

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane Mira de Béjaïa  
Faculté des Sciences Exactes  
Département d'Informatique



## Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master Professionnel en Informatique

**Option**

Administration et Sécurité des Réseaux

## Thème

---

**Mise en place d'un réseau de capteurs sans fil pour la surveillance des paramètres de production de l'unité de conditionnement d'huile au sein de Cevital**

---

**Réalisé par :**

M<sup>lle</sup> ALLIK Tawes

M<sup>lle</sup> MAKHLOUF Hassiba

**Devant le jury:**

**Président :** M<sup>r</sup> ATMANI Mouloud

**Examineur :** M<sup>lle</sup> REBOUH Nadjette

**Examineur :** M<sup>lle</sup> BENMERBI Samah

**Promoteur :** M<sup>me</sup> KOULALENE Nadjete

**Promotion: 2016/2017**

# *Remerciements*

On remercie **Dieu tout Puissant** de nous avoir donné la force, la santé, le courage et la patience de pouvoir accomplir ce travail qui est pour nous le point de départ d'une merveilleuse aventure, celle de la recherche, source de remise en cause permanent et de perfectionnement perpétuelle.

Un grand merci à toutes nos familles surtout nos parents pour leur encouragement et leur suivi avec patience le déroulement de notre projet.

Nous tenons à remercier également notre promotrice **M<sup>me</sup> KHOULALEN Nadjat** d'avoir accepté de nous guider tout au long de ce travail.

Nos remerciements ainsi à tout le personnel de l'entreprise **Cevital** en particulier notre encadreur. **Mr DJOUDER Nourddine** et **Mr ABDELADIM Bilal**.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciement à tous ceux qui on collaborer avec leurs idées, leurs expériences ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Enfin, nous tenons aussi à remercier également tous les membres de jury pour avoir accepter d'évaluer notre travail.

## Dédicaces

Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on aime et qu'on remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, pour leur patience illimitée, leur encouragement continu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leurs grands sacrifices.

À mon cher frère Mohand Arab et mes chères sœurs Nadia, Amel pour leur grand amour et leur soutien qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude.

À mon cher fiancé Khellaf source de tendresse, de courage et de patience.

Mes chers amis qui sans leur encouragement ce travail n'aura jamais vu le jour.

À ma très chère binôme Jawes et toute sa famille.

Et à toute ma famille et ma belle-famille et à tous ceux que j'aime.

**Hassiba.**

# Dédicaces

Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on aime et qu'on remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, pour leur patience illimitée, leur encouragement continu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leurs grands sacrifices.

À mon cher frère et ma chère sœur pour leur grand amour et leur soutien qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude

À mon cher ami qui m'a encouragé et soutenu dans les meilleurs et les pires moments

Mes chers amis qui sans leur encouragement ce travail n'aura jamais vu le jour

À ma très chère binôme et toute sa famille

Et à toute ma famille et à tous ceux que j'aime

**Tawes.**

# Table des matières

Table des Matières .....	iii
Liste des Figures.....	iv
Liste des Tableaux.....	v
Liste des Equations.....	v
Liste des Abréviations .....	vi
Introduction Générale.....	1
<b>ChapitreI Généralités sur les réseaux de capteurs sans fil.....</b>	<b>3</b>
Introduction .....	3
I.1 Présentation des capteurs sans fil.....	3
I.1 Définition d'un capteur .....	3
I.2 Un capteur intelligent.....	3
I.3 Architecture physique d'un capteur sans fil.....	4
I.4 Types de capteurs.....	5
I.5 Les contraintes des capteurs sans fil .....	6
I.2 Les Réseaux de Capteurs Sans Fil (RCSF).....	6
I.2.1 Architecture des réseaux de capteurs sans fils .....	7
I.2.1.1 La couche physique.....	8
I.2.2.2 La couche liaison de données.....	8
I.2.2.3 La couche réseau .....	8
I.2.2.4 La couche transport.....	8
I.2.2.5 La couche application .....	8
I.2.2.6 Le plan de gestion d'énergie .....	9
I.2.2.7 Le plan de gestion de mobilité .....	9
I.2.2.8 Plan de gestion de taches.....	9
I.2.2 Classification des RCSFs .....	9
I.2.2.1 Selon le mode d'acquisition et de livraison des données au puits.....	9
I.2.2.2 Selon la distance entre les nœuds capteurs et le puits .....	10
I.2.2.3 Selon le modèle de mobilité dans le réseau.....	10
I.2.2.4 Selon les capacités des nœuds du réseau.....	10
I.2.3 Les standards de communication pour les RCSFs .....	11
I.2.3.1 Bluetooth.....	11
I.2.3.2 ZigBee.....	11
I.2.4 Les domaines d'application .....	11

I.2.5 Contraintes de conception des RCSF .....	14
Conclusion.....	15
<b>ChapitreII Présentation de l'organisme d'accueil .....</b>	<b>16</b>
Introduction .....	16
II. Historique .....	16
II.1 Présentation du complexe Cevital .....	17
II.1.1 Organigramme du complexe Cevital .....	17
II.1.2 Situation géographique du complexe Cevital .....	18
II.1.3 Les missions de Cevital .....	18
II.1.4 Les Activités de Cevital.....	18
II.1.5 Les objectifs de Cevital.....	18
II.1.6 Organigramme du groupe Cevital.....	19
II.1.7 Organigramme de la direction système d'information .....	19
II.2 Complexe agroalimentaire Cevital de Bejaia .....	20
II.2.1 Conditionnement d'huile .....	20
II.2.2 Présentation du département technique .....	21
II.2.3 Présentation de l'unité conditionnement d'huile .....	22
Conclusion.....	24
<b>ChapitreIII Description de l'instumentation et des protocoles.....</b>	<b>25</b>
Introduction .....	25
III.1 Analyse de l'existant et présentation du projet .....	25
III.1.1 Présentation du système existant.....	25
III.1.2 Inconvénients du système câblée existant .....	28
III.1.3 Spécification des Besoins .....	29
III.1.2 Présentation du projet.....	29
III.1.2.1 Contexte.....	29
III.1.2.2 Problématique.....	29
III.1.2.3 Objectif .....	30
III.1.2.4 Démarche à suivre .....	30
III.2 Présentation des instruments de mesure.....	31
III.2.1 Les capteurs logiques .....	31
III.2.2 Les Capteurs Analogiques.....	32
III.2.2.1 Capteur de niveau.....	32
III.2.2.2 Capteur de température.....	32

III.2.2.3 Débitmètre .....	33
III.2.2.4 Capteur de pression .....	34
III.2.3 Les composants des capteurs .....	35
III.2.3.1 Alimentation .....	35
III.2.3.2 Adaptateur Smart Wireless .....	36
III.2.4 Présentation de la passerelle de communication sans fil (smart Wireless Gateway) .....	37
III.2.4.1 Définition .....	37
III.2.4.2 Les caractéristiques de la passerelle .....	38
III.2.4.3 Schéma dimensionnel de la passerelle .....	39
III.2.5 Le bus de terrain .....	40
III.2.6 La topologie du réseau adoptée .....	40
III.2.7 Les Protocoles utilisés .....	41
III.2.7.1 Protocole de communication .....	41
III.2.7.2 Protocoles de transfert de données .....	43
III.2.7.3 Protocoles de sécurité .....	44
III.2.7.4 protocole d'accès au canal : TDMA .....	45
Conclusion .....	45
<b>Chapitre IV Etude et Mise en place</b> .....	<b>47</b>
Introduction .....	47
IV. Stratégie et techniques d'emplacement des nœuds capteurs .....	47
IV.1 Méthodologie de déploiement .....	47
VI.1.1 Coexistence entre les réseaux sans fil .....	48
VI.1.2 Etude du lieu de déploiement .....	49
IV.1.3 Placement des instruments .....	49
IV.1.4 Vérification de la connectivité .....	50
IV.1.5 Extension du réseau .....	50
VI.2 Exemple d'emplacement des nœuds avec obstacles .....	50
VI.2.1 Calcul de puissance du signal .....	51
VI.2.2 Puissance du signal avec obstacle .....	51
VI.3 Architecture du réseau .....	53
IV.4 Solution contre le comportement anormales des nœuds .....	55
V. Implémentation et paramétrage .....	56
V.1 la mise sous tension .....	56
V.2 Configuration de la passerelle .....	57
V.3 Ajout d'un nouveau capteur sans fil au réseau .....	59

V.4 Résultat du déploiement .....	61
Conclusion.....	62
Conclusion Générale .....	63
Glossaire.....	vii



## Table de figures

Figure 1.1 Capteur sans fil .....	3
Figure 1.2 Architecture physique d'un capteur .....	4
Figure 1.3 Architecture d'un RCSF .....	7
Figure 1.4 Pile protocolaire pour les RCSFs .....	8
Figure 1.5 Domaine Militaire .....	12
Figure 1.6 Domaine Environnementale.....	12
Figure 1.7 Domaine Domestique.....	13
Figure 1.8 Domaine Médicale .....	13
Figure 1.9 Domaine industriel.....	14
Figure 2.1 Organigramme du complexe Cevital .....	17
Figure 2.3 Organigramme du groupe Cevital.....	19
Figure 2.4 Organigramme de la direction du système d'information.....	19
Figure 2.5 Organigramme de la direction du conditionnement d'huile .....	21
Figure 2.6 Etapes du processus de conditionnement d'huile.....	23
Figure 2.7 Schéma du processus de conditionnement .....	24
Figure 3.1 Capteur de pression Cerabar M PMC41.....	26
Figure 3.2 Capteur de température Pt 100.....	26
Figure 3.3 Processus d'acquisition des variables des bacs 400 tonne .....	26
Figure 3.4 Débitmètre Promas83.....	27
Figure 3.5 Affichage du deltaP.....	27
Figure 3.6 Affichage de la pression 7BAR .....	28
Figure 3.7 Capteur logique Rosemount 702.....	31
Figure 3.8 Capteur de niveau Resemount.....	32
Figure 3.9 Capteur de température Rosemount 644 .....	33
Figure 3.10 La sonde .....	33
Figure 3.11 Capteur de débit resemount.....	34
Figure 3.12 Orifice compact.....	34
Figure 3.13 Capteur de pression Resemount.....	35
Figure 3.14 Manifolds Resemount .....	35
Figure 3.15 Batterie.....	36
Figure 3.16 Adaptateur Smart Wireless .....	36
Figure 3.17 Smart Wireless Gateway.....	38
Figure 3.18 Shéma dimensionnel de la passerelle.....	39
Figure 3.19 Topologie maillé .....	41
Figure 4.1 Occasion de collision des messages.....	48
Figure 4.2 Exemple d'instalation maillé .....	52
Figure 4.3 Exemple de communication multi sauts avec obstacles .....	52
Figure 4.4 Architecture du réseeau .....	53
Figure 4.5 La description de la mise sous tension d'une passerelle .....	56
Figure 4.6 Configuration des parametres de communication de l'ordinateur.....	57
Figure 4.7 L'affectation des adresses IP.....	58
Figure 4.8 Desactiver les serveurs proxy.....	58
Figure 4.9 Authentification.....	59
Figure 4.10 Page d'accueil sous le nom « Cevital conditionnement d'huile » .....	59

Figure 4.11 Branchement du capteur avec le Hart Communicator .....	60
Figure 4.12 Menu d'ajout d'un nœud au reseau .....	60
Figure 4.13 Choix du réseau.....	61
Figure 4.14 Saisi de la clé du réseau WirelessHART .....	61
Figure 4.15 Configuration du réseau de capteurs .....	62



## Liste des tableaux

Tableau 1.1 les differents types de capteurs.....	5
Tableau 3.1 Caracteristique de la passerelle SmartWireless.....	38
Tableau 4.1 Tableau de designation.....	53
Tableau 4.2 Distances et voisins directs des capteurs.....	54

## Liste des équations

Équation 1 Formule de FRIIS 1 .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Équation 2 Formule de FRIIS 2 .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

## Liste des abréviations

---

MAC	<b>M</b> edium <b>A</b> ccess <b>C</b> ontrol
QoS	<b>Q</b> uality of <b>S</b> ervice
RCSF	<b>R</b> éseaux de <b>C</b> apteurs <b>S</b> ans <b>F</b> il
TCP	<b>T</b> ransmission <b>C</b> ontrol <b>P</b> rotocol
WSN	<b>W</b> ireless <b>S</b> ensor <b>N</b> etwork
TDMA	<b>T</b> ime <b>D</b> ivision <b>M</b> ultiple <b>A</b> ccess
DSSS	<b>D</b> irect <b>S</b> equence <b>S</b> pread <b>S</b> pectrum
FHSS	<b>F</b> requency <b>H</b> opping <b>S</b> pread <b>S</b> pectrum
OSI	<b>O</b> pen <b>S</b> ystems <b>I</b> nterconnexion
IEEE	<b>I</b> nstitute of <b>E</b> lectrical and <b>E</b> lectronics <b>E</b> ngineers
ISO	<b>I</b> nternational <b>O</b> rganization of <b>S</b> tandardization
IP	<b>I</b> P <b>I</b> nternet <b>P</b> rotocol
HTTP/s	<b>H</b> yper <b>T</b> ext <b>T</b> ransfert <b>P</b> rotocol / secure
WPAN	<b>W</b> ireless <b>P</b> ersonal <b>A</b> rea <b>N</b> etwork
API	<b>A</b> pplication <b>P</b> rogramming <b>I</b> nterface
IHM	<b>I</b> nterface <b>H</b> omme <b>M</b> achine
SSL	<b>S</b> ecure <b>S</b> ocket <b>L</b> ayer
AES	<b>A</b> dvanced <b>I</b> ncryption <b>S</b> tandard

---

## Introduction générale

Les réseaux de communication sans fil ont connu un succès sans cesse croissant au sein des communautés scientifiques et industrielles. Grâce à ses divers avantages, cette technologie a pu s'instaurer comme acteur incontournable dans les architectures des réseaux actuels. Le paradigme sans fil a vu naître diverses architectures des réseaux actuels dérivées, telles que : les réseaux cellulaires, les réseaux locaux sans fils et autres. Durant cette dernière décennie, une architecture nouvelle a vu le jour : les réseaux de capteurs sans fil (RCSF), ou Wireless Sensor Network (WSN). Ce type de réseau résulte d'une fusion de deux pôles de l'informatique Moderne : les systèmes embarqués et les communications sans fil.

Un RCSF est considéré comme un type spécial de réseau Ad-hoc, sans infrastructure. Ses nœuds consistent en un grand nombre des capteurs capables de récolter et de transmettre des données environnementales telles que la température, la pression ou la présence d'un gaz d'une manière autonome communiquant généralement par des ondes radios ; ils sont dispersés dans une zone géographique qui définit la zone de surveillance pour un phénomène. Les RCSFs sont destinés à relever des informations dans des environnements parfois hostiles auxquels l'homme n'a pas toujours l'accès. C'est pourquoi en considère qu'une fois qu'ils sont déployés, les capteurs sont autonomes. Les données sont acheminées grâce à un routage multi sauts à un nœud considéré comme un point de collecte appelée station de base (en anglais sink). Ce dernier peut être directement connecté à l'utilisateur du réseau ou via internet. Ainsi, l'utilisateur peut récolter les données capturées par le biais de la station de base. Les RCSFs ont des applications dans de nombreux domaines, dont l'observation de paramètres industriels, la sécurité des bâtiments et la domotique, la gestion du trafic routier, la surveillance médicale, et les opérations militaires.

Notre travail intitulé « étude et implémentation d'un réseau de capteurs Smart Wireless pour la surveillance des paramètres de production de l'unité de conditionnement d'huile » au sein du complexe Cevital consiste à réaliser un système de surveillance en temps réel de la zone de conditionnement d'huile et de remonter toute les informations vers l'utilisateur final qui est le chef de quart s'appuyant sur les réseaux de capteurs sans fil. Notre intérêt porte plus précisément dans ce mémoire, sur le contrôle du bon fonctionnement des six lignes de production d'huile en surveillant les variables physiques tels que : la mesure de pression au niveau des bacs, les circuits et les remplisseuses, la mesure du débit au niveau de chaque

remplisseuse, la mesure de niveau et de température au niveau des bacs, et le calcul du nombre de palettes produites par chaque palettiseur à l'aide d'un capteur logique.

Pour ce faire nous avons subdivisé ce mémoire en quatre chapitres : le premier présente une vue générale sur les réseaux de capteurs tout en présentant son architecture, ses caractéristiques et ses contraintes de conception.

Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté le cadre de travail dans lequel nous avons effectué notre stage

Le troisième chapitre s'étale sur la description du système existant et la solution proposée pour l'amélioration de ce système.

Enfin, le quatrième chapitre est consacré à l'étude du lieu de déploiement du réseau de capteurs Smart Wireless, aux différents nœuds qu'il intègre et à son implémentation au sein de Cevital.

## Introduction

La miniaturisation croissante de l'électronique et le progrès des technologies de télécommunication, qui n'ont cessé depuis l'émergence de l'informatique, permettent aujourd'hui de produire à faible coût des capteurs communicants peu consommateurs en énergie. Ces petites entités électroniques, dont l'objectif est de récolter des grandeurs physiques de leur environnement proche (luminosité, mouvement, température, pression barométrique, etc.), et éventuellement de les traiter, constituent les briques de base des réseaux de capteurs. Il existe une foultitude de capteurs sur le marché, allant du capteur cinétique au capteur de champ magnétique ou du capteur de pollution au capteur de mouvement [1].

La première partie de ce chapitre sera consacrée à la présentation des capteurs sans fil, leur architecture, leurs types ainsi que leurs contraintes. Dans la deuxième partie, nous allons définir les réseaux de capteurs sans fil, leur classification et enfin leurs domaines d'application.

### I.1 Présentation des capteurs sans fil

#### I.1 Définition d'un capteur

Un capteur sans fil (cf. figure 1.1) est un petit dispositif électronique capable de mesurer une valeur physique environnementale (température, lumière, pression, etc.), et de la communiquer à un centre de contrôle via une station de base [2]. Les capteurs sont placés de manière plus ou moins aléatoire (par exemple par lancement depuis un hélicoptère) dans des environnements pouvant être dangereux [3].



Figure 1.1 Capteur sans fil

#### I.2 Un capteur intelligent

Le terme capteur intelligent (Smart Sensor ou Intelligent Sensor) a été utilisé dans l'industrie des capteurs pour désigner les capteurs qui ne fournissent pas seulement des



mesures, mais aussi une fonctionnalité aux mesures spécifiques [5]. Par rapport à un capteur classique, un capteur intelligent intègre de nombreux éléments électroniques additionnels, ainsi que des unités programmables et des aspects logiciels nécessaires au traitement des données, aux calculs, à la communication numérique [4]. Il est donc caractérisé [5] par sa capacité à effectuer une collecte des mesures, les traiter et à les communiquer au monde extérieur.

### I.3 Architecture physique d'un capteur sans fil

L'architecture physique d'un capteur sans fil, illustrée dans la (cf. figure 1.2), comprend quatre éléments de base : une unité de capture, une unité de traitement, une unité d'émission/réception et une unité de contrôle d'énergie. Néanmoins, d'autres éléments optionnels peuvent être intégrés pour certaines applications spécifiques, à savoir: un système de localisation géographique, un régénérateur d'énergie et un mobilisateur. Chacun de ces éléments sera détaillé dans ce qui suit :

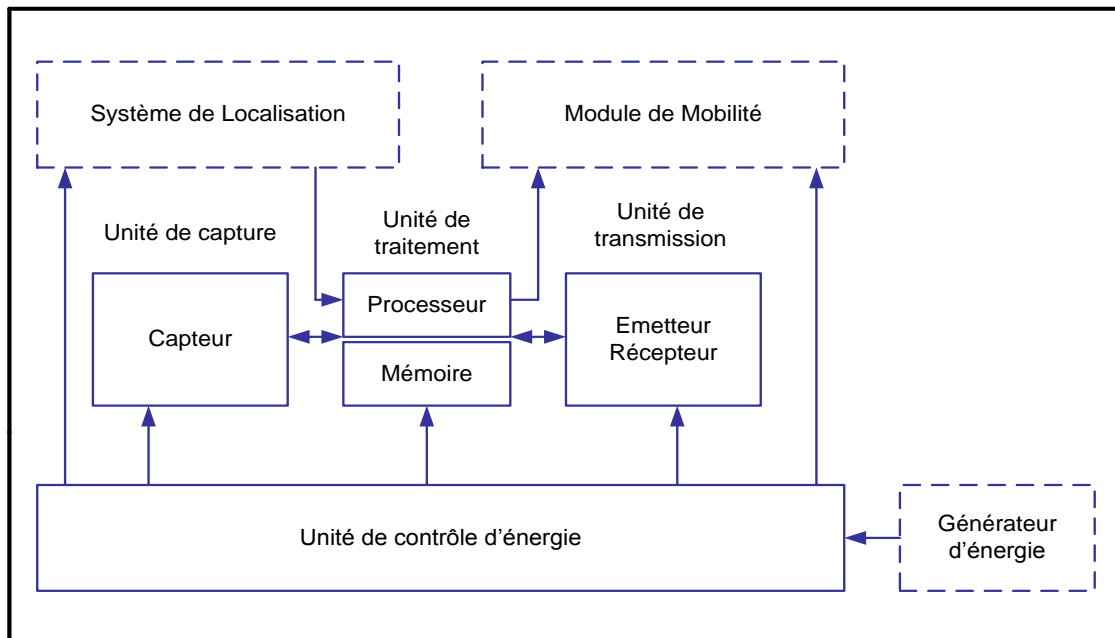


Figure 1.2 Architecture physique d'un capteur.

- **L'unité de capture :**

Elle permet de capturer le phénomène observé et de le convertir en suite en signal numérique pour être envoyé à l'unité de traitement [6].

- **L'unité de traitement :**

Cette unité est chargée de gérer les procédures de communication qui permettent de faire collaborer un nœud avec les autres nœuds du réseau pour effectuer les tâches assignées. Elle peut aussi analyser les données captées pour alléger la tâche [6].

- **L'unité de transmission :**

Cette unité gère la connexion du nœud au réseau en effectuant toutes les émissions et les réceptions de données sur un médium [6].

- **L'unité de contrôle d'énergie :**

Elle constitue l'un des systèmes les plus importants. Elle est responsable de répartir l'énergie disponible entre les différentes unités et de réduire les dépenses, par exemple en mettant en veille les composants inactifs [6].

- **Le système de localisation géographique:**

Dans plusieurs applications, les tâches de détection et les techniques de routage ont besoin de connaître la localisation géographique d'un nœud. Ainsi, il est commun pour qu'un nœud soit équipé d'un système de localisation géographique. Ce système peut se composer d'un module GPS pour un nœud de haut niveau ou bien d'un module de software qui implémente des algorithmes de localisation qui fournissent les informations sur l'emplacement du nœud par des calculs distribués [7].

- **Le mobilisateur:**

Un mobilisateur peut parfois être nécessaire pour déplacer un nœud pour accomplir ses tâches. Le support de mobilité exige des ressources énergétiques étendues qui devraient être fourni efficacement. Le mobilisateur peut, également, opérer dans l'interaction étroite avec l'unité de détection et le processeur pour contrôler les mouvements du nœud [7].

- **Le régénérateur de l'énergie:**

Tandis que l'alimentation par batterie, est la plupart du temps, utilisée dans les nœuds, un générateur électrique supplémentaire peut être utilisé pour des applications où une plus longue vie de réseau est essentielle. Pour des applications extérieures, des piles solaires sont utilisées pour générer l'alimentation électrique. De même, des techniques de récupération d'énergie pour l'énergie thermique ou cinétique peuvent également être utilisées [7].

#### I.4 Types de capteurs

Les capteurs sont disponibles sous différents modèles et dépendants de l'application à laquelle ils sont destinés. Il existe plusieurs fabricants de capteurs parmi lesquels nous trouvons : Imote IV, Crossbow, Fabricant Art of Technologies. Les différents capteurs : Btnode 3, Mica 2, Micaz, Telos A.

Propriétés/Type	Btnode 3	Mica 2	Micaz	Telos A
<b>Fabricant</b>	Fabricant Art of Technology	Crossbow	Crossbow	Imote IV
<b>Microcontrôleur</b>	Atmel Atmega 128L	Atmel Atmega 128L	Atmel Atmega 128L	Texas Instrument MPS4300
<b>Fréquence D'horloge</b>	7.37 MHz	7.37 MHz	4 MHz	8 MHz
<b>RAM</b>	64+180	4	4	2

<b>ROM</b>	128	128	128	60
<b>Storage</b>	4	512	512	256
<b>Radio</b>	Chipcon cc1000 315/433/868/916/ MHz 38.4 Kbauds	Chipcon cc1000 315/433/868/916/MHz 38.4 Kbauds	Chipco 2.4 Chz 250 Kbps IEE 802.15.4	RFM TR 1001 57.6 Kbps 868 MHz
<b>Portée maximale(m)</b>	150-300	150-300	75-100	75-100
<b>Connecteur PC</b>	Carte (board) programmable	Carte (board) programmable	Carte (board) programmable	USB
<b>Système d'exploitation</b>	Nut/os	tinyOS	tinyOS	tinyOS
<b>Energie</b>	2batteries AA	2batteries AA	2batteries AA	2batteries AA

Tableau 1.1 Les différents types de capteurs

### I.5 Les contraintes des capteurs sans fil

Dans ce qui suit nous allons voir les différentes contraintes que vont rencontrer les capteurs sans fil :

- Une faible puissance de calcul : un capteur actuel est à peine plus puissant qu'une calculatrice graphique, il possède une mémoire lente en lecture/écriture et fonctionne parfois encore avec des registres 8 bits.
- Un espace de stockage mémoire limité de quelques kilobits à quelques mégaoctets nécessite des algorithmes distribués, localisés et collaboratifs.
- Une puissance radio limitée : l'ordre de grandeur des portées actuellement atteignables par les principaux capteurs est d'une centaine de mètres en extérieur et de quelques dizaines de mètres en intérieur. Cette portée est largement dépendante de la fréquence utilisée et de l'environnement. De ce fait, les capteurs ne peuvent communiquer qu'avec les capteurs de leur voisinage direct qui vont relayer les communications.
- Un débit faible : les composants radio d'un capteur sont limités à quelques centaines de kilo-octets par seconde.
- Une réserve d'énergie réduite : même s'il existe des mécanismes de recharge d'énergie (principalement solaire [8]), la durée de vie d'un capteur reste directement liée au niveau de sa batterie. Cette réserve d'énergie est partagée par chaque unité d'un capteur mais l'unité de communication va en consommer près de 95% lors du fonctionnement actif du capteur.

### I.2 Les Réseaux de Capteurs Sans Fil (RCSF)

Les réseaux de capteurs sans fil (WSNs) sont un type particulier de réseau Ad-hoc. Dans lesquels les nœuds sont des « capteurs intelligents ». Ils se composent généralement d'un grand nombre de capteurs communicants entre eux via des liens radio pour le partage d'information et le traitement coopératif. Dans ce type de réseau, les capteurs échangent des informations par exemple sur l'environnement pour construire une vue globale de la région

contrôlée, qui est rendue accessible à l'utilisateur externe par un ou plusieurs nœud(s). Les données collectées par ces capteurs sont acheminées directement ou via les autres capteurs de proche en proche à un « point de collecte », appelé station de base (ou SINK s'il s'agit d'un nœud). Cette dernière peut être connectée à une machine puissante via internet ou par satellite. En outre, l'utilisateur peut adresser ses requêtes aux capteurs en précisant l'information d'intérêt [9].

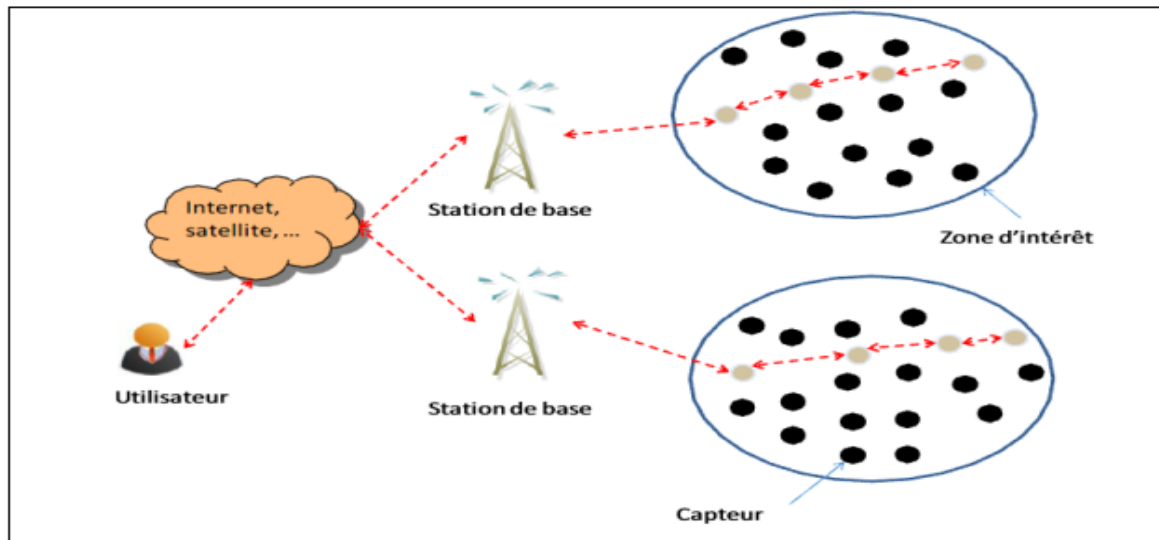


Figure 1.3 Architecture d'un RCSF

Un exemple de réseaux de capteurs est fourni dans la Figure 1 : les capteurs sont déployés d'une manière aléatoire dans une zone d'intérêt, et une station de base, située à l'extrémité de cette zone, est chargée de récupérer les données collectées par les capteurs. Lorsqu'un capteur détecte un événement pertinent, un message d'alerte est envoyé à la station de base par le biais d'une communication entre les capteurs. Les données collectées sont traitées et analysées par des machines puissantes. Les réseaux de capteurs viennent en soutien de l'environnement et de l'industrie grâce aux récents développements réalisés dans le domaine des techniques sans fils. Depuis quelques décennies, le besoin d'observer et de contrôler des phénomènes physiques tels que la température, la pression ou encore la luminosité est essentiel pour de nombreuses applications industrielles et scientifiques.

### I.2.1 Architecture des réseaux de capteurs sans fils

Les réseaux de capteurs sans fils sont décomposés en cinq couches (couche application, transport, réseau, liaison de données et physique) qui ont les mêmes fonctions de celle du modèle OSI, ainsi que trois plans de gestion (un plan de gestion d'énergie, de mobilité et de tâches) [10].

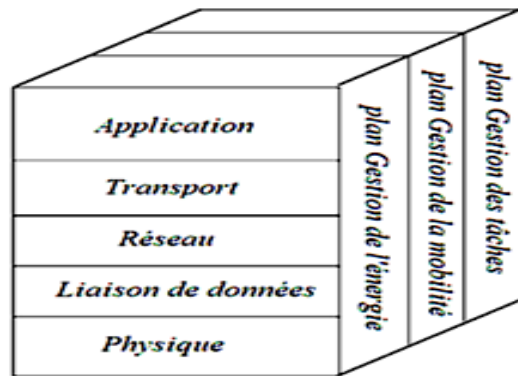


Figure 1.4 Pile protocolaire pour les RCSFs

### I.2.1.1 La couche physique

La couche physique est responsable de :

- La sélection des fréquences porteuses
- La détection du signal
- La modulation

### I.2.2.2 La couche liaison de données

En générale, cette couche est responsable du multiplexage du flux de données de la détection et le verrouillage des trames de données, du contrôle d'accès aux medias (MAC : Media Access Control), et du contrôle des erreurs. Elle assure une connexion fiable (point-à-point ou point-à-multipoints) selon la topologie du réseau de capteurs.

### I.2.2.3 La couche réseau

Le but principal de la couche réseau est de trouver une route et une transmission fiable des données captées, des nœuds capteurs vers le puits en optimisant l'utilisation de l'énergie des capteurs. Les caractéristiques spécifiques aux RCSFs exigent que leurs protocoles de routage diffèrent de ceux des réseaux ad hoc traditionnels.

### I.2.2.4 La couche transport

Cette couche est chargée du transport des données, de leur découpage en paquets, du contrôle de flux, de la conservation de l'ordre des paquets et de la gestion des éventuelles erreurs de transmission.

### I.2.2.5 La couche application

La couche application constitue l'ensemble des applications implémentées sur le réseau de capteurs. Ces application doivent fournir des mécanismes permettant à l'utilisateur d'interagir avec le réseau de capteurs à travers différentes interfaces, et éventuellement, par

l'intermédiaire d'un réseau étendu (par exemple : internet). Il s'agit donc du niveau le plus proche des utilisateurs, géré directement par les logiciels.

Quant aux niveaux (plans) intégrés dans la pile protocolaire, ils ont les fonctions suivantes :

#### **I.2.2.6 Le plan de gestion d'énergie**

Un nœud de capteur sans fil, nécessite seulement une source d'énergie limitée (< 0.5Ah, 1.2 V). La vie du nœud montre, une dépendance forte à l'égard de la vie de la batterie. Le plan de gestion d'énergie doit gérer la manière dont les nœuds utilisent leurs énergies. Par exemple le nœud doit se mettre en mode sommeil après la réception d'un message à partir d'un voisin afin d'éviter la duplication des messages déjà reçus.

#### **I.2.2.7 Le plan de gestion de mobilité**

Puisque les nœuds peuvent être mobiles, un système de gestion de mobilité doit exister. Un tel système doit être capable d'enregistrer les mouvements du nœud afin de l'aider à se localiser.

#### **I.2.2.8 Plan de gestion de taches**

Lors d'une opération de captage dans une région donnée, les nœuds composant le réseau ne doivent pas obligatoirement travailler avec le même rythme, cela dépend essentiellement de la nature du capteur, son niveau d'énergie et la région dans laquelle il a été déployé. Pour cela, le niveau de gestion des taches assure l'équilibrage et la distribution des taches sur les différents nœuds du réseau, afin d'assurer un travail coopératif et efficace en matière de consommation d'énergie, et par conséquent, prolonger la durée de vie du réseau.

### **I.2.2 Classification des RCSFs**

Il existe plusieurs critères pour classer les réseaux de capteurs. Tout dépend du type d'application. Ils se distinguent par le mode d'acquisition et de livraison des données au puits, la distance entre les nœuds capteurs et le puits, le modèle de mobilité dans le réseau, les capacités des nœuds du réseau, etc.

#### **I.2.2.1 Selon le mode d'acquisition et de livraison des données au puits**

Dans les réseaux de capteurs, le modèle d'acquisition et de livraison des données au puits dépend de l'application et de ses exigences. Il peut être : continu (time-driven), événementiel (event-driven), à base de requête (query-driven) ou hybride.

Le modèle continu est adapté aux applications de type « surveillance » où le but est d'avoir une information régulière de la zone surveillée, pour cela les nœuds doivent périodiquement réveiller leurs émetteurs pour envoyer les données captées au puits.

Le modèle orienté évènementiel est recommandé pour les applications de surveillance d'évènements critiques où le but est l'obtention d'une information sur l'évènement le plus rapidement possible. Les capteurs envoient leurs mesures seulement lorsqu'il y a un évènement qui se produit.

Dans le modèle orienté requêtes, les capteurs mesurent des phénomènes et stockent ces mesures dans leur mémoire. Ils envoient ces mesures seulement lorsqu'ils reçoivent des requêtes de la station de base.

Le modèle hybride est une combinaison des trois modèles précédents.

### **I.2.2.2 Selon la distance entre les nœuds capteurs et le puits**

Dans cette classification on distingue les réseaux multi-sauts (Multi-hop WSN) des réseaux à un seul saut (Single-hop WSN).

Dans un réseau de capteurs à un seul saut, les nœuds capteurs sont dans le voisinage du puits. Il suffit d'un seul saut pour transmettre directement au puits sans passer par aucun autre nœud intermédiaire.

Dans le réseau de capteurs multi-sauts, la distance entre les nœuds capteurs et le puits dépasse leur portée maximale. Pour envoyer leurs données au puits, ils doivent passer par l'intermédiaire d'autres nœuds. Ce type de réseau a une large gamme d'application mais il est difficile à mettre en œuvre.

### **I.2.2.3 Selon le modèle de mobilité dans le réseau**

Dans cette classification nous distinguons deux grandes catégories de réseaux : réseaux statiques et réseaux dynamique ou mobiles (static and mobile networks).

Il est possible d'avoir un réseau constitué d'un ensemble de nœuds capteurs mobiles et d'un puits fixe (réseau a puits statique et a nœuds capteurs mobiles). Le but de tels réseaux est l'exploration de zones inaccessibles ou dangereuses. Un autre exemple est un réseau constitué de capteurs fixes servant à la surveillance d'occurrence d'évènements sur une zone géographique et d'un puits fixe (réseau statique).

### **I.2.2.4 Selon les capacités des nœuds du réseau**

Dans cette classification on distingue les réseaux de capteurs hétérogènes et les réseaux de capteurs homogènes [11,12]. .

Dans un réseau de capteurs homogènes, tous les composants du réseau (nœuds capteurs, le(s) puits, les passerelles) ont les mêmes capacités du point de l'énergie, calcul et stockage.

Dans un réseau de capteurs hétérogènes, il y a quelques nœuds qui ont plus de capacité de traitement, d'énergie et de communication que les autres nœuds normaux. Cela est dans le but de prolonger la durée de vie du réseau, en utilisant ces nœuds sophistiqués pour des tâches

plus complexes. Son inconvénient est qu'il est difficile de mettre en place un tel réseau du fait qu'au moins chaque type de nœuds du réseau aura un code propre à lui. Ce qui augmente le coût de développement.

### **I.2.3 Les standards de communication pour les RCSFs**

Il y a une multitude de normes sans fil comme le WI-FI (le standard IEEE 802.11) et le WiMax (le standard IEEE 802.16) qui s'adressent au transport des données à haut débit, certains dispositifs comme les capteurs n'ont pas besoin d'une largeur de bande très élevée, mais plutôt d'un temps de latence faible ainsi qu'une consommation d'énergie très basse, pour une longue durée de vie sur batterie et un grand nombre de dispositifs. D'où la nécessité de concevoir d'autres normes sans fil capables de répondre à ces exigences. Parmi les standards, nous citons le Bluetooth et le ZigBee présentés ci-après.

#### **I.2.3.1 Bluetooth**

Le Bluetooth est un standard de communication sans fil utilisant une technologie radio courte distance destinée à simplifier les connexions entre les appareils électroniques. L'avantage du Bluetooth par rapport au Wi-Fi, qui offre de meilleures performances, se trouve au niveau de la consommation: en effet, la connexion sans fil est surtout utilisée pour les appareils mobiles, et donc n'étant pas directement reliés au secteur. Par conséquent, la technologie Bluetooth a une plus faible consommation que le Wi-Fi.

#### **I.2.3.2 ZigBee**

Beaucoup moins connue que le Bluetooth, ZigBee est le nom d'une suite de protocoles de hauts niveaux basée sur le standard IEEE 802.15.4 pour les réseaux personnels sans fil (Wireless Personal Area Network : WPAN). La technologie ZigBee a pour but la communication à courte distance telle que le propose déjà la technologie Bluetooth. Les nœuds sont conçus pour fonctionner plusieurs mois (jusqu'à deux ans) en autonomie complète grâce à une simple pile alcaline de 1.5V. Sa très faible consommation électrique et ses coûts de production très bas en font une candidate idéale pour les RCSFs. Le petit débit qu'il offre (250Kbps théorique contre 1Mbps pour Bluetooth), n'est pas vraiment un handicap pour un réseau de capteurs puisque la taille des paquets échangés n'est pas vraiment importante.

### **I.2.4 Les domaines d'application**

Les réseaux de capteurs sans fil trouvent de multiples applications dans :

#### ***Domaine militaire***

- Parmi les premiers et principaux domaines utilisant les réseaux de capteurs ;
- surveillance de champs de bataille et traque de cibles ;
- gestion de munitions et équipements ;
- reconnaissance et détection d'attaques biologiques, nucléaires.





**Figure 1.5** Domaine Militaire

***Domaine environnementale***

- lutte contre les feux de brousse ;
- surveillance de l'état des cultures et des récoltes ;
- étude des mouvements des oiseaux et autres animaux ;
- contrôle d'irrigation des terres.



**Figure 1.6** Domaine Environnementale

***Domaine domestique***

- gestion de l'énergie dans la maison, de l'éclairage, du chauffage ;
- la vidéosurveillance, le gardiennage, ...
- fonctions de confort, de sécurité, de communication, etc.
- capteurs intégrés aux téléphones, aux ordinateurs, aux voitures.
- l'aspirateur, le réfrigérateur, la télévision, sans compter le four à micro-ondes.



Figure 1.7 Domaine Domestique

**Domaine médicale**

- surveillance, diagnostic de patients ;
- surveiller **sans besoin d'alitement**, l'état de santé des personnes âgées ;
- progression de la transformation et déplacement des bactéries et insectes.

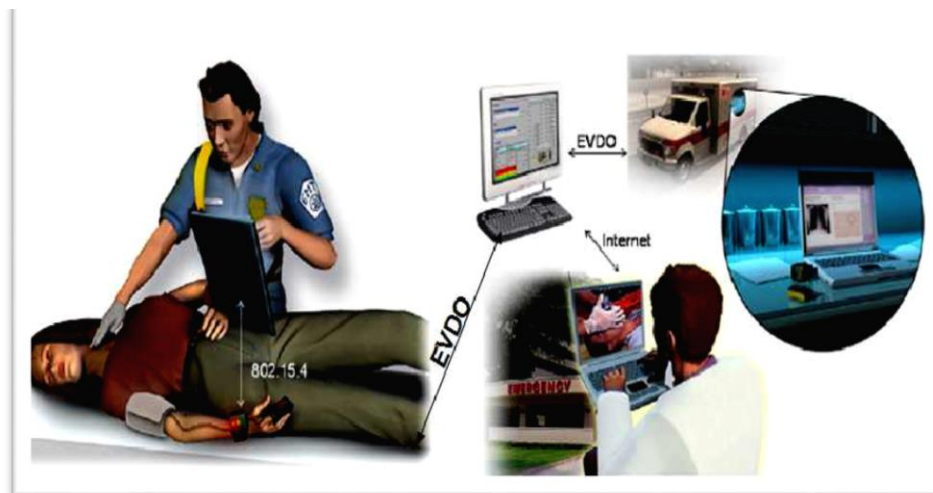


Figure 1.8 Domaine Médicale

**Domaine Industriel**

- Pour les entreprises manufacturières, les réseaux de capteurs permettront de suivre le procédé de production à partir des matières premières jusqu'au produit final livré. Grâce aux réseaux de capteurs, les entreprises pourraient offrir une meilleure qualité de service tout en réduisant leurs coûts [13] ;
- une entreprise pourrait réduire sa consommation d'énergie, le système de chauffage et climatisation, d'éclairage ou de distribution d'eau grâce aux micro-capteurs. Les systèmes ne fonctionneraient que là où il faut, quand il faut et à la juste mesure ;
- Il est possible d'intégrer des capteurs au processus de stockage et de livraison dans le domaine commercial. Le réseau ainsi formé pourra être utilisé pour connaître la position, l'état et la direction d'un paquet.

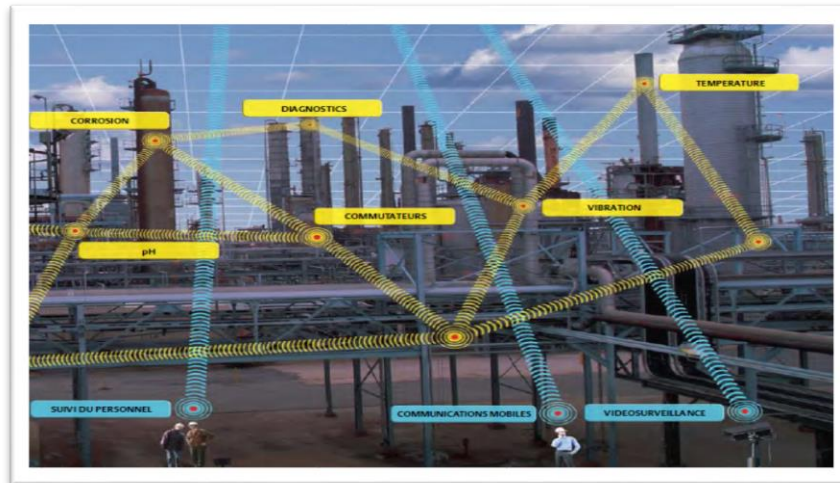


Figure1.9 Domaine industriel

### I.2.5 Contraintes de conception des RCSF

Les principaux facteurs et contraintes influençant l'architecture des réseaux de capteurs peuvent être résumés comme suit:

- *La tolérance aux pannes* : Certains nœuds peuvent générer des erreurs ou ne plus fonctionner à cause d'un manque d'énergie, un problème physique ou une interférence. Ces problèmes n'affectent pas le reste du réseau, c'est le principe de la tolérance aux fautes. La tolérance aux fautes est la capacité de maintenir les fonctionnalités du réseau sans interruptions dues à une erreur intervenue sur un ou plusieurs capteurs.
- *L'échelle (l'extensibilité)* : Le nombre de nœuds déployés pour un projet peut atteindre les milliers voire des millions de capteurs. Les nouveaux schémas doivent pouvoir garantir un bon fonctionnement avec ce nombre élevé de capteurs. Ils doivent aussi exploiter la nature fortement dense des réseaux de capteurs.
- *L'environnement* : Les capteurs sont souvent déployés en masse dans des endroits tels que des champs de bataille au-delà des lignes ennemies, à l'intérieur de grandes machines, au fond d'un océan, dans des champs biologiquement ou chimiquement souillés,... Par conséquent, ils doivent pouvoir fonctionner sans surveillance dans des régions géographiques éloignées.
- *La topologie de réseau* : Le déploiement d'un grand nombre de nœuds nécessite une maintenance de la topologie. Cette maintenance consiste en trois phases : Déploiement, Post-déploiement (les capteurs peuvent bouger, ne plus fonctionner,...), Redéploiement de nœuds additionnels.

- *Les coûts de production* : souvent les réseaux de capteurs sont composés d'un très grand nombre de nœuds. Le prix d'un nœud est critique afin de pouvoir concurrencer un réseau de surveillance traditionnel [10].
- *Les contraintes matérielles* : La principale contrainte matérielle est la taille du capteur. Les autres contraintes sont que la consommation d'énergie doit être moindre pour que le réseau survive le plus longtemps possible, qu'il s'adapte aux différents environnements (fortes chaleurs, eau,...), qu'il soit autonome et très résistant vu qu'il est souvent déployé dans des environnements hostiles.
- *Les médias de transmission* : Dans un réseau de capteurs, les nœuds sont reliés par une architecture sans-fil. Pour permettre des opérations sur ces réseaux dans le monde entier, le média de transmission doit être normé. ils utilisent le plus souvent le Bluetooth et les communications radio ZigBee.
- *La consommation d'énergie* : Un capteur, de par sa taille, est limité en énergie (< 1.2V). Dans la plupart des cas le remplacement de la batterie est impossible. Ce qui veut dire que la durée de vie d'un capteur dépend grandement de la durée de vie de la batterie. Dans un réseau de capteurs (multi-sauts) chaque nœud collecte des données et envoie/transmet des valeurs. Le dysfonctionnement de quelques nœuds nécessite un changement de la topologie du réseau et un re-routage des paquets. Toutes ces opérations sont gourmandes en énergie, c'est pour cette raison que les recherches actuelles se concentrent principalement sur les moyens de réduire cette consommation.

## **Conclusion**

Dans ce premier chapitre, nous avons présenté les concepts généraux liés aux réseaux de capteurs sans fil. Parmi ces concepts, nous avons identifié les composants essentiels d'un RCSF, les domaines d'application et les contraintes de conception de ce type de réseau, cela nous permettra de mieux comprendre le rôle de chaque élément et nous aidera lors de l'étude et l'installation d'un RCSF. La compréhension de tous ces concepts est nécessaire pour la suite de notre projet. Dans le chapitre suivant, nous allons présenter l'organisme d'accueil Cevital où nous avons effectué notre stage, ses activités, son objectif et son organigramme, puis nous passerons à la présentation de l'unité de conditionnement d'huile.

## **Introduction**

Le Groupe Cevital s'est constitué au fil des investissements, autour de l'idée forte de bâtir un ensemble économique. Elle représente le fleuron de l'économie algérienne avec plus de 10200 collaborateurs. Le fondateur du Groupe Cevital résume les clefs du succès en sept points : le réinvestissement systématique de gains dans des secteurs porteurs à forte valeur ajoutée, la recherche et la mise en œuvre des savoir-faire technologiques les plus évolués, l'attention accordée au choix des hommes et des femmes, à leur formation et au transfert des compétences, l'esprit d'entreprise, le sens de l'innovation, la recherche de l'excellence et la fierté et la passion de servir l'économie nationale.

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'organisme d'accueil et l'unité de conditionnement d'huile ainsi que les différentes machines utilisées pendant le processus de production pour comprendre les enjeux et l'importance de la surveillance des paramètres de mesure.

## **II. Historique**

Créé par des fonds privés de l'entrepreneur « Issad Rebrab » en mai 1998. Le Groupe Cevital a traversé d'importantes étapes historiques pour atteindre la taille et la notoriété d'aujourd'hui en continuant à œuvrer dans la création d'emplois et de richesse.

### **2000**

- ✓ Création de Nolis : Transport maritime.

### **2005**

- ✓ Acquisition de LallaKhedidja : Unité d'eau minérale plate et gazeuse et de sodas.
- ✓ Création de CEVICO Fabrication de bâtiment préfabriqué en béton.

### **2006**

- ✓ Acquisition de COJEK, filiale d'ENAJUC : Jus et conserves.
- ✓ Création de numides et IMMOBIS.

### **2007**

- ✓ Création de MFG : industrie du verre plat
- ✓ Création de SAMHA : Assemblage et distribution de produits électroniques et électroménagers de marque SAMSUNG Electroniques en Algérie.

### **2008**

- ✓ Création de MFG Europe : Commercialisation de verre plat en Europe.
- ✓ Création de GOGETP : Engins de travaux publics VOLVO.
- ✓ Création de NUMILOG.

### **2013**



- ✓ Création OXXO (France)/ ALAS (Espagne).

2014

- ✓ Création Brandt (France)/AFFERPI (Italie) EX Lucchini Piombino.

## II.1 Présentation du complexe Cevital

Cevital est un groupe familial de vingt-cinq sociétés, réparties dans cinq secteurs d'activités : l'industrie métallurgique, l'information et la communication, la distribution automobile, le transport terrestre et maritime, l'industrie agroalimentaire. Il est parmi les entreprises algériennes qui ont vu le jour dès l'entrée du pays dans l'économie du marché. Il dispose des technologies de pointe.

Cevital possède deux raffineries une d'huile et l'autre de sucre : La raffinerie d'huile alimentaire a été mise en chantier en mai 1998 et en Aout 1999 elle est rentrée en production, plus tard en 2000 la raffinerie du sucre est mise en chantier, elle n'est devenue fonctionnel qu'en 2002.

Un autre produit est mis en chantier en 2000 et en production en 2001, c'est la margarine.

Une deuxième raffinerie de sucre de 3000T de plus le silo sucre blanc 80000T et le silo sucre roux 150000T, et une unité d'eau minérale L'alla Khadîdja et une autre unité de Cojek à El Kseur. Enfin, Cevital possède une station de cogénération.

### II.1.1 Organigramme du complexe Cevital

Dans ce qui suit, nous présenterons le schéma général du groupe Cevital. Chaque direction a pour but d'assurer le bon fonctionnement de chaque partie du groupe comme le montre la figure suivante:

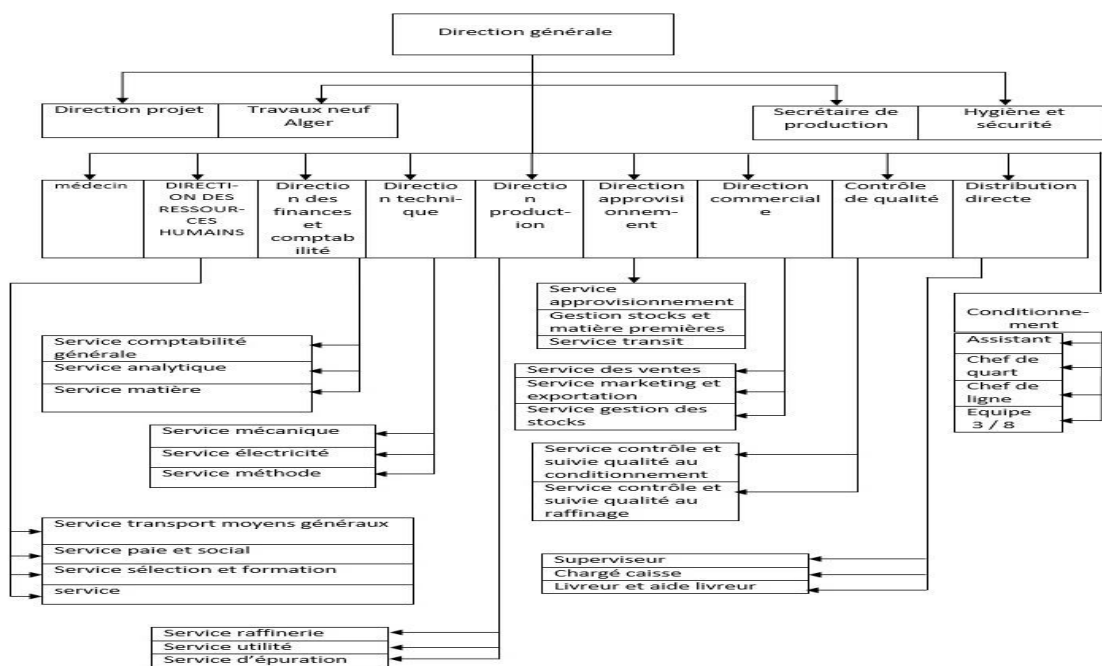


Figure 2.1 Organigramme du complexe Cevital

### **II.1.2 Situation géographique du complexe Cevital**

CEVITAL SPA, est implanté au niveau du nouveau quai du port de Bejaia, à 3 Km du sud-ouest de cette ville, à proximité de la RN 26. Elle est limitée par le centre-ville de Bejaia au nord, Oued sghir et Sonatrach au sud, Naftal et Ecotex au sud-ouest et la méditerranée à l'est (**Figure 2.2**). Cette situation géographique de l'entreprise lui a beaucoup profité étant donné qu'elle lui confère l'avantage de proximité économique. En effet, elle se trouve proche du port et de l'aéroport qui lui permet de bien distribuer ses produits et une domination d'une grande part du marché national.

### **II.1.3 Les missions de Cevital**

L'entreprise a pour missions principales de développer la production et d'assurer la qualité du conditionnement des huiles, des margarines et du sucre à des prix nettement plus compétitifs et cela dans le but de satisfaire le client et de le fidéliser.

### **II.1.4 Les Activités de Cevital**

Lancé en mai 1998, le complexe Cevital a débuté son activité pour le conditionnement en décembre 1998. En février 1999, les travaux de génie civil de la raffinerie ont débuté.

Cette dernière est devenue fonctionnelle en août 1999. L'ensemble des activités de Cevital sont concentrés sur la production et la commercialisation des huiles végétales, margarine et sucre, il se présente comme suit :

- Raffinage d'huile 1600T/pouvant passer après extension à 1800 T/J.
- Production de margarine de capacité 600T/J.
- Fabrication d'emballage en PET (9600 unités/h)
- Stockage céréales.
- Electrolyseur (par mesure de sécurité doit être déplacé hors Cevital).
- Savonnerie.
- Minoterie.
- Hydroélectrique d'huile.

### **II.1.5 Les objectifs de Cevital**

Les objectifs visés par le groupe Cevital se présente comme suit :

- L'extension de ses produits sur tout le territoire national ;
- L'importation des graines oléagineuses pour l'extraction directe des huiles brutes ;
- L'encouragement des agriculteurs par des aides financières pour la production de ces graines localement ;
- L'optimisation de ses offres d'emploi sur le marché du travail ;
- La modernisation des installations en termes de marché étranger et leur exportation ;
- La réponse aux besoins du client ;
- L'accroissement du chiffre d'affaire ;
- L'amélioration de ses relations de partenariat étrangères.

### II.1.6 Organigramme du groupe Cevital

Dans ce qui suit, nous présenterons le schéma générale général du groupe Cevital, dont chaque direction a pour but d'assurer le bon fonctionnement de chaque partie du groupe comme le montre la figure suivante :

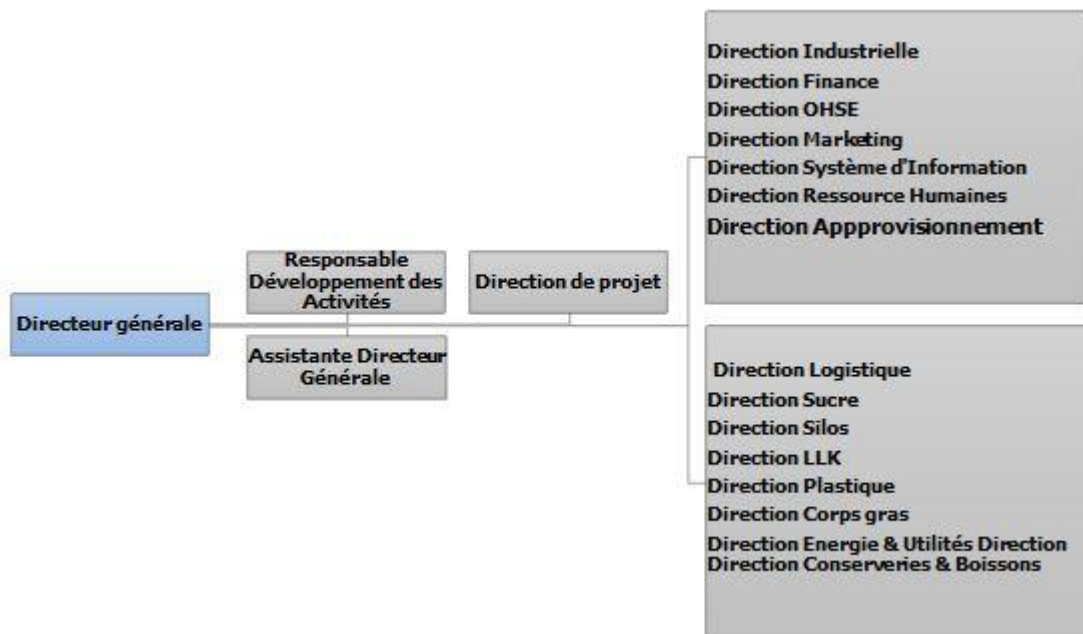


Figure 2.3 Organigramme du groupe Cevital

### II.1.7 Organigramme de la direction système d'information

L'organigramme de la direction système d'information est montré dans la figure suivante :

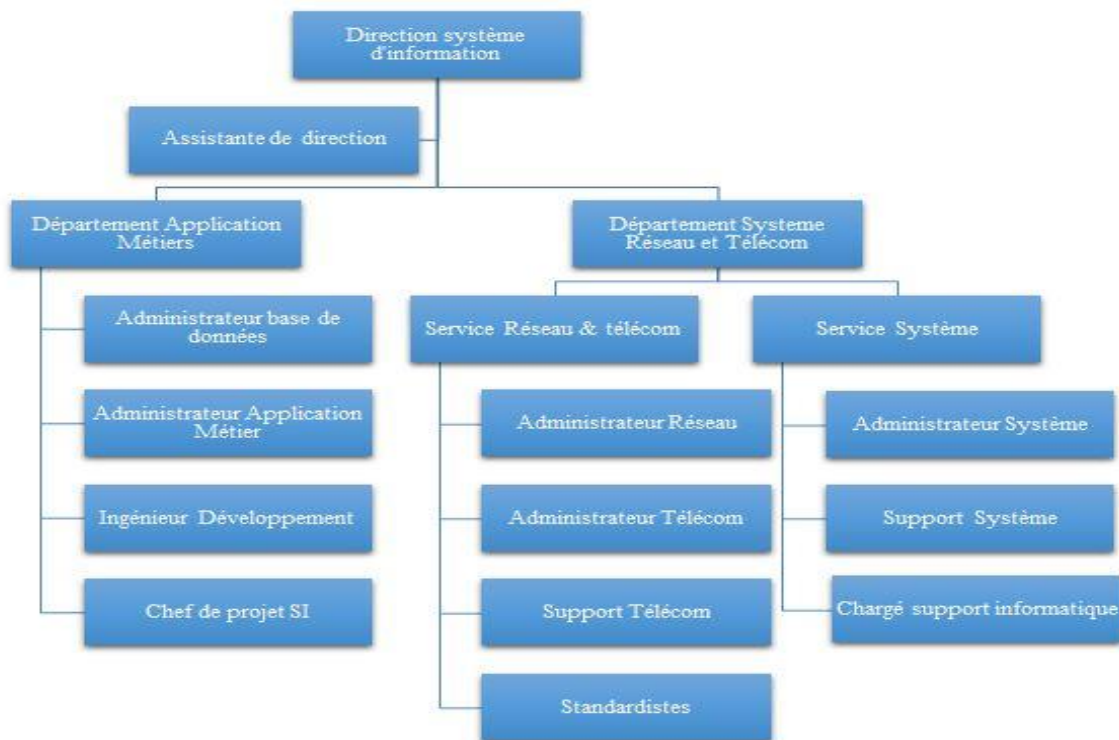


Figure 2.4 Organigramme de la direction système d'information



La direction système d'information de Cevital est composée de deux départements :

- Métiers
- Département système réseaux et télécommunication : il assure le bon fonctionnement du réseau (internet) et même de la télécommunication (téléphone)

Chaque département a pour but d'améliorer le niveau de l'informatique et ses services pour garantir le développement et la progression des services du groupe Cevital.

## **II.2 Complexe agroalimentaire Cevital de Bejaia**

Le complexe CEVITAL a vu le jour en 1998, il a été créé par des fonds privés, au quai port de Bejaia, il couvre une superficie de 45000m<sup>2</sup>. Son activité a débuté en décembre 1998 par le conditionnement d'huile, et en février 1999 les travaux de génie civil de la raffinerie d'huile ont débuté pour aboutir à un début de production en août 1999. Actuellement le complexe CEVITAL comprend :

- Une raffinerie d'huile.
- Une unité de conditionnement d'huile.
- Une margarinerie.
- Une raffinerie de sucre.
- Une unité de fabrication d'emballage.
- Une unité de stockage de céréales.

Et d'autres projets sont en cours d'étude, à savoir :

- Une minoterie.
- Une savonnerie.
- Une unité d'hydrogénation d'huile.
- Un électrolyseur.
- Une centrale thermique.

### **II.2.1 Conditionnement d'huile**

La direction de conditionnement d'huile est constituée de plusieurs services qui sont représentés dans l'organigramme suivant :

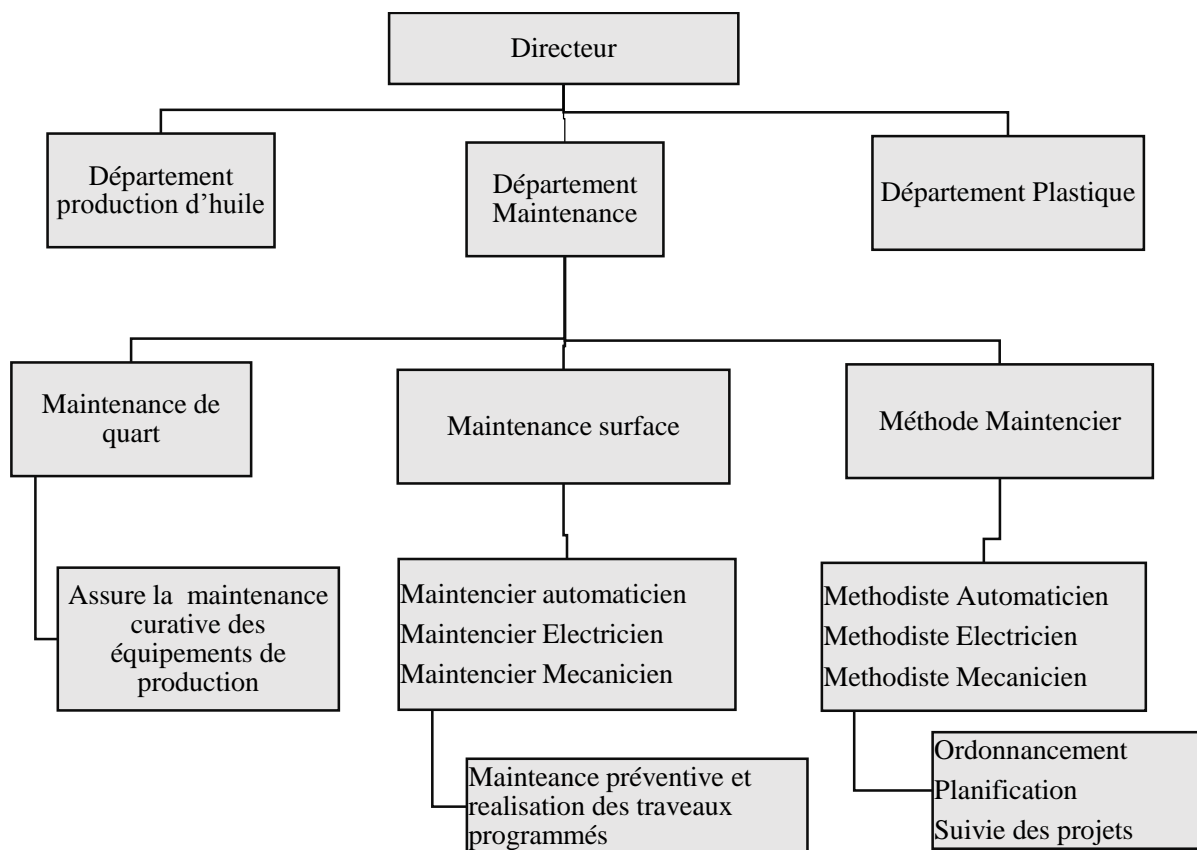


Figure 2.5 Organigramme de la direction du conditionnement d'huile

## II.2.2 Présentation du département technique

Nous effectuons notre stage au niveau de la direction technique. Son personnel comprend 200 employés répartis dans ses différentes sections :

- **Section maintenance électrique** : elle a pour rôle le suivi et la maintenance des installations électriques et l'intervention sur panne.
- **Section gestion de la pièce de rechange**: cette section s'occupe de la gestion de la pièce de rechange des équipements. C'est elle qui approvisionne les sections précédentes en pièces de rechange et en outils de travail. Elle s'occupe des lancements des commandes et de la sélection des fournisseurs selon des critères définis.
- **Section maintenance mécanique**: plus des rôles de la section précédente, cette section s'occupe des installations et équipements mécaniques.

La direction technique dispose aussi d'une riche bibliothèque qui contient les informations techniques et les manuels d'utilisations des différents équipements mécaniques et électriques, ainsi que leurs schémas, les plans des différentes unités et des projets, ainsi que des Cd-rom, livres et revues techniques, ...

La direction technique s'occupe aussi du suivi du projet d'extension de l'usine. C'est elle qui réalise toutes les études électriques et mécaniques.

### **II.2.3 Présentation de l'unité conditionnement d'huile**

L'unité de conditionnement d'huile de CEVITAL est constituée actuellement de six lignes de production, deux lignes pour la production des bouteilles de 5 litres, une ligne pour la production des bouteilles de 4 ou 5 litres, une ligne pour la production des bouteilles de 1 litre, une ligne pour la production des bouteilles de 2 litres et une pour la production des bouteilles de 1.8 litres. En termes d'équipements sur chaque ligne, on trouve plusieurs machines assurant des tâches précises dans le but d'avoir un produit fini complètement emballé et prêt à être vendu.

#### **II.2.3.1 Les différentes machines utilisées dans la production**

En termes d'équipement, chaque ligne est constituée de plusieurs machines assurant des tâches précises dans le but d'avoir un produit fini complètement emballé et prêt à l'expédition.

La mise en bouteille sur chaque ligne des huiles raffinées s'effectue par la transformation du PET (polyéthylène téréphtalate) en préformes pour bouteilles à l'aide des presses d'injections de capacités différentes. Après transformation, les préformes passent par les étapes suivantes :

##### **a. Souffleuse**

C'est une machine destinée à la fabrication des bouteilles à partir des préformes qui ont une structure de tube, fabriquées dans l'unité plastique.

##### **b. Convoyeur mécanique**

Le convoyeur est le dispositif destiné au transport des petites bouteilles en PET vide de la souffleuse jusqu'à la remplisseuse.

##### **c. Remplisseuse et Bouchonneuse**

La remplisseuse est l'unité chargée du remplissage des bouteilles du produit fini dont la vitesse peut être variée. La remplisseuse est constituée de la cuve qui est remplie d'huile à partir des bacs journaliers par l'intermédiaire des pompes de soutirage. Ces cuves donnent une indication sur le niveau d'huile à l'intérieur à l'aide de quatre voyants reliés aux capteurs.

La bouchonneuse se trouve encastrée dans la remplisseuse pour permettre le bouchage des bouteilles juste à la fin de leur remplissage pour éviter le débordement. Les bouchons sont fabriqués et préparés par une autre unité, donc ils sont prêts à être utilisés directement par la Bouchonneuse.

##### **d. Etiqueteuse et Dateur**

L'étiqueteuse est destinée à coller les étiquettes enveloppantes sur les récipients cylindriques portant des informations sur le produit et le fabricant.

Le dateur sert à mentionner la date et l'heure de fabrication du produit. Chaque ligne dispose de deux types de dateurs, soit celle qui utilise l'impression à jet d'encre ou celle qui emploie la gravure directe sur la bouteille à l'aide d'un laser.

**e. Déviateur de Bouteille**

C'est un mécanisme destiné à répartir les bouteilles sur différents couloirs d'une manière homogène pour qu'elles soient regroupées dans des paquets enveloppés par la suite.

**f. Fardeleuse**

La fardeleuse est la machine qui reçoit les bouteilles et les enveloppe dans un film en silicone. Elle est de type barré de soudeur avec super poseur de film sur fond de paquet.

**g. Encartonneuse**

Elle consiste à mettre les bouteilles d'huile en carton pour l'export.

**h. Tapis roulant**

Le tapis roulant est un moyen de transport des fardeaux de la sortie de la fardeleuse jusqu'à l'entrée du palettiseur.

**i. Poseuse poignée**

On trouve ce type de machine uniquement dans les lignes 4 ou 5 litres. Elle a pour rôle le placement et la fixation des poignets sur les bouteilles.

**j. Palettiseur**

Cette machine est conçue pour superposer sur une palette plusieurs étages de fardeaux.

**k. Banderoleuse**

Cette machine est incluse pour envelopper la charge constituée de la palette en plusieurs étages de fardeaux dans le but d'assurer la bonne tenue des bouteilles pour tout déplacement. La banderoleuse entoure la charge d'un film en silicone.

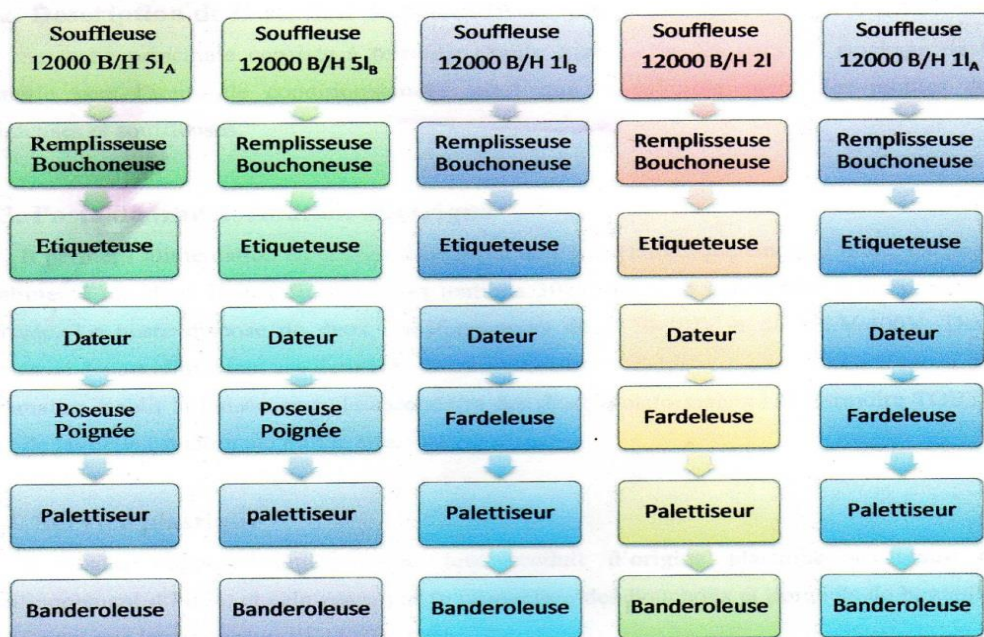


Figure 2.6 Étapes du processus de conditionnement d'huile

II.2.3.2 Processus de conditionnement d'huile

L'unité de conditionnement d'huile a pour but de comprendre le parcours de la bouteille, en préforme jusqu'à la banderoleuse passant par la remplisseuse.

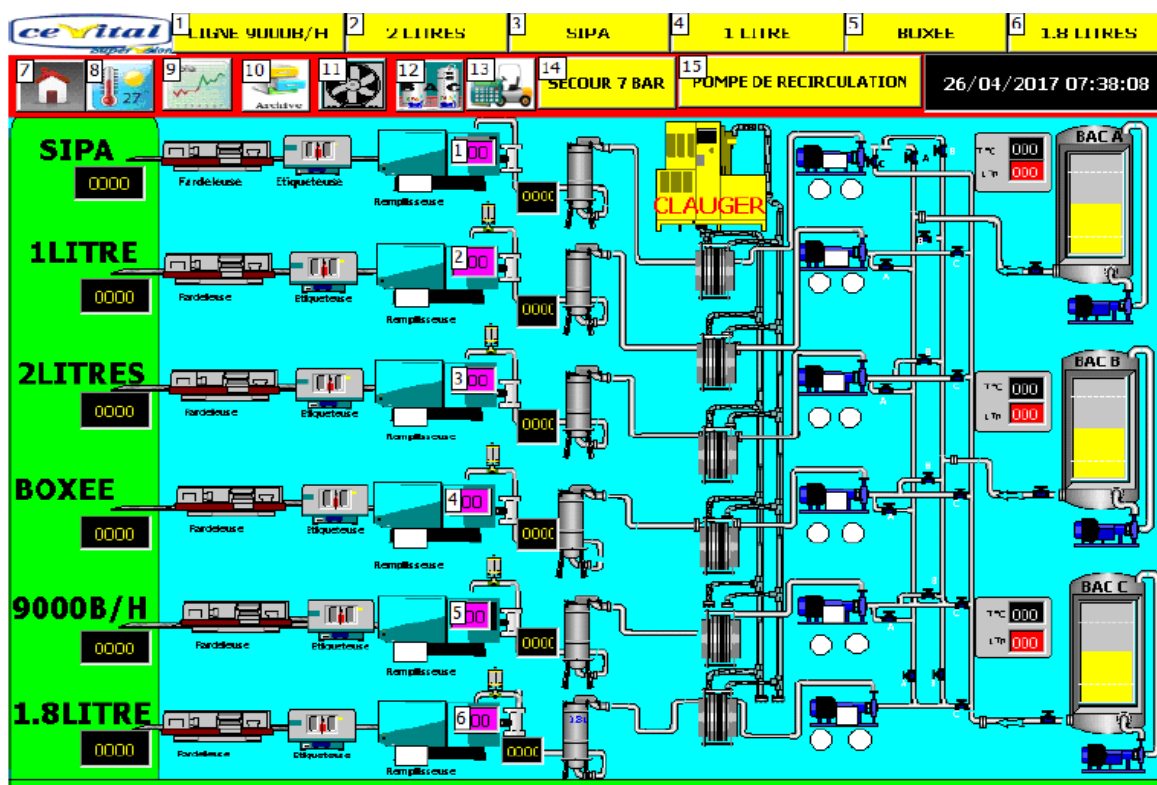


Figure 2.7 Schéma du processus de conditionnement

Conclusion

Ce chapitre a donné une vue globale sur le cadre de travail dans lequel nous avons effectué notre stage, cela nous a permis de mieux comprendre et apprécier le travail abattu par l'ensemble du complexe Cevital, de comprendre la place qu'occupe cette structure dans le domaine. Dans le chapitre suivant, nous allons décrire le système existant utilisé pour le control et la surveillance des paramètres de production au niveau de l'unité de conditionnement dans l'entreprise Cevital ses problématiques et ses inconvénients, ensuite nous allons présenter la solution adoptée et les éléments utilisés pour son implémentation pour l'amélioration de ce procédé.

## **Introduction**

Durant ces dernières années, nous avons été marqués par le développement très rapide des techniques et technologies dans les domaines de l'électronique, la mécanique et les technologies de communication sans fil. Ce développement a touché le monde de l'industrie et a permis de déployer des réseaux de capteurs très sophistiqués afin de mesurer des données physique tels que la température, l'humidité, la luminosité, la pression, etc. Dans le but de contrôler et de surveiller les processus et lignes de production dans l'unité de conditionnement d'huile au sein de Cevital.

Dans ce chapitre, nous allons exposer notre projet au sein de l'organisme, en faisant un aperçu sur le système existant pour la surveillance des six lignes de production et ses problématiques, puis nous présenterons la solution adoptée. Dans la deuxième, partie nous allons décrire les différents instruments qui constituent le réseau de capteurs sans fil au sein de l'unité de conditionnement d'huile Cevital, leurs types (capteur de pression, température...) et leurs caractéristiques. Enfin nous définirons les protocoles utilisées pour la mise en place de ce réseau.

### **III.1 Analyse de l'existant et présentation du projet**

Dans cette partie, nous allons définir deux systèmes : Le système actuel utilisé pour la surveillance des paramètres de production des six lignes de production et la solution adoptée pour l'amélioration du système existant.

#### **III.1.1 Présentation du système existant**

Dans le souci de faciliter la supervision des paramètres de production, l'unité de conditionnement d'huile utilise des manomètres à cadrant, ou des capteurs déportés dotés de microcontrôleurs. Toutes ses techniques permettent un affichage local qui est très problématique car les zones de production sont difficiles d'accès. Ces solutions sont basées sur **la technologie câblée**. Les capteurs utilisés au niveau de l'unité de conditionnement sont :

##### **1. Le niveau d'huile dans les bacs 400 Tonnes**

Pour l'affichage du niveau d'huile dans les bacs 400 tonnes, un capteur de pression Cerabar M PMC41 du constructeur Endress&Hauser [28] est utilisé. Il permet de transmettre un signal de 4-20mA vers l'API (automate programmable) situé dans l'armoire des huiles finies. Ce signal est traité par l'API pour l'afficher en tonnes, donnant le niveau du bac.





Figure 3.1 capteur de pression Cerabar M PMC41

## 2. La température d'huile dans les bacs 400 Tonnes

Pour l'affichage de la température d'huile dans les bacs 400 tonnes, un capteur de température PT100 [21] est utilisé. Ce capteur est constitué d'une résistance en platine. Il permet de transmettre un signal 4-20mA vers l'API situé dans l'armoire des huiles finies. Ce signal est traité par l'API pour l'afficher en degré Celsius, donnant la température d'huile dans le bac.



Figure 3.2 capteur de température Pt 100

La figure suivante représente le système d'acquisition des variables des bacs 400 tonnes :

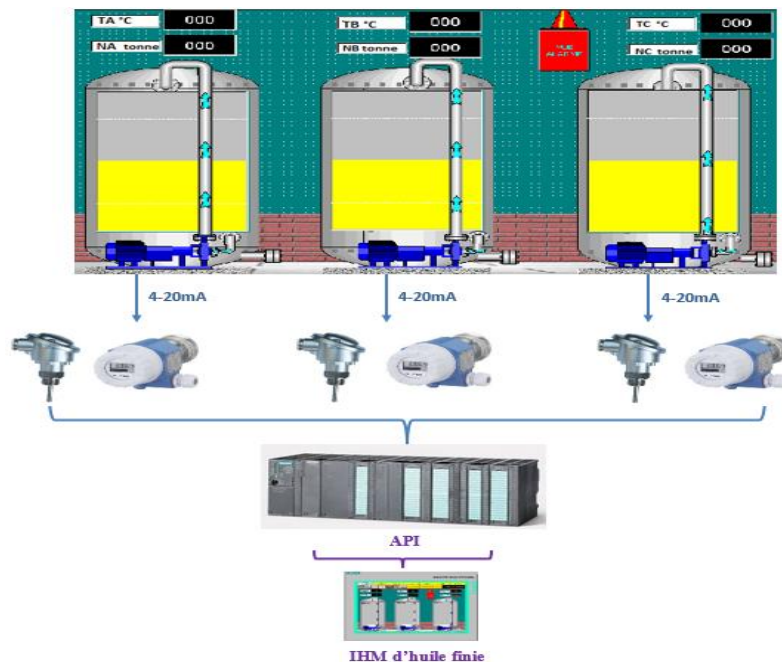


Figure 3.3 Processus d'acquisition des variables des bacs 400 tonnes.

### 3. Débit et température d'huile à l'entrée de chaque remplisseuse

Le produit total à la fin de chaque quart et la température d'huile de chaque remplisseuse est donné par un débitmètre Promas 83 [29] du constructeur Endress & Hauser. Le débitmètre est utilisé, pour un affichage local.



Figure 3.4 Débitmètre Promas83.

### 4. Le delta P

La différence de pression au niveau des cuves à filtre de chaque remplisseuse est donnée par l'utilisation de deux manomètres à cadran. Cette variable nous informe sur la pureté de l'huile. La présence d'impuretés est traduite par une différence de pression à l'entrée et à la sortie de la cuve à filtre [30].



Figure 3.5 Affichage du deltaP



### 5. La pression d'air au niveau des circuits 40BAR

L'acquisition de la pression au niveau du réseau 40BAR est assurée par l'utilisation de transmetteur de pression qui exploite la technologie filaire de 4-20mA, le signal est transmis vers l'IHM supervision 40 BAR situé dans l'atelier. Un affichage local au niveau des ballons est disponible grâce à l'emploi de manomètres à cadran.



Figure 3.6 Affichage de la pression 7BAR

### 6. La pression d'air au niveau du ballon 7BAR

La pression d'air au niveau du ballon 7 BAR est affichée localement par l'utilisation de manomètre à cadran. La pression 7 BAR est utilisée pour l'actionnement des divers composants pneumatique des machines de production.

Ces capteurs transmettent un signal de 4-20mA vers un automate programmable (API) par le biais de deux câbles en adoptant le protocole hart. Ce signal est traité par l'automate afin de l'afficher en une grandeur quantifiable sur un panneau opérateur (IHM).

#### III.1.2 Inconvénients du système câblé existant

La communication entre les différents nœuds pour la mesure de pression, température et le débit d'huile dans les bacs se fait avec des câbles coaxiaux, épais, à un débit de 3 Mbit/s de bande passante maximale, cela procure:

- Un réseau difficile à maintenir dans le temps.
- Il est nécessaire d'utiliser plus de câbles lorsqu'un nouveau matériel est enregistré.
- L'obligation d'utiliser un testeur de câble ce qui engendre parfois des difficultés à diagnostiquer.
- Un câble courbé peut causer des pertes de données et le dysfonctionnement du réseau.
- Les câbles coaxiaux utilisés ont une portée utile maximale de 500 mètres.

- Le câble coaxial est particulièrement vulnérable aux dommages causés par la foudre. Si des impacts de foudre sont trop près d'un câble coaxial, l'énergie rayonnera de base et dans l'isolation en plastique qui l'entoure. Le plastique brûlera et rendra le câble inutile. En outre, un câble est susceptible de détruire tout matériel relié à lui.

### **III.1.3 Spécification des Besoins**

Suite à l'étude de l'existant et aux échanges effectués avec le méthodiste de l'unité de conditionnement d'huile, plusieurs besoins ont été relevés, à savoir:

- L'usage facile de la mise en place des capteurs dans les zones difficiles ou dangereuses à atteindre;
- La réduction du temps de déploiement et d'installation ;
- Supervision de la production en temps réel ;
- Produire automatiquement des rapports et d'émettre des diagnostics en cas d'interruptions de service.

## **III.1.2 Présentation du projet**

### **III.1.2.1 Contexte**

Depuis quelques décennies, le besoin d'observer et de contrôler des phénomènes physiques tels que la température, la pression ou encore la luminosité est essentiel pour de nombreuses applications industrielles et scientifiques. Il n'y a pas si longtemps, la seule solution pour acheminer les données du capteur jusqu'au contrôleur central, était le câblage qui avait comme principaux défauts d'être coûteux et encombrant.

Les capteurs sont des dispositifs de taille extrêmement réduite avec des ressources très limitée, autonomes, capables de traiter des informations et de les transmettre, via les ondes radio, à une autre entité (capteurs, unité de traitements,...) sur une distance limitée à quelques mètres. Ces capteurs sont utilisés en très grand nombre, pour former un réseau qu'on appelle réseau de capteurs sans fil.

### **III.1.2.2 Problématique**

Le projet de supervision des paramètres de production, s'inscrit dans le cadre de l'amélioration des capacités de production des lignes et du développement des méthodes de travail des producteurs de l'unité de conditionnement d'huile.

Durant la production du quart, le chef du quart doit surveiller en temps réel les paramètres de production suivants :

- Le niveau d'huile dans les bacs 400 Tonnes :  $N_A, N_B, N_C$ .
- La température d'huile dans les bacs 400 Tonnes :  $T_A, T_B, T_C$ .

- Le total d'huile produit à la fin de chaque quart au niveau des débitmètres (entrée de chaque remplisseuse) :  $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_{10}$ .
- La température d'huile au niveau des débitmètres (entrée de chaque remplisseuse) :  $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_{10}$ .
- La différence de pression au niveau des cuves à filtres de chaque remplisseuse :  $DP_1, DP_2, DP_3, DP_4, DP_5, DP_{10}$ .
- La pression d'air au niveau des circuits 40BAR, à la sortie des ballons haute pression :  $P_A, P_B, P_C$ .
- La pression d'air au niveau du ballon 7BAR :  $P_0$ .
- La production horaire des palettes de chaque ligne :  $PROD_1, PROD_2, PROD_3, PROD_4, PROD_5, PROD_{10}$ .

Remarque: les abréviations mentionnées plus haut représente le nombre de capteurs utilisées dans chaque ligne de production et ses types. *Exemple T: signifie capteur de température*

### III.1.2.3 Objectif

L'objectif de ce projet est de mettre en place un réseau de capteurs sans fil pour une supervision de la production en temps réel, afin de centraliser toutes les informations au bureau du chef de quart dans le but d'augmenter le rendement des lignes de productions. Il existe actuellement de nouvelles opportunités dans le domaine du contrôle de l'environnement.

### III.1.2.4 Démarche à suivre

Dans la suite de notre étude, nous allons identifier des solutions permettant d'observer des phénomènes physiques tels que la température, la pression, et le niveau des bacs dans l'unité de conditionnement d'huile. La solution utilisée est les capteurs sans fil qui sont alimentés par une batterie d'une durée de 10 ans pour une fréquence de mise à jour d'une minute, ce qui permet d'être disposés à n'importe quel endroit. Chaque dispositif est connecté à travers au moins deux voies qui s'appuient sur des normes de réseaux maillés sans fil. Les données sont transmises à travers le réseau d'un appareil à l'autre à l'aide des liens de communication plus fiables et le chemin le plus efficace jusqu'à ce que la destination soit atteinte.

Dans les installations industrielles les plus performantes, les réseaux intelligents (Smart) résoudront ces problèmes en réacheminant automatiquement les données par des capteurs Rosemount Emerson, tout en mettant en permanence à niveau la topologie pour maximiser la connectivité.

Un système de gestion de réseau industriel sans fil doit garantir la visibilité des éléments suivants :

- Offre des informations en temps réel avec une fiabilité des données sans fil supérieure à 99%.
- Repousser la limite du nombre de capteurs
- Supprimer le coût du câblage
- Rendre le processus plus souple.

## III.2 Présentation des instruments de mesure

Les capteurs sont des instruments particulièrement utiles. Ce sont eux qui permettent de mesurer les effets des phénomènes qui agissent sur notre environnement direct. Ce sont eux également, avec l'évolution de la technologie, qui permettent d'assurer la liaison homme – machine – environnement.

### III.2.1 Les capteurs logiques

Ils sont aussi appelés les capteurs « tout ou rien » car ils peuvent être seulement sur deux position « 1-0 » ou bien « vrai ou faux ». Au sein de Cevital, on trouve Le capteur **logique sans fil Rosemount 702**, ce dernier offre :

- Une solution prête à l'emploi pour la transmission de deux signaux TOR (entrée/sortie) ou la détection de fuite ;
- Les entrées impulsionnelles sont mesurées en continu entre les mises à jour sans fil ;
- Les deux canaux sont chacun configurables pour une entrée ou une sortie TOR ;
- Fournit des données riches en informations avec une importante fiabilité [18].



**Figure 3.7** Capteur logique sans fil Rosemount 702

Le capteur logique est un type de capteur sans fil utilisé dans le domaine industriel pour la surveillance de douches de sécurité et de bassins oculaires, mais au sein de Cevital, son utilisation sera pour le contrôle de nombre de palettes produites avec une incrémentation à un (+1) à chaque palette.

### III.2.2 Les Capteurs Analogiques

Un capteur analogique est un système qui permet d'obtenir une image sous forme électrique, d'une grandeur physique, c'est-à-dire la grandeur physique à mesurer.

#### III.2.2.1 Capteur de niveau

Il est conçu pour la détection de niveau de liquide de toutes natures, un capteur de niveau pour liquide est parfaitement fiable même en présence de dépôts, leur avantage est très vaste tel que la protection contre la marche à vide des pompes.

Le principe de mesure est préconisé dans des conditions extrêmes où les autres principes de mesures ne conviennent pas. Un capteur de niveau est équipé d'un détecteur synthétique souple pour une mesure continue. Son principe de fonctionnement est très simple, une source faiblement radioactive émet des radiations qui sont atténuées par la paroi de la cuve et par le produit. Le détecteur fixé à l'opposé de l'émetteur réceptionne ces radiations dont la puissance est proportionnelle au niveau.

Son utilisation dans l'unité de conditionnement sera pour la mesure d'huile au niveau des quatre bacs (bac A, bac B, bac C et bac SIPA).



Figure 3.8 Capteur de niveau Rosemount

Ses avantages sont :

- Définition d'un nouveau point de mesure du niveau en quelques minutes à l'aide de la technologie sans fil ;
- Diagnostics avancés permettant de mieux appréhender le procédé pour pouvoir détecter les situations anormales dans les applications de mesure de niveau
- Variables d'échelle permettant à l'utilisateur de configurer les unités de niveau et de volume
- La conception du 3051s offre une solution de mesure de niveau prête à l'emploi qui supprime l'assemblage, le test et l'étalonnage sur site [19].

#### III.2.2.2 Capteur de température

Il est conçu pour une utilisation dans les applications de contrôle où la perte des points de température est préjudiciable. **Le Capteur de température Rosemount 644** assure :

- Fournit des informations pratiques sur le procédé et les diagnostics grâce à l'indicateur LCD ;
- Une réduction des coûts d'entretien et une stabilité de 2 ans ;
- L'appariement transmetteur-sonde évite les erreurs d'interchangeabilité des sondes, améliorant la précision des points de mesure de 75 % ;
- La compensation de température ambiante améliore les performances du transmetteur [20].



Figure 3.9 Capteur de température Rosemount 644

Le capteur de température contrairement aux autres capteurs, est utilisé dans les différentes étapes du processus de production, fabrications des bouteilles, remplissage des bouteilles du produit fini et au niveau des bacs d'huile. Cela est appliqué pour les six lignes de productions.

#### III.2.2.2.1 La sonde

La sonde Pt 100 est un capteur de température aussi appelé RTD (détecteur de température à résistance) qui est fabriqué à partir de platine, matière utilisée pour ne pas contaminer le fluide à mesurer [21].



Figure 3.10 La sonde

#### III.2.2.3 Débitmètre

Il est souvent utile de mesurer les débits de fluide. Le principe de mesure du débitmètre est le même que le capteur de niveau mais il occupe toute la canalisation et la mesure est plus précise. Le capteur de débit Rosemount série 3051S assure :

- L'installation des débitmètres à orifice compact est simple à réaliser entre des brides existantes
- Mesures fiables et précises pour les applications sur gaz, liquide et vapeur
- Les composants intégrés réduisent le coût de l'installation
- Le mécanisme de centrage automatique permet d'ajuster le centrage afin de réduire le risque d'erreur [22].



Figure 3.11 Capteur de débit Rosemount

#### III.2.2.3.1 Orifice compact

Les plaques à orifice sont la technologie de débitmètre la plus répandue. Elles sont en effet connues pour assurer des mesures fiables et précises pour les applications sur liquide. Les installations de débitmètres à orifice compact sont à la fois simples et abordables [23].



Figure 3.12 Orifice compact

#### III.2.2.4 Capteur de pression

Le transmetteur de pression offre une solution flexible et fiable pour les mesures de pression. C'est une technologie de haute précision, qui assure la mesure, selon la pression relative : pression mesurée par rapport à la pression atmosphérique, la pression absolue : pression mesurée par rapport au vide absolu, et la pression différentielle : différence de deux pressions. L'instrument qui sera utilisé est **le transmetteur de pression Rosemount** de la série 3051S :

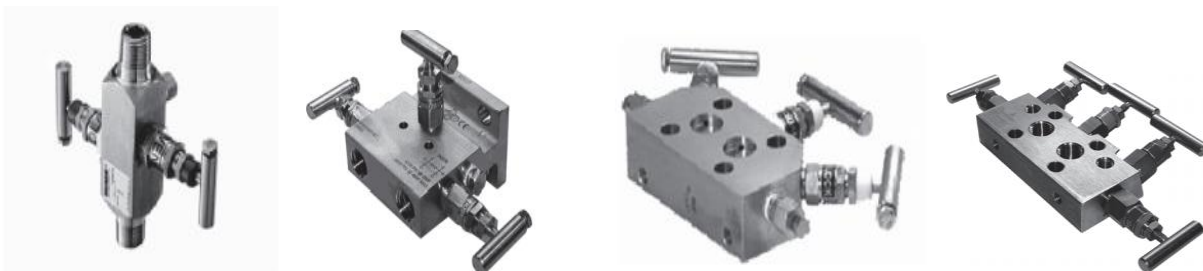
- Permet d'adapter les performances, les fonctionnalités et les raccords de procédé en fonction des applications.
- Durée de vie du module d'alimentation est de 10ans
- L'alimentation Power module est la seule source d'alimentation sans fil optimisée pour assurer la sécurité à la fois de l'utilisateur et du procédé [19].



Figure 3.13 Capteur de pression Rosemount

#### III.2.2.4.1 Manifolds

La conception Coplanar unique des familles 3051 et 3095 de Rosemount permet l'intégration des vannes d'isolement « sans bride » sur le transmetteur, il est disponible en versions Coplanar, traditionnelle, sandwich et en ligne qui est sous les différentes formes à deux, trois ou cinq vannes [24].



Montage en ligne

Style traditionnel

Style Coplanar

Style sandwich

Figure 3.14 Manifolds Rosemount

### III.2.3 Les composants des capteurs

#### III.2.3.1 Alimentation

Les capteurs sont des petits composants à faible capacité de stockage, de calcul et sont alimentés avec batterie ou avec des piles. Pour qu'un réseau de capteurs reste autonome pendant une certaine durée de l'ordre de quelque mois à quelques années sans intervention humaine, la consommation d'énergie devient le problème fondamental.

Pour les capteurs qui seront déployés au sein de l'unité de conditionnement d'huile Cevital, leur alimentation sera assurée par des batteries **SmartPower** fait en lithium dont les caractéristiques sont :



- Les modules d'alimentation intelligents peuvent être remplacés dans les zones dangereuses.
- Inutile de retirer le capteur du procédé pour remplacer le module.
- Planification aisée du remplacement grâce aux alertes de niveau faible. Durée de vie prévisible
- Durée de vie variable en fonction de l'environnement d'installation.
- Durée de vie jusqu'à 10 ans en fonction de la fréquence de mise à jour et un entretien aisé.
- Connecteurs avec détrompeurs pour un remplacement aisé et en parfaite sécurité [25].



Figure 3.15 Batterie

### III.2.3.2 Adaptateur Smart Wireless

L'adaptateur Smart Wireless THUM permet la communication sans fil de données d'un équipement filaire Hart, en utilisant un réseau auto-organisé Wireless HART.

Adaptateur Smart Wireless THUM :

- Un équipement qui peut être installé sur tout appareil.
- Composé d'un émetteur radio, d'un récepteur, d'un microprocesseur et d'une antenne
- Permet de transmettre via des ondes radio des informations de mesure et diagnostics HART inaccessibles jusqu'ici [26].



Figure 3.16 Adaptateur Smart Wireless

## III.2.4 Présentation de la passerelle de communication sans fil (smart Wireless Gateway)

### III.2.4.1 Définition

La passerelle de communication sans fil Smart Wireless permet de connecter **les réseaux auto-organisés sans fil** au système hôte et aux applications de données. Elle fonctionne comme un système unique et elle gère automatiquement la communication sans fil dans des environnements en constante évolution. La connexion aux systèmes d'enregistrement de données, aux systèmes hôtes existants, et aux autres applications LAN se fait via des sorties **Ethernet, Modbus, série, OPC, EtherNet/IP et HART**. [27]

La passerelle de communication sans fil Smart Wireless offre :

- ✓ Une sécurité et une fiabilité des données supérieure à 99%;
- ✓ La sécurité multi-niveau garantit que le réseau reste protégé. Aucune perte du réseau sans fil grâce à la fonctionnalité de secours automatique et à la détection automatique des défaillances ;
- ✓ Des dispositifs supplémentaires peuvent être ajoutés à tout moment ;
- ✓ Nul besoin de configurer les voies de transmission car la passerelle gère automatiquement le réseau ;
- ✓ garantit que les appareils de terrain disposent du chemin le plus fiable pour envoyer des données.
- ✓ Gestion prédictive des diagnostics des appareils de terrain câblés et sans fil pour identifier les problèmes avant que le procédé ne soit affecté ;
- ✓ Simplification de la configuration des appareils sans fil grâce à la passerelle Smart Wireless ;
- ✓ Chaque passerelle est accompagnée d'une interface Web et d'un outil de configuration AMS Wireless Configuration qui simplifie la mise en place et la configuration des appareils sans fil ;
- ✓ Connexion aux systèmes d'acquisition de données pour gérer la documentation et les informations de mise en conformité [27].



Figure 3.17 Smart Wireless Gateway 1420

**III.2.4.2 Les caractéristiques de la passerelle**

Dans le tableau ci-dessous nous présentons les caractéristiques de la passerelle Smart Wireless :

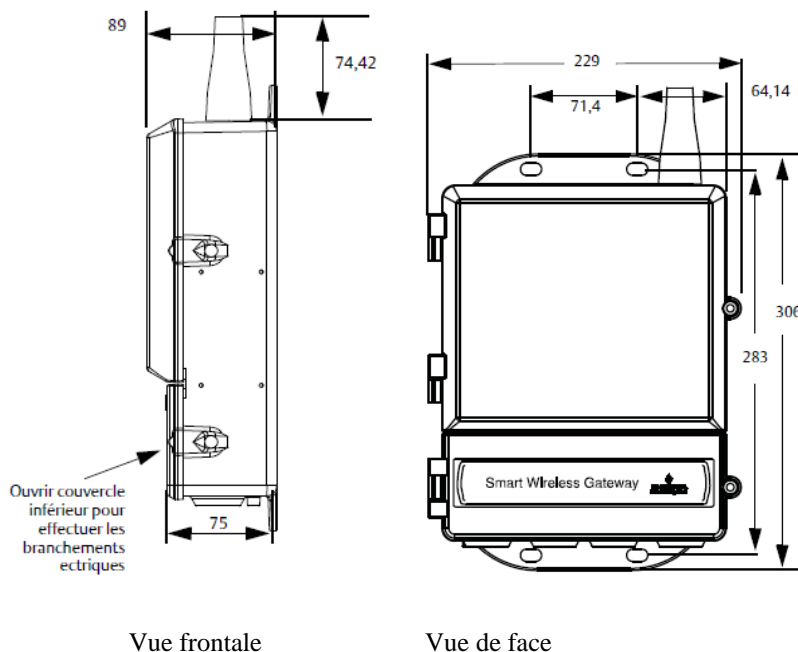
Type	Description
Fonctionnalité	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tension d'alimentation : 10.5 à 30V cc</li> <li>- Plage de la température ambiante : -40 à 70 °C</li> <li>- Humidité : 10 à 90% d'humidité relative.</li> <li>- Fréquence de mise à jour : sélectionnable par l'utilisateur 4, 8, 16, 32 secondes ou de 1 à 60 minutes.</li> </ul>
Physique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poids : 4.5Kg</li> <li>- Boitier : alliage d'aluminium à faible teneur en cuivre</li> </ul>
Communication	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sortie : Ethernet, Modbus, OPC, RS485 isolé, Ethernet/IP.</li> </ul>
Réseau auto-organisé	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protocole utilisé : WirelessHart</li> <li>- Taille maximale du réseau : 100 appareils sans fil, temps de réponse est de 8 seconde ou plus.</li> <li>- Fiabilité de données : garantit une fiabilité supérieure à 99%</li> </ul>

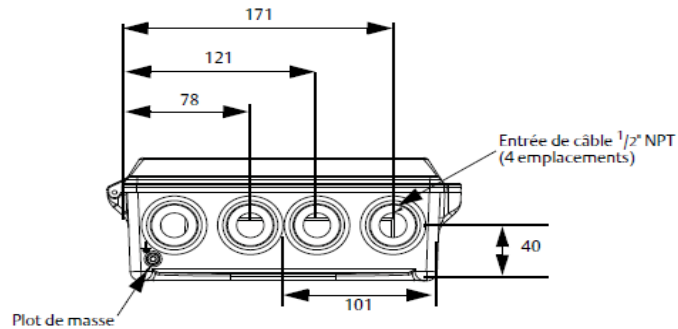
<b>Sécurité</b>	<p>La passerelle Smart Wireless utilise le protocole TCP/IP pour le transfert des données</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Ethernet</i>: Communications TCP/IP SSL (Secure Sockets Layer)</li> </ul> <p>Accès à la passerelle de communication sans fil : Contrôle de l'accès selon les rôles Administrateur, Maintenance, Opérateur et Exécutif. L'administrateur a le contrôle complet de la passerelle et des connexions aux systèmes hôtes et au réseau auto-organisé.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Réseau auto-organisé</i> : WirelessHART assure la sécurité grâce au chiffrement AES-128. Une clé symétrique partagée entre les différents appareils du réseau</li> <li>- <i>Pare-feu interne</i> : Ports TCP configurables par l'utilisateur pour les protocoles de communication, y compris Activer/Désactiver les numéros de ports spécifiés par l'utilisateur. Inspecte les paquets entrants et sortants.</li> </ul>
-----------------	---

**Tableau 3.1** Caractéristique de la passerelle SmartWireless

### III.2.4.3 Schéma dimensionnel de la passerelle

Ce schéma représente les dimensions réelles en millimètres de la passerelle Smart Wireless, et les différentes vues (vue de face, frontale, face inférieure), il figure les quatre entrées de câbles et le couvercle inférieure pour effectuer les branchements électriques.





Vue de face inférieure

**Figure 3.18** Schéma dimensionnel de la passerelle

NB : Les dimensions sont en millimètres

### III.2.5 Le bus de terrain

Un autre type de réseau très connu dans la littérature correspond au *bus de terrain*. C'est un réseau spécialement conçu pour un fonctionnement sous des contraintes temps réel et le plus souvent avec la tolérance intégrée aux pannes. Il est destiné à être utilisé principalement dans des applications de contrôle.

En raison d'exigences strictes en temps réel, ces réseaux sont généralement câblés et seules les couches physiques, liaison de données et application du modèle OSI sont utilisées. Les bus de terrain ont également pour objectif de faire face à l'environnement physique (comme la détection et le contrôle des données), ce qui les rapproche des réseaux de capteurs sans fil. Mais il y a aussi de grandes différences qui les éloignent, comme : l'adaptation des compromis que les réseaux de capteurs sont disposés à faire (par rapport à l'efficacité énergétique, par exemple) qui est un concept peu présent dans la littérature de bus de terrain; spécifiquement, les bus de terrain ne font aucune tentative pour économiser l'énergie, due à leur alimentation en continue.

### III.2.6 La topologie du réseau adoptée

La topologie détermine l'organisation des nœuds capteurs dans le réseau. Il existe en général trois types de topologie du réseau : la topologie étoile, la topologie maillée, la topologie arbre. Dans notre cas, nous utilisons la topologie maillée qui est la mieux appropriée au réseau de contrôle de l'unité de conditionnement d'huile.

Le principal point fort d'un réseau maillé est de s'adapter rapidement vis-à-vis de l'environnement du client. Une topologie de réseau maillé offre la possibilité de faire circuler les données de mesure en empruntant plusieurs chemins possibles.

- Il existe des liens dédiés utilisés dans la topologie, ce qui garantit que chaque connexion est capable de transporter sa charge de données, éliminant ainsi les problèmes de

circulation, qui sont communs, lorsque les liens sont partagés par plusieurs périphériques.

- Il s'agit d'une topologie robuste. Quand un maillon de la topologie devient instable, il ne provoque pas arrêt du système.
- Si le réseau doit être étendu, il peut être fait sans causer de perturbations pour les utilisateurs actuels du réseau.
- Il est possible de transmettre des données, d'un nœud à un certain nombre d'autres nœuds simultanément.
- Dépannage en cas de problème est facile par rapport aux autres topologies de réseau.
- Cette topologie assure la confidentialité des données et la sécurité, comme chaque message se déplace le long d'une liaison dédiée.

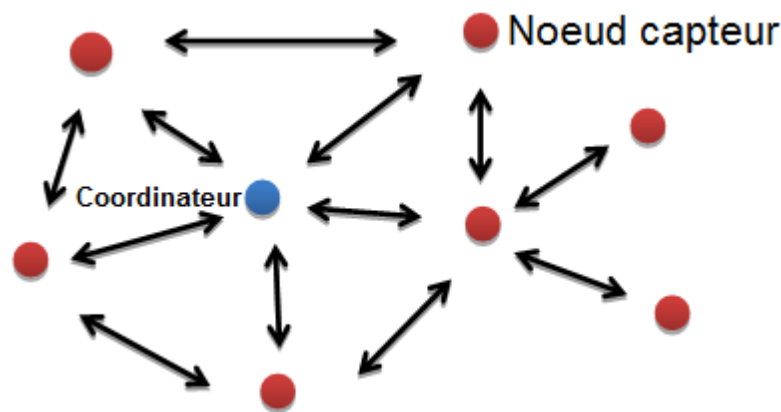


Figure 3.19 Topologie maillée

### III.2.7 Les Protocoles utilisés

Les protocoles utilisés sont classifiés en 4 catégories, protocoles de communication, protocoles de transfert de données, protocoles de sécurité et protocoles d'accès au médium.

#### III.2.7.1 Protocole de communication

Dans les réseaux informatiques et de télécommunication, un protocole de communication est une spécification de plusieurs règles pour un type de communication particulier. Dans le monde industriel, les protocoles de communication diffèrent de ceux connus dans les réseaux informatiques, dans notre cas le protocole WirelessHart est utilisé pour la communication capteur-capteur et capteur-passerelle quant à la communication passerelle-hôte le protocole utilisé est TCP/IP.

##### III.2.7.1.1 Le Protocole WirelessHart

Wireless HART assure la communication sans fil sur le terrain avec tous les avantages que représente la technologie HART. S'adressant en particulier aux usines de grandes dimensions dont les points de mesures sont difficiles à accéder, cette technologie allie dépenses

minimales et facilité d'utilisation optimale. Le réseau maillé, indépendant de la passerelle centrale, utilise des adaptateurs sans fil qui font à la fois office de routeurs et de répéteurs. Cela permet de développer des structures de réseau très étendues, dans les quelles toutes les défaillances de transmission peuvent être automatiquement compensées. Il s'agit d'un grand avantage pour la disponibilité de l'installation industrielle.

#### **III.2.7.1.2 Objectifs du protocole WirelessHart**

WirelessHart est le meilleur choix pour installer de nouveaux appareils de mesure ou mettre à niveau des appareils de terrain existants afin de mesurer la température, le niveau, la pression et bien plus encore. Cela permet de tirer un meilleur partie du processus pour l'optimiser, une flexibilité de l'installation et d'améliorer la gestion des équipements, tout en recueillant toutes les informations nécessaires à la maintenance préventive, et on distingue ses avantages :

- Coûts d'installation plus faible que pour les solutions câblées.
- Economie sur les coûts de main-d'œuvre.
- Automatisation et retards réduits.
- Coûts de matériel réduits.
- Transmission par réseaux maillé adaptatif auto-organisé.
- Sécurité multi-niveau pour protéger le réseau.
- Solution smart-power.

#### **III.2.7.1.3 Le protocole HART**

HART est un protocole de communication (matériel et logiciel), utilisé en contrôle industriel pour communiquer numériquement avec des capteurs ou actionneurs numérique, sur une liaison analogique du style 4-20mA.

Les données numériques échangées avec un transmetteur HART sont modulées en fréquence : un bit qui a la valeur 1 est codé par l'émetteur à une fréquence de 1200Hz, pour la valeur 0 elle est codée à une fréquence de 2400Hz.

#### **III.2.7.1.4 Fonctionnement du protocole WirelessHart**

Le WirelessHart ajoute une capacité sans fil au protocole HART destinée aux applications d'automatisation de processus. Chaque réseau WirelessHart se compose de trois éléments importants : les dispositifs de terrain sans fil reliés à l'équipement des installations de processus ou d'entreprise ; les passerelles permettant la communication entre ces appareils et avec les applications hôtes qui sont reliées à une épine dorsale à grande vitesse ou à un autre réseau de communication d'entreprise existant ; la gestion de réseau qui se charge de la configuration du réseau, du planning, de la communication entre les appareils, du routage des

messages et du contrôle d'état du réseau. En outre, la gestion du réseau peut être intégrée dans la passerelle, l'application hôte ou le contrôleur d'automatisation de processus.

Le réseau utilise des ondes radio compatibles IEEE 802.15.4 qui exploitent la bande de fréquence industrielle, scientifique et médicale de 2,4 GHz découpé en 15 canaux. Les ondes radio utilisent la technologie DSSS (modulation à spectre étalé à séquence directe) et le saut de canal FHSS pour une communication sûre et stable, de même que la communication synchrone TDMA à contrôle de latence entre les appareils du réseau. Cette technologie a prouvé son efficacité lors de tests pratiques et dans diverses applications de contrôle de processus d'installations industrielles.

Chaque appareil dans le réseau en maille peut faire office de routeur pour les messages d'autres appareils.

Un appareil ne doit donc pas communiquer directement avec une passerelle, il doit seulement transférer le message vers l'appareil suivant le plus proche. Cela augmente la portée du réseau et lui offre des routes de communication redondantes afin d'accroître la fiabilité. La gestion du réseau détermine ces routes redondantes sur la base du retard (latency), de l'efficacité et de la fiabilité.

Afin d'être sûr que ces routes redondantes ne sont pas perturbées et restent ouvertes, des messages sont envoyés alternativement via les différentes voies redondantes. Lorsqu'un message n'arrive pas à destination par une voie, il est, tout comme sur internet, automatiquement dévié sur une voie redondante qui fonctionne correctement, sans perte de données. Cette structure facilite la communication entre les appareils et garantit l'arrivée du message à destination.

### **III.2.7.2 Protocoles de transfert de données**

#### **III.2.7.2.1 Le Protocole TCP/IP**

Le protocole TCP est défini dans le but de fournir un service de transfert de données de haute fiabilité entre deux ordinateurs "maîtres" raccordés sur un réseau de type "paquets commutés", et sur tout système résultant de l'interconnexion de ce type de réseaux.

TCP fournit un service de communication de processus à processus, dans un environnement réseau complexe. TCP est défini comme un protocole de communication "host to host", c'est à dire de maître à maître (par opposition à "central à terminal"). La communication entre systèmes d'information joue un rôle croissant dans les domaines militaires, industriels, scientifiques et commerciaux. TCP prend en compte, en tout premier lieu, les exigences du secteur militaire, en particulier, les exigences de fonctionnement avec des communications peu fiables et dans une situation de congestion du réseau. [14]

TCP est un protocole sécurisé orienté connexion conçu pour s'implanter dans un ensemble de protocoles multicouches juste au-dessus du protocole Internet IP, supportant le



fonctionnement de réseaux hétérogènes. Ce dernier permet à TCP l'envoi et la réception de segments de longueur variable, encapsulés dans un paquet Internet appelé aussi "datagramme". Le datagramme Internet dispose des mécanismes permettant l'adressage d'un service TCP source et un destinataire, quelles que soient leur position dans le réseau. Le protocole IP s'occupe aussi de la fragmentation et du réassemblage des paquets TCP lors de la traversée de réseaux de plus faibles caractéristiques. Ainsi, il transporte les informations de priorité, compartimentation et classification en termes de sécurité relatives aux segments TCP. Ces informations se retrouvent alors transmises de bout en bout de la communication. [15]

#### **III.2.7.2.2 Fonctionnement de TCP**

TCP est conçu pour fournir un service de transmission de données sécurisé entre deux machines raccordées sur un réseau de paquets IP. Pour pouvoir assurer ce service même au-dessus d'une couche de protocole moins fiable, les fonctionnalités suivantes sont nécessaires:

- Transfert de données de base
- Correction d'erreur
- Contrôle de flux
- Multiplexage
- Gestion de connexions
- Priorité et Sécurité

#### **III.2.7.3 Protocoles de sécurité**

##### **III.2.7.3.1 SSL (Secure Socket Layer)**

Le SSL, pour Secure Socket Layer, est un protocole de sécurité qui permet de sécuriser les échanges d'information entre les appareils reliés à un réseau interne ou à internet. Le plus souvent, le SSL, est un protocole que l'on utilise pour se connecter en toute sécurité sur un serveur web depuis un navigateur. On repère assez facilement sa présence grâce à l'affichage d'un cadenas dans la barre d'adresse du navigateur et du protocole HTTPS.

Développé par l'entreprise américaine Netscape au milieu des années 1990, le SSL repose sur un procédé de cryptographie par clé publique. Sa mission se résume à la création d'un canal de communication sécurisé entre un client et un serveur en aval d'une étape d'authentification. Des entreprises spécialisées dans la sécurisation des échanges d'information en ligne comme Trustico, Geotrust ou encore OVH, fournissent aujourd'hui des certificats SSL. Depuis quelques années, SSL tend progressivement à être remplacé par le TLS, pour Transport Layer Security. [16]

##### **III.2.7.3.2 AES-128**

L'AES (Advanced Encryption Standard) est, comme son nom l'indique, un standard de cryptage symétrique destiné à remplacer le DES (Data Encryption Standard) qui est devenu trop faible au regard des attaques actuelles.

Le choix de cet algorithme répond à de nombreux critères plus généraux dont nous pouvons citer les suivants :

- Sécurité requis pour une éventuelle cryptanalyse.
- Facilité de calcul : cela entraîne une grande rapidité de traitement
- Besoins en ressources et mémoire très faible
- Flexibilité d'implémentation: cela inclut une grande variété de plateformes et d'applications ainsi que des tailles de clés et de blocs supplémentaires.
- Hardware et software : il est possible d'implémenter l'AES aussi bien sous forme logicielle que matérielle (câblé)
- Simplicité : le design de l'AES est relativement simple

Si l'on se réfère à ces critères, on voit que l'AES est également un candidat particulièrement approprié pour les implémentations embarquées qui suivent des règles beaucoup plus strictes en matière de ressources, puissance de calcul, taille mémoire, etc... C'est sans doute cela qui a poussé le monde des réseaux de capteurs sans fil à adopter l'algorithme pour son schéma d'authentification.

L'AES opère sur des blocs de 128 bits qu'il transforme en blocs cryptés de 128 bits par une séquence d'opérations, à partir d'une clé de 128, 192 ou 256 bits. Suivant la taille de celle-ci, le nombre de rounds diffère : respectivement 10, 12 et 14 opérations.

#### III.2.7.4 protocole d'accès au canal : TDMA

Le *Time Division Multiple Access* (TDMA) ou **accès multiple à répartition dans le temps** en français, est une technique de contrôle d'accès au support permettant de transmettre plusieurs flux de trafic sur un seul canal ou une seule bande de fréquence. Il utilise une division temporelle de la bande passante, dont le principe est de répartir le temps disponible entre les différents utilisateurs. Par ce moyen, une fréquence (porteuse) ou une longueur d'onde peut être allouée, à tour de rôle (quasi simultanément), à plusieurs abonnés.

Un inconvénient de cette technique est qu'il faut transmettre une synchronisation (horloge) qui soit la meilleure possible pour que chaque utilisateur puisse récupérer ses données reçues et émettre sans interférer avec les autres abonnés. [17]

Dans notre cas de projet, nous exploiterons la bande de fréquence industrielle de 2,4 GHz découpé en 15 canaux pour le transfert de données capturées par les capteurs sans fil dans les lignes de production.

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu sur le système existant pour la surveillance des unités de production d'huile et ses inconvénients ainsi que la solution adoptée par le groupe Cevital, ensuite nous avons donné une description des différents éléments qui vont

composer le réseau de capteurs sans fil aussi bien les composants physiques que les protocoles utilisés. Ce réseau va être déployé dans la section conditionnement d'huile de l'usine Cevital. Les capteurs seront placés suivant des critères spécifiques (portée de capteur, zone surveillée, économie d'énergie...). Ce point va être détaillé dans le chapitre suivant.

## Introduction

WirelessHart fournit une norme commune pour l'automatisation des processus et permet de nombreuses nouvelles applications qui apportent un excellent avantage dans les installations de procédés d'exploitation. Le réseau sans fil WirelessHart est facile à déployer. Néanmoins, en raison de certains aspects concernant les réseaux de maillage, la propagation des ondes radioélectriques et les problèmes de coexistence parmi les autres réseaux sans fil, de nouvelles méthodes doivent être développées lors de la construction d'un réseau WirelessHart.

La première partie de ce dernier chapitre, sera consacré à la présentation des différentes stratégies et techniques d'emplacement des nœuds, la méthodologie de déploiement ainsi que l'architecture du système au sein de l'unité de conditionnement d'huile de l'entreprise Cevital. Dans la deuxième partie, nous allons d'écrire les étapes de la mise en place et du paramétrage des capteurs sans fil pour la surveillance et le contrôle au temps réel du processus de conditionnement d'huile au sein de Cevital.

## IV. Stratégie et techniques d'emplacement des nœuds capteurs

### IV.1 Méthodologie de déploiement

Dans certaines situations, nous avons une connaissance préalable de la zone de surveillance, les nœuds peuvent être placés de façon déterministe. Tandis que dans d'autres cas, en raison de la grande taille du réseau ou de l'inaccessibilité de la zone de surveillance, le recours à un déploiement aléatoire peut être la seule alternative. De ce fait, nous pouvons dire que le choix dépend fortement du type de nœuds capteurs (pression, acoustique, température, etc.), de l'application et de l'environnement (accessibilité, 2D ou 3D) où sont déployés les nœuds. Dans notre cas, le déploiement sera plutôt déterministe parce que les paramètres physiques mesurés doivent être précis, pertinents et de qualité.

Dans notre analyse, nous avons pris en compte les besoins des méthodistes qui font la supervision des six lignes de production.

Voici les exigences soulevées lors de la phase de planification du déploiement :

- Un flux d'informations continu du niveau des capteurs/actionneurs jusqu'au niveau décisionnel de l'entreprise ;
- La disponibilité des informations en tout lieu ;
- L'échange rapide des données entre les différentes parties de l'installation ;
- Une configuration simple et homogène et un diagnostic efficace ;
- Des fonctions de sécurité intégrées pour empêcher les accès non autorisés ;
- La communication de sécurité et la communication standard sur la même ligne.
- Disponibilité d'un lien directe entre la passerelle et les capteurs pour le bon acheminement des données.

Dans ce qui suit, nous allons fournir un aperçu des considérations à prendre en compte lors de la planification et le déploiement du réseau de capteurs sans fil sous WirelessHART pour la supervision et la surveillance des paramètres de production dans l'unité de conditionnement d'huile au sein de Cevital.

### VI.1.1 Coexistence entre les réseaux sans fil

L'objectif est de permettre la coexistence d'appareils sans fil au sein du réseau. C'est essentiel pour éviter la collision des paquets de données s'il existe un autre réseau sans fil à proximité, ou au niveau des unités de traitement. Généralement, il est nécessaire de découpler au moins l'un des facteurs : fréquence (frequency), emplacement (location) ou le temps (time). Cela garantit une coexistence des réseaux sans fil voisins sans aucune interaction des paquets de données.

Ce schéma représente les cas de collision des messages :

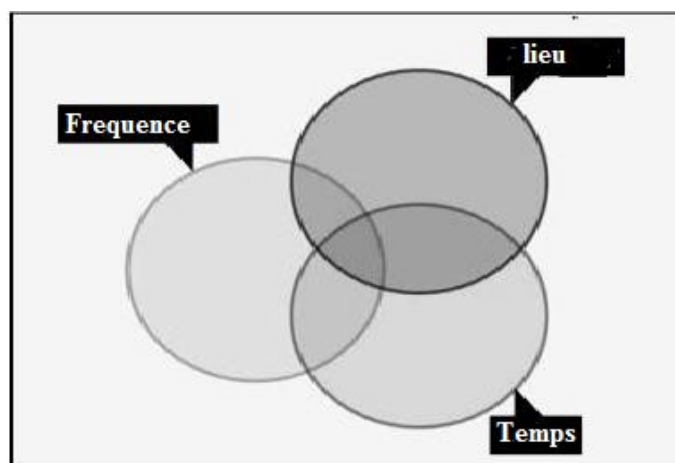


Figure 4.1 Occasion de collision des messages

La coexistence signifie que chacun des réseaux peut transmettre ses paquets de données sans être interféré ou interrompu par les paquets envoyés par d'autres réseaux. Ou en d'autres termes: les paquets de données des deux réseaux ne devraient pas entrer en collision. La collision des paquets de données se produit quand ils sont envoyés en même temps sur la même fréquence et au même endroit. Les collisions sont évitées en découplant au moins l'un de ces facteurs:

- *Fréquence* : utiliser différents canaux ou groupes de canaux pour chaque réseau, mettre les canaux utilisés en liste noires pour les autres réseaux et designer des canaux pour chaque système.
- *Emplacement* : mettre les réseaux sous certaines distances pour éviter les collisions mais cela est souvent difficile.
- *Temps* : réduire le débit de données, répéter les messages détruits ou en collision.

### VI.1.2 Etude du lieu de déploiement

Cette étude du lieu représente le fondement de la mise en place des appareils et constitue la première des deux étapes de la planification du réseau réel. La seconde étape consiste à placer les appareils sur le terrain.

Le lieu de la mise en place des appareils peut être divisé en 4 catégories :

- **Sans obstruction** : la ligne de visibilité est claire. Les appareils sont visibles il n'existe aucune obstruction. Dans ce type de lieu les appareils peuvent être placés à 235m de la passerelle ou d'un autre appareil.
- **Faible obstruction** : faible infrastructure, mais il existe encore des zones ouvertes. Dans ce type de lieu les appareils peuvent être placés à 150m de la passerelle ou d'un autre appareil.
- **Moyennes obstruction** : un environnement plus denses, mais il existe encore des zones qui ne sont pas obstrués. Dans ce type de lieu les appareils peuvent être placés à 75m de la passerelle ou d'un autre appareil.
- **Haute obstruction** : forte infrastructure, présence significatif de métal et de structure matériels (obstacles). Dans ce type de lieu les appareils peuvent être placés à 30m de la passerelle ou d'un autre appareil.

### IV.1.3 Placement des instruments

Généralement, les périphériques WirelessHART peuvent être placés comme ils auraient été placés avec une installation câblée. Le réseau auto-organisé prendra soin de former le réseau maillé, établie une communication et s'adapter à l'environnement sans intervention d'un opérateur ou un ingénieur. Mais plusieurs conditions doivent être prises en considérations lors de la mise en place des dispositifs WirelessHART.

#### VI.1.3.1 Placement de la gateway

Habituellement, la passerelle WirelessHART est la première à être placée, c'est l'élément principal du réseau WirelessHART. Il existe trois bases pour placer une passerelle WirelessHART :

- Où il est plus facile de l'intégrer au système ou réseau d'usine. Généralement, c'est dans le bâtiment de contrôle ou autre structure.
- Au centre du réseau planifié. Cela permet aux appareils d'avoir un lien direct avec la passerelle. Cette localisation assure la plus haute fiabilité.
- Au centre de l'unité de traitement. Ce placement offre la plus grande flexibilité pour l'expansion future du réseau initialement planifié à d'autres zones de traitement.

Il est souhaitable d'avoir au moins 25% des dispositifs en communication directes avec la passerelle. Cela garantit un plus grand nombre de voies de communications de données pour les dispositifs les plus éloignés.

### VI.1.3.2 Placement des nœuds

Certains aspects dans le voisinage immédiat de chaque appareil doit être considéré pour assurer une bonne communication sans fil :

- Eloigner les périphériques d'au moins 0.5m de toute surface verticale (obstacle) pour éviter la réflexion qui peut perturber la communication radio (les ondes radio ont besoin d'espace horizontal).
- Mettre les appareils à 1.5m du sol pour minimiser les effets de la zone fresnel (les ondes radio nécessitent un espace vertical pour fournir une bonne connexion entre les voisins).
- Veillez à ce que les appareils soient distants d'au moins 0.5m entre eux pour éviter les interférences (les ondes radio de deux voisins proches pourraient se perturber).

### IV.1.4 Vérification de la connectivité

Après avoir placé les appareils, il faut vérifier que chaque périphérique a assez de voisins avec une bonne réception radio. La meilleure façon est de viser une puissance de signal de -60 à -70dBm (decibels). Pour former un réseau maillé avec des routes redondantes, chaque périphérique doit avoir deux voisins. Si un voisin est endommagé, le second fournit une connexion au réseau. Mais pour plus de fiabilité et un réseau fortement maillé, il faut vérifier que chaque appareil comporte trois voisins. Cela donne un niveau de redondance supérieure puisque la connexion réseau est toujours fournie lorsque deux voisins échouent.

### IV.1.5 Extension du réseau

Le réseau WirelessHART n'est pas une installation statique. Le maillage auto-adapté permettra à un périphérique d'être ajouté n'importe où s'il a un chemin de communication vers un autre périphérique du réseau existant. Cela peut être dans le périmètre du réseau ou élargir le réseau vers l'extérieur.

La capacité d'auto-organisation du réseau permet la création automatique de chemins de communications pour le nouvel appareil. Mais ces chemins créés sont continuellement évalués par le responsable du réseau qui effectue les ajustements nécessaires pour assurer la fiabilité des transmissions de données.

## VI.2 Exemple d'emplacement des nœuds avec obstacles

La distance théorique promise par Wireless HART est de 235m mètres. Dans un contexte industriel, la distance n'est qu'une partie de l'histoire et n'est pas un facteur déterminant pour l'adéquation de WirelessHART pour la majorité des installations.

Pour un chemin sans fil simple, la radio émettrice génère un signal à son niveau de puissance nominal, qui est ensuite amplifié par son antenne. Les ondes radio (électromagnétiques) se déplacent vers l'extérieur dans toutes les directions. Au fur et à mesure que les ondes radio se déplacent, elles se heurtent à des objets qui absorbent ou reflètent une partie du signal, l'affaiblissant. Finalement, le signal atteint une antenne de réception qui amplifie le signal (et

tout bruit) avant que le signal n'atteigne la radio de réception. Pour une liaison radio fiable, le signal reçu doit être plus fort que la force minimale que la radio réceptrice peut détecter et plus fort que tout bruit.

Les instruments Emerson et la passerelle sans fil mesurent et indiquent la puissance du signal entrant en tant que «Indicateur de résistance du signal reçu» ou RSSI. La puissance de signal recommandé est de -75dB (décibels) pour maintenir un lien de communication hautement fiable. C'est la marge de manœuvre pour surmonter les changements temporaires de l'environnement qui réduisent la résistance du signal : obstructions, bruit ou même fortes pluies. Une intensité de signal inférieure à -75dB fonctionnera toujours, mais pas à la fiabilité aspirer.

### VI.2.1 Calcul de puissance du signal

Les signaux radio se décomposent exactement de la même manière que la lumière, s'affaiblissant sur le carré inverse de la distance. En 1945, l'ingénieur **Harald T. Friis** a développé une équation pour décrire la relation entre la puissance radio à la radio réceptrice ( $P_r$ ) et la puissance radio de l'émetteur ( $P_t$ ), en fonction de l'amplification (gain) de la transmission et de l'amplification des antennes de réception ( $G_t$  et  $G_r$ ), la longueur d'onde du signal radio ( $\lambda$ ) et la distance entre les antennes ( $R^2$ ). Notez que la relation carrée inverse (diviser par  $R^2$ ) donne l'équation ci-dessous:

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{G_t G_r}{R^2} \left( \frac{\lambda}{4\pi} \right)^2$$

Équation 1 Formule de FRIIS 1

Si les unités de puissance sont en dBm et que l'antenne gagne en dB, cela peut être réarrangé comme suit:

$$P_r = P_t + G_t + G_r + 20 \log_{10} \left( \frac{\lambda}{4\pi R} \right)$$

Équation 2 Formule de FRIIS 2

Comme indiqué, les distances standard pour les émetteurs WirelessHART utilisées sont de 235m. Si nous substituons a « R » dans l'équation de FRIIS ainsi que la puissance radio et le gain d'antenne des spécifications de l'instrument, nous obtenons un RSSI de -75dB. Nous pouvons constater que la distance maximale citée soit la limite inférieure recommandée pour la puissance du signal reçu.

### VI.2.2 Puissance du signal avec obstacle

Une installation industrielle sur une parcelle d'un kilomètre, avec passerelle au milieu, placerait chaque coin de l'usine à 707m de la passerelle. Cela prétend que Wireless hart avec une distance nominale de 235m peut sembler limité, cependant la capacité de former un réseau maillé avec jusqu'à sept sauts signifie que seulement trois sauts avec une distance de



235m couvriraient à la distance, le RSSI devrait être raisonnable. WirelessHART profite du fait que chaque point de mesure est un répéteur, de sorte que n'importe quel emplacement dans une usine peut être facilement atteint en relayant des messages via des émetteurs voisins.

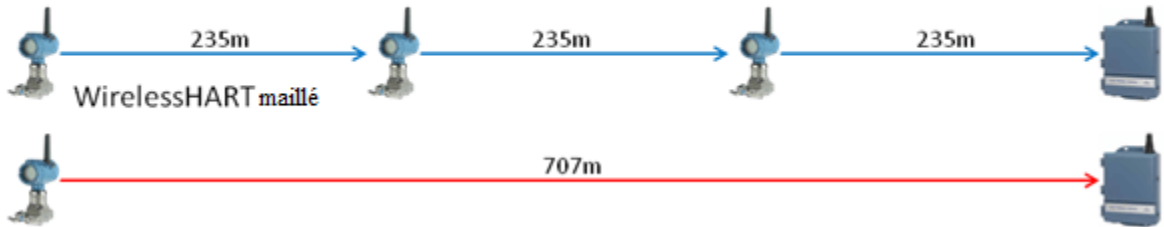


Figure 4.2 Exemple d'installation maillé

Une démonstration encore plus grande de l'avantage de Wireless hart est de considérer l'impact de tous les obstacles qui existent en grand nombre dans une usine. Un mur de bureau typique avec plaque de plâtre (cloisons sèches) de chaque côté réduirait la puissance du signal de 6db. Considérons un bâtiment sur le chemin d'un signal radio ou le signal aurait traversé un mur pour entrer dans le bâtiment et un autre mur pour en sortir, les deux murs provoquant une perte de signal de 12db. Si nous incluons une perte de signal de 12dB dans l'équation de FRIIS, avec un RSSI DE -75dB, cela montre qu'un émetteur Wireless hart serai réduit à une émission de 56m et cela signifie que le signal n'arrivera pas à la passerelle. Le moyen de contourner le problème et de prendre un chemin en multi sauts, Wireless Hart permet sept sauts avant d'arriver à destination (passerelle).Un avantage supplémentaire est que chaque répéteur est également un amplificateur de signal.

Notez que les distances recommandées entre les instruments sans fil dans une usine sont de 150m pour une infrastructure de densité faible, 75m pour une densité moyenne, seulement 30m pour les hautes densités

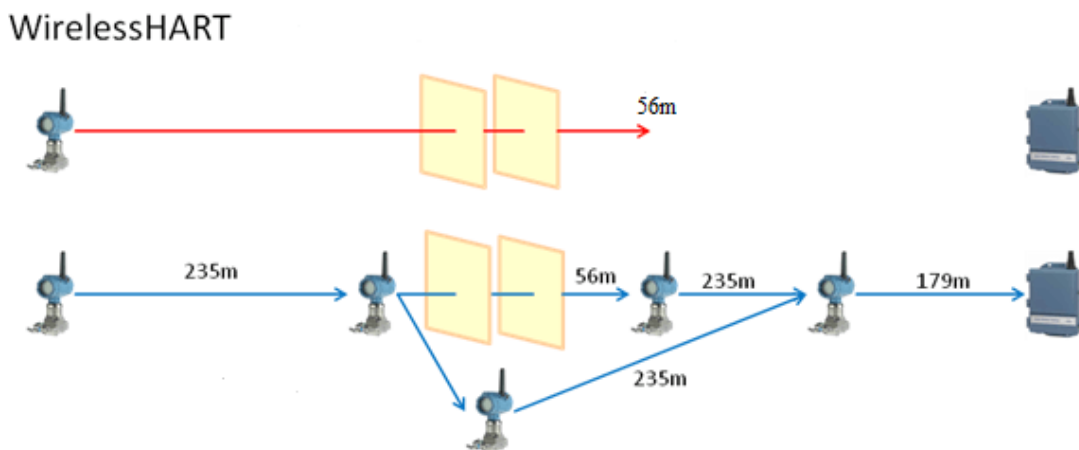


Figure 4.3 Exemple de communication multi sauts avec obstacles

### VI.3 Architecture du réseau

Après avoir ciblé les exigences d'un réseau de capteurs sans fil sous WirelessHART, nous avons mis en place une architecture du réseau à déployer afin de couvrir toute l'unité de conditionnement de la fabrication des bouteilles jusqu'à la palettisation en passant par le remplissage

Voici le schéma de l'architecture du réseau :




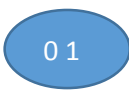


Schéma	Désignation	Schéma	Désignation
	Capteur de pression		Capteur de niveau
	Capteur de débit		Capteur logique
	Capteur de température		Onde WirelessHART 4-20mA

Tableau 4.1 Tableau de désignation

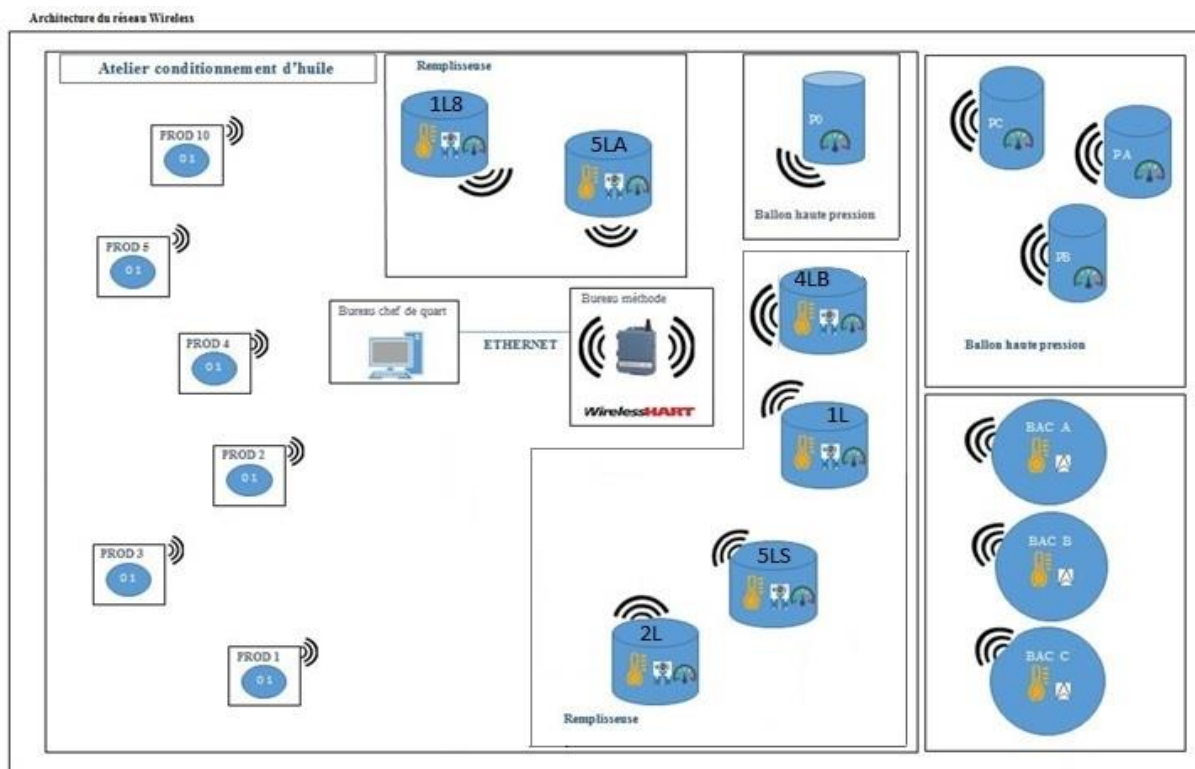


Figure 4.4 Architecture du réseau

Afin de permettre une liaison sûre et un acheminement fiable des données l'établissement de lien direct avec la passerelle était l'un des principaux critères exigés. Pour savoir si ce

chemin est possible pour tous les capteurs, nous avons mesuré la distance entre les positions des capteurs et la passerelle.

Ces mesures sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Emplacement	Type de capteur	Distance avec la Gateway	Voisins directs	Portée avec la Gateway
Bac A	Capteur de Température TA	38m	TB,PB, DP1L,DP4LB,DP5LS, <b>GATWAY</b>	65%
	Capteur de niveau NA		TB,NB, DP1L,DP5LS, DP4LB, <b>GATWAY</b>	65%
Bac B	Capteur de température TB	40m	NA,NC,TC,DP5LS,DP1L, <b>GATWAY</b>	65%
	Capteur de niveau NB		TA,NA,DP1L,DP5LS,NC, <b>GATWAY</b>	
Bac C	Capteur de température TC	43m	TB,NB,DP5LS,DP2L, <b>GATWAY</b>	65%
	Capteur de niveau NC		NB,TB,DP5LS,DP2L, <b>GATWAY</b>	
Ballon haute pression	Capteur de pression PB	31m	PC, P0, DP1L, DP4LB, <b>GATWAY</b>	69%
Ballon haute pression	Capteur de pression PC	31m	PB, PA, P0, DP1L8, <b>GATWAY</b>	69%
Ballon haute pression	Capteur de pression PA	37m	PB, PC, <b>GATWAY</b>	66%
Ballon basse pression	Capteur de pression P0	33m	DP5LA, DP1L8, DP4LB, <b>GATWAY</b>	71%
Palettiseur 1	Capteur logique PROD1	48m	<b>GATWAY</b>	93%
palettiseur 2	Capteur logique PROD2	48m	PROD4, <b>GATWAY</b>	93%
Palettiseur 3	Capteur logique PROD3	51m	PROD1, PROD2, <b>GATWAY</b>	92%
Palettiseur 4	Capteur logique PROD4	56m	PROD5,PROD2, <b>GATWAY</b>	88%
Palettiseur 5	Capteur logique PROD5	58m	PROD10,PROD4, <b>GATWAY</b>	87%
Palettiseur 10	Capteur logique PROD10	66m	DP1L8, PROD5, <b>GATWAY</b>	87%
Remplisseuse 1 5LS	Capteur de température T1	10m	D3,T3,DP2L, DP1L,T2,D2, <b>GATWAY</b>	96%
	Capteur de débit D1		D3,T3,DP2L, DP1L,T2,D2, <b>GATWAY</b>	
	Capteur de pression DP5LS		D3,T3,DP2L, DP1L,T2,D2, <b>GATWAY</b>	
Remplisseuse 2	Capteur de	5m	T1, D1, DP5LS, DP4LB, T4, D4,	96%

1L	température T2		<b>GATWAY</b>	
	Capteur de débit D2		T1, D1, DP5LS, DP4LB, T4, D4, <b>GATWAY</b>	96%
	Capteur de pression DP1L		T1, D1, DP5LS, DP4LB, T4, D4, <b>GATWAY</b>	96%
Remplisseuse 3 2L	Capteur température T3	10m	T1, D1, DP5LS, PROD1 <b>GATWAY</b>	94%
	Capteur de débit D3		T1, D1, DP5LS, PROD1, <b>GATWAY</b>	94%
	Capteur de pression DP2L		T1, D1, DP5LS, PROD1 <b>GATWAY</b>	94%
Remplisseuse 4 4LB	Capteur de température T4	11m	T5, D5, DP5LA, T2,D2,DP1L, <b>GATWAY</b>	93%
	Capteur de débit D4		T5, D5, DP5LA, T2, D2,DP1L, <b>GATWAY</b>	93%
	Capteur de pression DP4LB		T5, D5, DP5LA, T2,D2,DP1L, <b>GATWAY</b>	93%
Remplisseuse 5 5LA	Capteur de température T5	14m	T4, D4, DP4LB, T10, D10, DP1L, <b>GATWAY</b>	92%
	Capteur de débit D5		T4, D4, DP4LB, T10, D10, DP1L, <b>GATWAY</b>	92%
	Capteur de pression DP5LA		T4, D4, DP4LB, T10,D10,DP1L, <b>GATWAY</b>	92%
Remplisseuse 10 1L8	Capteur de température T10	21m	T5, D5, DP5LA,PROD10, <b>GATWAY</b>	86%
	Capteur de débit D10		T5, D5, DP5LA, ,PROD10, <b>GATWAY</b>	86%
	Capteur de pression DP1L8		T5, D5, DP5LA, PROD10, <b>GATWAY</b>	86%

**Tableau 4.2** Distances et voisins directs des capteurs

L'unité de condition d'huile est une usine dont la densité est de moyenne à forte, les distances entre la passerelle et les appareils doit être entre 30m et 75 m. Selon le tableau des distances entre la passerelle et les différents capteurs, et les distance préconisés entre les périphériques et la passerelle par apport la densité, nous constatons qu'un lien entre les capteurs et la passerelle est possible, cet aspect est important lors de l'établissement de la stratégie de déploiement.

#### IV.4 Solution contre le comportement anormales des nœuds

Lors du déploiement d'un réseau RCSF, le risque de dysfonctionnement est toujours présent. De nos jours, des techniques de prévention sont mise en place afin d'éviter la paralysie du système voire l'arrêt total. Parmi ces méthodes nous citerons :

- La méthode des sauts de fréquence par paquets entre les 15 canaux disponibles, cette technique permet d'éviter les canaux occupés,

- l'évaluation des canaux avant de les utiliser et l'existence d'une liste noire des canaux saturés.
- Le réseau reconnaît automatiquement les différents équipements connectés, il est capable de détecter d'éventuels trous dans la couverture ou une rupture temporaire de connexion entre deux transmetteurs (au passage d'un camion, par exemple) et d'identifier alors un autre chemin radio pour assurer la transmission.
- Les transmetteurs peuvent jouer le rôle de relais, ce qui garantit également la redondance des chemins de communication.
- la transmission sur une courte période de temps ou la possibilité de faire varier la puissance de transmission pour réduire le plus possible la consommation des appareils.

## V. Implémentation et paramétrage

L'unité de conditionnement d'huile Cevital souhaite disposer d'un réseau de capteurs sans fil. L'installation et le paramétrage des interconnexions sont décrit ci-dessous :

### V.1 la mise sous tension

La Gateway (ou Un nœud passerelle) est un nœud régulier permettant de relayer le trafic dans le réseau sur le même canal de communication. La passerelle Smart Wireless permet d'acheminer les données récoltées des différents nœuds capteurs vers l'ordinateur du chef de quart à travers une liaison Ethernet, comme elle est décrite ci-dessous :

*Établissement de la connexion locale :* à l'aide du câble de liaison Ethernet fourni, nous branchons l'ordinateur sur la prise Ethernet P1 (prise Ethernet le plus à droite) de la passerelle 1420.

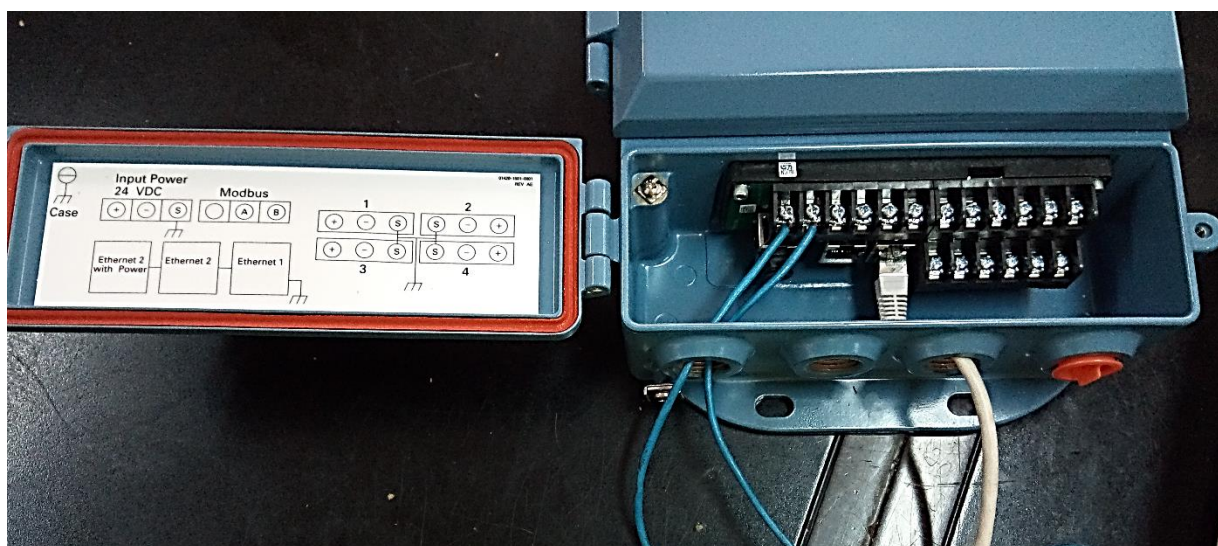


Figure 4.5 La description de la mise sous tension d'une passerelle

Il est à noter :

- Qu'il ne faut pas brancher le câble de liaison sur le port Ethernet POE. Ce port fournit l'alimentation électrique par câble Ethernet et pourrait endommager l'ordinateur.
- Si un ordinateur relié à un autre réseau est utilisé, il faut prendre note avec soin de l'adresse IP actuelle et d'autre paramètre afin que l'ordinateur puisse être reconnecté à son réseau d'origine une fois la configuration de la passerelle 1420 terminée.

## V.2 Configuration de la passerelle

La configuration de la passerelle est faite comme suit :

1. configuration des paramètres de communication de l'ordinateur

Démarrer >panneau de configuration >Réseau et Internet >Modifier les paramètres de la carte.

Nous Sélectionnons Connexion au réseau local. Cliquons avec le bouton droit de la souris et sélectionnons Propriétés. Ensuite, Internet Protocol (TCP/IP) (Protocole Internet [TCP/IP]), puis cliquons sur le bouton Propriétés.

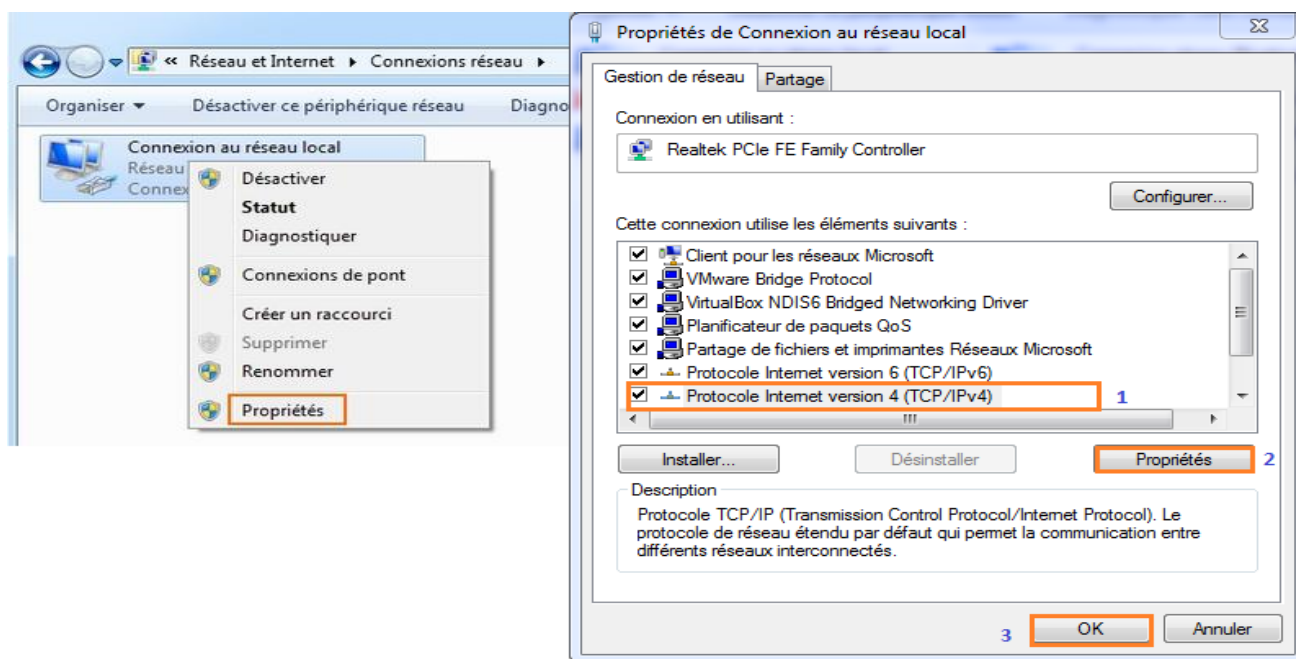


Figure 4.6 Configuration des paramètres de communication de l'ordinateur

2. Pour l'affectation des adresses IP, nous avons suivi ces étapes :

Nous avons saisi 192.168.1.12 sous adresse IP, le masque sous-réseau 255.255.255.0 et l'adresse de la passerelle 192.168.1.10. Enfin, dans la fenêtre Internet Protocol (TCP/IP), Propriétés (Propriétés de protocole Internet [TCP/IP]), nous sélectionnons OK.



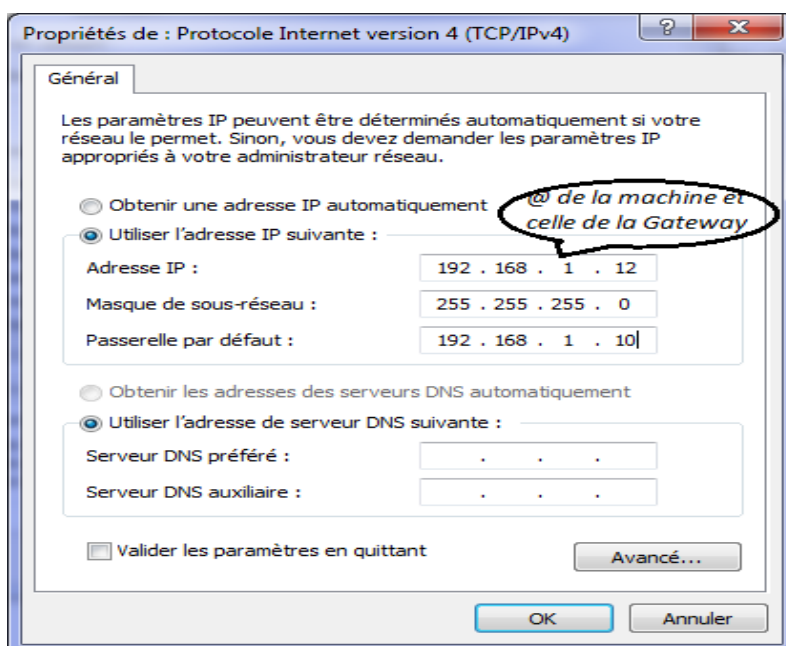


Figure 4.7 L'affectation des adresses IP

3. Désactiver les serveurs proxy :

Pour cela, nous avons ouvert un navigateur Web ordinaire (Internet Explorer, Mozilla Firefox ou autre). Naviguer vers *Tools (Outils) > Internet Options (Options Internet) > Connexions (Connexions) > LAN Settings (Paramètres réseau)*.

Décocher la case sous *Proxy Server (Serveur proxy)*.

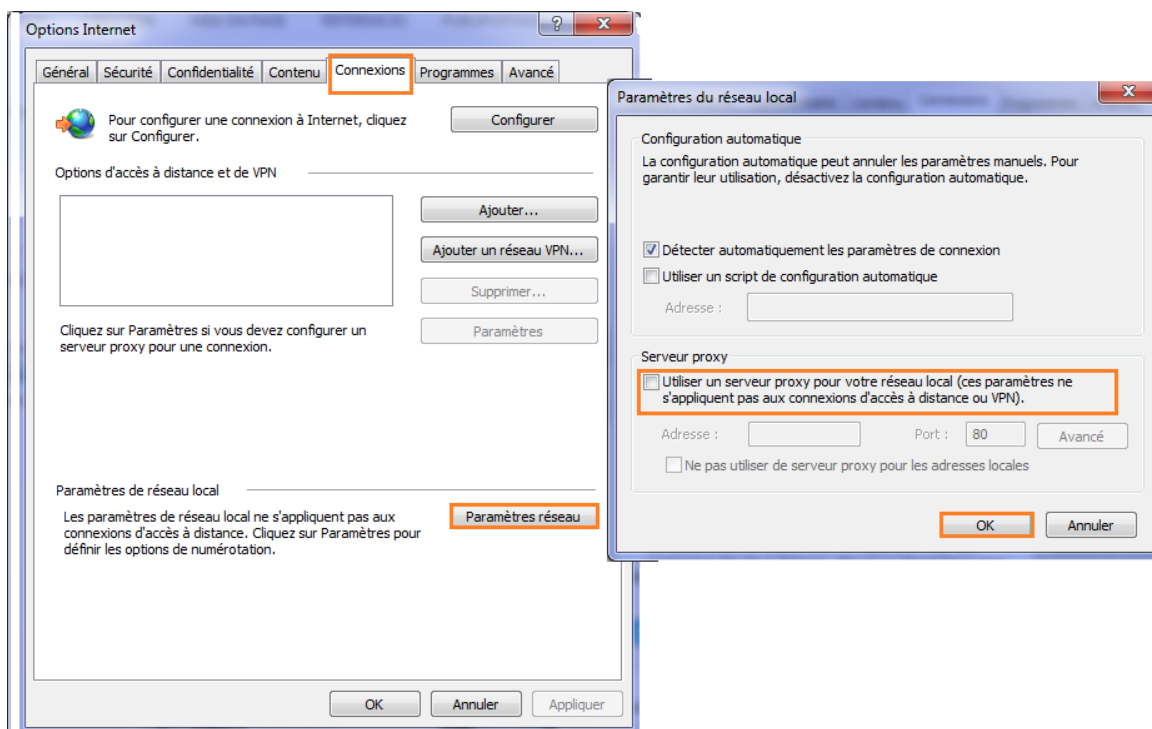


Figure 4.8 Désactiver les serveurs proxy.

Pour terminer la configuration initiale de la passerelle, nous Accédons à la page Web par défaut de la passerelle à l'adresse *https://192.168.1.10*.

- a. Dans le champ *User name* (Nom d'utilisateur), saisir admin.
- b. Dans le champ *Password* (Mot de passe), saisir default.

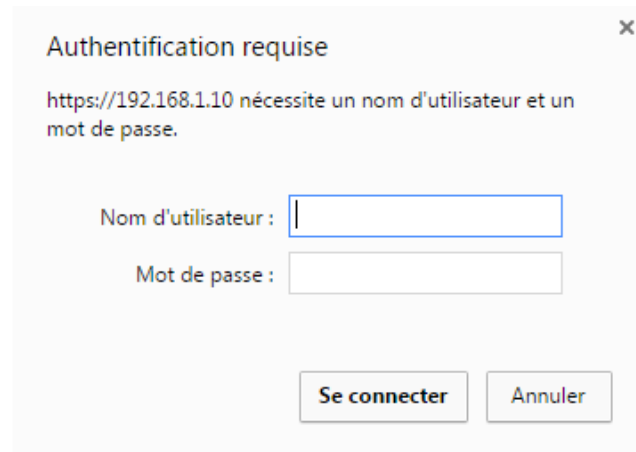


Figure4.9 Authentication

Après l'établissement de la connexion, l'affichage de la page d'accueil sous « le nom Cevital conditionnement d'huile ».

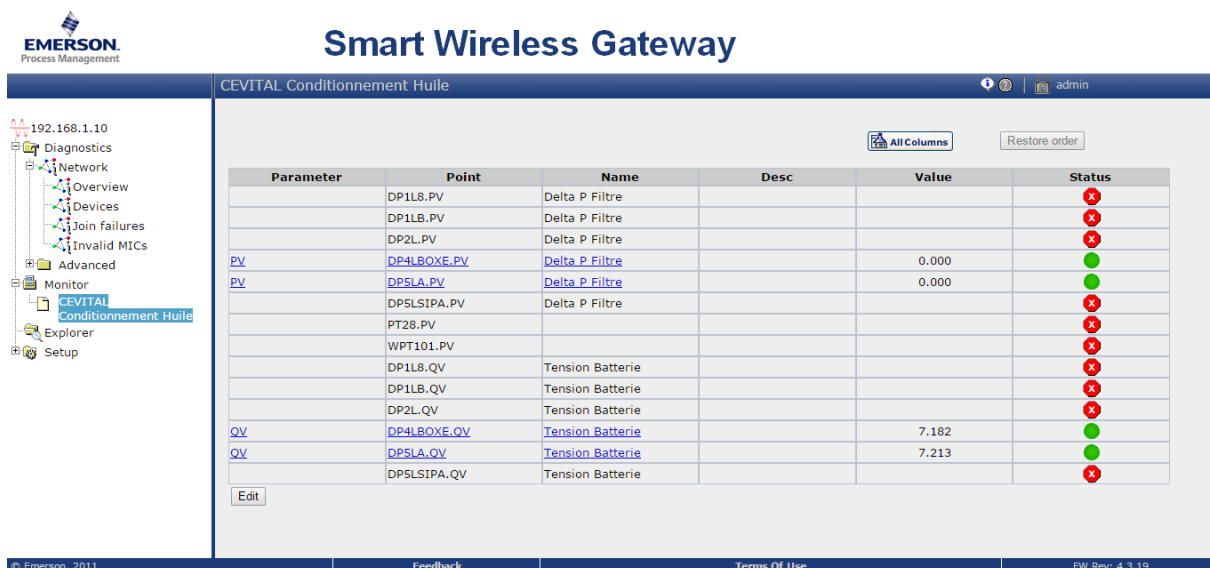


Figure 4.10 Page d'accueil sous le nom « Cevital conditionnement d'huile ».

### V.3 Ajout d'un nouveau capteur sans fil au réseau

Afin de rejoindre un réseau WirelessHART, chaque périphérique doit connaître l'ID du réseau auquel il se joint et la clé secrète de ce réseau. L'identifiant réseau est un nombre entier unique entre 0 et 36 863, et doit être unique pour tous les réseaux fonctionnant dans la même zone. La clé secrète est un mot de passe de 128 bits, écrit en 32 caractères hexadécimaux. La clé secrète de 128 bits et le numéro du réseau est inséré à l'aide d'une poquette (HART



Communicator), équipement utilisé pour la communication avec le capteur, ou à l'aide de l'interface de la passerelle vue précédemment.



Figure 4.11 Branchement du capteur avec le HART Communicator

Après avoir branché le HART Communicator au capteur a ajouté comme montrer ci-dessous il suffit de :

- Choisir le menu Hart
- Entrer dans le mode hors-ligne>Configure>Guided Setup>Join device to network

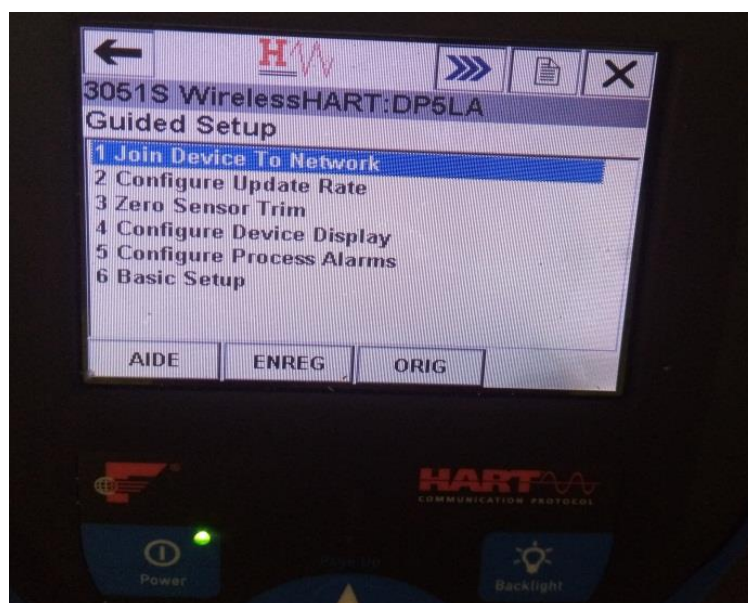


Figure 4.12 Menu d'ajout d'un noeud au réseau

- Entrer le ID network

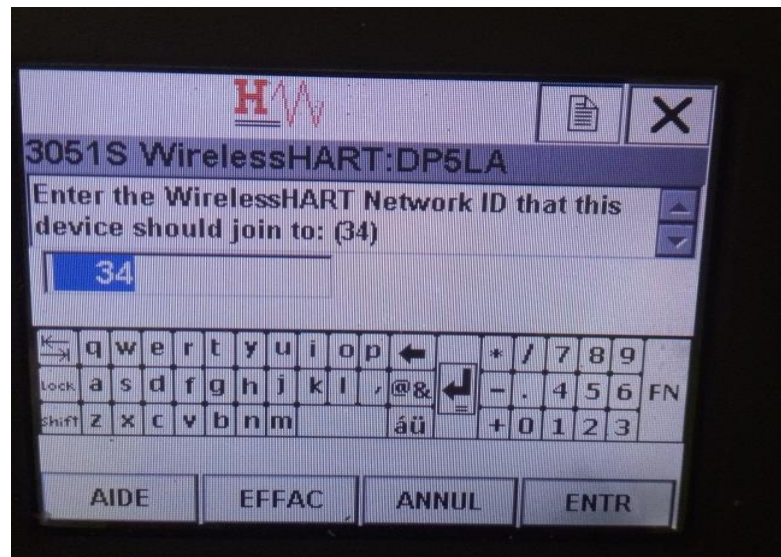


Figure 4.13 choix du réseau

- Entrer la clé secrète du réseau

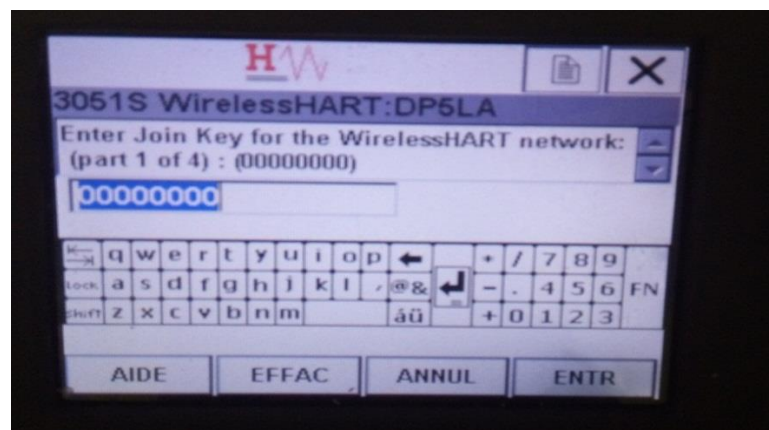


Figure 4.14 Saisi de la clé du réseau WirelessHART

#### V.4 Résultat du déploiement

Après avoir mis la passerelle sous tension et l'avoir configuré avec l'ordinateur du chef de quart, et avoir configuré les paramètres du réseau sur les différents capteurs existants, voici la figure qui représente le test fait au sein de Cevital d'un ajout de capteur, branchement de la passerelle et paramétrage puis l'accès à l'interface de supervision. Ces capteurs seront placés comme montré dans l'architecture du réseau (figure 4.4) auparavant.



**Figure 4.15** Configuration du réseau de capteurs

## Conclusion

Notre projet au sein de Cevital a consisté à déployer un réseau de capteurs pour l'observation sans fil des paramètres de mesure de la production, dans l'unité de conditionnement d'huile. Cela permettra au contrôleur, un dialogue et une interaction intuitive et adaptée pour le pilotage des équipements. Le réseau de capteurs est basé sur des capteurs intelligents autonomes en énergie avec une durée de vie de 10 ans, conçu de façon à pouvoir observer les différents phénomènes physiques tels que la température, la pression,...etc. Son objectif est de maximiser la couverture de la zone de surveillance, renforcer la connectivité du réseau, prolonger la durée de vie et garantir une faible latence des données et un bon taux de livraison. Ce mémoire présente les éléments du système et les premières implémentations au sein de l'unité de conditionnement d'huile.

## Conclusion générale et perspectives

Durant ces dernières années, nous avons été marqués par le développement très rapide des technologies de communication sans fil. Ce développement a permis l'émergence des réseaux de capteurs sans fil qui a le monde de l'industrie et a permis de déployer des réseaux de capteurs sans fil afin d'observer les phénomènes physiques tel que: la température, la pression ou le débit.

Les travaux menés dans ce mémoire concernent le déploiement d'un réseau de capteurs sans fil au sein de Cevital pour la surveillance des paramètres de production au niveau de l'unité de conditionnement d'huile. Pour cerner le contexte de notre travail, nous avons présenté la définition des réseaux de capteurs, leur constitution, leurs classifications et leur architecture. Puis nous avons décrit le système existant au niveau de l'unité de conditionnement d'huile pour l'acquisition de ses variables et ses problématiques. Ensuite, nous avons exposé une amélioration au système à base de RCSF.

Ce déploiement a été effectué avec des capteurs industriels Rosemount de types (pression, température, débit, niveau et logique) qui fonctionnent sous le protocole WirelessHART sur la bande de fréquence 2.4 GHz. Ce réseau de capteurs sans fil a permis une supervision de la production en temps réel avec une meilleure facilité et fiabilité.

Plusieurs perspectives peuvent être envisagées sur la base de ces travaux : le Rajout d'autres nœuds dédiés à la surveillance, comprenant par exemple, des caméras, des capteurs de mouvement, des nœuds médicaux pour le suivi du personnels...etc, extension du réseau par l'ajout d'autres nœuds et passerelle pour une expansion du réseau aux autres raffineries (margarinerie, sucre) dans le but d'une surveillance centralisé de l'usine, amélioration du suivi des paramètres en développant des logiciels afin de détecter des comportements systèmes anormaux et de créer des alarmes qui pourront être mise à profit pour des interventions préventives ou réparatrices, faire un diagnostic de l'origine probable du défaut détecté, créer des tests et diagnostic par la collecte de données afin d'accélérer les systèmes de plus en plus complexes.

# Glossaire

**Adhoc (réseau) :** également nommé réseau indépendant ou IBSS (Independent Basic Service Set). Un réseau ad hoc est un LAN sans fil composé de stations sans fil sans point d'accès

**Adresse IP :** adresse réseau d'un ordinateur ou dispositif connecté, configuré pour employer TCP/IP. Chaque adresse IP doit être unique au sein d'un même réseau.

**AES : (*Advanced Encryption Standard*)** ou AES est un standard de chiffrement avancé, aussi connu sous le nom de Rijndael, c'est un algorithme de chiffrement symétrique. Il est actuellement le plus utilisé et le plus sûr

**Amplificateur :** Dispositif qui injecte de la puissance (courant continu ou DC) dans le câble radio pour augmenter le gain. Peut-être uni ou bidirectionnelle avec une augmentation de gain fixe ou réglable.

**Antenne :** dispositif de transmission ou de réception d'un signal radio (RF pour Radio Frequency). Les antennes sont conçues pour des plages de fréquences spécifiques et possèdent des modèles de conception très divers.

**Antenne directionnelle :** antenne pour carte ou appareil sans fil émettant un signal concentré dans une unique direction précise.

**Antenne omnidirectionnelle :** Antenne pour carte ou appareil sans fil émettant un signal dans toutes les directions.

**Bluetooth (IEEE 802.15.1) :** Technologie WPAN lancée par Ericsson en 1994 et soutenue par le Bluetooth SIG (Special Interest Group). Les radios Bluetooth sont des émetteurs-récepteurs de faible puissance FHSS qui fonctionnent dans la bande ISM médiane et proposent un débit théorique de 1Mbps pour une portée maximale d'une trentaine de mètres. Les connexions Bluetooth nécessitent un émetteur et un récepteur et peuvent être sécurisée à l'aide d'un code ou d'une clé de passe très peu gourmande en énergie, la technologie Bluetooth est particulièrement adaptée à une utilisation au sein de petits périphériques.

**Débit :** Quantité d'infos circulant par unité de temps. Le débit se mesure en kilobits par seconde (kbit/s) ou megabits par seconde (Mbit/s)

**DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) :** protocole réseau qui sert à fournir automatiquement des informations d'adresses IP et les détails apparentés, dont un masque de sous-réseau, une passerelle par défaut et les adresses de serveurs DNS.

**DNS (Domain Name Server) :** Standard réseau pour la résolution de noms de réseau hiérarchiques conviviaux en adresses TCP/IP.

**DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)** : techniques d'étalement de spectre en séquence directe. Utilisée dans les réseaux 802.11/b/g.

**Ethernet** : protocole de communication permettant à des ordinateurs de communiquer entre eux, sur un réseau local via des câbles et des cartes spécifiques. L'Ethernet de base permet de communiquer à 10Mbit/s ou 100Mbits/s.

**FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum.** Technique d'étalement de spectre en saut de fréquence utilisée dans le standard 802.11.

**Firewall** : Voir pare-feu

**HTTP (HyperText Transfert Protocol)** : Le principal protocole fondé sur TCP/IP employé pour accéder aux sites web.

**HTTPS (HyperText Transfert Protocol Secure)** : Version sécurisée du protocole HTTP employé pour accéder à des sites web. Le protocole prend en charge l'emploi du chiffrement et de certificats pour protéger des données sensibles.

**IEEE 802.11** : Norme initiale sur le sans-fil. Souvent employé par extension pour toutes les normes de technologie sans fil dérivant de la norme initiale IEEE 802.11.

**Interférence** : peut être due à d'autres réseaux sans fil 802.11, 802.15 ou non compatibles 802, mais également à tout autre matériel émettant sur la bande de 2.4 Ghz : téléphones sans fil, appareils de surveillance, et éventuellement brouilleurs intentionnellement installés par des personnes malveillantes.

**Internet** : ensemble de réseaux informatiques reliés entre eux par le protocole de communication IP.

**IEEE 802.15.4** : Le **802.15.4** est un protocole de communication défini par l'IEEE. Il est destiné aux réseaux sans fil du fait de sa faible consommation, de sa faible portée et du faible débit des dispositifs utilisant ce protocole.

**TDMA** : Le time division multiple access (**TDMA**) ou accès multiple à répartition dans le temps en français, est une technique de contrôle d'accès au support permettant de transmettre plusieurs flux de trafic sur un seul canal ou une seule bande de fréquence.

**SmartPower** : Les solutions **SmartPower** sont conçues pour la certification Sécurité intrinsèque, ce qui permet de remplacer les modules d'alimentation rapidement sur le terrain. Leur durée de vie prévisible peut atteindre jusqu'à 10 ans selon l'environnement d'installation. Les alertes générées en cas de niveau faible facilitent l'entretien. De par leur conception robuste, ces modules sont parfaitement adaptés aux environnements sévères. Les connecteurs à détrompeur permettent un remplacement aisé en toute sécurité.

**WirelessHart** : La technologie sans fil **WIRELESS HART**, partie sans fil du protocole HART, est en réalité très proche dans ses caractéristiques, d'un réseau de type **ZIGBEE** dont elle partage la norme **IEEE 802.15.4**. La différence principale, et ce qui la rend très intéressante, est la synchronisation des messages et la garantie de livraison en un temps donné, ce que le protocole **Zigbee** ne peut offrir. Cette technologie est donc plus particulièrement adaptée au monde industriel et aux exigences de temps réel.

**Hart** : Le protocole HART (Highway Addressable Remote Transducer) est une norme communément reconnue pour la communication numérique évoluée avec l'instrumentation dans les procédés industriels.

**LAN (Local Area Network)**: Voir réseau local.

**Pare-feu (firewall)** : système de protection qui empêche les pirates du web de s'introduire dans un micro.

**Passerelle par défaut** : adresse TCP/IP à laquelle sont envoyées toutes les communications destinées à un sous-réseau non local.

**Passerelle sans fil** : périphérique de connectivité de haut de gamme sans fil vers câblé qui prend en charge plusieurs dispositifs évolués, avec éventuellement une fonction de pare-feu, de routeur, de QoS, de concentrateur VPN et de serveur d'authentification. Un point d'accès évolué.

**Point d'accès (AP, Access Point)** : dispositif de connectivité de couche 2 qui constitue l'interface entre réseaux câblés et sans fil et contrôle les paramètres de travail en réseau des réseaux sans fil.

**Réseau local (LAN, Local Area Network)** : Réseau généralement limité à un bâtiment ou emplacement. Les frontières d'un réseau local sont habituellement générées par un unique individu ou organisation.

**Réseau sans fil (Wireless Network)** : réseau dans lequel au moins deux périphériques peuvent, communiquer sans liaison filaire.

**Réseau sans fil ad hoc** : réseaux sans fil créée directement entre des ordinateurs sans devoir recourir à un point d'accès sans fil.

**Répéteur** : matériel électronique qui amplifie un signal numérique et étend ainsi la distance maximale ente deux nœuds d'un réseau. Il ne travaille qu'au niveau physique (couche 1 du modèle OSI et ne peut donc interpréter les paquets d'informations (contrairement a un routeur).



**Routeur** : équipement d'interconnexion de réseaux informatiques permettant d'assurer le routage des paquets entre deux réseaux ou plus afin de déterminer le chemin emprunté par un paquet de données.

**Saut de fréquence** : Méthode de transmission par radio qui fait varier la fréquence utilisée pour transmettre des signaux toutes les delta millisecondes, selon une séquence connue seulement par l'émetteur et le récepteur.

**Slot** : intervalle de temps élémentaire. la durée d'un slot est déterminée en fonction des caractéristiques de la couche physique choisie.

**SSL** : Secure Socket Layer. C'est un protocole de communication sécurisée fournissant des services de sécurité basés sur les techniques de cryptographie symétriques (DES, 3DES, RCx) et asymétriques (RSA).

**TCP** : Transport Control Protocol. Protocole de transport orienté connexion permettant un échange fiable de données entre deux équipements (niveau 4 OSI) reliés par un ou plusieurs réseaux IP.

**TCP/IP** : Transmission Control Protocol/Internet Protocol.

**Wireless** : sans fil.



# Bibliographie

- [1] **Chane L., J. Garcia-Luna-Aceves**, “Floor acquisition multiple access (fama) for packet-radio networks”. Conférence des Applications, technologies, architectures, et protocoles de communication (SIGCOMM), pages 262–273, Cambridge, Massachusetts, USA, Aout 1995. ACM
- [2] **LEHSAINI Mohamed**, « Diffusion et couverture basées sur le clustering dans les réseaux de capteurs : application à la domotique », Université A.B Tlemcen Faculté des Sciences pour l’Ingénieur && Université de Franche-Comté U.F.R Sciences et Techniques École Doctorale SPIM, Thèse de Doctorat Spécialité Informatique, 2009.
- [3] **Isabelle Augé-Blum**, Maître de Conférences à l’INSA de Lyon, « Proposition et validation formelle d’un protocole MAC temps réel pour réseaux de capteurs linéaires sans fils », Mémoire de Master Recherche Informatique Spécialité Réseaux, Télécommunications et Services, 2004/2005
- [4] **François Ingelrest, Guillermo Barrenetxea, and Martin Vetterli**, « Sensorscope, un système clef en main de surveillance de l’environnement ». 13ème Colloque Francophone sur l’Ingénierie des Protocoles (CFIP), Les Arcs, France, Mars 2008.
- [5] **Vernon S.Somerset**, « Intelligent and Biosensors», janvier 2010
- [6] **Fares Abdelfatah**, « Développement d'une bibliothèque de capteurs », 25/04/2008
- [7] **I.F. Akyildiz, W.Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci**, “Wireless sensor networks: a survey”, computer networks, vol 38, 2002.
- [8] **F.Brissaud, D.chapentier, A.Barros et C.Bérenguer**, « capteur intelligents, Nouvelle technologies et nouvelles problématiques pour la sureté de fonctionnement Maitrise des risques et de sureté de fonctionnement », Tmbada-MU 16, Avignon :France (2008).
- [9] **Kamal BEYDOUN**. « Conception d’un protocole de routage hiérarchique pour les réseaux de capteurs », 2002.
- [10] **Akyildiz, I.F., W. Su, Sankarasubramaniam,E. Cayirci**, “ A Survey on Sensor Networks” ,IEEE Communication Magazine, Aout, 102-114(2002).
- [11] **Shio Kumar sigh et al**, “ Application Classification and Selections of Energy-Efficient Routing Protocols for Wireless Sensor Networks”, International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies (IJAEST), Vol N°1, Issue N°2,p85-95
- [12] **V.R Syrtiuk,B.LI and A. M. Mielke**, “Heterogeneous Wireless Sensor Networks in Algorithms and Protocols for Wireless Ad hoc and Sensor Networks”, A. Boukerche, ed., John Wiley & Sons, Inc., 2008, Chapter 2,pp.21-50

- [13] **Michael Fitzgerald**, Revue: Tracking a Shopper's Habits, 04 Aout 2008.
- [14] **Axis & Agis**, « réseaux TCP/IP Guide de formation », Edition LASER 1995.
- [15] **Robin Burk, Martin J. Bligh, Thomas Lee et al.**, “TCP/IP blueprints”, SAMS Publishing.
- [16] **Guillaume Plouin, Julien Soyer, Marc-Eric Trioullier**, « Sécurité des architectures WEB », DUNOD, Paris, 2004.
- [17] **Cédric Ramassamy**, « Analyse des protocoles des réseaux sans-fil », Editions universitaires européennes.
- [18] **Transmetteur logique sans fil 702 de Rosemount**, Guide condensé 00825-0203-4702, Rév. FB Décembre 2014.
- [19] **Transmetteur de pression 3051 et débitmètres de la série 3051 CF de Rosemount**, Guide condensé 00825-0103-4100, Rév BA, Décembre 2014
- [20] **Transmetteur de température Rosemount 644**, Fiche de spécification 00813-0103-4728, Rév. RA, Décembre 2011
- [21] **COURCIER Marion - DANDEL Julie**, Mesure de température par SONDE Pt100
- [22] **Transmetteurs de pression Rosemount® série 3051S Solutions modulaires pour les mesures de pression, débit et niveau**, Fiche de spécifications 00813-0103-4801, rév. SA, Avril 2014.
- [23] **Débitmètres à orifice compact Rosemount**, Fiche de spécifications 00813-0103-4810, Rév. EA, Avril 2005.
- [24] **Manifolds 305 et 306 de Rosemount**, Fiche de spécifications 00813-0103-4733, Rév. JA, Juin 2005.
- [25] **SmartPower™ Solutions**, Quick Start Guide 00825-0100-4701, Rev DA, Juin 2016.
- [26] **Adaptateur Smart Wireless THUM™**, Fiche de spécification 00813-0103-4075, Rév. CA, Décembre 2011.
- [27] **Passerelle Smart Wireless 1420 d'Emerson™**, Guide condensé 00825-0203-4420, rév. GA Juin 2016.
- [28] **Cerabar M PMC41**, Fiche technique Cerabar M PMC41/45, PMP41/45/46/48
- [29] **Promas83**, Fiche technique Proline Promass 80F, 83F

[30] **delta P**, Fiche technique WIKA PV 27.20.

# Chapitre I.

## Généralités sur les réseaux de capteurs sans fil

## Chapitre II.

# Présentation de l'organisme d'accueil

## Chapitre III.

### Présentation du projet d'étude

Chapitre IV.

Etude et Implémentation

# Conclusion Générale



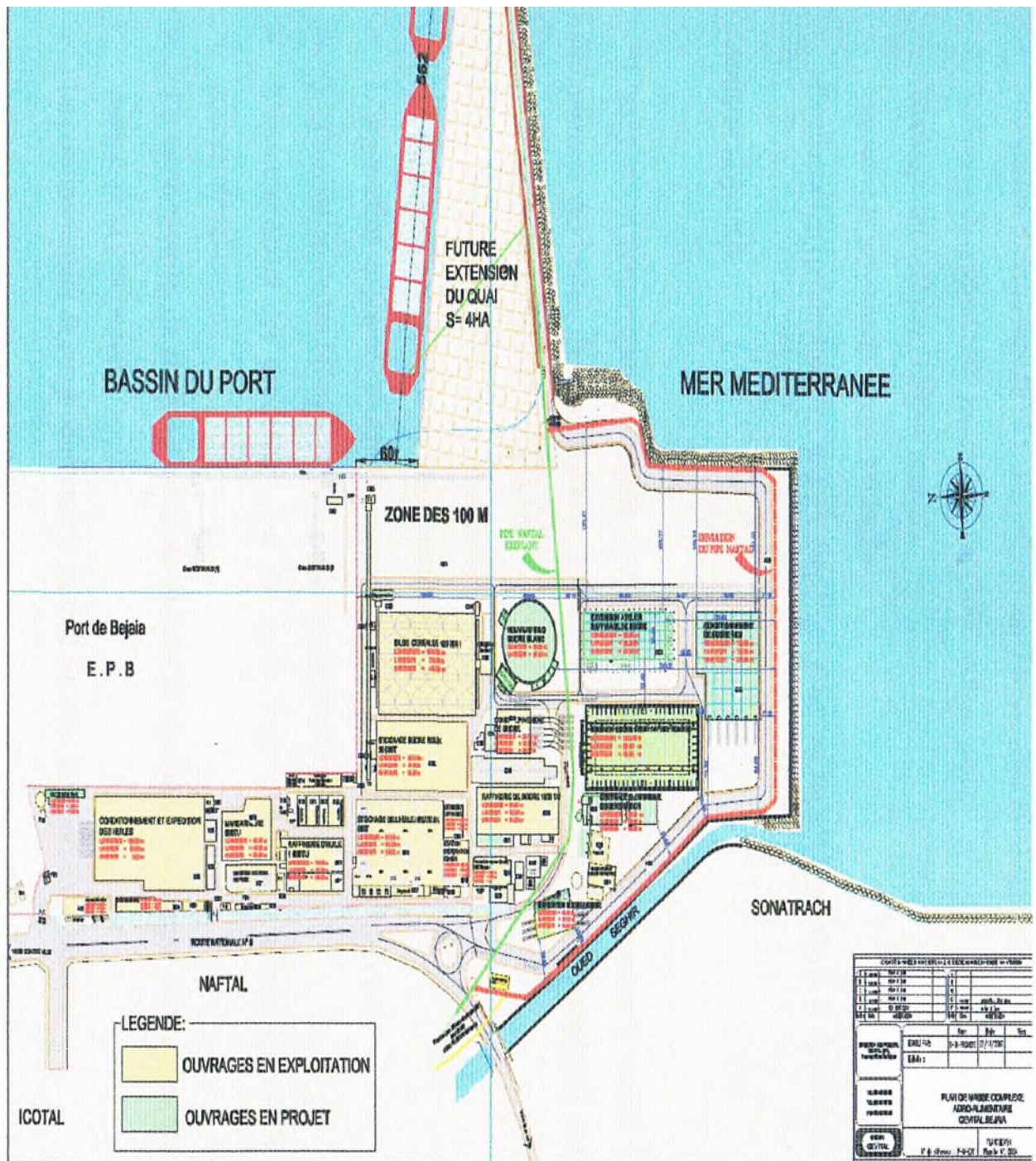


Figure 2.2 Plan de masse du complexe Cevital

# Glossaire

# Introduction Générale

## **Résumé**

Le besoin de contrôler et de surveiller des variables de production a été toujours une nécessité dans le domaine industriel. Depuis l'essor des réseaux de capteurs, ce procédé a évolué d'une simple installation câblée à un réseau de capteurs sans fil très sophistiqué.

Notre mémoire s'intéresse plus précisément à une implémentation d'un réseau de capteurs sans fil au sein de l'unité de conditionnement d'huile Cevital pour la surveillance de six lignes de production en temps réel.

L'implémentation de ce réseau a été réalisée avec des capteurs industriels Rosemount de types (température, pression, niveau, débit et logique) placées sur les différentes machines de production après une vérification de la connectivité entre les éléments. Ces capteurs ont été ajoutés un par un au réseau à l'aide de communicateur HART.

### **Mots clés**

Réseaux de capteurs sans fil, surveillance de la production, Smart Wireless, WirelessHART.

## **Abstract**

The need to control and monitor production variables has always been a necessity in the industrial field. Since the rise of sensor networks, this process has evolved from a simple wired installation to a very sophisticated wireless sensor network.

Our paper focuses on the implementation of a network of wireless sensors within the Cevital oil conditioning unit for the monitoring of six production lines in real time.

The implementation of this network was realized with Rosemount industrial sensors of type (temperature, pressure, level, flow, and logic) placed on the various production machines after a check of connectivity between the elements. These sensors were added one by one to the network using HART Communicator

### **Key words**

Wireless sensors networks, monitor, Smart Wireless, WirelessHART.