

**LICENCE**  
**Electronique Télécommunication et Informatique**  
**(ETI)**

**RAPPORT DE FIN D'ETUDES**

**Intitulé :**

**Contrôle commande d'une  
installation industrielle**

**Réalisé Par :**

**Seghrouchni Idrissi Habiba**

**Encadré par :**

**P<sup>r</sup> Mr .T.LAMCHARFI (FST FES)**

**Soutenu le 11 Juin 2013 devant le jury**

**Pr Mr. T . LAMCHARFI (FST FES)**

**Pr Mr. M . JORIO (FST FES)**

**Pr Mme. F .ERRAHIMI (FST FES)**

**Table des matières**

**CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE JACOBS ENGINEERING ..... 2**  
**I. PRESENTATION DU GROUPE AMERICAIN JACOBS ENGINEERING ..... 3**

II. PARTENARIAT JACOBS ENGINEERING - OFFICE CHERIFIEN DES PHOSPHATES (JESA) .....	4
<b>CHAPITRE 2: DESCRIPTION DU PROJET DE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER PAR OSMOSE INVERSE .....</b>	<b>7</b>
I. DEFINITIONS .....	8
II. PROJET DE DESSALEMENT D'EAU DE MER A JORF LASFAR, MAROC .....	8
III. SYSTEME: DOSAGE DES PRODUITS CHIMIQUES (REACTIFS) .....	10
<b>CHAPITRE 3 : LECTURE DE LA NORME ISA 5 .1 .....</b>	<b>12</b>
I. LECTURE DE LA NORME ISA 5 .1 .....	14
II. LES DIFFÉRENTES APPLICATIONS DE L'ISA 5.1 DANS UN P&ID ( PIPING AND INSTRUMENTATION DIAGRAM) .....	15
III. DOCUMENTS D'INSTRUMENTATION .....	20
<b>CHAPITRE 4 : ANALYSE DES P&amp;ID ET PROPOSITIONS .....</b>	<b>22</b>
I. DOCUMENT P&ID .....	23
II. ANALYSE DES P&ID .....	24
III. PROPOSITION D'AMELIORATION .....	28
<b>CHAPITRE 5 : ELABORATION DES INTERLOCKS ET LA LISTE DES ENTREES /SORTIES.....</b>	<b>30</b>
I. ELABORATION DES INTERLOCKS .....	31
II. ELABORATION DE LA LISTE DES ENTREES/SORTIES .....	33
<b>CHAPITRE 6 : ELABORATION DE LA LISTE DES INSTRUMENTS ET DATASHEET .....</b>	<b>35</b>
I. ELABORATION DE LA LISTE D'INSTRUMENTS .....	35
II. INSTRUMENT DE MESURE .....	36
1. LA NIVEAUMETRIE .....	36
2. DEBITMETRE .....	39
3. MESURE DE TEMPERATURE .....	45
4. MESURE DE PRESSION .....	46
III. ELABORATION DES DATA SHEETS .....	47
1. DATA SHEET DE LA MESURE DE NIVEAU .....	47
2. DATA SHEET DE : PRESSION, DEBITMETRE, ET TEMPERATURE .....	50

## Chapitre 1 : Présentation de JACOBS Engineering



## Introduction

**Veillant à développer des projets dans tous les secteurs, le Maroc encourage la création des entreprises locales et l'association à d'autres internationales, qui parmi elle, est située JACOBS ENGINEERING SA. Il s'agit de la société qui m'a accueilli lors de mon projet de fin d'études.**

## **Présentation du groupe Américain Jacobs Engineering**

Le groupe JACOBS Engineering est une société américaine fondée en 1947 et l'un des fournisseurs de services techniques professionnels importants au monde. En 2012 son revenu a atteint 11 milliards de dollars avec 60000 employés, répartis dans 200 bureaux dans plus de 25 pays en Amérique du Nord, au Royaume-Uni, en Irlande, en Europe continentale, en Inde, en Australie, en Afrique et en Asie. **JACOBS Engineering** aident les clients à maintenir un avantage concurrentiel sur leurs marchés respectifs. Les services comprennent des conseils scientifiques et de spécialité ainsi que tous les aspects de l'ingénierie, de l'architecture, de la construction, de l'exploitation et de la maintenance.

Ses capacités permettent d'aider ses clients dans toutes les phases de développement du projet - depuis les phases de planification conceptuelle à travers la conception, la construction et l'exploitation

Plus de 80 pour cent de son travail est une activité commerciale continue auprès des clients fidèles. Cette stratégie donne des avantages de coûts, des bénéfices et de croissance, ce qui lui permet d'attirer et de retenir les investisseurs, et donc alimenter la croissance future.

## **Partenariat Jacobs Engineering - Office Chérifien des Phosphates (JESA)**

### **1. Naissance de JESA**

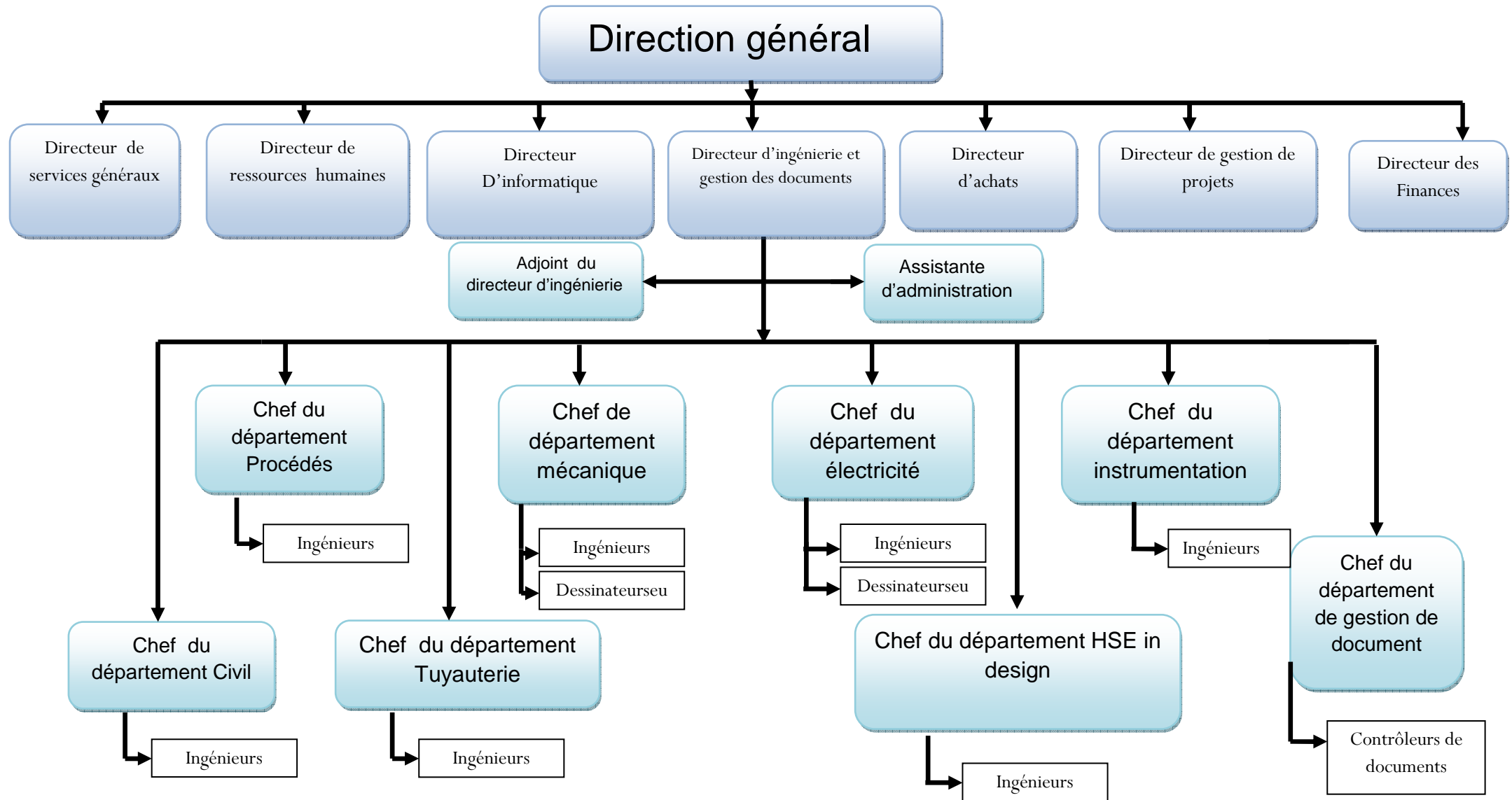
Le Groupe Américain JACOBS Engineering (JE) et l'Office Chérifien des Phosphates (OCP), ont conclu le 15 mars 2010, un accord de partenariat en ingénierie industrielle sous forme de joint-venture au Maroc. Baptisée Jacobs Engineering SA (JESA) et basée à Casablanca, cette structure est la plus grande firme d'ingénierie au Maroc qui offre et gère des programmes d'ingénierie pour les projets de l'OCP.

### **2. Ressources de JESA**

Effectif JESA : 654 personnes avec plus de 8 nationalités différentes.

Capital: 45 000 000 DH

### 3. Organigramme de JESA



#### 4. Projets de JESA

JESA assure la maîtrise d'œuvre déléguée dans les projets suivants :

- **Approvisionnement en eau**
- **Projet Électrique des Mines**
- **Mine de phosphate El Halassa**
- **Beneficiation plants** → Concentration du minerai de phosphate.
- **Slurry pipeline** → Transporter du minerai de phosphate depuis les usines de traitement au port de Jorf –Lasfar.
- **Downstream** → Sécher et granuler le phosphate afin de l'exporter outre mer.
- **Projet JPH** → Créer l'infrastructure nécessaire au site de Jorf-Lasfar pour 10 usines d'engrais supplémentaires.
- **Unité de dessalement d'eau de mer** = Alimenter les nouvelles usines de produits chimiques en eau traitée;
- **PSI : Projets sociaux immobilier**

JESA assure aussi l'EPCM (Engineering, Procurement and Construction Management) dans d'autres projets tels que le Downstream dont le but est de sécher et granuler le phosphate afin de l'exporter outre mer.

#### Conclusion

Parmi les projets de JESA où le contrôle commande d'une installation industrielle est appliquée est : **le dessalement d'eau de mer.**

Les chapitres suivants auront pour objet l'étude de ce sujet du côté instrumentation où dans un premier temps, il y aura un aperçu général sur la norme ISA 5.1 puis, les parties suivantes traiteront de l'aspect pratique du sujet.

## Chapitre 2: Description du projet de Dessalement de l'eau de mer par osmose inverse



## Introduction

Le problème de l'alimentation en eau se pose de plus en plus dans tout le globe jusqu'à devenir l'une des préoccupations principales.

L'OCP, acteur majeur de développement, dans notre royaume, a décidé de construire une usine de dessalement à JORF LASFAR.

L'objectif de ce chapitre est de présenter le projet, la technique utilisée ainsi que le procédé de l'usine tout en se focalisant sur les éléments chimiques mis en jeu et qui constituent le sujet dont une partie de l'étude qui m'a été confiée.

## Définitions

- Ultra filtration : c'est un procédé qui permet de concentrer les solides en suspension. le perméat contient des solutés organiques de faible poids moléculaire et des sels.
- Coagulation-floculation : Les particules colloïdales sont caractérisées par deux points essentiels : d'une part, elles ont un diamètre très faible (de 1 nm à 1 µm) - d'autre part, elles ont la particularité d'être chargées électro-négativement, engendrant des forces de répulsions inter colloïdales. Ces deux points confèrent aux colloïdes une vitesse de sédimentation extrêmement faible (que l'on peut même considérer comme nulle dans le cadre du traitement de l'eau).

La coagulation-floculation est un procédé permettant, en deux temps, de s'affranchir de cette absence de sédimentation. Cette technique permet de s'attaquer aux deux caractéristiques - mentionnées précédemment - rendant impossible une élimination naturelle des particules colloïdales.

- Décantation : c'est une méthode de séparation de la partie liquide est la matière obtenue après floculation

## Projet de Dessalement d'eau de mer à JORF LASFAR, Maroc

### Présentation générale

Le projet de dessalement d'eau de mer JORF LASFAR constitue à dessaler 75 800 m<sup>3</sup> /jours. C'est un projet où JESA assure la maîtrise d'ouvrage.



## Description du process fonctionnel de l'usine

Du point de vue process, l'usine de dessalement est constituée de cinq systèmes principaux :

- Prise d'eau de mer
- Prétraitement
- Osmose inverse
- Post-traitement
- traitement des effluents

### **2.1 Prise d'eau de mer**

Le prétraitement consiste au système du DAF (Dissolved Air Flotation) qui est optionnel à l'ultrafiltration, le tout avec le prétraitement chimique nécessaire.

### **2.2 Prétraitement**

Il s'agit du point de départ du procédé de dessalement l'eau de mer est pompée puis filtrée pour éliminer toute sorte de solide (algue, grain de sable, ....etc.)

Cette étape est constituée des sous-systèmes suivants :

- DAF : (Disolved Air Flotation): ce procédé est optionnel et travaille uniquement si la marée rouge a lieu .Après un procédé de coagulation-flottation, des microbulles d'air sont injectées dans l'eau à traiter. Ces microbulles, en remontant à la surface, entraînent les particules qui sont ensuite regroupées par un racleur de surface, puis retirées des eaux à traiter
- Ultrafiltration : C'est le prétraitement idéal à l'étape de dessalement. L'UF assure la réduction du colmatage ainsi que la protection et la pérennité du système d'osmose inverse.

### **2.3 Osmose inverse**

C'est l'étape clé du dessalement d'eau de mer, mais avant de décrire ce qui est utilisé dans l'application, Il est primordial de commencer par une définition générale de l'osmose inverse.

**L'Osmose** permet le transfert du solvant à travers la membrane du milieu le moins concentré au milieu le plus concentré, tant que la pression égale à la pression osmotique et une fois que la pression dépasse cette valeur on a le phénomène de **l'osmose inverse** où le solvant passe du milieu le plus concentré au milieu le moins concentré.

Cette technique d'osmose inverse permet :

- ✓ D'épurer un solvant de ses molécules qui le pollue
- ✓ De concentrer une solution en éliminant le solvant

Parmi ses applications les plus importantes on trouve :

### Le dessalement de l'eau de mer

Pour le projet en question, il s'agit donc d'un système de purification de l'eau contenant des matières en solution (sels) par un système de filtrage très fin qui ne laisse passer que les molécules d'eau, et cela à travers deux passages.

## **2.4 Post –traitement (potabilisation)**

Le but de ce sous-système est de traiter le perméat d'osmose inverse avant l'usage finale.

En effet, ce perméat a un PH relativement acide, et donc il est agressif pour les matériaux métalliques de même cette eau n'est pas potable. Pour y remédier, il faut augmenter aussi bien le PH que la dureté d'eau et ceci est assuré par le post-traitement en dosant la chaux et le CO<sub>2</sub>

## **2.5 Traitement des effluents**

Le système de traitement des eaux usées traitera les effluents suivants:

- Les eaux usées après filtrage lors de la prise d'eau
- boues flottantes dans les systèmes DAF
- nettoyage des filtres
- l'eau provenant de l'ultrafiltration

Pour effectuer ce traitement d'eau usée, l'usine utilise le système de neutralisation et DAF.

### **Système: dosage des produits chimiques (réactifs)**

Pour les différents systèmes de dessalement d'eau de mer, les produits utilisés sont les suivants :

### **Sodium Hypochlorite (chloration pour choc)**

Consiste à éliminer les bactéries et les micro-organismes avant l'entrée de l'eau dans la membrane → empêcher toute précipitation

## Acide sulfurique

L'acide sulfurique est nécessaire pour trois différents services :

- ✓ La régulation du pH dans le prétraitement pour l'optimisation de la coagulation
- ✓ Pour le CEB (Chemical Enhanced Backwash) des membranes d'UF
- ✓ neutralisation des effluents caustiques

## Chlorure ferrique (coagulant)

Le chlorure ferrique est nécessaire pour obtenir une coagulation adéquate au processus de prétraitement.

## Sodium hypochlorite

Il est requis aussi pour CEB

## SMB (Sodium Meta Bisulfite : $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ )

C'est un agent réducteur nécessaire pour éliminer le chlore qui pourrait endommager les membranes de l'osmose inverse.

## ASC : (Antiscalant= Antitartre )

Il permet de prévenir ou minimiser l'encrassement sur la surface des membranes.

## Hydroxyde de sodium (CEB, 2emePASS, Neutralisation)

L'Hydroxyde de sodium est nécessaire pour trois services différents :

- ✓ Régulation du PH
- ✓ neutralisation des effluents
- ✓ la régulation du pH de l'eau du produit

## La chaux :(lime)

L'eau de l'osmose inverse a un pH faible qui rend l'eau très agressive pour les matériaux métalliques et non potable.

La chaux est utilisée pour augmenter le pH et la dureté et ceci est réalisé par le dosage de CO<sub>2</sub> et de la chaux (lime)

### CO<sub>2</sub>

Le CO<sub>2</sub> est nécessaire pour compléter le process de reminéralisations avec le dosage de la chaux.

### Floculant

Le floculant peut être utilisé pour le DAF dans le prétraitement

### Conclusion

Ainsi, après avoir présenté le procédé général et défini les différents réactifs chimiques utilisés, le chapitre suivant consistera à la lecture de la norme d'instrumentation nommée ISA 5 .1 .



## **Introduction**

Dans le milieu industriel, plusieurs symboles et schémas sont utilisés pour le contrôle d'une application industrielle, et qui diffèrent dans le monde, c'est pour cette raison

L'**ISA (Instrument Society of American)** a été fondée en 1945 afin de représenter et de globaliser les normes d'automatisation.

L'ISA permet d'élaborer plusieurs services, nommés (standard de l'ISA) .

Le projet de dessalement d'eau de mer de JORF LASFAR, s'intéresse à la lecture du standard **ISA-5 .1**, qui va être traitée dans ce chapitre tout en indiquant les principales applications d'ISA 5.1 .

## Lecture de la norme ISA 5 .1

### L'ISA 5.1

C'est un document de symboles et d'identification dont le but est d'uniformiser la désignation des instruments et les systèmes d'instrumentation utilisés pour la mesure et le contrôle.

**L'ISA 5.1** s'applique dans l'industrie, pour fournir des informations suffisantes et permettre la révision de tous les documents illustrant la mesure du process et le contrôler.

### Système d'identification ISA 5.1

Chaque instrument ou fonction peut être identifié et désigné par un code alphanumérique ou tag selon la règle générale suivante :

Numéro de zone –fonction d'identification -- numéro de série

- Numéro de zone

Chaque projet contient des zones prédéterminées. Ainsi, le numéro de zone informe sur la zone où est localisé l'instrument.

- Numéro de série

Après le numéro de zone et l'identification ISA, vient le numéro de série qui renseigne sur le numéro de l'instrument.

Les symboles et les méthodes d'identification contenus dans la norme **ISA 5 .1** sont destinés à de larges applications dans le domaine industriel.

Tous les symboles et les appellations sont utilisés comme outils d'information et génération des différents livrables d'instrumentation.

### Exemple de tag :

10-PAH-103

PAH	—————>	fonction d'identification
103	—————>	numéro de série
10	—————>	numéro de zone

Dans ce qui suit, nous allons interpréter les différentes listes, et symboles d'ISA 5.1 utilisés.

### Les différentes applications de l'ISA 5.1 dans un P&ID ( Piping and Instrumentation Diagram)

Le diagramme de tuyauterie et d'instrumentation (P&ID) donne une représentation graphique du procédé y compris le matériel (tuyauterie, équipements), les éléments de contrôle, la protection des installations ainsi que les paramètres industriels à contrôler.

Les installations ainsi que les vannes et les éléments de contrôle sont décrits par des symboles conformément à la norme ISA 5.1

Le P&ID apporte également une contribution directe au domaine de la conception physique de la tuyauterie

#### Composants du schéma P&ID

Un schéma P&ID peut être représenté comme suit

##### 1.1 Zone de titre

Chaque P&ID a sa propre zone de titre qui peut être composé de :

- Nom de la compagnie
- Nom de l'usine et localisation
- Titre du dessin
- Description du procédé
- Numérotation du dessin
- Révision

Non de  
l'usine et  
localisatio

Description du procédé		<b>75,800 M<sup>3</sup>/DAY SWRO DESALINATION PLANT PROJECT AT JORF LASFAR, MOROCCO</b>			
		UNIT : 081		CONTRACTOR: 	
Numéro de dessin	P&ID CHEMICALS SODIUM HYPOCHLORITE STORAGE & DOSING SYSTEM (SEAWATER INTAKE)		PMC: 		Nom de la compagnie Nom de la société
			CLIENT : 		Révision
		JESA Doc N°	J-081-CAD-PR-PLA-201-03		
		CAD Doc N°	PE-OI-CW7-D-000201-D		
		PROJECT N°	JESA	OCP SA	CADAGUA
			Q3490-00	J081	CW7
			SIZE : A1	SCALE : %	FOLIO : 03
					REV : 03

Figure 3.1 : zone texte extraite du projet de dessalement JORF Lasfar

### 1.2 Zone du schéma P&ID

Dans cette zone, on interprète le schéma P&ID, qui est un schéma composé de : bulles, vannes, débitmètres reliés entre eux par des conduites.

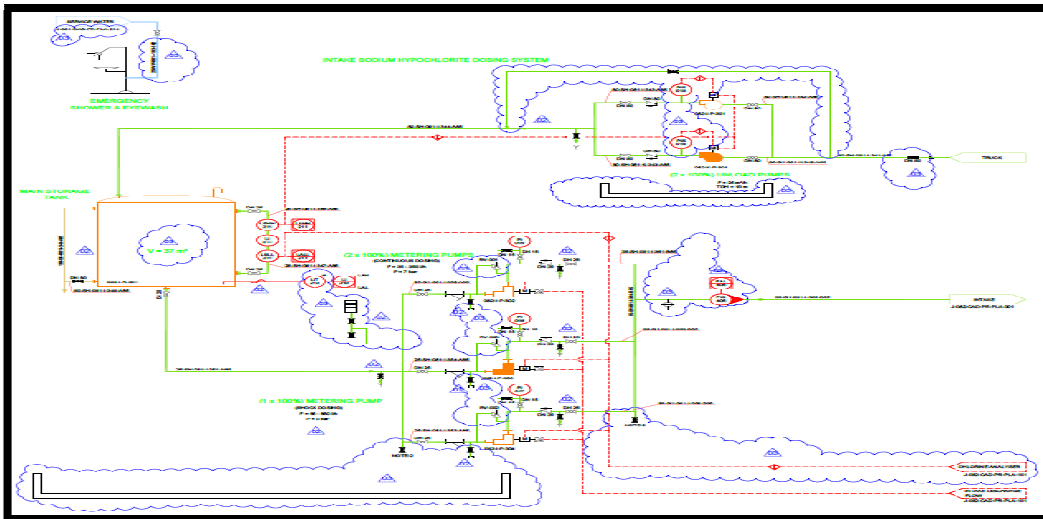


Figure 3.2 : zone du schéma extraite du projet de dessalement de mer, JORF Lasfar

### 1.3 Zone identifiant la tuyauterie

C'est une zone réservée pour la tuyauterie où on trouve toutes les informations qui indiquent : le type de matériel, diamètre de ligne, ainsi que les spécifications liées à chaque tuyauterie



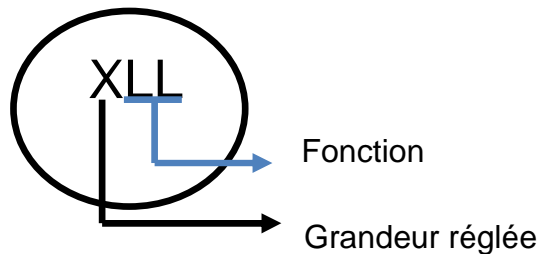


## Représentation des appareils de mesure

Cette représentation suit la norme ISA 5.1 selon la combinaison suivante :

La première lettre indique les grandeurs mesurées et la deuxième lettre indique le type et la fonction de l'appareil, le tout est représenté dans un cercle.

### Généralement :

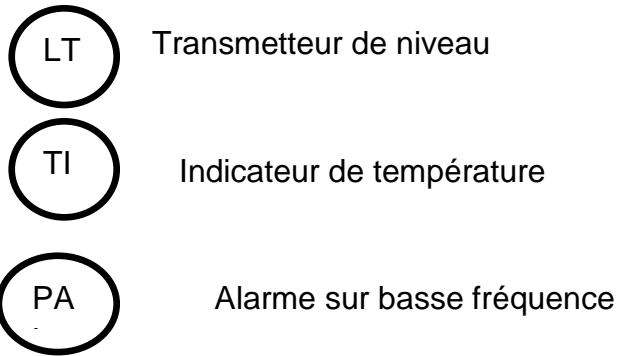


Le tableau suivant résume les principales grandeurs physiques ainsi que les fonctions d'instrumentation :

Colonne	Grandeur physique	Fonction d'instrumentation
A	Analyse	Alarme
B	Flame de bruleur	Au choix de l'utilisateur
C	Conductivité électrique	Régulateur
D	Masse volumique/densité	Différentiel
E	Tension	Capteur
F	Débit	Rapport
G	Dimension	Glasse
H	Commande manuelle	Haut
I	Intensité	Indicateur
J	Puissance	Scrutation
K	Temps	Poste de contrôle
L	Niveau	Bas
M	Humidité	Moyen intermédiaire
N	Nombre d'objet	
O	laissé au choix de l'utilisateur	Restriction
P	Pression	Prise de test
Q	Quantité	Intégration /totalisation
R	Rayonnement nucléaire	
S	Vitesse ou Fréquence	Sécurité
T	Température	Transmetteur
U	Multivibration	Multifonction
V	Viscosité	Vanne
W	Poids /force	Gaine
X	Variable non classée	Automatisme
Y	Emploi laissé aux choix de l'utilisateur	Relais
Z	Position	Actionneur

Figure 3.5 : tableau des principales grandeurs physiques de l'instrumentation

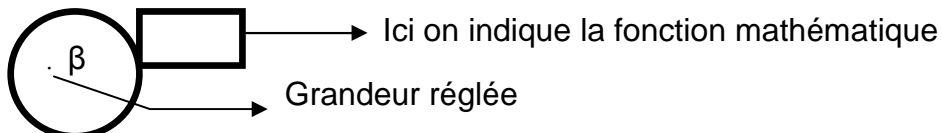
### Exemples des appareils de mesure



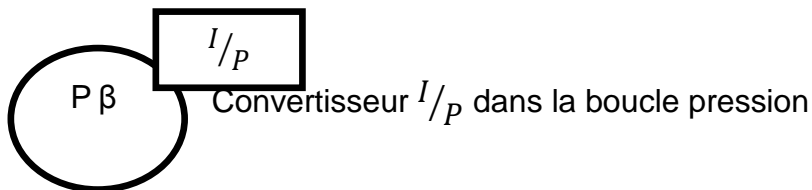
### Représentation des appareils de calcul

Selon la norme ISA 5.1, les appareils de calcul sont présentés en suivant la même règle que les appareils de mesure c'est-à-dire la première lettre indique la grandeur réglée ainsi que la deuxième représente la fonction mathématique symbolisée par  $\beta$ .

#### Forme générale



#### Exemple

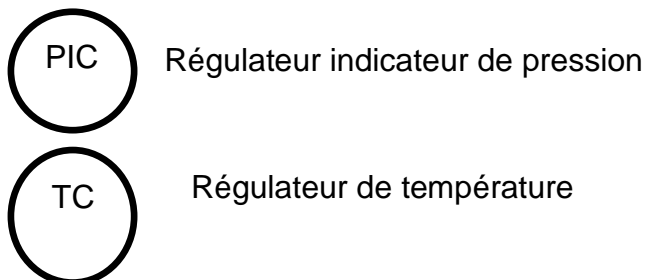


### Représentation des régulateurs

Pour les régulateurs on trouve en

- 1ère lettre : **grandeur réglée**
- 2ème lettre : on trouve la lettre **i** qui signifie **indicateur**
- 2ème ou 3ème lettre : lettre **C** qui signifie **régulateur**

#### Exemple :

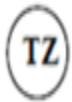


## Représentation des actionneurs

Le document P&ID utilise plusieurs actionneurs qui sont des organes qui reçoivent l'ordre de la commande afin de réaliser les tâches d'un système automatisé.

Un actionneur peut être manuel ou automatique.

### **Exemple**



Actionneur non référencé

## Documents d'instrumentation

Généralement, l'instrumentation est un outil qui regroupe plusieurs instruments de mesure comme capteur, actionneur et régulateur. Chaque usine a ses propres documents d'instrumentation qui se composent de schémas et tableaux.

Chaque document d'instrumentation contribue à comprendre et faire le suivi d'un projet en question.

### Liste d'instruments

C'est une liste (tableau) qui dresse tous les instruments de l'usine tout en indiquant leurs identifiants, fonction ISA ainsi que les zones aux quelles ils appartiennent.

Comme vu précédemment, généralement, pour l'identification d'un instrument, la règle suivante est adoptée :

Numéro de zone-Fonction-Numéro de série
---

### I /O List (liste des entrées / sorties)

- Fonction: cette liste donne une précision de toutes les entrées/sorties analogiques et numériques d'un projet. Cette information sera utilisée pour la commande de l'installation

- Cette liste est utilisée par l'ingénieur dans la définition du système de contrôle / commande de l'installation

### Data Sheet (fiche de spécification technique)

La data Sheet est un document décrivant les spécifications techniques d'un équipement, instrument ou logiciel avec un détail suffisant pour permettre au responsable de vérifier sa performance vis-à-vis de l'application considérée.

Selon l'équipement ou l'instrument, ce document peut être composé de zones clés :

- Zone de définition (numéro de projet, N° de datasheet, révision ...)
- Zone des données de procédé (Nature de fluide, température, pression....)
- Zone de montage

### Liste des câbles

- Fonction : c'est liste représentant tous les câbles avec leurs dimensions, longueurs, sources et destination.

### Conclusion

En conclusion, la norme ISA 5.1 renseigne sur tous les points essentiels et requis pour l'élaboration et l'analyse des différents livrables de l'instrumentation (P&ID, liste des instruments, matrice de causes et effets, liste des entrées/sorties ...).

## Chapitre 4 : Analyse des P&ID et propositions

## **Introduction**

Analyser un P&ID c'est faire une description générale de chaque procédé que ce soit une description du système ou des éléments chimiques, tout en faisant une comparaison avec la partie théorique (chapitre 2), appelée aussi le mode d'opération.

Dans le présent chapitre, des exemples de P&ID de réactifs chimiques seront analysés

### **Document P&ID**

Ci-après des documents P&ID qui seront analysés dans le paragraphe suivant.

## Analyse des P&ID

### Hypochlorite de sodium : stockage et dosage

Une fois que l'hypochlorite de sodium, sous forme liquide, est arrivé à l'usine par le biais d'un camion à réservoir, il est pompé puis stocké dans un réservoir de capacité 37 m<sup>3</sup>.

Dans le procédé, il y a deux pompes de chargement, une en marche et l'autre en stand-by. Ainsi, le pompage est effectué par celle qui a travaillé le moins nombre d'heures.

La pompe en service s'arrête si l'opérateur atteint le niveau souhaité dans le réservoir ou bien le niveau haut est atteint.

- **Démarrage**

Ce système démarre selon une fréquence prédéterminée, lorsque le niveau de l'eau de mer à traiter est supérieur à une valeur donnée.

- **Arrêt**

Ce système s'arrête après une durée bien déterminée de chloration ou bien lorsque le niveau de l'eau à traiter est inférieur à une certaine valeur.

L'hypochlorite de sodium, après dosage est injecté dans la prise d'eau de mer afin d'éliminer les bactéries et les micro-organismes.

### Coagulant : stockage et dosage

Le coagulant utilisé est le chlorure ferrique. Il est transporté à l'usine par un camion à réservoir puis pompé et ensuite stocké dans un réservoir de capacité 37 m<sup>3</sup>.

Dans le procédé, il y a deux pompes de chargement, une en marche et l'autre en stand-by. Ainsi, le pompage est effectué par la pompe qui a travaillé le moins nombre d'heures.

La pompe en service s'arrête si l'opérateur atteint le niveau souhaité dans le réservoir ou bien le niveau haut est atteint.

- **Démarrage**

Le dosage du chlorure de fer commence lorsque le débit dans la prise d'eau de mer atteint une certaine valeur et lorsque la consigne de dosage est différente de 0 mg/l.



- **Arrêt**

Le système s'arrête lorsque le niveau d'eau à traiter est inférieur à une certaine valeur ou lorsque l'opérateur décide de procéder sans l'utilisation du coagulant.

### **Floculant : préparation et dosage**

Lorsque le DAF est en fonctionnement, l'opérateur introduit la dose du polymère qui sera préparée par une unité de préparation en ajoutant les quantités du polymère et d'eau requises pour avoir la concentration désirée.

Le système estimera la quantité du polymère requise selon la valeur du flux dans la prise de l'eau de mer.

- **Démarrage**

Le dosage du polymère commence lorsque le flux dans la prise d'eau de mer est supérieur à une valeur déterminée et quand au moins une ligne de DAF est en opération.

- **Arrêt**

Le système de dosage du polymère s'arrête lorsque le flux dans la prise d'eau est inférieur à une certaine valeur ou lorsque le DAF est contourné.

Après le dosage, le polymère sera injecté dans le DAF pour assurer son rôle de floculation.

### **L'hypochlorite de sodium : Stockage et dosage du système (CEB)**

L'hypochlorite de sodium est aussi utilisé dans le lavage des membranes UF (CEB).

Selon une fréquence, le CEB est utilisé dans chaque train d'UF avec une dose bien précise.

Lorsque ce CEB est requis, les opérations effectuées sont :

- démarrage des pompes doseuses
- la fréquence doit être modifiée selon une valeur de débit de l'hypochlorite de sodium
- le fonctionnement des pompes doit durer un certain temps (par défaut 1min)
- Arrêt des pompes

- **Démarrage**

Le système démarre selon une fréquence préétablie.

- **Arrêt**

Le système s'arrête après une durée bien déterminée

### La préparation du 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> passe de l'antitartre et dosage du système (RO)

L'antitartre est requis pour éviter la cristallisation des sels résiduels en solution et donc l'entartrage des membranes RO.

Il doit être dosé d'une manière continue. Le système démarre dès que la première ligne RO est en opération.

La dose précise de l'antitartre sera déterminée par les exigences d'exploitation du système de l'osmose inverse RO.

Lorsque le flux d'alimentation du 1<sup>er</sup> pass est supérieur à une valeur donnée, le système de dosage, démarre. La pompe avec le moins de nombre d'heures de travail est celle qui sera mise en marche.

Le remplissage du réservoir est une opération manuelle. Périodiquement, l'antitartre est délivré à l'usine et le réservoir est ainsi rempli. Pendant cette opération, une pompe démarre manuellement jusqu' à ce qu'un niveau désiré est atteint ou jusqu'à ce que le niveau haut est détecté.

- **Démarrage**

Le système démarre lorsque le flux d'alimentation du RO est supérieur à une certaine valeur.

Le système s'arrête lorsque le flux d'alimentation du RO est inférieur à une certaine valeur.

### L'hydroxyde de sodium : stockage et dosage (potabilisation)

Le liquide emporté dans le camion à réservoir jusqu'au passage au remplissage du réservoir passe par les mêmes étapes de réactifs du prétraitement, le seul changement est dans l'étape suivante qui consiste à prendre en considération les deux passages de RO, production d'eau pour que l'un des deux pompes de dosage des membranes fonctionne.

Et finalement après le contrôle du débit du système de dosage, il y aura ajout d'eau, le tout sera réinjecté dans la reminéralisations de sortie.

### Le stockage et le dosage de l'acide sulfurique

- **Dans un premier** temps, l'acide sulfurique est utilisé pour réguler le PH afin d'optimiser la coagulation et prévenir l'entartrage.

Le système estimera la quantité d'acide requise pour le flux d'eau à traiter.

- L'acide sulfurique est **aussi utilisé** dans le CEB des membranes UF.

Lorsque ceci est requis, les opérations suivantes sont effectuées :

- Démarrage de la pompe qui a fonctionné le moins nombre d'heures
- Maintenir le fonctionnement pendant une durée de 60 s
- Arrêter la pompe doseuse

- **Une troisième** utilisation de l'acide sulfurique est la neutralisation. la neutralisation d'un effluent consiste à ramener son pH à une valeur fixée en fonction des besoins.

Le remplissage du réservoir se fait manuellement.

Périodiquement, L'acide sulfurique est délivrée à l'usine, pompé vers le réservoir, jusqu'à atteindre le niveau souhaité.

- **Démarrage**

Le dosage de l'acide pour le prétraitement démarre lorsque le flux dans la prise de l'eau de mer est supérieur à certaine valeur.

Le dosage de l'acide pour CEB démarre lorsque l'ordre de CEB démarre est donné par le système de l'ultrafiltration.

Le dosage pour la neutralisation démarre lorsqu'il y a un ordre pour utiliser cet acide comme agent de neutralisation.

- **Arrêt**

Le dosage pour le prétraitement s'arrête lorsque le flux d'eau est inférieur à une valeur prédéterminée.

Le dosage pour la neutralisation s'arrête lorsqu'il y a un ordre d'arrêt de la neutralisation.

### **Conclusion**

L'intérêt d'analyser les P&ID des réactifs chimiques est de faire une comparaison avec le fonctionnement du système et le cahier de charge donné par L'OCP.

Cette analyse m'a permis d'introduire des propositions d'améliorations afin de développer le système de fonctionnement

## Proposition d'amélioration

Après analyse des P&ID, les personnels du département instrumentation, m'ont invité à une réunion dont le but de traiter tous les propositions ou critiques afin d'améliorer le process de fonctionnement du projet de dessalement d'eau de mer.

Parmi ses propositions :

### Au niveau de l'acide Sulfurique

Ajouter un verrouillage entre les pompes doseuses de l'acide sulfurique et celles de l'hydroxyde de sodium au niveau du bassin de neutralisation.

En effet, selon le PH des effluents, on oriente le choix du réactif chimique :

→ Si la valeur du PH est supérieure à une valeur prédéterminée, on utilise l'acide sulfurique.

→ Si la valeur du PH est inférieure à une valeur prédéterminée, on utilise l'hydroxyde de sodium. (Voir P&ID de l'acide sulfurique)

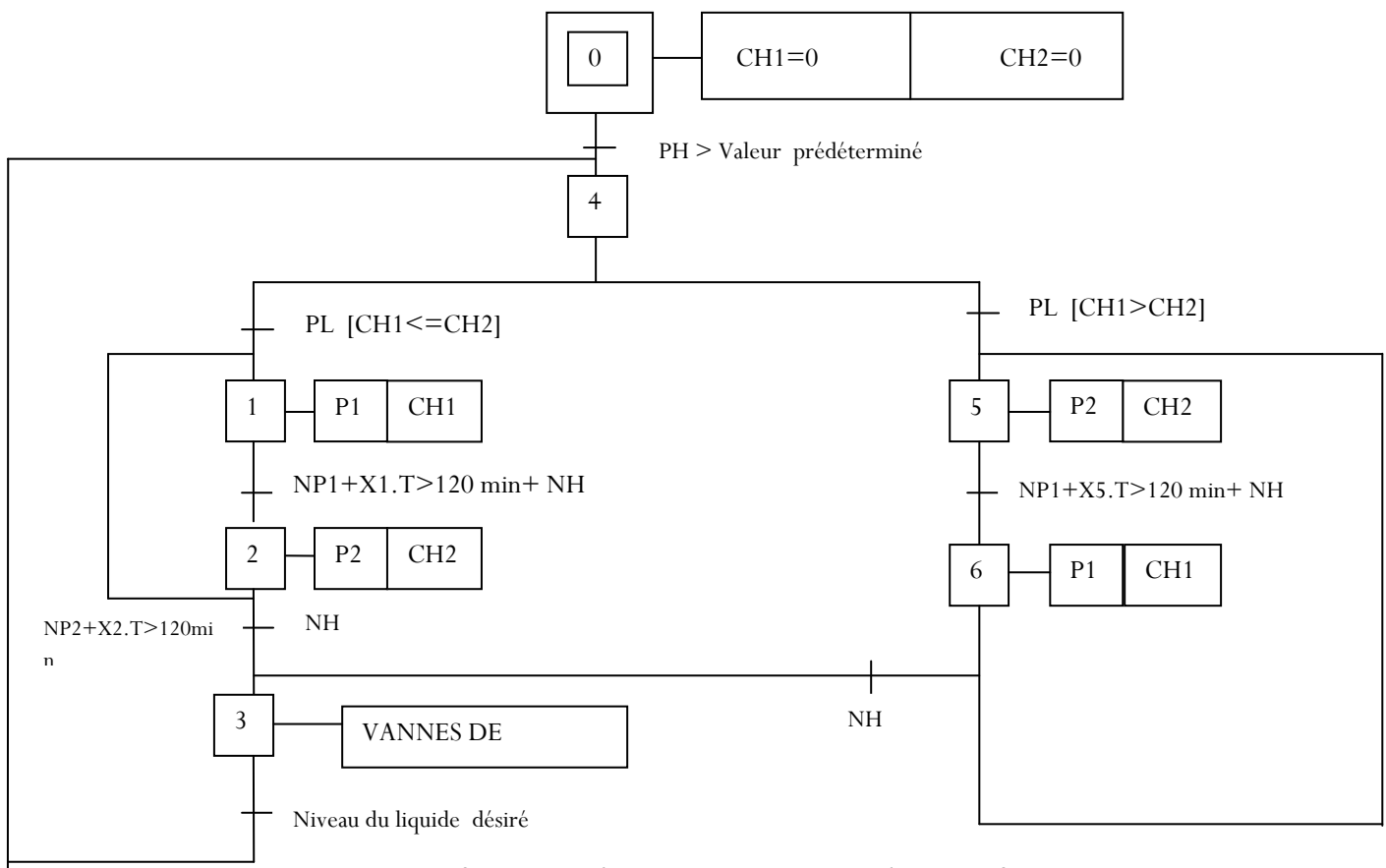


Figure 4.1 : Grafcet des améliorations au niveau de l'acide sulfurique

AVEC : PL : Passage du liquide

NP1, NP2 : Arrêt des pompes 1 ou 2

X. T : temporisateur

CH : compteur d'heure

NH : niveau haut du réservoir de stockage

### **Au niveau de l'hypochlorite de sodium (prétraitement)**

Les pompes de dosage de l'hypochlorite de sodium, utilisé pour le CEB, doivent être temporisées. En effet, le dosage doit s'arrêter après une durée déterminée.

(Voir P&ID de l'hypochlorite de sodium « prétraitement »)

### **L'hypochlorite de sodium (prise d'eau)**

Le débit de l'hypochlorite de sodium doit être schématisé vers la salle de contrôle en se basant sur la variation de fréquence des pompes de dosage

(Voir P&ID de l'hypochlorite de sodium « prise d'eau »)

### **Conclusion**

Finalement chaque analyse de P & ID décrit son fonctionnement tout en prenant en considération les différents instruments, et entrées /sorties du système de chaque réactif.

## Chapitre 5 : Elaboration des interlocks et la Liste des entrées /sorties

## Elaboration des interlocks

### Introduction

Tous les domaines industriels utilisent les **interlocks** qui sont des dispositifs de verrouillage utilisés dans certaines machines, afin d'éviter l'endommagement du système et assurer la sécurité du milieu industriel.

Le but de ce chapitre est d'indiquer pour chaque P&ID, déjà analysé, le rôle des interlocks tout en précisant les conditions initiales et permanentes, par la suite résumer l'analyse de ces interlocks sous forme de **matrice d'interlocks**.

### Elaboration des interlocks de : l'hypochlorite de sodium /Coagulant /floculant /antitartre/ l'hydroxyde de sodium

Dans les P&ID de coagulant, floculant, ainsi que le sodium hypochlorite, antitartre et l'hydroxyde de sodium, les interlocks sont utilisés sous les mêmes conditions initiales et permanentes, ce qui permet de conclure la même matrice d'interlock.

#### 1.1 Condition initiale

- Instrument commutateur de pression (mode On)
- Transmetteur de niveau supérieur à une valeur prédéterminée
- Interrupteur de niveau bas du réservoir (mode OFF)
- Au moins une pompe fonctionne
- L'écoulement est supérieur à une valeur prédéterminée

#### 1.2 Analyse commune entre P&ID

Une fois que le niveau de stockage de l'élément chimique atteint un niveau très haut qui peut causer un débordement du réservoir, l'interlock a pour fonction d'arrêter la pompe de chargement.

Dés que le niveau est inférieur au niveau bas, l'interlock va émettre des signaux pour arrêter la pompe de dosage.

### Acide sulfurique

#### 1.1 Condition initiale et permanente

- Instrument Commutateur de pression d'air (mode ON)
- niveau très bas dans le réservoir de stockage (mode Off)
- niveau très haut dans réservoir de stockage (mode Off)
- Transmetteur de niveau de stockage supérieur à une valeur prédéfinie
- Au moins une pompe en marche (pour le prétraitement)
- Débit de décharge de l'eau de mer supérieur à une valeur prédéfinie (par Prétraitement)

- le PH de l'eau de mer supérieur à une valeur prédéterminée
- Au moins une pompe de lavage est en marche (pour CEB)
- Débit de rétro lavage de décharge de pompage supérieur à une valeur préréglée (pour CEB)
- PH à la sortie de pompage de rétro lavage supérieur à une valeur prédéterminée
- Une pompe de neutralisation est en marche (pour CEB)
- Débit de neutralisation de la pompe supérieur à une valeur préréglée (pour CEB)
- pH à la neutralisation supérieur à une valeur préréglée (pour CEB)

## 1.2 Analyse de l'interlock

Dans ce système, l'interlock a deux rôles :

Dans un premier temps, une fois que le niveau du liquide dépasse le niveau haut ou il est inférieur au niveau bas, l'interlock arrête le fonctionnement respectivement des pompes doseuses et des pompes de chargement.

Dans un deuxième temps, l'interlock a pour rôle d'arrêter la neutralisation, une fois qu'il y a arrêt de la neutralisation ou il y a présence de la haute température.

### Matrice d'interlocks

La matrice d'interlocks est nommée aussi **matrice de causes / effets**.

Cette matrice permet de résumer les causes qui introduisent le fonctionnement d'interlocks et son influence (effet) sur le fonctionnement du système.

(Voir matrice interlocks)

## Conclusion

Dans cette partie la norme ISA (5.1) doit être respectée au niveau de la lecture des P&ID afin d'avoir une bonne élaboration de matrice d'interlocks à l'échelle internationale.



## Elaboration de la liste des entrées/sorties

### Introduction

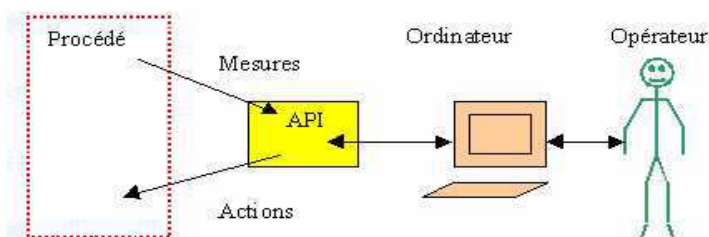
Pour pouvoir survivre dans un mode de compétition féroce, les entreprises font appel de plus en plus à l'évolution du contrôle industriel. Cependant, une étape primordiale pour la définition d'un système de contrôle consiste à élaborer la liste d'entrées/sorties, et c'est l'objet de ce chapitre.

Dans un premiers temps, je commence par quelques définitions puis la liste des E /S relative à l'application sera dressé.

### Système numérique de contrôle commande ou DCS (Digital control System)

Actuellement, la gestion des procédés est assurée par des systèmes numériques de contrôle commande. L'ordinateur n'est plus uniquement l'interface de programmation que l'on étudie avec les automates programmables mais une véritable interface de communication entre l'opérateur et l'unité qu'il est chargé de gérer.

→ Structure générale d'un système numérique de contrôle commande de procédé :



Les capteurs et actionneurs sont reliés à un appareil appelé Automate Programmable Industriel. L'opérateur communique avec l'API à travers l'ordinateur. Il est ainsi renseigné sur l'état du procédé et peut le faire évoluer en décidant de la manœuvre de certains actionneurs. L'API gère le programme, assure le fonctionnement automatique des boucles de régulation P.I.D., surveille les seuils liés à la sécurité et assure la mise en sécurité graduée; du procédé.

Le DCS utilise typiquement des API. Les modules d'entrée/sortie constituent aussi le système. Le processeur reçoit les informations des modules d'entrée et envoie des informations aux modules de sortie.

Le système d'interconnexion des différents appareils de mesure, de capteurs, d'actionneurs s'appelle un bus de terrain. L'élément le plus couramment lié à un bus de terrain est donc l'automate programmable industriel.

## Réseau de terrain

Un bus de terrain est un système d'interconnexion d'appareils de mesure, de capteurs, d'actionneurs, etc.

Pour le projet de dessalement d'eau de mer, le bus de terrain utilisé est Profibus.

### Définition du profibus

Profibus (Process Field Bus) est le nom d'un type de bus de terrain inter-automates et de supervision. Il est devenu peu à peu une norme de communication dans le monde de l'industrie.

À ce jour, on trouve essentiellement deux variantes :

- **Le bus Profibus-DP** (Decentralised Peripheral) (périphérie décentralisée) est utilisé pour la commande dite "temps réel" de capteurs, d'actionneurs ou d'automates programmables par une commande centrale.
- **Le bus Profibus-PA** (Process Automation), est utilisé, dans le cadre de l'ingénierie de procédé, pour relier des équipements de mesure à un système de pilotage (automatisme, régulation, supervision) de procédé par l'intermédiaire d'une paire de conducteurs portant également l'alimentation de l'instrumentation (vanne de régulation, capteurs, etc.).

Il est moins répandu et particulièrement conçu pour les zones à risques (d'explosion notamment).

### 3. Elaboration de la liste des entrée/sorties

La liste des entrées/sorties est un document contenant les instruments qui servent d'entrée ou de sortie pour le système de contrôle.

Cette liste doit contenir mais n'est pas limitée à ces informations :

- Type d'instrument
- Numéro de série
- signal
- bus de terrain

(Voir tableaux)

### Conclusion

La liste des entrées /sorties jouent un rôle primordial dans la définition du DCS au niveau de la programmation du système et par la suite sa supervision.

## Chapitre 6 : Elaboration de la liste des instruments et DATASHEET

**Elaboration de la liste d'instruments**

La liste des instruments est une liste qui regroupe tous les instruments des P&ID tout en précisant :

- Code ISA de l'instrument : c'est-à-dire l'objectif de son utilisation s'il est un (PI ou un LI .....
- Tag d'instrument où il faut prendre en considération : numéro de zone (code unité), la fonction, numéro de série
- Description de l'instrument : c'est-à-dire son fonctionnement
- Type d'instrument où est indiqué le type de mesure utilisé

Voir la liste d'instruments

Chaque instrument utilisé a ses propres caractéristiques qui faut prendre en considération pour avoir un bon fonctionnement, améliorer et assurer la sécurité du système.

## Instrument de mesure

### Introduction

Pour assurer un bon fonctionnement et minimiser les pannes et les arrêts, tout système industriel utilise plusieurs mesures. L'objectif du présent paragraphe est de parler des principales mesures telles que la niveaumétrie, la débitmétrie et la mesure de la température

#### 1. La Niveaumétrie

La mesure du niveau est appliqué dans les :

Liquides  
Gaz  
Solides

Ce paragraphe traitera les différents appareils de mesure du niveau pour les liquides.

#### Domaines d'application de mesure de niveaux

La mesure de niveau s'applique dans des différents domaines :

- **Détection de seuil** afin d'éviter le débordement

- **Mesure continue** de niveau en mesurant la hauteur du liquide par rapport au plan
- **Mesure d'interface.**
- **Mesure de densité et de concentration** pour avoir une bonne qualité de liquide.

### Les types de niveaumètres

- **Principe de l'ultrason**

L'onde ultrasonique est une onde mécanique due à une vibration des molécules de la matière.

#### ***Principe de mesure par ultrasons***

On place à l'entête de la cuve un dispositif d'émission et de réception qui émet une onde ultrasonique sous forme d'impulsion. Cette onde se réfléchit verticalement sur la surface du liquide.

$t$  : est le temps qu'a mis l'onde ultrasonique pour aller jusqu'à la surface du liquide et revenir au dispositif d'émission.

Le temps de parcours ( $t$ ) de l'onde, dont la vitesse de propagation ( $V$ ) est connue, permet de déterminer la distance entre l'émetteur et la surface ( $S$ ).

Le niveau est donc calculé en tenant compte de la hauteur de la cuve ( $E$ ).

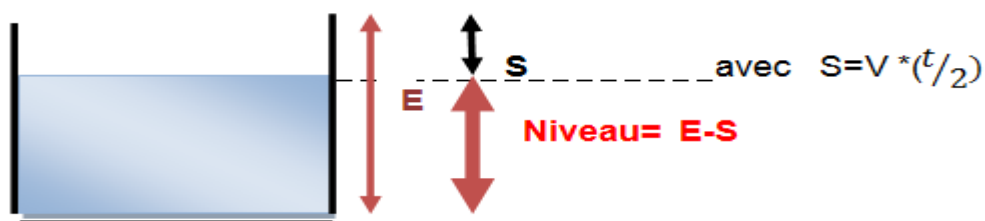
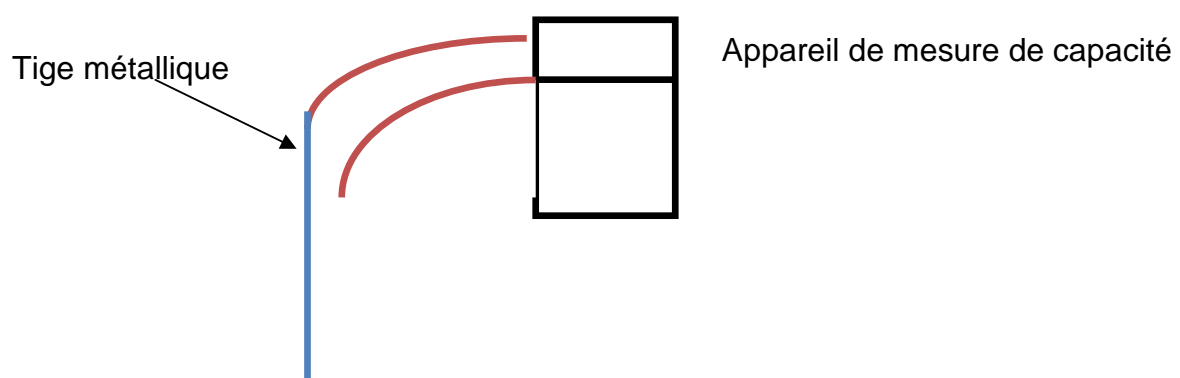
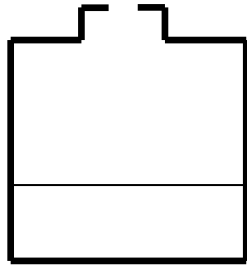


Figure 6.1 : Principe de mesure par ultrasons

- **Principe de mesure capacitif du niveau de liquide**





*Figure 6.2 : principe de mesure capacitif*

Le principe se base sur la variation de la capacité.

Après avoir placé une tige métallique au centre de la cuve qui est fermé sous pression de gaz, un appareil de mesure de capacité situé à l'extérieur du dispositif est relié en série avec la tige et la cuve.

La capacité mesurée dépend du niveau de remplissage, par exemple une capacité d'une cuve vide est faible par rapport à une cuve pleine.

Selon la relation suivante on peut déduire la valeur du niveau H.

$$C = (\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S) / H$$

Avec

$$S = \pi r^2$$

$\epsilon_r, \epsilon_0$ : permittivité de liquide, et du vide

**S : surface**

- **Principe de mesure par flotteur**

Flotteur : c'est un capteur de position qui délivre un signal électrique correspondant au niveau. Sa position est peu dépendante de la masse volumique de liquide.

***Principe de mesure***

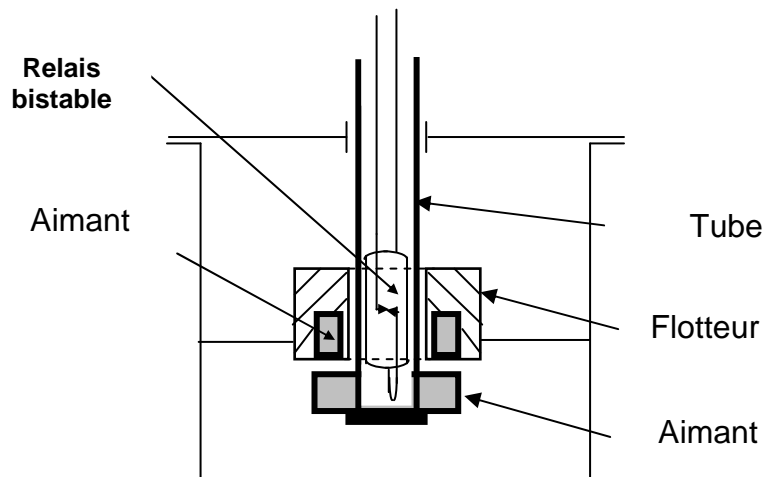


Figure 6 .3 : principe de mesure par flotteurs

Un flotteur se déplace verticalement tout au long du tube.

A l'intérieur du flotteur se trouve deux aimants de pôles opposés avec l'aimant situé à l'extrémité du tube, ces deux aimants ont tendance à se repousser une fois que le liquide monte.

- **Principe de détection de niveau à conduction**

Ce principe repose sur la mesure de niveau par conduction.

Ce système se compose d'une sonde isolée de la masse du réservoir, à son extrémité une autre sonde immergée dans le liquide conducteur.

Lorsque le niveau monte, le liquide arrive en contact avec l'extrémité de la deuxième sonde située plus haut, ce qui produit un circuit électrique fermé.

Dès que le liquide conducteur dans le réservoir établit une liaison conductrice entre les deux sondes. Le faible courant qui circule provoque une chute de tension

## 2. Débitmètre

Le débitmètre est un appareil de mesure dont le but est :

**Le Comptage**

**L'affichage**

**Le Dosage**

**Le Remplissage**

**La Mesure de débit pulsé**

**La Mesure de concentration**

**La Mesure de viscosité**

**La Mesure de densité**

**Régulation de débit**

### **Secteurs d'utilisation de débitmètre :**

Le débitmètre est utilisé le plus dans le secteur industriel dans les applications :

- Chimique
- Agroalimentaire
- Eau potable
- Eaux usées
- Energie
- Remplissage et dosage
- Construction navale
- Industrie automobile
- Mines et carrières etc.

### **Définition de débit**

En physique, un débit permet de mesurer un volume ou une quantité de matière par unité de temps.

Son unité est  $m^3 / s$  pour le débit volumique et  $kg/s$  pour le débit massique

### **Types de débitmètres**

IL existe plusieurs types de débitmètres qu'on peut regrouper dans la liste suivante :

- Débitmètre massique Coriolis
- Débitmètre électromagnétique
- Débitmètre vortex
- Débitmètre à ultrasons
- Débitmètre massique thermique
- Mesure de débit par pression différentielle
- Détecteur de débit

#### ➤ **Débitmètre Coriolis**

✓ Effet Coriolis :

La **force de Coriolis** est une force inertielle agissant perpendiculairement à la direction du mouvement d'un corps en déplacement dans un milieu (un référentiel) lui-même en rotation uniforme, tel que vu par un observateur partageant le même référentiel.



▪ **Principe de débitmètre Coriolis**

Le principe Coriolis permet de mesurer directement le débit massique.

Une force Coriolis est générée dès que le fluide traverse les tubes situés à l'intérieur des débitmètres. Cette force provoque une oscillation de tube, mesurée à l'aide des capteurs de mouvement qui enregistrent les oscillations avec précision.

Lorsque le tube est vide, les deux sinusoïdes obtenues sont en phase jusqu'au moment où le fluide s'écoule dans le tube ce qui provoque un déphasage entre les deux sinusoïdes d'oscillation, cet écart est proportionnel au débit massique.

Parmi les **avantages** de ce débitmètre

- Mesure directe du débit massique
- Grande précision de mesure (typiquement  $\pm 0.1\%$  de la mesure)

Le débitmètre Coriolis s'applique à un diamètre nominal (DN) entre 1mm et 250mm avec une pression maximale qui arrive à 400bar et une température de process entre -50 °C et + 350 °C.

Et parmi **ses applications** :

liquide :	Gaz /Vapeur	spécial
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ liquide en général</li> <li>○ débits les plus faibles &lt;21 /h</li> <li>○ liquide non conducteur</li> <li>○ liquide visqueux &gt;50cp</li> <li>○ Produits cryogéniques (oxygène)</li> <li>○ Domaine agro-alimentaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Débit de gaz en général</li> <li>○ Débit &lt;20 l/min</li> <li>○ Vapeur sous certaine condition selon l'appareil</li> <li>○ Débit élevé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mélange liquide (huile /eau)</li> <li>○ Liquide corrosifs (acides, bases)</li> <li>○ Mesure bidirectionnelle</li> </ul>

➤ **Débit électromagnétique**

▪ **Principe de fonctionnement**

Ce principe est basé sur la loi de Faraday.

A l'intérieur du débitmètre se trouve :

- deux bobines et deux électrodes qui sont montées perpendiculairement.
- Une tôle qui génère un champ magnétique d'intensité constante

Dès que le liquide commence à s'écouler dans le tube de mesure, le champ magnétique exerce une force sur les charges positives et négatives qui s'accumulent sur les parois de gauche et de droite du tube, d'où il en résulte une tension électrique mesurée à l'aide des deux électrodes.

Cette tension électrique est proportionnelle à la vitesse d'écoulement instantanée dans la conduite, et puisque la section du tube est connue, on peut déduire le débit volumique selon la relation suivante :

$$V = \frac{D}{s}$$

Où D est le débit volumique et S la section du tube.

Parmi les **avantages** du débitmètre ultrason :

- Les fluides chargés en matière solide peuvent être mesuré
- Coûts réduits
- Pas de perte

Le débitmètre électromagnétique **s'applique** à un diamètre nominal (DN) entre 2mm et 2400mm avec une pression maximale qui arrive à 400 bar et une température de process entre -40°C et + 180 °C

Et parmi **ses applications** on a :

Liquide	gaz et vapeur	spéciales
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tous les liquides</li> <li>○ Débits &lt;21 /h</li> <li>○ Débits &gt; 100 000 m<sup>3</sup></li> <li>○ Liquide visqueux</li> <li>○ Domaine agro alimentaire</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Boue produit chargés en solide</li> <li>○ Liquides corrosif(acide ,bases )</li> <li>○ Applications minières</li> <li>○ Mesure bidirectionnel (positif /négatif)</li> </ul>

### ➤ Débitmètre ultrasons

#### ▪ Principe de fonctionnement

Le débitmètre ultrason se base sur le principe de différence de temps transmis.

A l'intérieur de ce débitmètre, on trouve des paires de capteur intégrées à la paroi du tube.

Chaque capteur peut émettre et recevoir des rayons ultrasoniques.

Dès que le liquide commence à se déplacer dans le tube, les signaux ultrasoniques sont accélérés dans le sens de l'écoulement et ralentis dans le sens contraire.

Les signaux ultrasoniques ont des états de transit différents, ils sont plus courts dans le sens de l'écoulement et plus longs dans le sens contraire.

La différence du temps de transit mesurée par les deux capteurs est proportionnelle à la vitesse d'écoulement et puisque la section de conduite est connue, on peut calculer le volume écoulé.



Le débitmètre ultrason a plusieurs **avantages** parmi lesquelles on cite :

- Pas de perte de charge
- Longue durée de vie

Ce débitmètre est utilisé pour des diamètres nominaux (DN) entre 15 mm et 4000 mm avec une pression maximale en fonction du type de capteurs et une température de process entre  $-40$  et  $+ 170$  °C .

Parmi ses applications :

<b>Liquide</b>	<b>gaz /vapeur</b>	<b><u>spéciales</u></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tous les liquides</li> <li>○ Débit <math>&gt; 100\ 000\ m^3</math></li> <li>○ Liquide non conducteurs</li> <li>○ Liquide visqueux <math>&gt; 50\ cp</math></li> <li>○ Domaine agro-alimentaire</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Liquide corrosifs (acide, bases)</li> <li>○ Mesure bidirectionnel (positif/négatif)</li> <li>○ Mesure de l'extrémité</li> </ul>

### ➤ **Débitmètre vortex**

#### ▪ **Principe de fonctionnement**

Ce principe se base sur la formation des tourbillons (effet de Karman)

A l'intérieur du débitmètre se trouve un corps perturbateur qui représente un obstacle pour le liquide en mouvement.



Derrière ce corps perturbateur sont placés des capteurs ultrasensibles qui enregistrent les petites variations de pression dans un liquide en mouvement.

Dès que la vitesse d'écoulement atteint une certaine valeur, des tourbillons se forment de plus en plus dans le fluide

Sous l'effet du flux, les tourbillons se détachent des deux côtés de l'obstacle en formant une différence de pression mesurée avec des capteurs.

La distance entre deux tourbillons correspond à un volume donné et le nombre de tourbillons détachés permet de calculer le débit total.

Ce dernier a plusieurs avantages :

- mesure des débits des liquides, gaz et vapeurs.
- N'est pas influencé par les variations de pression, de température et de viscosité.
- Faibles pertes de charge.
- Simple installation
- Gamme de température élevée

Le débitmètre vortex s'applique à un diamètre nominal (DN) entre 15mm et 300 mm avec une pression maximale qui arrive à 250 bar et une température de process entre 200°C et + 400 °C

Parmi ses applications :

Liquide	Gaz /vapeur	spéciale
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ tous les liquides</li> <li>○ liquide non conducteur</li> <li>○ débits &gt;100 000</li> <li>○ Domaine agro alimentaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Débit de gaz en générale</li> <li>○ Débit élevé</li> <li>○ Vapeur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mélange liquide</li> <li>○ Liquide corrosifs</li> </ul>

### ➤ Débitmètre à pression différentielle

#### ▪ Principe de mesure



Dès que le fluide commence à s'écouler, la vitesse d'écoulement augmente et par conséquent la pression générée dans la conduite augmente, cette pression est proportionnelle au débit volumique ou massique.

La pression différentielle est amenée au transmetteur par biais de deux conduites de pression puis transformée en signaux de sortie correspondants.

Parmi ses avantages :

- Utilisation par les gaz, liquide, vapeurs.
- Disponible pour un grand diamètre nominal.

Le débitmètre à pression s'applique à un diamètre nominal (DN) entre 10mm et 4000mm avec une pression maximale qui arrive à 420 bar et une température de process entre  $-200^{\circ}\text{C}$  et  $+1000^{\circ}\text{C}$

Le débitmètre à pression s'**applique** dans :

liquide	Gaz /Vapeur	Spéciales
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Liquide en général</li> <li>○ Débits <math>&gt;100\ 000\ \text{m}^3</math></li> <li>○ Liquide non conducteurs</li> <li>○ Produits cryogénique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Débits de gaz en générale</li> <li>○ Débits élevés</li> <li>○ Vapeur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Liquide corrosif (acide /base)</li> <li>○ Débits de gaz corrosifs</li> <li>○ Mesure bidirectionnelle</li> </ul>

### Mesure de température

La température est une grandeur physique liée à la sensation du chaud et froid d'un corps par rapport à un autre corps.

L'unité S.I. de température : est le kelvin et le degré Celsius  $T (^{\circ}\text{C})=T (^{\circ}\text{k})- 273.75$

L'objectif de ce chapitre est d'esquisser les différentes méthodes pour mesurer la température

### RTD (Resistance Temperature Detector)

C'est un capteur de température à résistance connue par thermo-résistances, qui permet de détecter la variation de la résistance en fonction de la température (fonction linéaire).

Cette sonde permet de mesurer la température entre  $-200^{\circ}\text{C}$  à  $800^{\circ}\text{C}$

Parmi les matériaux utilisés dans le RTD :

- Le nickels (Ni)
- Le cuivre (Cu)
- Platine (Pt) [le plus couramment utilisé grâce à l'étendue de gamme de température et la précision].

Chaque RTD contient des fils rouges correspondants à l'excitation, et des fils noirs correspondants à la masse.

Parmi ces principaux paramètres :

- Valeur de la résistance
- Sensibilité thermique

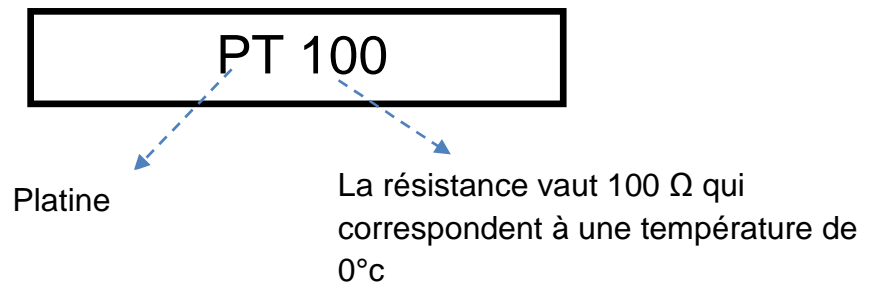
- Stabilité fournie par l'opérateur

### PT 100



C'est une sonde de température qui permet de calculer la variation de température

Le mot PT 100 est composé de deux parties :



### Thermocouple

Les thermocouples se composent de deux métaux de nature différente reliés par deux jonctions à la température  $T_1$  et  $T_2$ . Le thermocouple permet donc de calculer une différence de température en produisant un courant électrique.

Ce dernier mesure une température entre 0°C à 1800°C.

### Transmetteur de température

Le transmetteur de température transmet de manière stable le signal de capteur, qui peut être intégré dans n'importe quel système.

La sécurité, la précision, la flexibilité et la rentabilité sont tous des paramètres que doit avoir tout transmetteur de température, ce qui permet d'optimiser le processus en question.

Le choix du transmetteur de température repose sur :

- L'étendue de mesure
- La température
- L'environnement

### Mesure de pression

La **mesure de pression** permet de vérifier la fiabilité des **systèmes** à l'aide d'instruments.

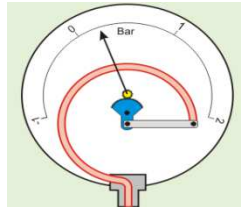
L'unité dans le système international est : 1bar  $\rightarrow 10^5$  Pa

Parmi les instruments utilisés dans le projet de dessalement d'eau de mer à Jorf Lasfar est :

### **L'indicateur Bourdon**

C'est un manomètre qui sert à mesurer une pression.

Son fonctionnement repose sur une différence de niveau de liquide dans des compartiments différents.



Le tube de Bourdon est composé d'un tube qui s'enroule et se déroule en fonction de la pression mesurée et une aiguille qui permet d'indiquer la pression en conséquence.

### **Conclusion**

Dans le domaine d'industriel plusieurs instruments sont utilisés, leurs choix dépendent de l'application en question.

Ainsi, pour effectuer un bon choix, il faut tenir compte, entre autres, de l'étendue de mesure, sensibilité et précision.

### **Elaboration des DATA SHEETS**

#### **Introduction**

Tous les sites industriels possèdent au moins une cuve ou un réservoir pour stocker des matières premières ou des produits liquides.

Pour mesurer le niveau, il faut ajouter des exigences de sécurité pour le personnel et de la protection de l'environnement industriel.

Les constructeurs, depuis longtemps, investissent en recherche et développement pour offrir au marché des capteurs de mesure de niveau de plus en plus performants.

Pour choisir l'instrument idéal de mesure il faut faire une étude tout en prenant en considération l'application, le produit mesuré, la géométrie de la cuve et l'environnement dans lequel est installé l'instrument.

Pour élaborer cette étude, les spécialistes regroupent les données dans des documents appelés DATASHEET.

#### **1. DATA SHEET de la mesure de niveau**

##### **Définition de la DATASHEET**

➤ **IP (Indice de protection)**

Le code IP est un code de l'indice de protection, qui indique le degré de protection de l'appareil contre la pénétration des corps solides (1er chiffre) et contre la pénétration de l'eau (2e chiffre). Le code IP peut être identifié selon le tableau suivant :

	1er chiffre : protection contre corps étranger	2ème chiffre : protection contre liquide
<b>code</b>		
<b>0</b>	<b>Pas de protection</b>	<b>Pas de protection</b>
1	Protection contre les corps étrangers > 50 mm	Protection contre les gouttes verticales
2	Protection contre les corps étrangers > 12.5 mm	Protection contre les gouttes obliques
3	Protection contre les corps étrangers > 2.5 mm	Protection contre l'eau de pluie
4	Protection contre les corps étrangers > 1 mm	Protection contre les éclaboussements
5	Protection contre les dépôts de poussière	Protection contre les jets d'eau
6	Protection contre l'intrusion de poussière	Protection contre les paquets d'eau
7		Protection contre l'immersion
8		Protection contre l'immersion permanente

Figure 6.4 : code IP

Cette norme a pour but de :

- Protéger les personnes
- Protéger le matériel
- Désigner les degrés de protection

➤ **Condition atmosphérique en ISA**

Le modèle ISA est basée sur des conditions moyennes à une altitude moyenne

Au niveau de la mer la norme donne une pression de 1 013,25 hPa (hectopascal), une température de 15 °C.

**Matériau de rassemblement**

Le PVDF est le matériau le plus communément utilisé. C'est un fluoro-polymère thermoplastique très résistant. Il supporte les rayons ultraviolets et les agents chimiques les plus corrosifs. Son intervalle d'emploi en continu varie de -50 à 150 °C.

**Domaine d'application de chaque instrument de mesure de niveau**



Principe de mesure	Liquide	Pâteux	Gaz	Haute température	Basse température	Très agressifs	Produits alimentaire
Capacitif	X	X	X	X	X	X	X
Flotteurs	X		X	X	X	X	
Pression	X		X	X	X	X	
Ultrasons	X		X	X	X	X	X
Radar	X	X	X	X	X	X	X

X : Liquides non colmatant

X : possible dans certaines limites

X : Sans restriction

### Elaboration des DATASHEETS

Pour élaborer un DATA SHEET, il faut prendre en considération les paramètres suivant :

- La pression
- La température
- L'indice de protection
- Et le type d'appareil de mesure

(Voir tableau de DATASHEET de mesure de niveau par ultrasons )

### Remarque

On a choisi de mesurer le niveau par la technique des ultrasons, car ce dernier mesure le niveau sans contact avec le liquide qui pourrait être corrosif, visqueux ou colmatant, de plus, le niveaumètre à ultrasons permet de mesurer le niveau arrivant jusqu'à 60m, à une température inférieure à 100 °C .

## 2. DATA SHEET de : Pression, Débitmètre, et Température

Ci-après des exemples de data-Sheets utilisés pour les différents instruments utilisés pour la mesure de la pression, du débit et de la température.

### Conclusion

Les Data-sheets permettent de choisir le type d'instrument de mesure convenable pour chaque système, dans le but d'avoir une mesure précise et rapide.

## CONCLUSION

Lors de mon stage de fin d'étude au sein de JACOBS ENGINEERING SA, j'ai pu répondre au cahier des charges en réalisant des élaborations représentant des ordres d'automatisation qui sont indispensables aux opérateurs dans la salle de DCS, pour programmer les API.

En outre j'ai réussi à faire des améliorations au niveau du système d'exécution :

- Au niveau de l'acide sulfurique
- Au niveau de l'hypochlorite de sodium (prise d'eau de mer)
- Au niveau du prétraitement

Sur le plan professionnel, j'ai beaucoup appris sur le contrôle commande des projets. C'était une expérience enrichissante qui m'a permis de me familiariser avec le travail d'équipe dans le domaine industriel, d'avoir de multiples informations techniques et de mettre en pratique mes acquis.

Ce stage était une opportunité qui m'a permis de m'intégrer au sein de la vie active, et qui m'a donné une idée générale sur le fonctionnement des grandes sociétés.

Du côté humain, j'ai pu travailler, et apprendre à communiquer, avec des personnes motivées de différentes nationalités. Ce qui m'a permis un changement positif d'idées et une ouverture sur d'autres cultures.



## Bibliographie

- [http://www.isafrance.org/telechargement/fichiers/Lille\\_cybercriminalite\\_31\\_03\\_10/ISA\\_cybercriminalite\\_lille2010](http://www.isafrance.org/telechargement/fichiers/Lille_cybercriminalite_31_03_10/ISA_cybercriminalite_lille2010).
- [http://artic.ac-besancon.fr/reseau\\_stl/FTP\\_STL/POISSENOT%20Niveaux/mesureparUS.htm](http://artic.ac-besancon.fr/reseau_stl/FTP_STL/POISSENOT%20Niveaux/mesureparUS.htm)
- [http://artic.ac-besancon.fr/reseau\\_stl/ftp\\_stl/poissenot%20niveaux/capacite.htm](http://artic.ac-besancon.fr/reseau_stl/ftp_stl/poissenot%20niveaux/capacite.htm)
- <http://www.raccordement-electrique.fr/indice-ip.html>
- Process Functional description Doc .No J-081-CAD-PR-NTE-004