d'onde.

Dans le cas de l'impulsion micro-onde, c'est la vitesse de la lumière, la hauteur du vaisseau est connue, donc le niveau peut être facilement déterminé et calculé.

2.3.2 Description du radar LT M FMR245 Endress+Hauser

a. Principe d'opération

Le Micropilot M FMR245 utilise un système de mesure de niveau bas, basé sur le temps d'émission et de réflexion de ces ondes. Il mesure la distance du point de référence, qui est son point de connexion, à la surface du produit, les ondes radar sont émises à travers une antenne et réfléchies par la surface du liquide, et ces réflexions seront également reçues par l'antenne émettrice, et transmis au niveau de l'électronique de l'appareil, un microprocesseur évalue le signal et identifie le niveau d'écho provoqué par la réflexion des ondes radar, l'identification du signal est réalisée grâce à un logiciel qui est pulse Master EeXact, basé sur de très longues années d'expérience avec la technologie "temps de vol".



Emission

Réception

Figure 2.19 Principe de fonctionnement du transmetteur LT RADAR.

- **Principe de mesure**

La distance "D" à la surface du produit est proportionnelle au temps d'émission réception du signal "t".

$$D = c \cdot \frac{t}{2}$$

Avec «c» la vitesse de la lumière.

Basé sur la connaissance de la distance vide «E», le niveau «L » est calculé par :

$$L = E - D$$

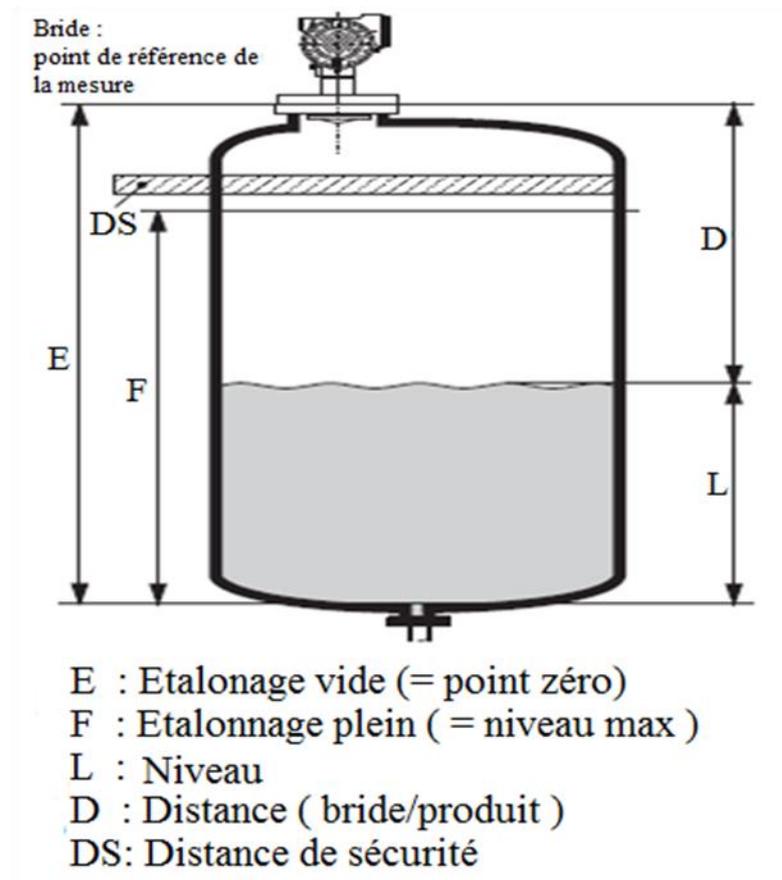


Figure 2.20 Principe de mesure LT RADAR FMR245.

- **Angle d'émission**

L'angle d'émission est l'angle α , pour lequel la puissance des ondes radar est encore au moins égale à la moitié de la puissance maximale (amplitude 3 dB). Des micro-ondes sont également émises à l'extérieur du faisceau et peuvent être réfléchies par des éléments parasites.

Le diamètre du faisceau W est fonction du type d'antenne (angle d'émission α) et de la distance D .

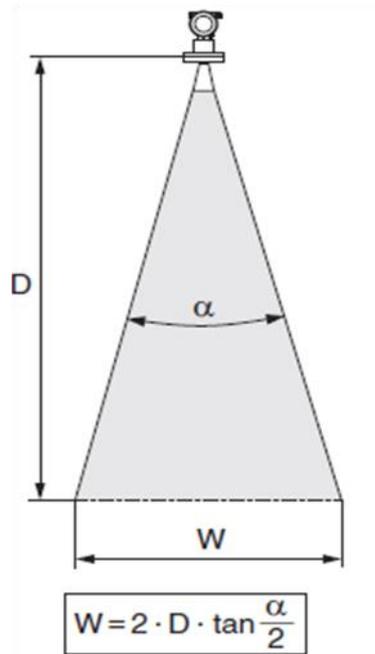


Figure 2.21 Angle d'émission.

b. Montage de l'émetteur

Lors de l'installation, certaines conditions doivent être prises en compte pour le montage du transmetteur. Le MFMR245 peut être monté de plusieurs manières :

- **Montage en émission libre sur un réservoir**
 - Orienter le repère vers la paroi du réservoir.
 - L'antenne doit être alignée verticalement, l'échelle maximale peut être réduite si elle n'est pas verticale.
 - La marque doit être exactement au milieu des deux trous de boulon de bride.

Après le montage, la tête de l'émetteur peut pivoter à 360°.

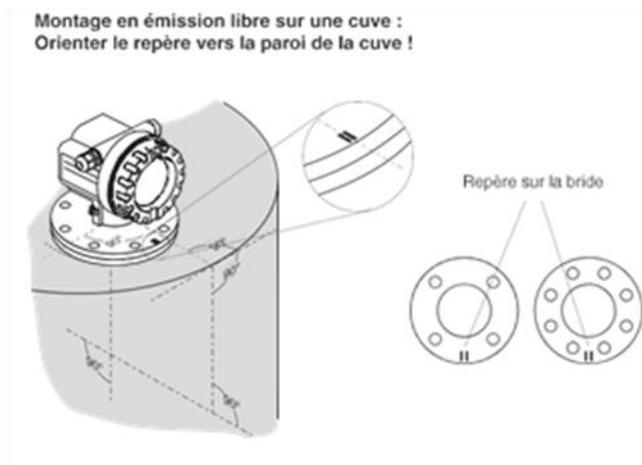


Figure 2.22 Montage en émission libre sur une cuve.

- **Montage dans un tube de tranquillisation**

- S'assurer que le tube est perforé.
- Orientez le repère vers les fentes.
- Tube de diamètre constant.
- La marque doit être exactement au milieu des deux trous de boulon de bride.
- Il est possible de prendre des mesures à travers un robinet à tournant sphérique ouvert.

Pour les transmetteurs de bacs de stockage, ils sont montés dans un tube de mesure.

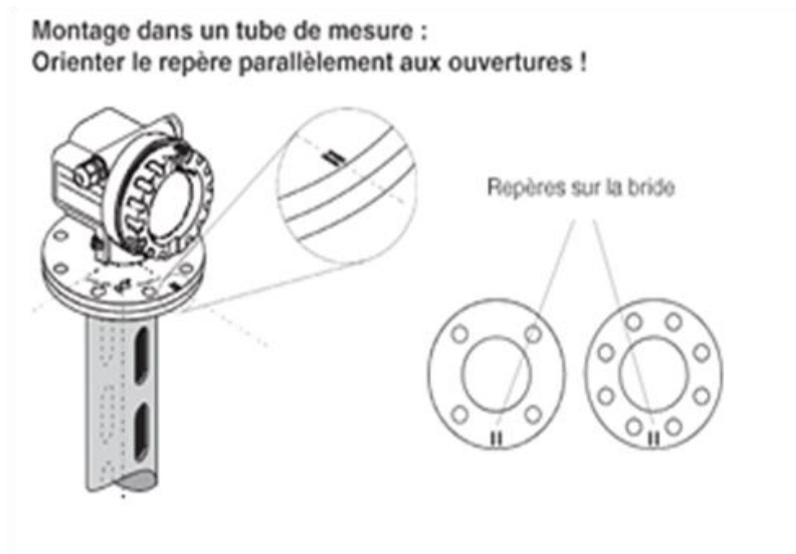


Figure 3.23 Montage dans un tube de mesure.

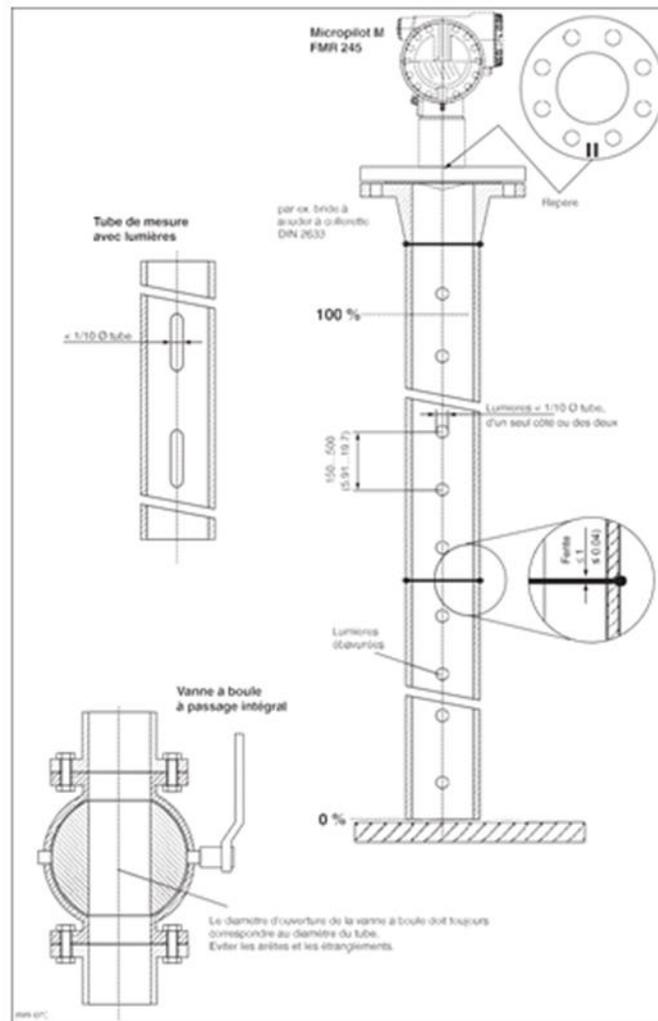


Figure 2.24 Exemple d'un tube de mesure.

- **Installation en by-pass solaire**

- Orienter le repère perpendiculairement (90°) aux raccords du réservoir.
- Diamètre constant.
- Il est possible d'effectuer des mesures à travers une vanne à bille ouverte, pour l'isolement en milieu gazeux.

Pour les transmetteurs de ballon de stockage, ils sont montés dans un tube de mesure.

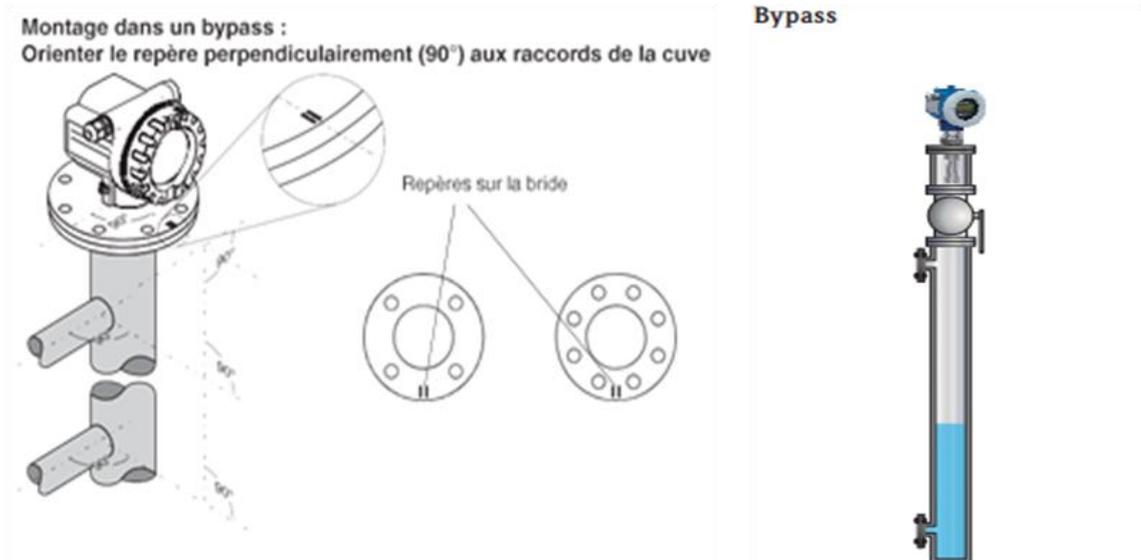


Figure 2.25 Montage dans un by-pass.

- **Emplacement de montage**

- Distance recommandée (1) paroi bord extérieur du piquage : $\sim 1/6$ du diamètre de la cuve. L'appareil ne doit en aucun cas être monté à moins de 15 cm (5,91 in) de la paroi du réservoir.
- Pas au milieu (3), cela favorise les réflexions doubles.
- Pas au-dessus des veines de remplissage (4).
- Pour protéger l'émetteur contre la pluie et l'exposition directe au soleil, il est conseillé d'utiliser un capot de protection contre les intempéries (2).

Si la paroi extérieure de la cuve est en matériau non conducteur, les micro-ondes peuvent également être réfléchies par des éléments parasites extérieurs (ex : tuyaux métalliques (1), échelles (2), grilles (3)...). C'est pourquoi il faut proscrire tout élément parasite de ce type dans le faisceau d'émission.

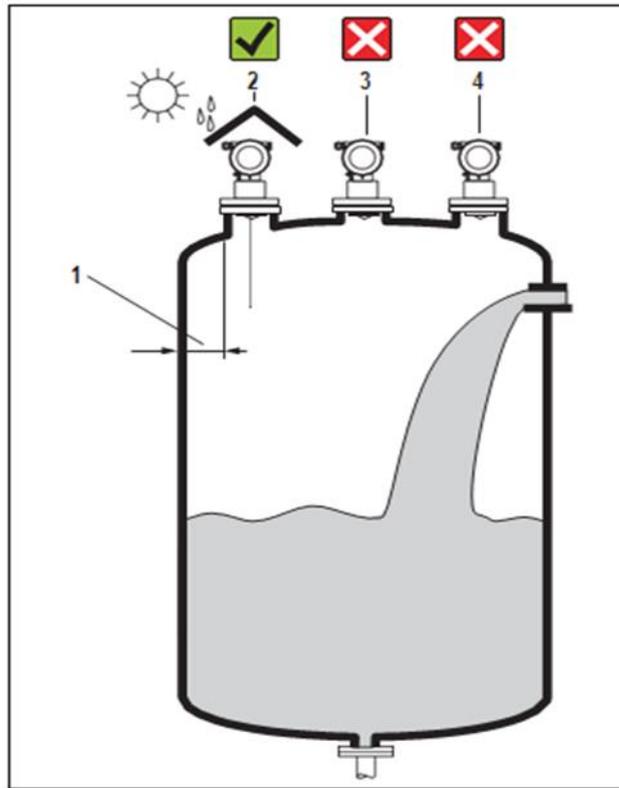


Figure 2.26 *Emplacement de LT radar M FMR 245.*

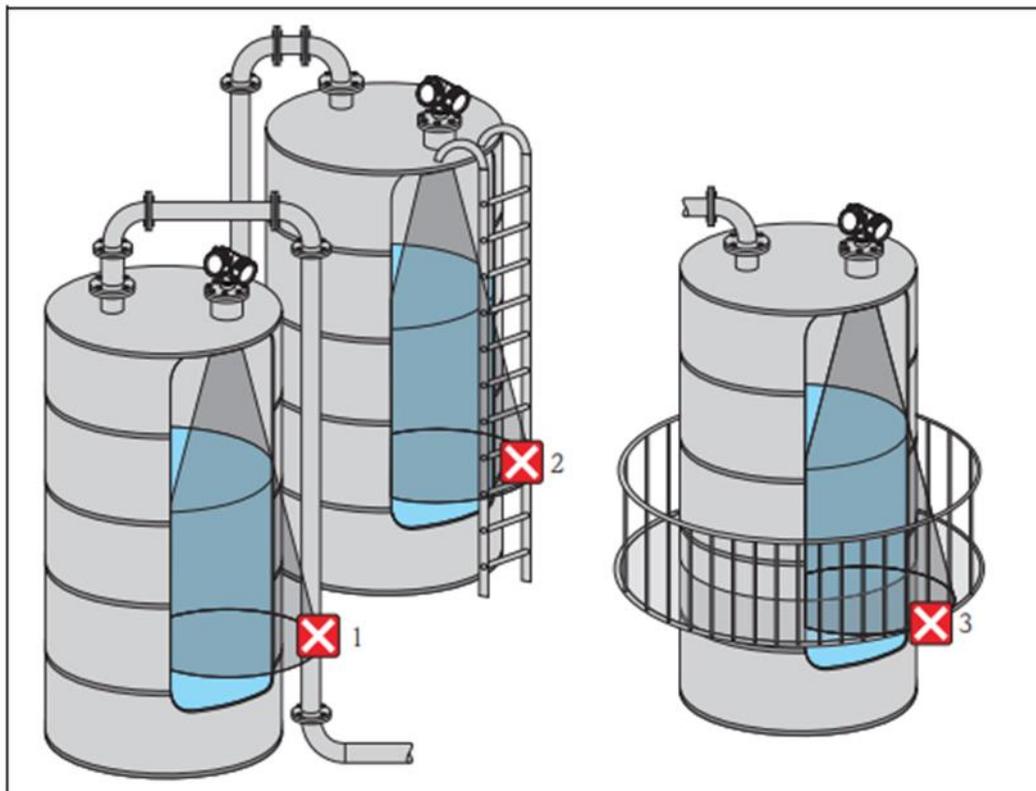


Figure 2.27 *Emplacement de LT radar M FMR 245.*

c. Câblage

• Câblage pour boîtier F12/F23

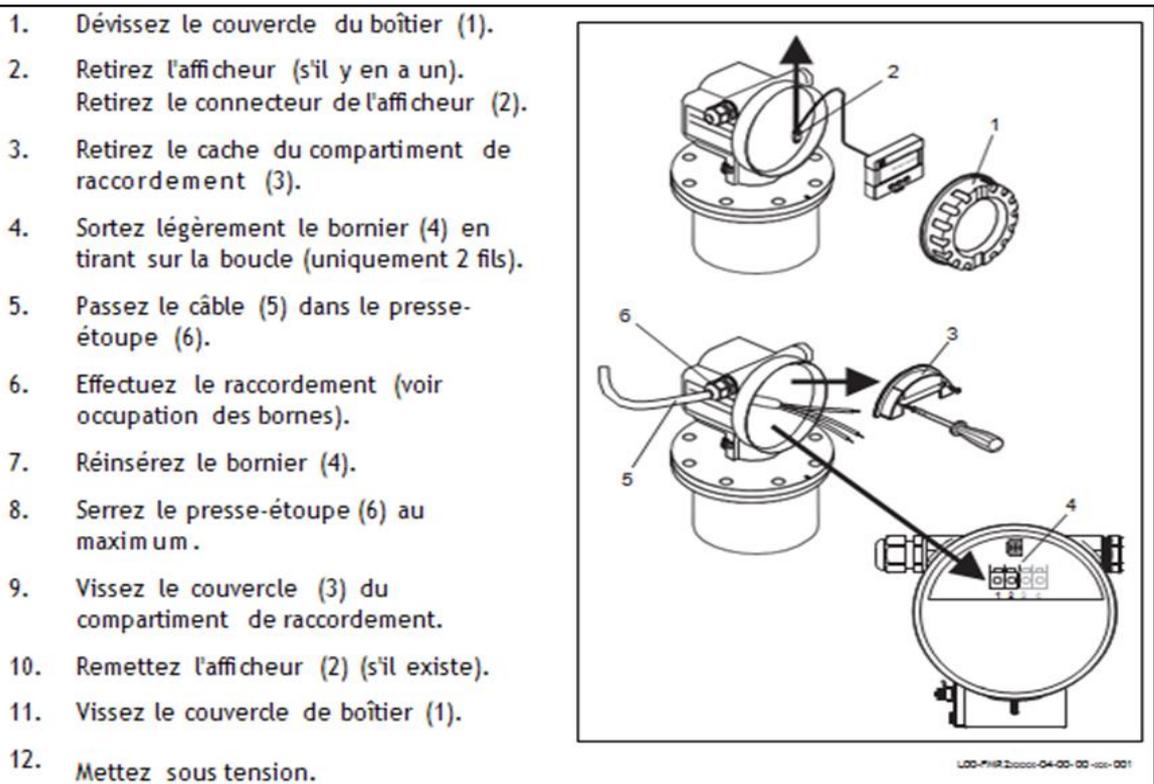


Figure 2.28 Câblage pour boîtier F12/F23.

• Câblage pour boîtier T12

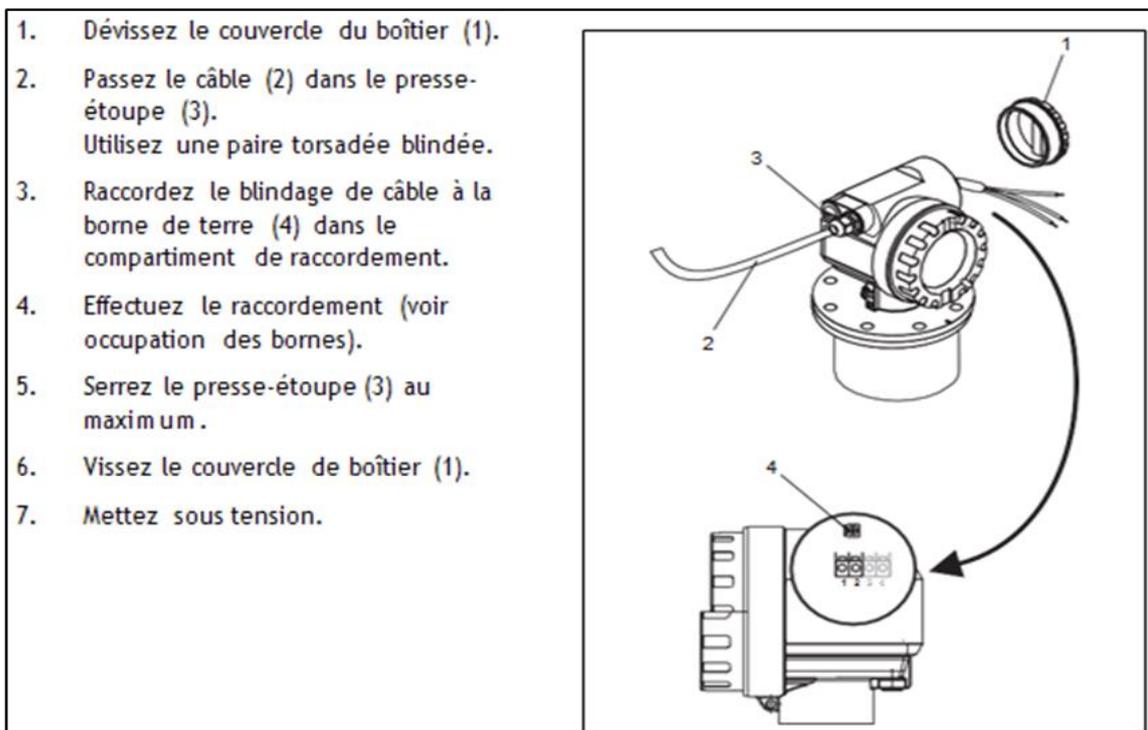
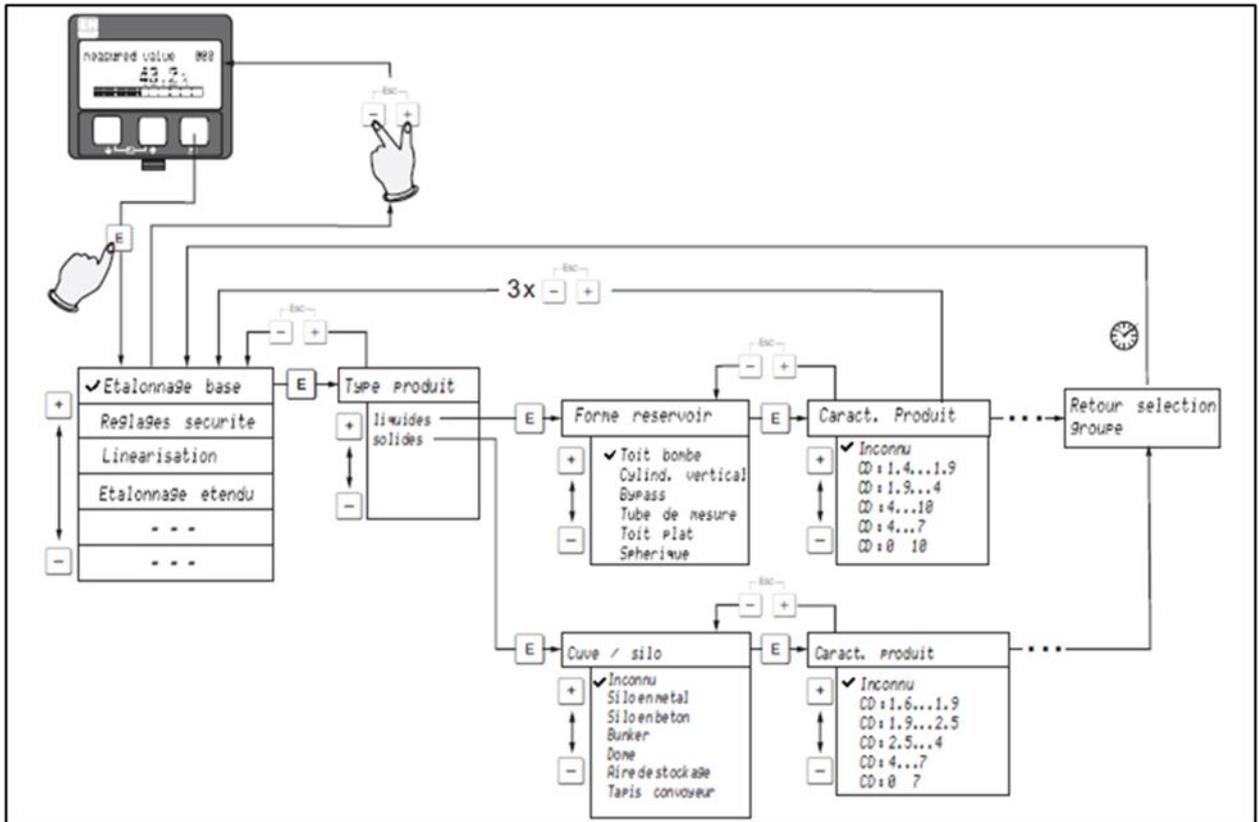


Figure 2.29 Câblage pour boîtier T12.

d. Configuration

- Structure générale du menu de configuration



Configuration par menus déroulants :

- 1.) Passer de l'affichage de la valeur mesurée au **menu principal** avec **E**
- 2.) Avec **-** ou **+** sélectionner le **groupe de fonctions** (par ex. "Etalonnage base (00)") et valider avec **E**
→ la première **fonction** (par ex. "Forme réservoir (002)") est sélectionnée.

Remarque !

Le choix actif est signalé par un ✓ !

- 3.) Le mode Edition est activé avec **+** ou **-**.

Menus de sélection :

- a) Dans la **fonction** (par ex. "Forme réservoir (002)") les **paramètres** peuvent être sélectionnés avec **-** ou **+**.
- b) Valider avec **E** → apparaît alors devant le paramètre sélectionné
- c) Valider la valeur éditée avec **E** → ✓ quitter le mode Edition
- d) **+** / **-** (= **↔**) interrompt la sélection → quitter le mode Edition

Nombres / Texte :

- a) Avec **+** ou **-** la première position de **Nombres / Texte** (par ex. "Etalonnage vide (005)") peut être éditée
 - b) **E** fait passer la marque à la position suivante → continuer avec (a) jusqu'à ce que la valeur soit entièrement saisie.
 - c) Si le symbole **⏏** s'affiche à côté de la marque, la valeur saisie est enregistrée avec **E** → quitter le mode Edition.
 - d) **+** / **-** (= **↔**) interrompt la sélection, quitter le mode Edition.
- 4) Sélectionner la **fonction** suivante avec **E** (par ex. "Caract. Produit (003)")
 - 5) Appuyer 1 x sur **+** / **-** (= **↔**) → retour à la **fonction** précédente (par ex. "Forme réservoir (002)")
Appuyer 2 x sur **+** / **-** (= **↔**) → retour au **menu principal**
 - 6) Retour à l'affichage de la **valeur mesurée** avec **+** / **-** (= **↔**).

Figure 2.30 Structure générale du menu de configuration.

Le menu de configuration comprend :

- **Groupes de fonctions (00,01,03,....,0C,0D) :**

Les groupes de fonctions correspondent à la première répartition des différentes possibilités de configuration de l'appareil. Les groupes de fonctions disponibles sont par ex. : " **Etalonnage base**", " **Réglages sécurité** ", " **Sortie**", " **Affichage**", etc.

- **Fonctions (001,002,003,....,0D8,0D9) :**

Chaque groupe de fonctions est composé d'une ou plusieurs fonctions. La configuration (ou réglage) proprement dite se fait dans les fonctions. Les valeurs numériques peuvent être saisies ici, et les paramètres sélectionnés et enregistrés. Les fonctions suivantes sont disponibles dans le groupe de fonctions « **Etalonnage base** » (00) : « **Type de produit** » (001), « **Forme réservoir** » (002), « **Caractéristiques du produit** » (003), « **Conditions de mesure** » (004), « **Étalonnage vide** » (005), etc.

Si, par exemple, l'utilisation de l'appareil change, la procédure suivante doit être suivie :

1. Sélectionnez le groupe de fonctions " **Etalonnage base**" (00).
2. Sélectionnez le groupe de fonctions " **Type de produit**" (001).
3. Sélectionnez la fonction " **Forme réservoir**" (002) (dans laquelle la forme de réservoir appropriée doit ensuite être sélectionnée).

- **Identification des fonctions**

Pour faciliter les déplacements dans les menus, une position est attribuée à chaque fonction sur l'afficheur.



Figure 2.31 Identification.

Les deux premiers chiffres désignent le groupe de fonctions :

- Etalonnage base 00
- Réglages sécurité 01
- Linéarisation 04

...

Le troisième chiffre désigne le numéro de chaque fonction au sein du groupe de fonctions :

- **Etalonnage base 00** -> • **Type de produit 001**
 - **Forme réservoir 002**
 - **Caract. Produit 003**
 - **Conditions de mes. 004**

...

Par la suite, la position sera toujours indiquée entre parenthèses (par exemple "**Forme réservoir**" (002)) derrière la fonction écrite.

- **Interface utilisateur**

4 lignes de 20 chiffres. Contraste réglable par touches.

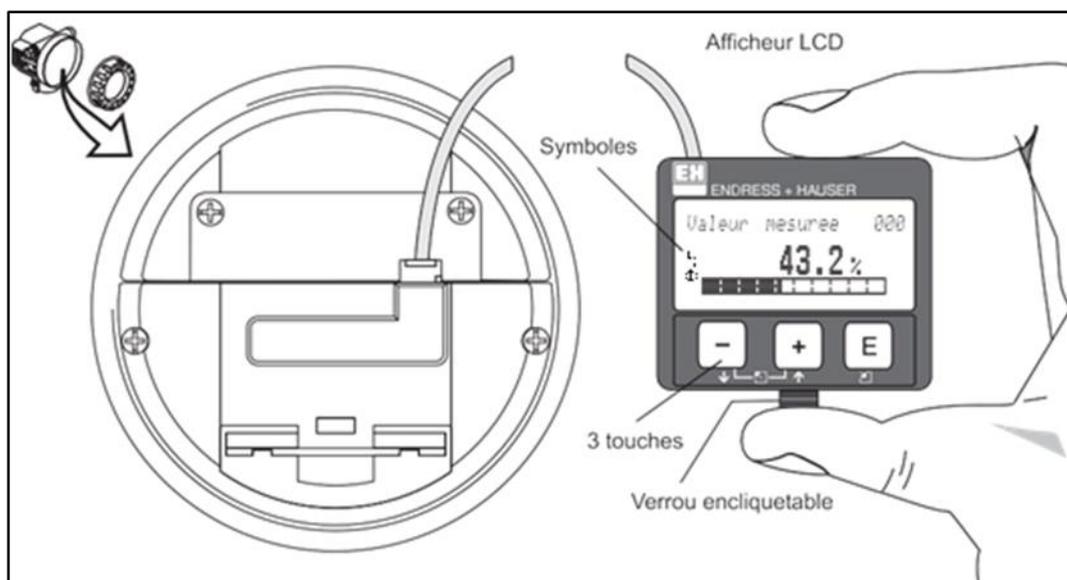


Figure 2.32 Interface utilisateur.

Pour faciliter la configuration, il est possible de retirer l'écran LCD en appuyant simplement sur le bouton de verrouillage (voir figure 2.31). Il est connecté à l'appareil au moyen d'un câble de 500 mm (19,7 pouces).

- **Affichage (LCD)**

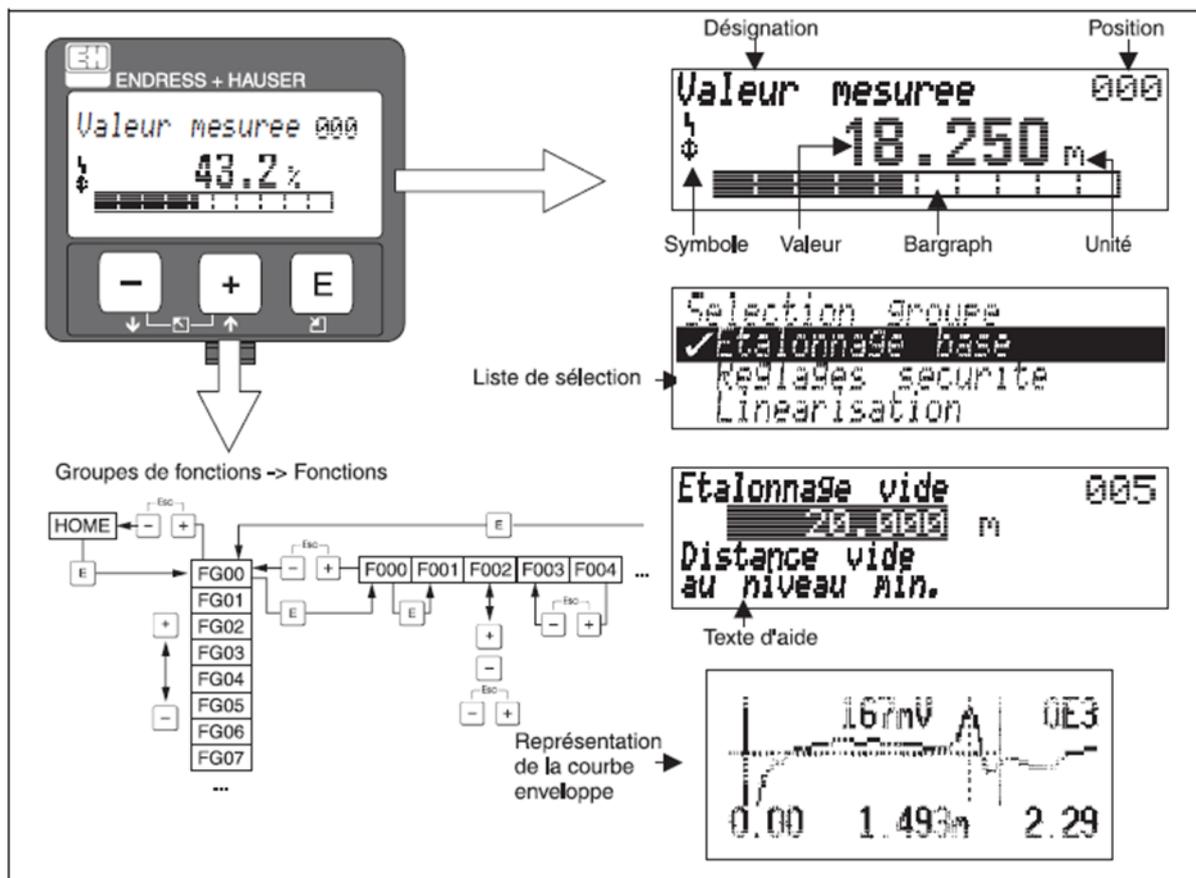


Figure 2.33 Afficheur à cristaux liquides (LCD).

- **Communication Hart**

En plus de la configuration sur site, vous pouvez également paramétrer l'appareil de mesure via le protocole HART et interroger les valeurs mesurées. Il existe deux options de configuration :

- Configuration via le terminal portable commutateur de terrain universel (universel Field Communicator) 375, 475.
- Configuration par PC à l'aide du logiciel d'exploitation.

Le Micropilot M peut également être configuré sur site avec les touches. Si la configuration a été verrouillée sur site avec les clés, il n'est pas possible d'entrer des paramètres via la communication.

i. Commutateur de terrain

Le terminal portable Field Communicator 375, 475 permet la configuration de toutes les fonctions de l'appareil via des menus.

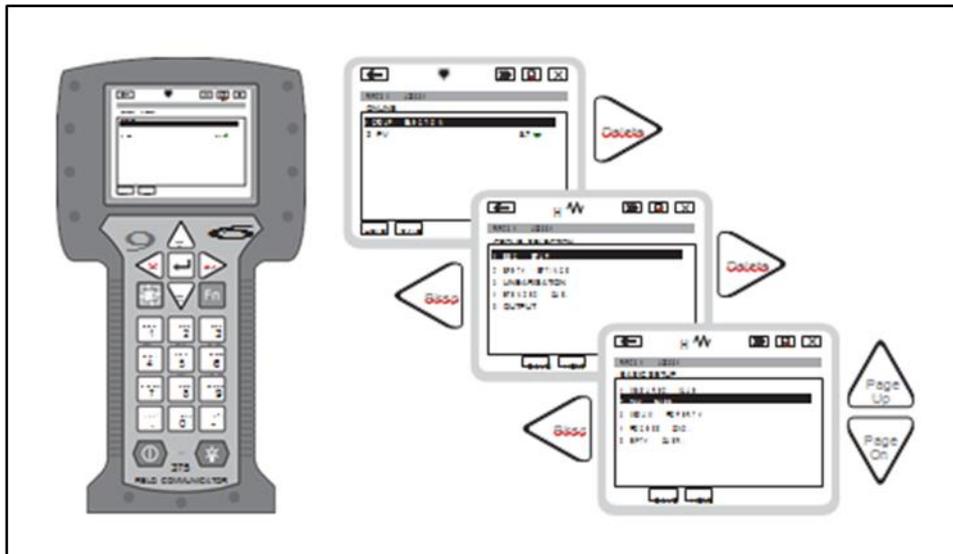


Figure 2.34 Configuration des menus avec Field Communicator 375.

ii. Raccordement hart avec les alimentations

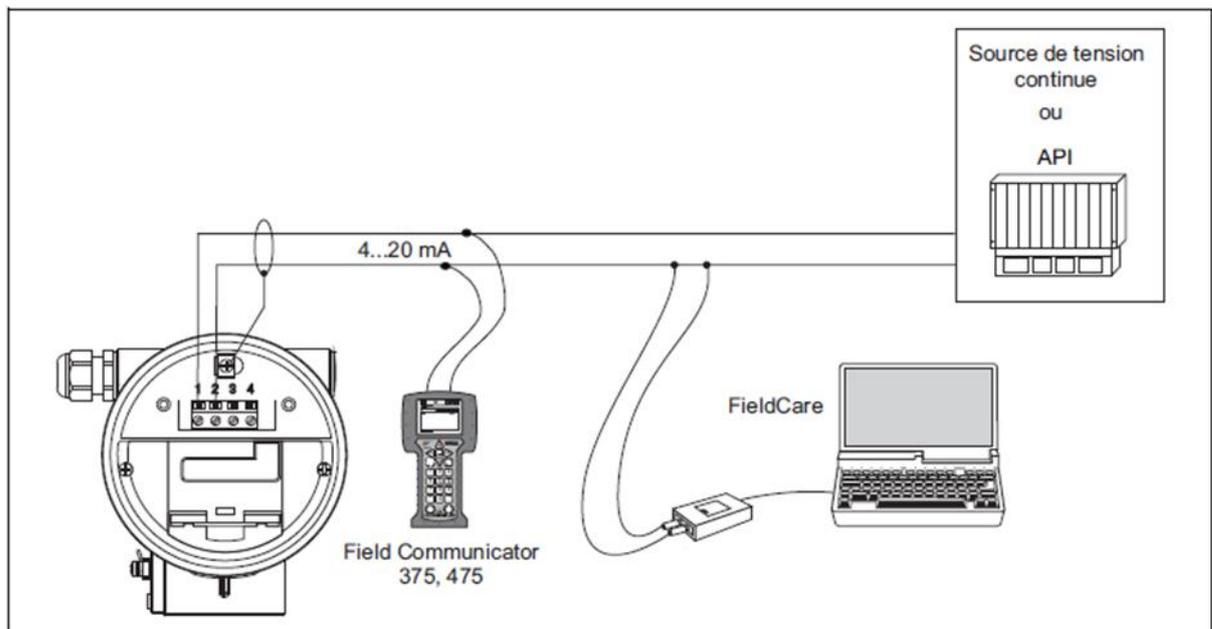


Figure 2.35 Raccordement HART avec les alimentations.

2.4 2.4 Avantages du Micropilot M FMR245

- Mesure sans contact et sans maintenance.
- Insensible aux propriétés du produit telles que la densité et la conductivité, dans les solides en vrac également insensible au bruit de remplissage et à la poussière.
- Plage de mesure librement réglable.
- Pour des températures élevées jusqu'à +450°C/+842°F.

2.5 Inconvénients du Micropilot M FMR245

- sensible aux échos parasites qui donnent de faux taudis.
- Lors de l'installation de nombreuses conditions doivent être prises en compte pour le montage du transmetteur afin d'éviter les effets parasites.
- si la taille de l'antenne est petite, l'angle de réflexion est grand et les échos parasites forts.

Chapitre 3 Etude de l'état de l'émetteur installé à

OC-BMS

3.1 Introduction

Le champ OC-BMS contient 13 transmetteurs de niveau de type radar (radar LT), la plupart de ces transmetteurs donnent de temps en temps des échos gênants, cela génère de fausses indications et alarmes et entraîne des commandes et arrêts d'urgence non souhaitables, pour cela toutes les boucles de régulation et les SIF (Safety Instrumented Functions) connectés à ces transmetteurs sont désactivés.

Le fonctionnement des 13 radars LT est identique, sauf que six d'entre eux qui sont installés au niveau des 03 bacs de stockage (02 LT dans chaque bac de stockage) sont d'une grande importance car ils font partie du système SIS.

3.2 Description

Le tableau ci-dessous résume la description générale des 13 transmetteurs radar qui existent dans le domaine BMS :

Tableau 3.1 Description des 13 transmetteurs.

Tag No.	SITE FROM	PID	Location	Service Description	Process FLUID
14-LT-0001	Oil Storage	211	Field	ON-SPEC CRUDE STORAGE TANK 14-T-0101 LEVEL	H.C
14-LT-0003	Oil Storage	211	Field	ON-SPEC CRUDE STORAGE TANK 14-T-0101 LEVEL	H.C
14-LT-0005	Oil Storage	212	Field	ON-SPEC CRUDE STORAGE TANK 14-LT-0-0102 LEVEL	H.C
14-LT-0006	Oil Storage	212	Field	ON-SPEC CRUDE STORAGE TANK 14-LT-0-0102 LEVEL	H.C
14-LT-0008	Oil Storage	212	Field	ON-SPEC CRUDE STORAGE TANK 14-T-0-0103 LEVEL	H.C
14-LT-0013	Oil Storage	212	Field	ON-SPEC CRUDE STORAGE TANK 14-T-0-0103 LEVEL	H.C
14-LT-0010	Oil Storage	215	Field	OFF-SPEC CRUDE STORAGE TANK 14-T-0-0200 LEVEL	H.C

Tag No.	SITE FROM	PID	Location	Service Description	Process FLUID
49-LT-0001	Closed Drains	252	Field	CLOSED DRAINS DRUM 49-V-0-0100 LEVEL	H.C + Water
49-LT-0002	Closed Drains	252	Field	CLOSED DRAINS DRUM 49-V-0-0100 LEVEL	H.C + Water
49-LT-0003	Closed Drains	252	Field	CLOSED DRAINS DRUM 49-V-0-0100 LEVEL	Water
48-LT-0001	Open Drains	253	Field	RECOVERED OIL PUMP 48-P-0-0200 LEVEL	H.C + Water
48-LT-0003	Open Drains	253	Field	RECOVERED OIL PUMP 48-P-0-0101/02 LEVEL	H.C + Water
59-LT-0001	Sewage (Grey Water)	254	Field	SEWAGE SUMP 59-T-0-0100 LEVEL	Water

3.3 Localisation et processus

Les transmetteurs sont installés au niveau de :

3.3.1 On-Spec Crude Oil Storage Tank (Bac de stockage) - Bacs de stockage de pétrole brut conforme aux spécifications

Six (06) transmetteurs sont installés dans les réservoirs de stockage de pétrole brut prêts à être expédiés :

- 1er Bac de stockage

Contient 02 LT : 14-LT-0001 et 14-LT-0003

- 2ème Bac de stockage

Contient 02 LT : 14-LT-0005 et 14-LT-0006

- 3ème Bac de stockage

Contient 02 LT : 14-LT-0008 et 14-LT-0013

Le brut provenant du séparateur basse pression (Low Pressure) est expédié vers le stockage. Le système de stockage du pétrole répondant au cahier des charges se compose de trois bacs (réservoirs) à toit flottant 14-T-0-0101/02/03, chaque bac ayant une capacité de 3092 mètres cubes.

Ces bacs sont utilisés comme suit :

- Le premier : réception du pétrole brut répondant au cahier des charges (filling).
- Le second : en attente (settling).
- Le troisième : expédition de pétrole brut à Haoud El Hamra (exporter).

Le système de stockage comprend également un autre bac pour le pétrole hors spécification (ne répondant pas aux critères d'exportation), avec un toit fixe et qui a une capacité de 1095 mètres cubes, ce bac n'est utilisé que si le pétrole à la sortie du processus de traitement ne n'a pas les caractéristiques souhaitées et seront réinjectés plus tard dans le processus de traitement. Ce bac peut recevoir le liquide de la sortie aéro, du closed drain, de la sortie des pompes booster et du ballon de torche.

Le brut issu du séparateur basse pression est envoyé vers le stockage grâce au contrôle de niveau du LP séparateur. Les bacs de stockage de brut répondant aux spécifications sont équipés de trois transmetteurs de surveillance de niveau pour chaque bac, deux transmetteurs de type radar Micropolit M FMR245, sont reliés au système instrumenté de sécurité (SIS), représenté par le Safety Manager, et le troisième transmetteurs est relié avec le DCS représenté par le système Experion PKS pour surveiller le niveau dans les bacs avec une grande précision puisque son échelle est en millimètres ce qui permet de le comparer avec la jauge manuelle. Les transmetteurs de niveaux ont des alarmes de niveau haut et bas qui s'afficheront sur le DCS, si le niveau dépasse les niveaux d'alarme.

Les deux transmetteurs reliés au système instrumenté de sécurité, l'un a une alarme de niveau très haut et l'autre une alarme de niveau très bas, ce qui génère des actions d'arrêt d'urgence qui sont les suivantes :

- Le niveau très haut (LHH) de liquide va déclencher l'arrêt de l'opération de remplissage du bac et envoyer la production vers le bac d'off-spec (hors spécifications).
- Le niveau de liquide très bas (LLL), déclenchera l'arrêt d'urgence de l'opération de transport de pétrole.

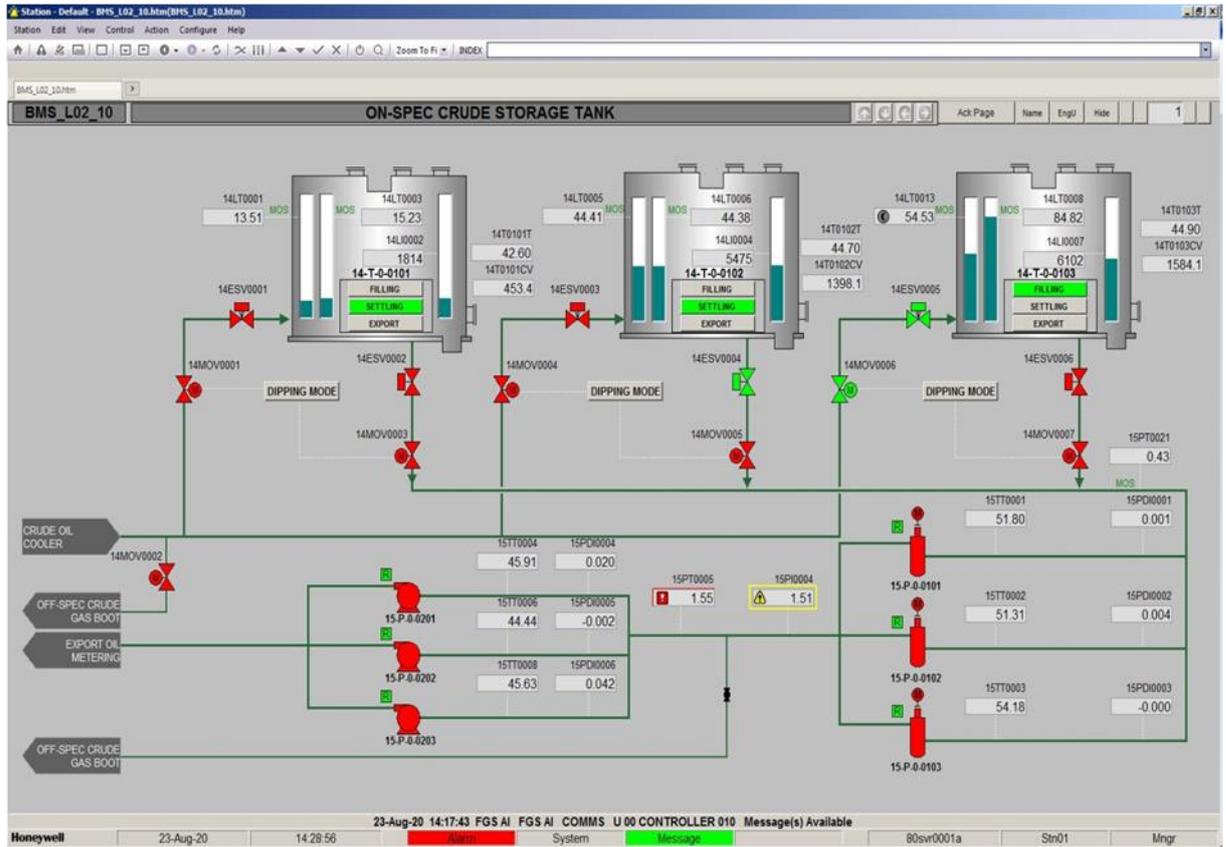


Figure 22 On-Spec Crude Storage Tank.

3.3.2 Off-Spec Crude Oil Storage Tank

Contient un LT : 14-LT-0010, pour une indication de niveau brut hors spécifications.

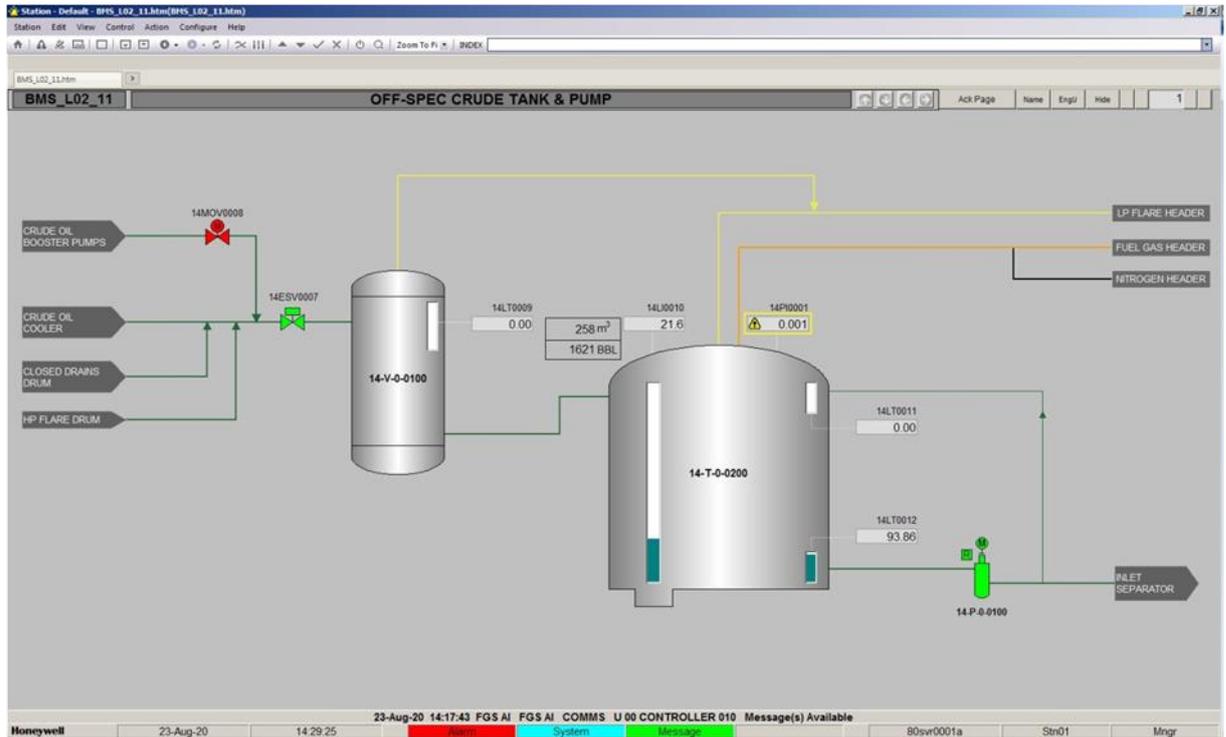


Figure 3.2 Off-Spec Crude Storage Tank.

Le 48-LT-0003 contrôle le start/stop des pompes 48-P-0-0101/0102 et utilisé pour l'évacuation des eaux collectées vers bassin d'évaporation.

3.3.5 Sewage (eaux usées)

Contient un LT : 59-LT-0001

Le 59-LT-0001 contrôle le start/stop des pompes 59-P-0-0101/0102 et utilisé pour l'évacuation des eaux usées vers la step de traitement.

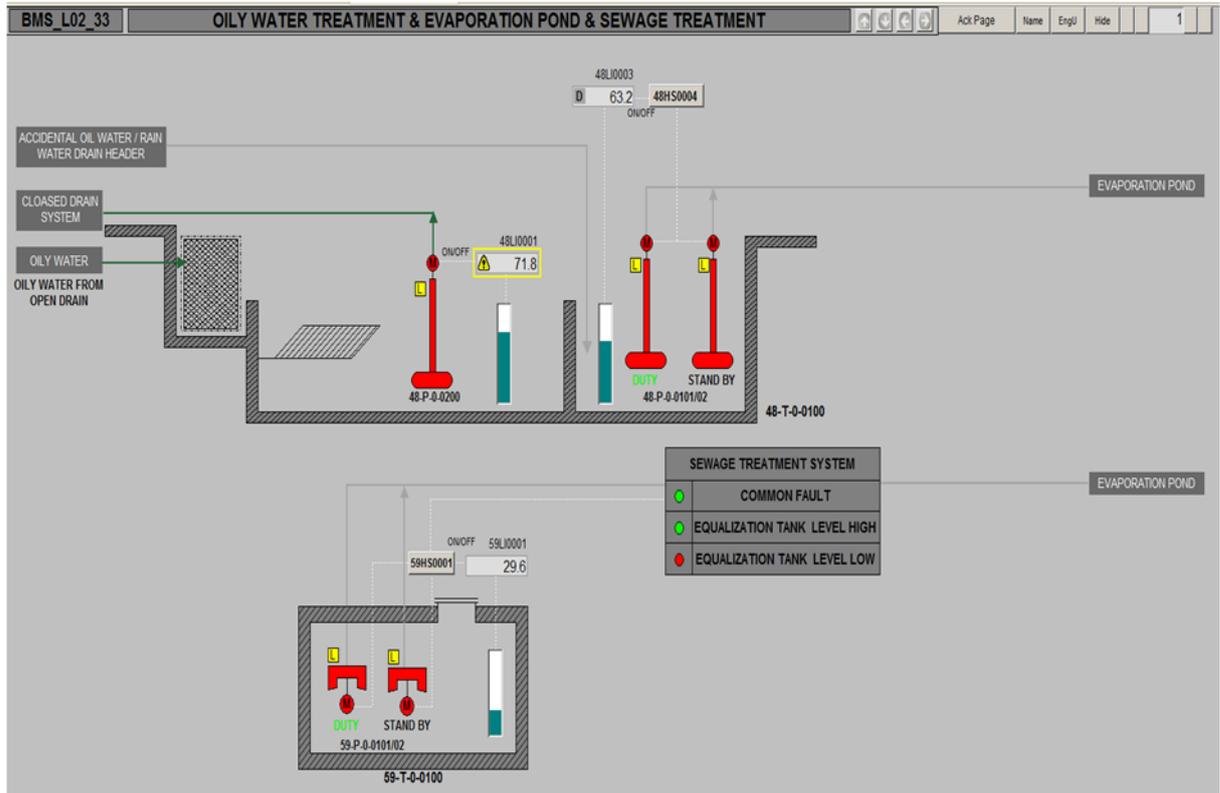


Figure 3.4 Open Drains et Sewage.

3.3.6 Configuration

Les 13 transmetteurs sont installés dans le tube de débit comme indiqué au chapitre 02.

3.4 Description et configuration du radar BMS LT

Nous étudierons le transmetteur 49-LT-0002 à titre d'exemple :

3.4.1 Plaque signalétique

Le tableau suivant résume les principales informations présentes sur la plaque signalétique d'un LT.

Tableau 2.2 Informations sur la plaque signalétique.

Désignation de l'appareil	Micropilot M
Tag number	49-LT-0002
Numéro de série	H100B50106A
Pression de process	280 PSI
Température ambiante	200 Max
Alimentation électrique	16 – 30 V
Sortie courant	4 – 20 mA HART

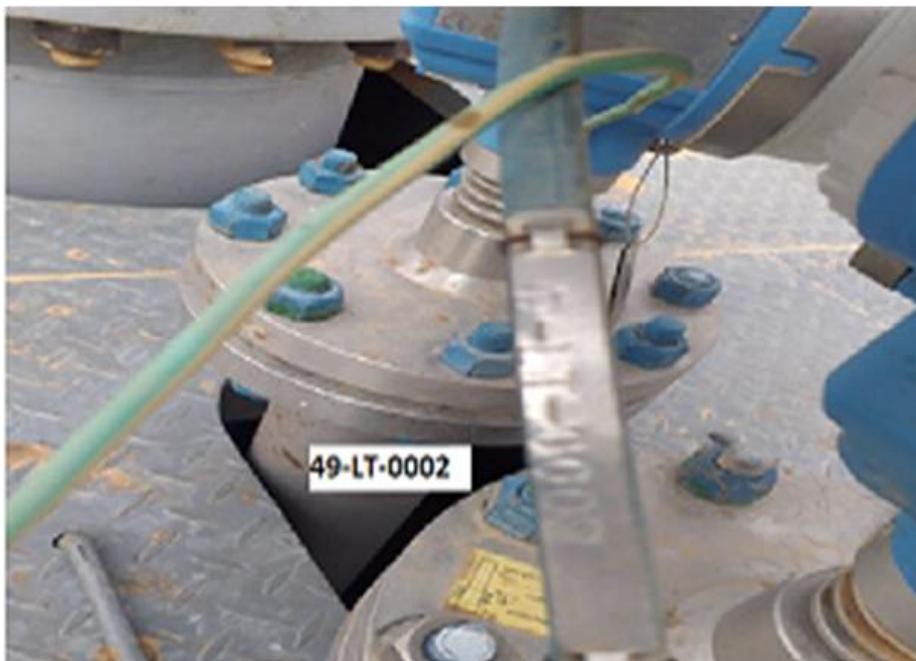
3.4.2 Plaque signalétique

La plaque signalétique ci-dessus comporte les caractéristiques du transmetteur LT Radar : 49-LT-0002, et installer au niveau du "Close Drain " dans le champ OC-BMS.



Figure 3.5 Plaque signalétique du LT radar (49-LT-0002).

3.4.3 Tag number



49

Localisation
Closed drain

LT

Nom de l'instrument
level transmitter

0002

Numéro
spécifie pour

Figure3.6 Tag number.

3.5 Configuration de transmetteur de niveau 49-LT-0002

3.5.1 Étapes basiques

The screenshot displays the configuration interface for transmitter 49LT0002. The top bar shows the device ID '49LT0002' and the status 'Online'. Below this, a tree view shows the configuration structure:

- 80SVR0001.49LT0002
 - Online
 - MATRIX GROUP SEL.
 - basic setup
 - safety settings
 - linearisation
 - extended calibr.
 - output
 - display
 - diagnostics
 - system parameters
 - DEVICE DATA
 - HART OUTPUT

The bottom section, highlighted with a red border, contains a table of basic configuration parameters:

<input checked="" type="checkbox"/> measured value (valeur mesurer)	<input type="text" value="13.98"/>	%
<input checked="" type="checkbox"/> media type (type de produit)	<input type="text" value="liquid"/>	▼
<input checked="" type="checkbox"/> tank shape (forme de réservoir)	<input type="text" value="stilling well"/>	▼
<input checked="" type="checkbox"/> medium property (caractère produit)	<input type="text" value="DC: 1.9 ... 4"/>	▼
<input checked="" type="checkbox"/> process cond. (condition de mesure)	<input type="text" value="fast change"/>	▼
<input checked="" type="checkbox"/> empty calibr. (étalonnage vide)	<input type="text" value="5.08"/>	m
<input checked="" type="checkbox"/> full calibr. (étalonnage plein)	<input type="text" value="2.3"/>	m
<input checked="" type="checkbox"/> pipe diameter (diamètre du tube)	<input type="text" value="100"/>	mm

Figure 3.7 Etapes basiques de configuration de 49LT0002.

3.5.2 Paramètres monitoring (surveillance)

DATAACQ:DATAACQ Block, DACA - Parameters [Monitoring]

Main | Alarms | Identification | Dependencies | Template Defining | Insertion

Name : DACA Execution Order in CM: 10

Description : 49-V-0-0100 CLOSED DRAIN

Engr Units : %

Process Variable

PV Source Option : ONLYAUTO ALL

PV Source : AUTO

PV Format : D1

PV Character: LINEAR

PVEU Range Hi : 100

PVEU Range Lo : 0

PV Extended Hi Limit : 120

PV Extended Lo Limit : -20

Low Signal Cut Off: NaN

Clamping/Filtering

Clamping Option : DISABLE ENABLE

Lag Time : 0 minutes

Show Parameter Names

OK Cancel Help

Figure 3.7 Monitoring.

3.5.3 Configuration 49LT0002

SERIES_C_IO:AICHANNEL Block, 49LT0002 - Parameters [Monitoring] (surveillance)

HART Notifications | Server History | Server Displays | Identification | Dependencies | Template Defining

Main | Configuration | HART Configuration | HART Device Status | HART Identification | HART Variables

Type Information

Sensor Type : 1_5_V

PV Characterization : SystemRange

Input Direction : Direct

PV Temperature Scale : DEGREES_CELSIUS

Channel PV Range

PV Extended High Range : 102.9

PV High Range : 100

PV Low Range : 0

PV Extended Low Range : -2.9

PV Raw Low Range :

PV Clamping : NoClamp

Filter Lag Time (Minutes) : 0

PV Source Option : ONLYAUTO

PV Source : AUTO

Open Wire Detection Enable

Low Cutoff Signal : NaN

Thermocouple Range :

Device Range

Device Extended High Range : 40

Device High Range (20mA) : 100

Device Low Range (4mA) : 0

Device Extended Low Range : 0

Device PV Range Mismatch

Accept Device Ranges

Show Parameter Names

OK Cancel Help

Figure 3.8 Configuration 49LT0002.

3.6 Acquisition et analyse des données

Pour mieux comprendre et diagnostiquer le problème, nous reviendrons sur les données DCS recueillies et les tendances des différents transmetteurs.

Nous allons représenter et analyser dans cette section les LT des bacs de stockage, car il existe un troisième LT que nous considérons comme une référence pour la comparaison.

3.6.1 Données du premier bac de stockage

Le graphique suivant est une prise de données des transmetteurs du 1er bac de stockage 14-T-0-0101 ; les deux radars **14LT0001** et **14LT0003** en comparaison avec **la jauge du type flotteur (Tank gauging system) 14LT0002**, pendant une durée de 14 jours (du 04/05/2022 au 18/05/2022).

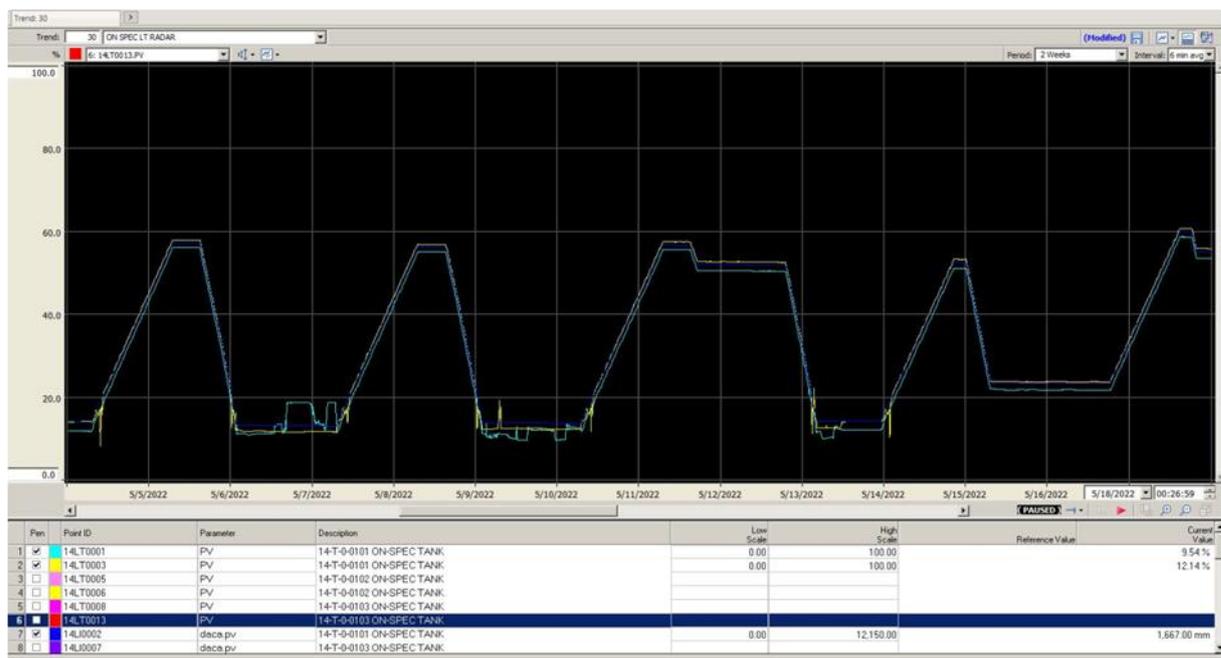


Figure 3.10 Prise de données au niveau de la salle de contrôle du 14-T-0-0101.

On observe sur la capture d'écran qu'il y a des perturbations de mesure de **14LT0001** et **14LT0003** correspondant respectivement aux courbes bleu ciel et jaune. Ces perturbations s'observent beaucoup plus au niveau bas de l'échelle de mesure, ce qui indique qu'il y a des parasites en ce point du tube de mesure.

3.6.2 Données du 2e bac de stockage

La capture d'écran suivante montre les données des transmetteurs du 2e bac de stockage 14-T-0-0102 ; les deux radars **14LT0005** et 14LT0006 en comparaison avec la jauge de type flotteur (Tank gauging system) **14LT0004**.

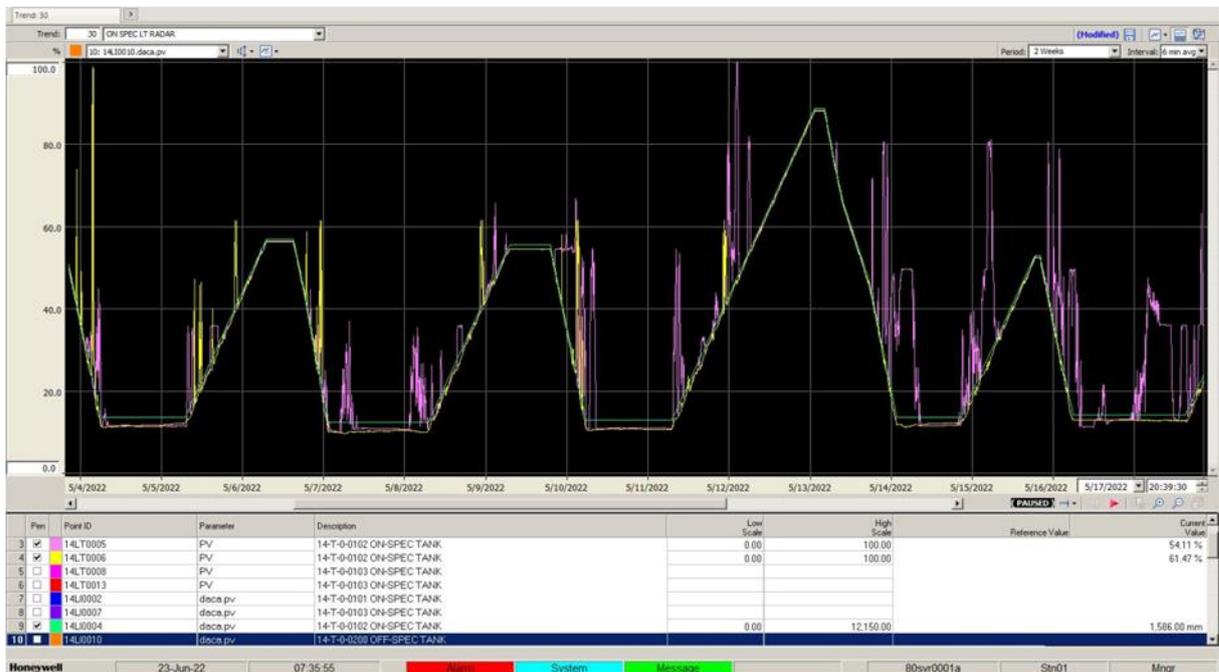


Figure 3.11 Prise de données au niveau de la salle de contrôle du 14-T-0-0102.

De la figure 3.11 on constate la clarté des perturbations des signaux de 14LT0005 et 14LT0006 correspondent respectivement aux courbes rose et jaune. On les retrouve sur toute l'échelle de mesure et dépassent souvent 100% de la gamme.

3.6.3 Données du 3e bac de stockage

Enfin, la capture d'écran des courbes des transmetteurs du 3e bac de stockage 14-T-0-0103 ; les deux radars **14LT0008** et **14LT0013** sont comparés à la jauge du type flotteur (Tank gauging system) **14LT0007**.

Ici les deux courbes jaune et rouge de **14LT0008** et **14LT0013** sont totalement instables, elles donnent de fausses indications et des pics sur toute l'échelle de mesure.

Ses mesures radar LT fausses et instables rendent impossible la connaissance des niveaux réels de produits liquides dans les réservoirs et les bacs de stockage et donc impossible de contrôler les pompes automatiquement, elles génèrent des alarmes et des déclenchements faux et intempestifs qui forcent des perturbations de tous les processus,

c'est pourquoi ces transmetteurs sont complètement contournés, sans contrôle et leurs fonctions de sécurité sont désactivées.

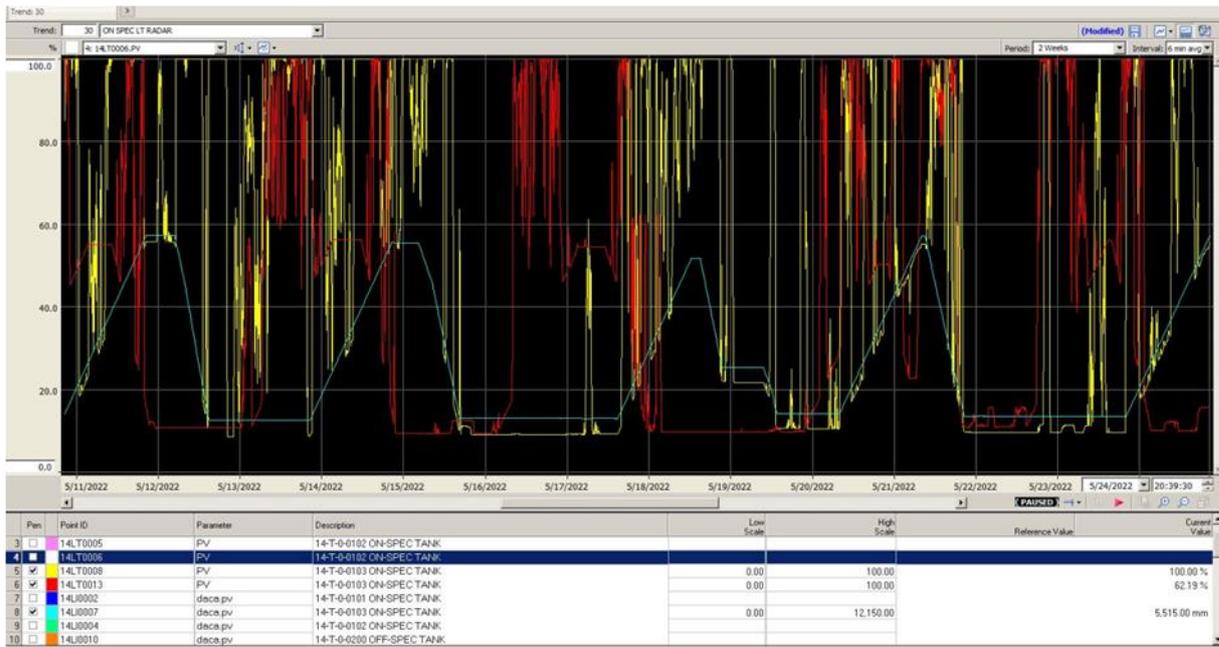


Figure 3.13 Prise de données au niveau de la salle de contrôle du 14-T-0-0103.

3.7 Diagnostic et causes de dysfonctionnement

Afin de mieux diagnostiquer le problème et connaître les causes de ce dysfonctionnement, nous avons effectué des interventions sur le terrain au CPF.

Les interventions comprenaient ce qui suit :

1. Contrôle visuel de l'état du transmetteur, du câblage, de l'afficheur, du capteur, du type et de la conformité des installations.
2. Comparaison de la valeur mesurée avec la valeur du jaugeage manuel.
3. Reconfiguration de la courbe de mesure de couverture d'obstacles.
4. Simulation du signal de boucle entre l'instrument et le contrôleur.

Les tableaux suivants résument les travaux effectués et les résultats obtenus :

Tableau 3.3 14-LT-0001.

Lieu de montage 14-T-0-001	Repère 14-LT-0001	Désignation Micropilot M	Référence de commande FMR245-5GAPKAC2Y	N° de série H100AE0106A
État de l'instrument	Pas d'anomalie constatée sur l'instrument			
Problème	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valeur mesuré incorrecte par rapport à la valeur du jaugeage manuel ▪ Diamètre du tube de mesure (100 mm) plus grand que le diamètre de l'antenne (80 mm). 			
Cause	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Courbe Map n'est pas configuré correctement ▪ Condition de montage non respectée 			
Travaux réalisés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconfiguration de la courbe Map (Courbe Map : couverture des obstacles) ▪ Simulation de la sortie signal avec la salle de contrôle 			
Résultat	Le capteur de niveau est en bon état électroniquement et fonctionne normalement si vous avez respecté les conditions de montage.			

Tableau 3.4 14-LT-0003.

Lieu de montage 14-T-0-0101	Repère 14-LT-0003	Désignation Micropilot M	Référence de commande FMR245-5GAPKAC2Y	N° de série H100AF0106A
État de l'instrument	Pas d'anomalie constatée sur l'instrument			
Problème	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diamètre du tube de mesure (100 mm) plus grand que le diamètre de l'antenne (80 mm). 			
Cause	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Courbe Map n'est pas configuré correctement ▪ Condition de montage non respectée 			
Travaux réalisés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconfiguration de la courbe Map (Courbe Map : couverture des obstacles) ▪ Simulation de la sortie signal avec la salle de contrôle 			
Résultat	Le capteur de niveau est en bon état électroniquement et fonctionne normalement si vous avez respecté les conditions de montage.			

Tableau 3.5 14-LT-0005.

Lieu de montage 14-T-0-0102	Repère 14-LT-0005	Désignation Micropilot M	Référence de commande FMR245-5GAPKAC2Y	N° de série H100B00106 A
État de l'instrument	Pas d'anomalie constatée sur l'instrument			
Problème	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diamètre du tube de mesure (100 mm) plus grand que le diamètre de l'antenne (80 mm). 			
Cause	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Courbe Map n'est pas configuré correctement ▪ Condition de montage non respectée 			
Travaux réalisés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconfiguration de la courbe Map (Courbe Map : couverture des obstacles) ▪ Simulation de la sortie signal avec la salle de contrôle 			
Résultat	Le capteur de niveau est en bon état électroniquement et fonctionne normalement si vous avez respecté les conditions de montage.			

Tableau 3.6 14-LT-0006.

Lieu de montage 14-T-0-0102	Repère 14-LT-0006	Désignation Micropilot M	Référence de commande FMR245-5GAPKAC2Y	N° de série H100B10106 A
État de l'instrument	Pas d'anomalie constatée sur l'instrument			
Problème	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diamètre du tube de mesure (100 mm) plus grand que le diamètre de l'antenne (80 mm). 			
Cause	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Courbe Map n'est pas configuré correctement ▪ Condition de montage non respectée 			
Travaux réalisés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconfiguration de la courbe Map (Courbe Map : couverture des obstacles) ▪ Simulation de la sortie signal avec la salle de contrôle 			
Résultat	Le capteur de niveau est en bon état électroniquement et fonctionne normalement si vous avez respecté les conditions de montage.			

Tableau 3.7 14-LT-0008.

Lieu de montage 14-T-0-0103	Repère 14-LT-0008	Désignation Micropilot M	Référence de commande FMR245- 5GAPKAC2Y	N° de série H100B20106A
État de l'instrument	Pas d'anomalie constatée sur l'instrument			
Problème	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diamètre du tube de mesure (100 mm) plus grand que le diamètre de l'antenne (80 mm). 			
Cause	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Courbe Map n'est pas configuré correctement ▪ Condition de montage non respectée 			
Travaux réalisés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconfiguration de la courbe Map (Courbe Map : couverture des obstacles) ▪ Simulation de la sortie signal avec la salle de contrôle 			
Résultat	Le capteur de niveau est en bon état électroniquement et fonctionne normalement si vous avez respecté les conditions de montage.			

Tableau 3.8 14-LT-0010.

Lieu de montage 14-T-0-0200	Repère 14-LT-0010	Désignation Micropilot M	Référence de commande FMR245- 5GAPKAC2Y	N° de série H100B90106A
État de l'instrument	Pas d'anomalie constatée sur l'instrument			
Problème	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diamètre du tube de mesure (100 mm) plus grand que le diamètre de l'antenne (80 mm). 			
Cause	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Courbe Map n'est pas configuré correctement ▪ Condition de montage non respectée 			
Travaux réalisés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconfiguration de la courbe Map (Courbe Map : couverture des obstacles) ▪ Simulation de la sortie signal avec la salle de contrôle 			
Résultat	Le capteur de niveau est en bon état électroniquement et fonctionne normalement si vous avez respecté les conditions de montage.			

Tableau 3.9 14-LT-0013.

Lieu de montage 14-T-0-0103	Repère 14-LT-0013	Désignation Micropilot M	Référence de commande FMR245- 5GAPKAC2Y	N° de série H100B30106A
État de l'instrument	Pas d'anomalie constatée sur l'instrument			
Problème	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diamètre du tube de mesure (100 mm) plus grand que le diamètre de l'antenne (80 mm). 			
Cause	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Courbe Map n'est pas configuré correctement ▪ Condition de montage non respectée 			
Travaux réalisés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconfiguration de la courbe Map (Courbe Map : couverture des obstacles) ▪ Simulation de la sortie signal avec la salle de contrôle 			
Résultat	Le capteur de niveau est en bon état électroniquement et fonctionne normalement si vous avez respecté les conditions de montage.			

Tableau 3.10 48-LT-0001.

Lieu de montage Open drain	Repère 48-LT-0001	Désignation Micropilot M	Référence de commande FMR245- 5GAPKAC2Y	N° de série H100B60106A
État de l'instrument	Pas d'anomalie constatée sur l'instrument			
Problème	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Condensation d'eau sur la sonde de mesure ▪ Le tube de mesure n'est pas perforé ▪ Diamètre du tube de mesure (100 mm) plus grand que le diamètre de l'antenne (80 mm). 			
Cause	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pression du vide dans le tube de mesure supérieure à la pression du réservoir (Voir figure 1) ce qui arrête le mouvement du produit dans le tube de mesure ▪ Condition de montage non respectée 			
Travaux réalisés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconfiguration de la courbe Map. ▪ Simulation de la sortie signal avec la salle de contrôle 			
Résultat	Le capteur de niveau est en bon état électroniquement et fonctionne normalement si vous avez respecté les conditions de montage			

Tableau 3.11 48-LT-0003.

Lieu de montage	Repère	Désignation	Référence de commande	N° de série
Open Drain	48-LT-0003	Micropilot M	FMR245-5GAPKAC2Y	H100BA0106A
État de l'instrument	Pas d'anomalie constatée sur l'instrument			
Problème	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Condensation d'eau sur la sonde de mesure ▪ Le tube de mesure n'est pas perforé ▪ Diamètre du tube de mesure (100 mm) plus grand que le diamètre de l'antenne (80 mm). 			
Cause	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pression du vide dans le tube de mesure supérieure à la pression du réservoir ce qui arrête le mouvement du produit dans le tube de mesure ▪ Condition de montage non respectée 			
Travaux réalisés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconfiguration de la courbe Map. ▪ Simulation de la sortie signal avec la salle de contrôle 			
Résultat	Le capteur de niveau est en bon état électroniquement et fonctionne normalement si vous avez respecté les conditions de montage.			

Tableau 3.12 49-LT-0002.

Lieu de montage	Repère	Désignation	Référence de commande	N° de série
Closed Drain	49-LT-0001	Micropilot M	FMR245-5GAPKAC2Y	.....
État de l'instrument	Pas de plaque signalétique sur l'instrument			
Problème	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Condensation d'eau sur la sonde de mesure ▪ Tube de mesure en deux pièces ▪ Le tube de mesure n'est pas perforé ▪ Diamètre du tube de mesure (100 mm) plus grand que le diamètre de l'antenne (80 mm). 			
Cause	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pression du vide dans le tube de mesure supérieure à la pression du réservoir ce qui arrête le mouvement du produit dans le tube de mesure. ▪ Condition de montage non respectée 			
Travaux réalisés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconfiguration de la courbe Map (Courbe Map : couverture des obstacles) ▪ Simulation de la sortie signal avec la salle de contrôle 			
Résultat	Le capteur de niveau est en bon état électroniquement et fonctionne normalement si vous avez respecté les conditions de montage.			

Tableau 3.13 49-LT-0002.

Lieu de montage	Repère	Désignation	Référence de commande	N° de série
Closed Drain	49-LT-0002	Micropilot M	FMR245- 5GAPKAC2Y	H100B50106A
État de l'instrument	Pas d'anomalie constatée sur l'instrument			
Problème	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Condensation d'eau sur la sonde de mesure ▪ Tube de mesure en deux pièces ▪ Le tube de mesure n'est pas perforé ▪ Diamètre du tube de mesure (100 mm) plus grand que le diamètre de l'antenne (80 mm). 			
Cause	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pression du vide dans le tube de mesure supérieure à la pression du réservoir ce qui arrête le mouvement du produit dans le tube de mesure. ▪ Condition de montage non respectée. 			
Travaux réalisés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconfiguration de la courbe Map (Courbe Map : couverture des obstacles) ▪ Simulation de la sortie signal avec la salle de contrôle 			
Résultat	Le capteur de niveau est en bon état électriquement et fonctionne normalement si vous avez respecté les conditions de montage.			

Tableau 3.14 49-LT-0003.

Lieu de montage	Repère	Désignation	Référence de commande	N° de série
Closed Drain	49-LT-0003	Micropilot M	FMR245- 5GAPKAC2Y	H100B40106A
État de l'instrument	Manque d'afficheur sur l'instrument.			
Problème	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Condensation d'eau sur la sonde de mesure ▪ Le tube de mesure n'est pas perforé ▪ Diamètre du tube de mesure (100 mm) plus grand que le diamètre de l'antenne (80 mm). 			
Cause	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pression du vide dans le tube de mesure supérieure à la pression du réservoir ce qui arrête le mouvement du produit dans le tube de mesure. ▪ Condition de montage non respectée. 			
Travaux réalisés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconfiguration de la courbe Map (Courbe Map : couverture des obstacles) ▪ Simulation de la sortie signal avec la salle de contrôle. 			
Résultat	Le capteur de niveau est en bon état électriquement et fonctionne normalement si vous avez respecté les conditions de montage.			

Tableau 3.15 59-LT-0001.

Lieu de montage Step CPF	Repère 59-LT-0001	Désignation Micropilot M	Référence de commande FMR245- 5GAPKAC2Y	N° de série H100B80106A
État de l'instrument	Pas d'anomalie constatée sur l'instrument.			
Problème	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valeur mesurée ne dépasse pas 50% ▪ Le tube de mesure n'est pas perforé ▪ Diamètre du tube de mesure (100 mm) plus grand que le diamètre de l'antenne (80 mm). 			
Cause	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pression du vide dans le tube de mesure supérieure à la pression du réservoir ce qui arrête le mouvement du produit dans le tube de mesure. ▪ Condition de montage non respectée. 			
Travaux réalisés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconfiguration de la courbe Map. ▪ Simulation de la sortie signal avec la salle de contrôle 			
Résultat	Le capteur de niveau est en bon état électroniquement et fonctionne normalement si vous avez respecté les conditions de montage.			

Remarque : La courbe Map est une courbe qui couvre l'écho parasite. Il s'agit d'une option de configuration qui permet d'éliminer les échos parasites. Lorsque cette fonction est activée, l'émetteur crée automatiquement une courbe qui couvre l'écho parasite. Mais s'il y a beaucoup d'obstacles, cette option devient inutile.

De manière générale, nous pouvons résumer nos remarques sur les observations sur site dans ce qui suit :

1. Les capteurs de niveau sont bons électroniquement et fonctionnent normalement. (donnent des mesures correctes lorsqu'ils sont placés à l'extérieur du tube de mesure et orientés vers les parois loin de tous les obstacles).
2. Les boucles qui lient les transmetteurs aux contrôleurs dans la salle contrôle sont parfaites.
3. Condensation d'eau sur la sonde de mesure.
4. La valeur mesurée ne dépasse pas 50 % (faible signal électromagnétique à cause des parasites).

5. Le tube de mesure n'est pas perforé.
6. Tube de mesure corrodé et non lisse.
7. Tube de mesure en deux parties, si les limites ne sont pas alignées, elles produisent des parasites.
8. Diamètre du tube de mesure (100 mm) supérieur au diamètre de l'antenne (80 mm).

En conclusion :

1. Les transmetteurs et les boucles de signal sont en bon état et fonctionnent normalement.
2. La principale cause de dysfonctionnement est le non-respect de l'assemblage de l'instrument exigée par le fabricant.

3.8 Solutions proposées

Il a été confirmé que les transmetteurs radar sont en bon état et que le problème est causé par les installations qui ne respectent pas les recommandations du fabricant.

Sur cette base, les solutions suivantes ont été suggérées en général :

1. Réadapter les installations selon les recommandations du fabricant des transmetteurs.
2. Modifier la méthode (type) et la position des installations.
3. Remplacer les transmetteurs par d'autres types plus efficaces sans changer ou modifier les installations.

3.8.1 Réadapter les installations selon les recommandations du fabricant des transmetteurs

Lors de la construction du tube de mesure, il faut respecter les points suivants :

- Construction métallique et d'une seule pièce (pas de revêtement en émail, ni matière synthétique).
- Diamètre constant.
- Diamètre du tube de mesure pas plus grand que le diamètre de l'antenne
- Soudure plate et le long de l'axe des trous.

- Décalage des trous 180° (pas 90°).
- Trous ébavurés de diamètre max. 1/10 du diamètre du tube. La longueur et le nombre n'exercent aucune influence sur la mesure.
- Les fentes apparaissant en utilisant une vanne à boule ou en raccordant des tubes ne doivent pas être supérieures à 1 mm (0.04 in).
- L'intérieur du tube de mesure doit être lisse (rugosité moyenne $Ra \leq 6,3 \mu\text{m}$ ($\leq 248 \mu\text{in}$)).

Utiliser un tube de mesure en acier fin effilé ou soudé de manière longitudinale. Il est possible de prolonger le tube avec des brides à souder à collerette ou des manchons. Fixer la bride et le tube à l'intérieur en ligne et ajuster.

- Ne pas souder par la paroi du tube. La paroi intérieure du tube de mesure doit rester lisse.

Attention, les aspérités de soudure provoquent d'importants échos parasites et favorisent l'adhérence du produit.

Cette solution nécessite un changement total des tubes de mesure, du fait de la matière du tube, qui n'est pas de l'inox, et de son diamètre qui ne correspond pas à la taille du capteur.

Il est clair que cette solution coûte beaucoup d'efforts, de temps et d'argent, de plus, le processus de changement nécessite un arrêt partiel d'équipement ou total de l'usine CPF. Cette dernière nécessite une planification, programmation et approbation des hauts niveaux.

En plus de tout ça, il n'y a aucune garantie d'avoir de bons résultats.

3.8.2 Modifier la méthode (type) et la position d'installations

Avec cette solution nous proposons le premier type de montage de LT radar mentionnée dans le manuel d'opération, ce qui est la "Montage en émission libre sur une cuve".

Cette solution est possible avec la plupart des transmetteurs ou il y a largement d'espace, par déplacer complètement le capteur à l'extérieur du tube de mesure loin de tous les obstacles qui générer les échos parasites

Le déplacement au niveau du "open drains" et "sewage", ne nécessite que de percer une des plaques métalliques recouvrant la cuve -qui se situe au bon endroit loin de tout obstacle-du diamètre du capteur.

Le déplacement au niveau des bacs de stockage nécessite l'installation d'un support sur la paroi du bac pour positionner le transmetteur au bon endroit.

Au niveau de "closed drain" et "off-spec" l'espace est limité et on ne peut mettre en œuvre cette solution que si l'on utilise les brides de transmetteurs déjà existantes, ceci en éliminant le tube de mesure et en confirmant qu'il n'y a pas d'obstacle dans le faisceau d'ondes radar.

Cette solution est facile, simple et ne nécessite pas beaucoup de ressources, elle peut être essayée d'abord avant de passer aux autres solutions.

3.8.3 Remplacer les transmetteurs par d'autres types plus efficaces sans changer ou modifier les installations

En peut remplacer les transmetteurs par d'autres qui surmontent le problème d'écho parasite et les strictes recommandations du montage. A condition de garder les mêmes dimensions de brides d'installation.

Un transmetteur radar avec une fréquence plus élevée, une antenne plus grande ou avec une antenne guide d'ondes peut résoudre le problème.

Cette solution peut coûter plus cher mais sa mise en œuvre est facile et son résultat peut être garanti par le nouveau fournisseur.

Conclusion générale

Le micropilot M type FMR245 est un transmetteur de niveau radar pour la mesure continue du niveau de liquide. La mesure de niveau radar est une solution sûre même dans des conditions de process extrêmes (pression, température) et de vapeurs. Micropilot peut également être utilisé dans des applications hygiéniques pour la mesure de niveau sans contact. Les versions Micropilot sont disponibles pour différentes industries telles que l'eau/eaux usées, l'industrie alimentaire, les sciences de la vie ou l'industrie de transformation. Différentes versions pour chaque type d'application radar sont disponibles.

D'après notre étude approfondie, détaillée, théorique et pratique de notre problème, qui est l'étude de dysfonctionnement du transmetteur radar au niveau du champ OC-BMS, nous pouvons confirmer que nous avons préalablement relevé la cause de dysfonctionnement qui persiste pendant des années. Le non-respect des exigences de montage recommandées par le fabricant a entraîné non seulement la perte de la technologie de pointe de ces instruments, mais également la perte des fonctions de contrôle automatique et de sécurité d'une partie importante du processus.

Enfin, la mise en place d'actions correctives inspirées des solutions que nous avons proposées éliminera tous ses problèmes et rétablira l'état initial de conception de cet équipement.

Bibliographie

- [1] IFPEN. (s.d.). TOUT SAVOIR SUR LE PÉTROLE. [Online]. <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr>
- [2] LE FINANCIER. (2010, octobre) Pétrole : L'avenir proche des Algériens est-il hypothéqué? [Online]. <http://www.city-dz.com/petrole-l%E2%80%99avenir-pr>.
- [3] (2010, février) Allafrika.com. [Online]. <http://fr.allafrika.com/stories/201002240600.html>
- [4] Jean Pierre TUQUOI, "Les illusions perdus de l'indépendance : La bataille des hydrocarbures," Le Monde, 1 juillet 2002.
- [5] perspective usherbrooke. (2010, Nov.) École de politique appliquée. [Online]. <https://perspective.usherbrooke.ca>
- [6] Isabelle MANDRAUD, "pétrole ennemi!," Le Monde, 7 septembre 2010.
- [7] TOUAHR Hafed, Maintenance des systèmes instrumentés de sécurité (SIS): Etude de cas , May 23, 2015.
- [8] Plateforme de foration E-Learning. (2020, avril) CRI:Introduction. [Online]. <https://elearning-deprecated.univ-annaba.dz>
- [9] Jean-pierre MAZEL. (2021, juillet) e-genieclimatique.com. [Online]. <https://www.e-genieclimatique.com/>
- [10] Plateforme de formation E-Learning. (2020, avril) CRI:Organnes constitutifs d'une boucle de régulation. [Online]. <https://elearning-deprecated.univ-annaba.dz/>
- [11] Endress and hauser. Technical Information Cerabar S PMP71 with MID Parts. [Online]. https://portal.endress.com/wa001/dla/5000498/1524/000/00/TI00451PEN_0111.pdf
- [12] Endress and Hauser, "Operating Instructions Micropilot M FMR245 Level-Radar," BA00251F/00/EN/13.11 71139070,.
- [13] J.S.Park, "Instrument Loop Diagram," Hyundai Engineering Co.,Ltd, DOC., NO.:0304-JM-100, Aug. 12, 2013.

- [14] S.H.Park, "Instrument Logic Diagram For ICSS," Hyundai Engineering Co.,Ltd, DOC., NO.: 0304-JG-100, May. 23, 2013.
- [15] Y.S.Park, "Instrument Index," Hyundai Engineering Co.,Ltd, DOC., NO.: 0304-JA-100, Mar. 19, 2013.
- [16] G. Kim, "System Operating Procedure For Crude Oil Separation Closed Drain System & Off Spec Crude Transfer," Hyundai Engineering Co.,Ltd, VOLUME I (SOP), DOC., NO.: 0304-FB-212-SOP-02, Aug. 06, 2013.
- [17] P.G.KAMAT, "Piping & Instrumentation Diagram," Hyundai Engineering Co.,Ltd, DOC., NO.: 0304-FM-211/212/215/252/253/254, Sep. 30, 2015.
- [18] S. W. Park, "Instrument Level Sketch," Hyundai Engineering Co.,Ltd,DOC., NO.: 0304-JK-100, Aug. 30, 2015.
- [19] I. Y. SHIN, "Instrument Data Sheet For Level Transmitter," Hyundai Engineering Co.,Ltd, DOC., NO.: 0304-JD-111, Aug. 06, 2012.