

N° Ordre...../Faculté/UMBB/2015

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



**Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie**

Département : Automatisation

Filière : Automatisation des procédés industriels

Option : Commande automatique

**Mémoire de Fin d'Etudes**  
**En vue de l'obtention du diplôme :**

**MASTER**

Présenté par

**Malika SEDKAOUI**

**Amina BADAOU**

**Thème**

*Amélioration du système de gestion des puits  
par une modification des communications et ajout  
d'une interface graphique.  
Champ MLE - Hassi Berkine*

Devant le jury :

.....

FHC

Président

.....

FHC

Examineur

.....

FHC

Examineur

**A.BENHALLA**

FHC

Encadreur

Année Universitaire : 2015/2016



**Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie**

Département : Automatisation

Filière : Automatisation des procédés industriels

Option : Commande automatique

**Mémoire de Fin d'Etudes**

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

**MASTER**

**Thème**

*Amélioration du système de gestion des puits  
par une modification des communications et ajout  
d'une interface graphique.  
Champ MLE - Hassi Berkine*

**Présenté par :**

**Malika SEDKAOUI**

**Amina BADAOU**

**Avis favorable de l'encadreur :**

**A.BENHALLA**

**Signature**

**Avis favorable du Président du jury**

**Nom Prénom**

**Signature**

**Cachet et signature**

## ***Remerciements***

Je tiens, d'abord, à exprimer mes vifs remerciements à notre enseignant-encadreur Monsieur A. BENHALLA pour nous avoir pris en charge. Aussi, pour sa disponibilité et ses précieuses recommandations.

J'exprime toute ma gratitude à Monsieur A. SMAHI qui a dirigé notre travail pour sa disponibilité et sa serviabilité.

Je remercie ma sœur Dalya, la prunelle de mes yeux, pour son soutien moral et son encouragement continu.

Mes profonds remerciements vont également à mes amies de toujours Anissa, Sabrina et Amina pour leur complaisance et leur amour inconditionnel.

Enfin, je remercie vivement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

**Malika SEDKAOUI**

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma gratitude et mes remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation.

Je remercie tout d'abord Mr A.BENHALLA pour ses conseils, son sens de la pédagogie, et sa disponibilité. En tant qu'encadreur, il nous a guidés dans notre travail et nous a aidés à trouver des solutions pour avancer.

Merci à Mr SMAHI Abdessalem, Ingénieur responsable de notre stage au sein de l'association SH-FCP, qui nous a encadrés avec dévouement et qui a beaucoup contribué à l'élaboration de ce travail.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à ma famille: Mes parents et mon petit frère et mes amis qui m'ont accompagnée, soutenue et encouragée tout au long de la réalisation de ce mémoire.

**Amina BADAOUI**

A la mémoire de ma mère... Pure, candide et vraie.  
A la mémoire de mon père... Honnête, brave et conséquent.

*“Mieux vaut infiniment ne rien faire que de le faire mal ou à moitié.”*  
Franz Kafka

**Malika SEDKAOUI**

A mes très chers parents, exemples de dévouement,  
Je leur dédie ce travail en témoignage de mon profond amour et ma reconnaissance pour  
avoir veillé, jour après jour, à mon éducation et mon épanouissement, puisse Dieu vous  
accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon petit frère Salah Eddine, mon fidèle compagnon de toujours, je lui dédie ce travail  
avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A mes chers amis, H. BENYAHIA, C. MEZIANI, ma binôme M.SEDKAOUI et O.BOUALILI  
en témoignage de la sincère affection que je leur porte, je leur souhaite de réussir dans  
tout ce qu'ils entreprendront.

**Amina BADAOUI**

# Introduction Générale

Pour assurer leur avenir, les entreprises de nombreux secteurs d'activité (automobile, chimie, pétrole et gaz, ...) doivent désormais faire face à différentes contraintes socio-économiques les poussant à développer leurs systèmes de production en vue d'atteindre des objectifs sur les plans économique et technique.

Des développements au niveau des technologies de l'automatisation et de l'informatique deviennent indispensables avec la mise en place d'outils pour la supervision assurant une meilleure productivité et qualité à moindre coût et garantissant la sûreté de fonctionnement des équipements, du personnel et aussi la protection de l'environnement.

Les procédés de production sont supervisés, en fonction de la surface qu'ils occupent et la dispersion des variables au sein de l'installation industrielle soit par un contrôle direct ou un contrôle distribué et aussi en fonction de la nécessité d'acquisitions et de transmission des données.

Dans l'industrie pétrolière, les installations nécessitent la disponibilité permanente des données, la technique de contrôle global appelée « contrôle et acquisition de données » ou « système SCADA » regroupe toutes ces fonctionnalités.

Les systèmes SCADA couvrent généralement des zones géographiques vastes et comptent sur une variété de systèmes de communication. Ils sont constitués éventuellement d'un ou plusieurs historiques, de serveurs redondants, de stations distantes et de logiciels incluant une interface Homme-Machine (HMI) ou un autre logiciel utilisateur qui fournit une interface de communication à distance entre le matériel SCADA et d'autres logiciels.

Le système HMI présente généralement l'information pour le personnel d'exploitation graphique à travers des représentations schématiques de l'unité contrôlée.

Les systèmes de contrôle industriel ICS commandent les installations industrielles critiques. Avec la généralisation des interconnexions de réseaux, entre réseaux industriels et bureautiques, les télémaintenances et l'utilisation d'Internet, et avec la migration de protocoles et de systèmes spécifiques vers TCP/IP et Windows, les risques

d'être exposé aux vulnérabilités et menaces sont devenus très élevés. La cyber-sécurité est ainsi devenue une nécessité vitale pour assurer leur bon fonctionnement.

Les industriels cherchent donc à améliorer le niveau de sécurité de leurs installations sous peine d'être victimes d'incidents majeurs en intégrant dans leurs équipements des solutions informatiques et de multiples outils de lutte contre les cyber-menaces.

Afin de faciliter la prise de décision, les entreprises font appel à des passerelles intelligentes entre le réseau d'entreprise et le réseau industriel. Ce sont des systèmes d'archivage permettant de convertir les données en informations commerciales intelligibles par les gestionnaires de l'entreprise.

C'est dans ce contexte que se situe le présent travail qui vise tout d'abord à introduire l'architecture du système SCADA ainsi que le système d'archivage Exaquantum, à exposer ensuite les différents problèmes générés par Exaquantum, proposer des solutions qui soient applicables en abordant les questions de communication et de sécurité des systèmes.

A l'issue de ce projet, nous illustrerons ce travail par la conception d'une interface graphique pour l'amélioration du système SCADA des puits du champ pétrolier MLE.

## Déroulement du stage

Nous avons, à l'issue de notre formation, effectué un stage de 5 semaines au sein de l'association SH-FCP –Hassi Berkine.

Notre stage a été une opportunité pour nous d'appréhender et d'assimiler, grâce à l'aide de professionnels qualifiés, tous les éléments nécessaires à la réalisation de notre projet de fin d'études qui consiste en une contribution à l'amélioration du système de supervision des puits gaziers.

Nous avons établi notre plan de travail et approfondi nos connaissances concernant:

- L'architecture du système SCADA.
- Le réseau et protocoles de communication.
- Le système de gestion de l'information de procédé Exaquantum.
- Le logiciel d'extraction et de transfert des données Avocet.

Nous nous sommes ensuite intéressées aux problèmes que rencontre le département Puits pour l'établissement du rapport final ; la perte des données dans le serveur Exaquantum et la supervision différée des tâches des tests des puits.

# **Chapitre I**

## **Description des puits pétroliers**

## **1. Introduction**

Dans ce chapitre, nous allons présenter les puits pétroliers, décrire leur instrumentation.

Nous allons par la suite présenter le principe des essais de puits.

## **2. Les puits pétroliers**

Le puits pétrolier est l'élément primordial du système de production des hydrocarbures, il sert à mettre en liaison le fond à la surface. Il permet, principalement, de ramener

L'effluent (mélange d'hydrocarbures et d'eau) du gisement aux installations de surface dans lesquelles il sera ultérieurement traité.

## **3. Types de puits**

Il existe différents types de puits :

### **a. Les puits producteurs**

Ils véhiculent l'effluent du fond à la surface. Un gisement est un volume de roche, dont les pores contiennent des fluides. Généralement, dans un gisement à huile, celle-ci se trouve entre une couche de gaz et une couche d'eau.

La pression de l'eau et du gaz pousse l'huile dans le puits. Quand un trou de forage est réalisé, une zone avec une pression basse est créée, et le puits peut produire.

Pour un gisement à gaz, le principe est le même sauf que l'on ne rencontre principalement que 2 phases (gaz et eau).

Quand le puits produit, les fluides quittent le réservoir et entrent dans le trou de forage.

### **b. Les puits injecteurs**

Lors de l'extraction des hydrocarbures, le gisement chute en pression ; il faudra alors réinjecter un autre effluent (eau, gaz) pour pouvoir conserver la pression de gisement ( $P_{gis}$ ) ou, du moins, ralentir sa chute, afin de pouvoir récupérer un maximum d'hydrocarbures. Il est possible d'utiliser du gaz qui provient de la séparation.

L'injection de gaz se fait généralement dans la section supérieure du réservoir.

L'injection d'eau se fait généralement dans la partie inférieure du réservoir.

### **c. Les puits témoins**

Ils permettent le contrôle de certains paramètres du réservoir. Ces puits sont implantés en périphérie de certains réservoirs (ex : stockage de gaz souterrain) et servent à contrôler le niveau

de pression du réservoir ainsi que son niveau aquifère. Leur technologie est sensiblement la même qu'un puits producteur ou injecteur.

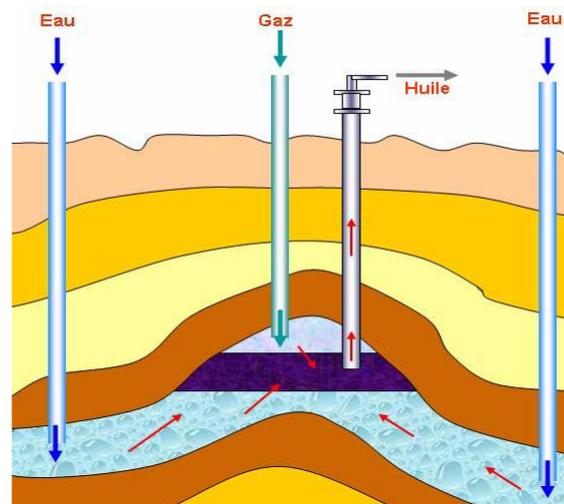


Figure I.1. Types de puits [6]

#### 4. Mise en production d'un puits

On rencontre du brut piégé dans des formations souterraine. Un gisement peut aussi contenir de l'eau salée et/ou du gaz.

La pression des fluides dans le gisement va dépendre de plusieurs facteurs, entre autres :

- La profondeur du gisement.
- La manière dont le gisement a été formée.
- Le type de formations au dessus et autour du gisement.

Ces, pression et température du gisement, ainsi que la nature du fluide vont conditionner le type de puits (activé ou non) et son dimensionnement.

Un puits foré va créer une ouverture du réservoir vers la surface. Dans beaucoup de cas, les fluides montent vers la surface à l'ouverture du puits.

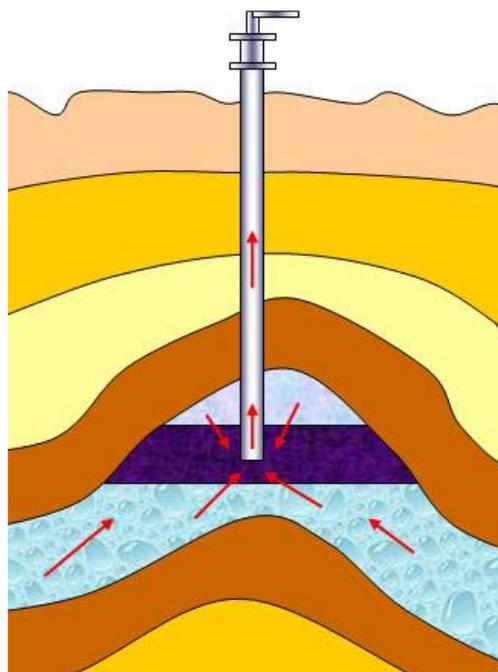
Un puits éruptif est un puits où les fluides montent uniquement avec la pression existante dans le gisement.

Avec les variations de pression, la composition du fluide change. La pression hydrostatique en un point dépend de la hauteur de colonne de fluide qui est au dessus du point de mesure. Quand le fluide monte dans le tubing, la pression hydrostatique diminue.

Dans le réservoir, la proportion de gaz dépend de la pression du réservoir. Si la pression du réservoir est grande, une grande partie du gaz est dissous dans l'effluent.

La pression dans le réservoir autour du trou de forage diminue graduellement et les fluides des endroits du réservoir où il y a une pression plus grande s'écoulent vers le trou de forage où la pression est plus basse.

Quand on ferme un puits, la pression va s'égaliser graduellement, jusqu'au moment où il n'y a plus de différences de pression et l'écoulement vers le trou de forage s'arrête.



**Figure I.2. Mise en production d'un gisement [6]**

## 5. Equipements du puits

Le puits se décompose de deux sous-ensembles élémentaires qui sont :

- Les équipements FOND (cuvelages (casings), complétion).
- Les équipements SURFACE (wellhead, christmas tree)

Une fois la géométrie de profil du puits décidée, des études seront faites pour définir le type d'équipements que l'on implantera dans le puits.

Le puits est composé de l'équipement de subsurface et d'une tête de puits.

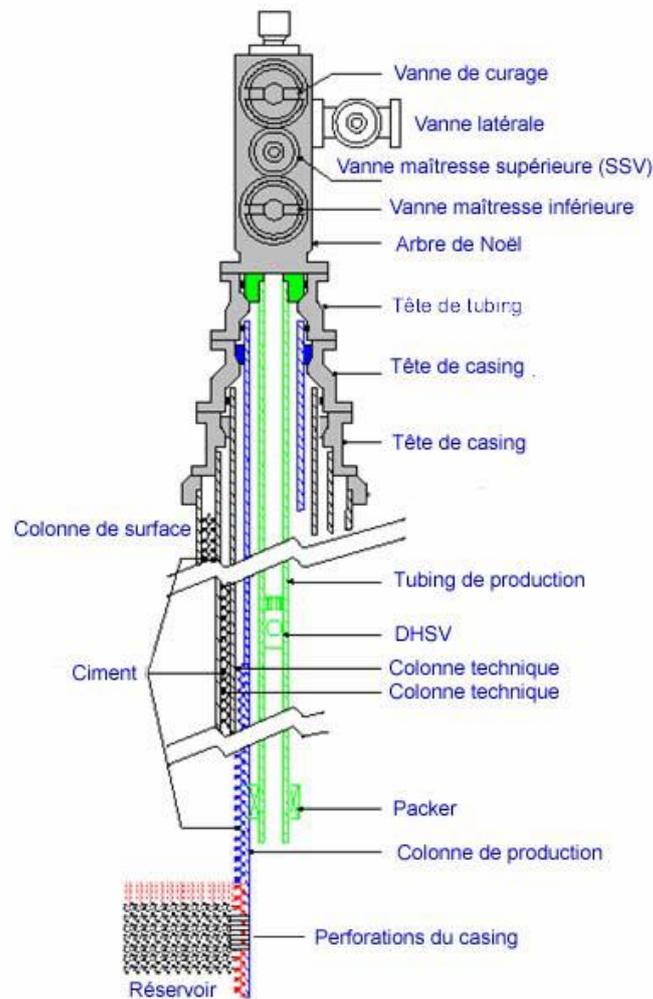


Figure I.3. Équipement d'un puits [6]

➤ *Wellhead Control Panel (WHCP)*

Les vannes de sécurité d'une tête de puits sont normalement des vannes à passage direct, avec un actionneur pneumatique ou hydraulique. On a donc besoin d'une pression hydraulique ou pneumatique pour commander la vanne.

Les vannes de sécurité se ferment sous l'action d'un ressort et provoque ainsi la perte de la pression hydraulique ou pneumatique.

Le WHCP est constitué de :

- Hydraulic Power Unit (HPU) qui alimente les vannes des têtes de puits.
- Cabinet Front Panel (CFP) qui contient tous les équipements de contrôle et de suivi.

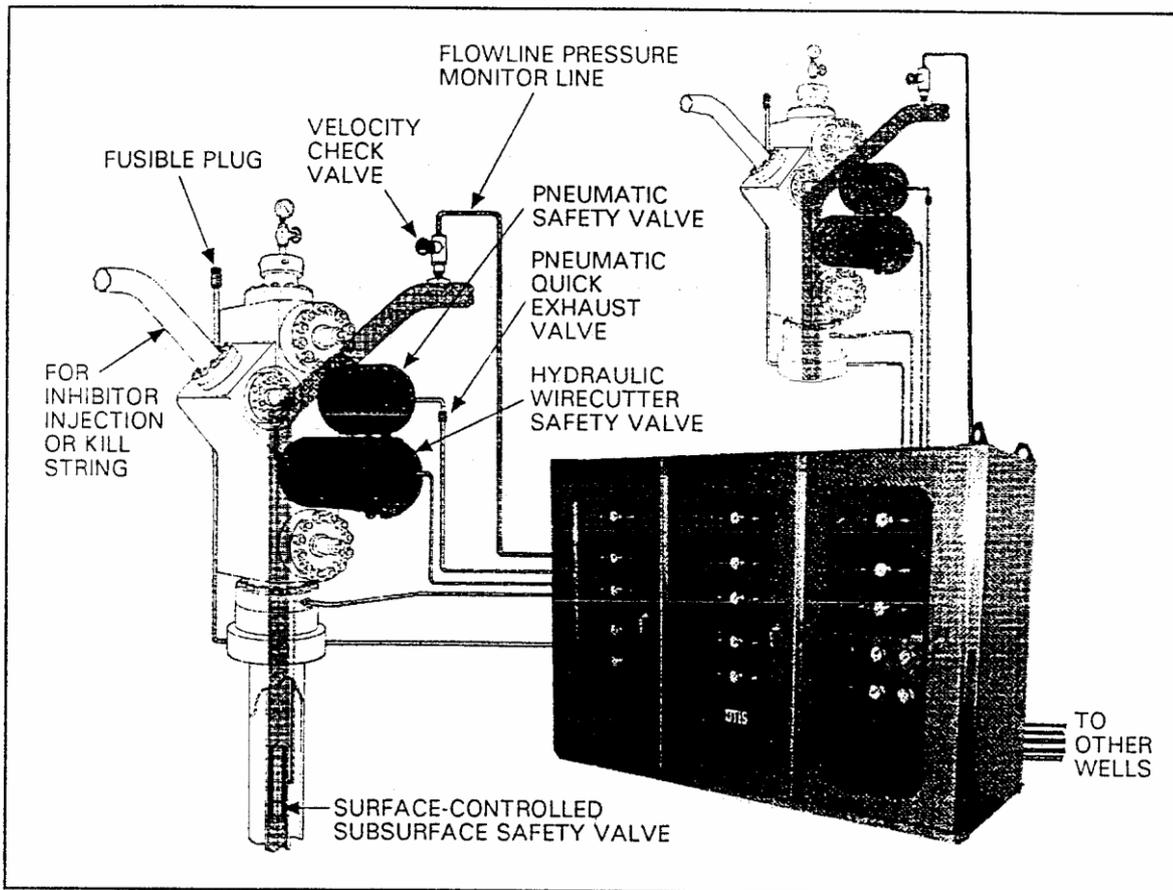


Figure I.4. Wellhead Control Panel [6]

## 6. Instrumentation

### a. Instruments et paramètres de fonctionnement normal

Les paramètres principaux de fonctionnement d'un puits sont schématisés ci après et diffèrent peu, entre un puits producteur et injecteur. Des paramètres spécifiques supplémentaires sont à prendre en compte s'il s'agit de puits activés.

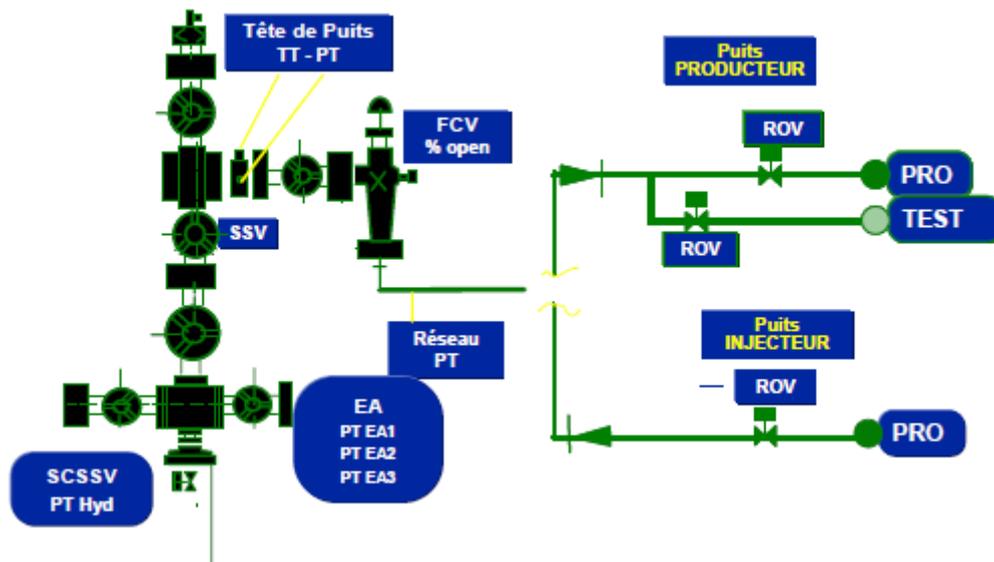


Figure I.5. Localisation des points de mesure [6]

Les paramètres nécessaires au suivi et à l'analyse sont :

- Pression hydraulique du liner de commande SCSSV.
- Niveau d'huile armoire hydraulique commande SCSSV.
- Pression des espaces annulaires EA1, EA2, EA3.
- Pression tête de puits.
- Température tête de puits.
- Ouverture de la duse.

On note que pour la pression en tête de puits, il y aura de préférence un capteur transmetteur doublé d'un indicateur (manomètre). La raison principale de cette double mesure est de pouvoir évaluer rapidement la valeur de la pression lors d'une intervention sur le puits sans avoir à interpréter celle-ci sur un enregistreur ou à demander par radio à la salle de contrôle.

Il est impératif d'enregistrer les mesures en tête de puits pendant les tests, particulièrement pour les puits activés. Une simple lecture ne suffit pas. Seules les courbes (trends) permettent d'apprécier les problèmes de stabilité, de démarrage, de mauvais fonctionnement en général.

Aujourd'hui, on trouve de plus en plus de possibilités d'enregistrement déporté (câblé ou télétransmission) des mesures échantillonnées sur site.

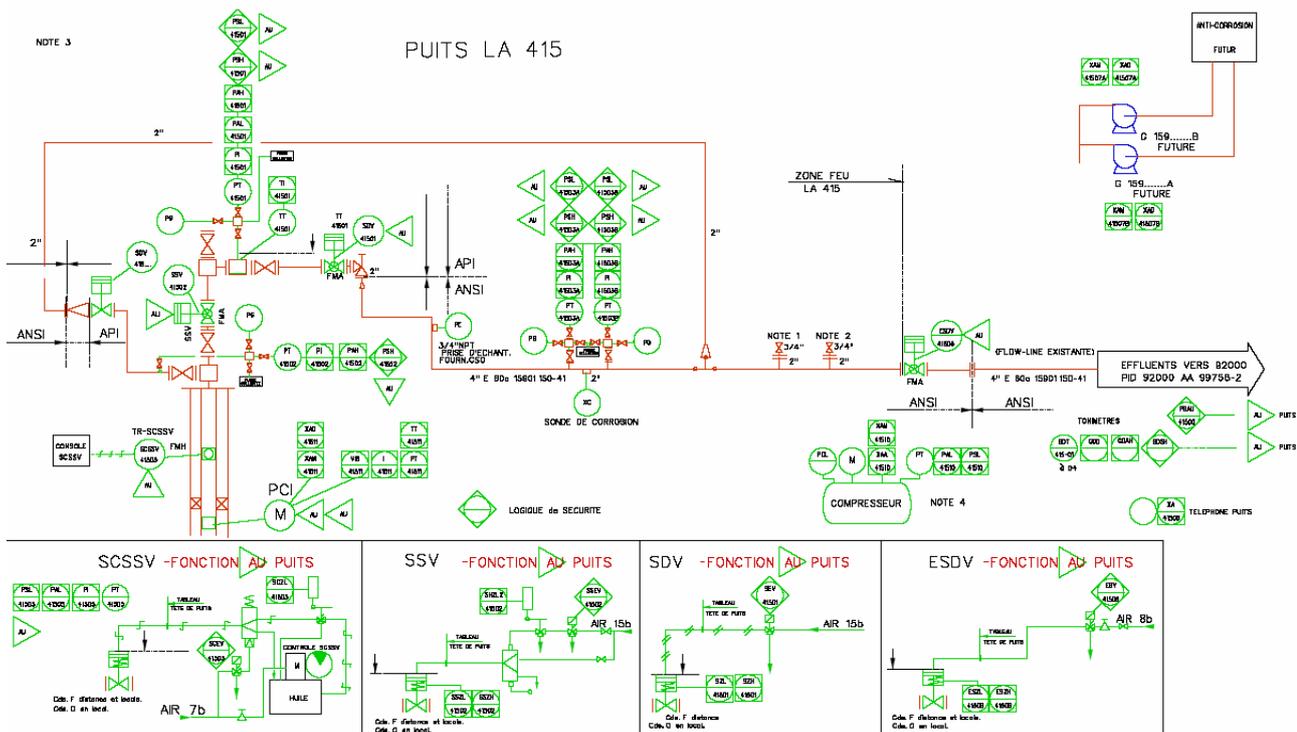


Figure I.6. Instrumentation puits pour mesures [6]

## b. Sécurité des puits

Des systèmes de sécurité sont mis en place pour fermer le puits en cas de situation d'urgence.

Une situation d'urgence pourrait être un feu ou des variations de pression anormales causées par une rupture des conduites, un mauvais fonctionnement d'un équipement de surface, une tête de puits endommagée ou une autre situation à risque.

La procédure de sécurité d'un puits implique de définir trois niveaux :

- Le confinement des hydrocarbures.
- Équiper les puits avec des moyens d'activation des barrières de sécurité.
- Équiper les conduites de production et d'injection d'une isolation adéquate et des dispositifs de sécurité.
- Éviter l'inflammation des hydrocarbures.

- Prévoir des dispositifs de détection de gaz.
- Définition des zones dangereuses autour d'un puits.
- Réduire les impacts d'une situation d'urgence.
- Prévoir des dispositifs de détection de feux.
- Minimiser les impacts d'un feu.
- Prévoir les moyens de lutte anti-incendie.

### c. Système de contrôle de sécurité

Le but des systèmes de sécurité est de protéger le personnel, l'environnement et l'installation. L'objectif majeur du système de sécurité est d'empêcher la libération d'hydrocarbures et de réduire au minimum les effets néfastes de ces rejets s'ils se produisent. Ceci peut être atteint par les actions suivantes :

1. Prévention des événements indésirables.
2. Arrêt du process.
3. Récupération de fluides libérés.
4. Prévention de l'allumage.

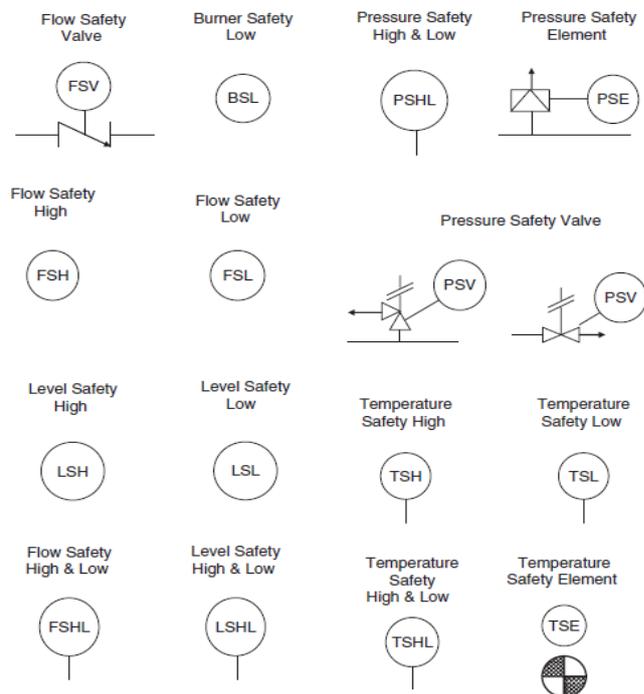


Figure I.7. Quelques symboles utilisés dans la conception du système de sécurité [6]

## 7. Les essais de puits

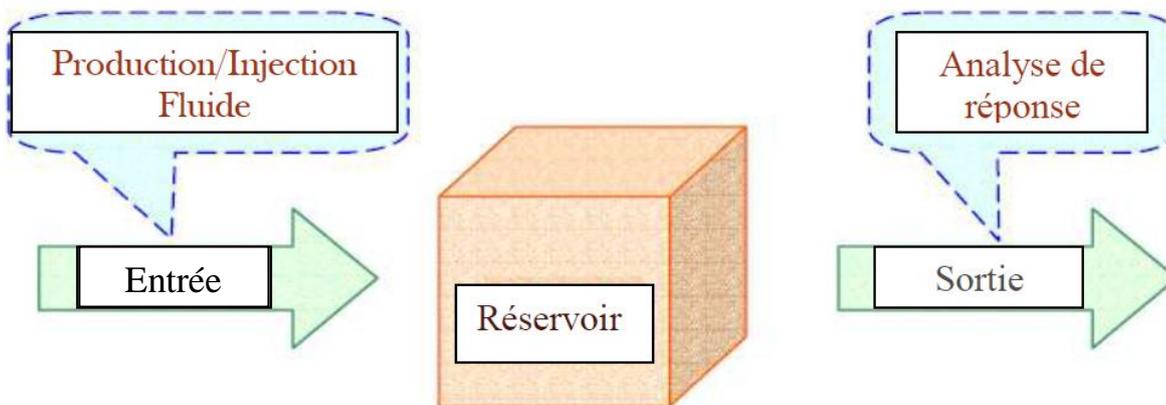
Pour assurer une bonne rentabilité d'un réservoir d'hydrocarbures, il est nécessaire de développer des techniques permettant de collecter toutes les données nécessaires pour caractériser le réservoir et évaluer ses performances. Parmi ces techniques, on trouve les essais de puits ou les Well Tests.

- **Le principe des essais de puits**

Le principe de base de l'essai de puits est de créer une variation instantanée du débit de puits. Cette dernière provoque une perturbation du régime de pressions existantes dans le réservoir. La mesure de l'évolution de la pression en fonction du temps et son interprétation fournissent des renseignements sur le réservoir et le puits.

En général, les débits sont mesurés en surface alors que la pression est enregistrée au fond du puits. La pression est constante et uniforme dans le réservoir avant la mise en production du puits, alors qu'elle diminue pendant la période de production, il s'agit d'un test Draw Down. Par contre dans le cas où le puits est fermé suite à une période de production, cette pression remonte, c'est le test Build Up.

L'évolution de la pression est interprétée en utilisant quelques lois de la mécanique des fluides ou on utilisant des logiciels spécifiques dans le domaine.



**Figure I.8. Principe des essais des puits [2]**

- **Objectifs des essais des puits**

D'une façon générale, L'analyse des essais de puits permet d'obtenir des renseignements sur le réservoir et sur le puits, permettant la construction du modèle de réservoir en association avec les études géologiques et géophysiques. Ce modèle sera utilisé pour prédire le comportement du champ, estimer la rentabilité et la récupération, l'orientation future de l'exploitation, et l'amélioration de la productivité des puits.

Cependant, les principaux objectifs d'un essai de puits sont principalement:

- Evaluer les caractéristiques du réservoir comme la perméabilité, l'hétérogénéité, les limites de réservoir, et la porosité.
- Déterminer la nature et/ou les caractéristiques des fluides produits.
- Déterminer l'état du puits et son potentiel de production.
- Contrôler l'efficacité d'une complétion ou d'un traitement sur le réservoir (stimulation).
- Suivre l'évolution des paramètres relatifs au puits ou au réservoir que ce soit la pression, GOR, WOR...etc.
- Définir les hétérogénéités du Réservoir.
- Calculer les distances aux limites.

Pour cela, il est nécessaire

- de prélever un échantillon des fluides produits.
- de connaître le débit des fluides produits.
- de connaître l'évolution de la pression de fond et de la température de fond suite à une variation de débit.

## **8. Conclusion**

Ce chapitre concerne le puits pétrolier, son équipement et ses instruments de sécurité installés pour répondre mieux aux contraintes imposées par la production.

Les essais des puits sont des opérations délicates qui donnent des informations détaillées autour du puits et du potentiel du gisement.

**Chapitre II**  
**Présentation du système**  
**SCADA A2 9.5**

## 1. Introduction

Afin de comprendre la notion de «supervision et acquisition des données » et sa nécessité dans le contrôle des procédés industriels, considérons trois scénarios différents:

- **Scénario 1**

Le procédé industriel considéré est simple impliquant seulement quelques variables dont l'interaction est minime et qui doivent être contrôlées indépendamment les unes des autres. Dans ce cas le "contrôle direct" de chaque variable peut simplement être réalisé. Dans le cas où un contrôleur numérique est utilisé, le contrôle serait appelé "commande numérique directe".

- **Scénario 2**

Le procédé industriel est complexe du point de vue du contrôle, mais n'occupe pas une grande surface. Il contient un certain nombre de variables contrôlées, réparties sur l'ensemble du procédé. Dans ce cas, les contrôleurs sont également répartis sur le procédé, situés aussi près que possible de la variable contrôlée. Ce type de contrôle est appelé "contrôle distribué" et le système de commande utilisé est dit "Système de Contrôle Distribué» ou «DCS». Cette technique est satisfaisante si le contrôle de ce procédé ne nécessite qu'une intervention limitée de l'opérateur.

- **Scénario 3**

Le procédé industriel s'étend sur une grande surface, son contrôle se fait par des contrôleurs simples mais distribués qui nécessitent une intervention fréquente de l'extérieur. Dans ce scénario, un troisième type de stratégie de contrôle appelée «supervision et acquisition des données » est appliquée. Ici, les contrôleurs sont répartis sur le procédé comme pour le contrôle distribué, seulement la supervision du procédé et des contrôleurs est réalisée à partir d'une installation centrale. Les contrôleurs utilisés dans ce cas sont généralement plus simples que ceux utilisés dans le contrôle distribué. Une exigence essentielle à l'efficacité de ce système est que toutes les données du procédé soient recueillies et mises à disposition au niveau de ladite installation centrale, car chacune a une incidence sur le fonctionnement du procédé à contrôler.

Ce système de contrôle global est appelé « Système de Contrôle et Acquisition des Données » ou « système SCADA ». [3]

## 2. Définition et applications du SCADA

Le système de contrôle et d'acquisition de données, ou SCADA, est le système qui permet à l'opérateur d'un procédé industriel contrôlé d'obtenir des données provenant d'installations distantes et de transmettre des instructions de contrôle à ces installations.

Les objectifs pratiques du SCADA se résument en deux points :

(I) Observation en temps réel du fonctionnement des installations.

(II) Contrôle et communication avec les dispositifs répartis sur une vaste surface.

La technique SCADA s'avère d'un grand intérêt pour les procédés que se caractérisent par les trois (03) points suivants :

(A) Installation répartie sur de grandes surfaces.

(B) Contrôle relativement simple.

(C) Interventions fréquentes, régulières ou immédiates de l'opérateur.

- **Comparaison entre les deux systèmes SCADA et DCS**

Le DCS, de même que le SCADA est un système de contrôle distribué, les deux, sont appropriés pour le contrôle des grands procédés industriels distribués, une comparaison entre les deux est appropriée.

Le tableau ci-dessous compare les systèmes SCAD et DCS par rapport à trois caractéristiques importantes, à savoir : La direction de transmission des données, le type de contrôle et la fréquence d'intervention de l'opérateur.

| Caractéristiques                         | DCS                        | SCADA                      |
|--|----------------------------|----------------------------|
| Direction de la transmission de données  | Transmission à sens unique | Transmission à double sens |
| Type de contrôle                         | Contrôle total ou complexe | Contrôle simple ou limité  |
| Etendue de l'intervention de l'opérateur | Intervention limitée       | Intervention régulière     |

**Tableau II.1. Comparaison DCS/SCADA**

### 3. Composantes du système SCADA

Le système SCADA, comme le montre la figure 12, est composé des six éléments suivants:

- Des unités terminales distantes (RTU).
- Une unité terminale maîtresse (MTU).
- Sous-système de communication MTU-RTU.
- Des appareils de terrain (IFD).
- Un sous-système communication RTU-FD.
- Des logiciels incluant une interface Homme-machine.

Les RTUs constituent la première composante du système SCADA, elles sont connectées à une unité centrale de supervision dite MTU qui se trouve à la salle des machines.

La MTU est la deuxième composante. Selon le procédé contrôlé et l'objectif global de la commande, le MTU prend des noms différents. Par exemple, dans le système d'exploitation de champs de pétrole, elle est désignée comme station de supervision.

Chaque RTU collecte des données provenant d'une section donnée du procédé.

Ces données sont traitées puis transmises à la MTU. De même, chaque RTU reçoit des instructions (se rapportant à la partie de l'installation qui lui est attribuée) de la part de la MTU et les transmet aux équipements de l'installation.

Cette communication numérique bidirectionnelle entre RTU et MTU est réalisée par le sous-système de communication MTU-RTU, qui constitue la troisième composante du système SCADA.

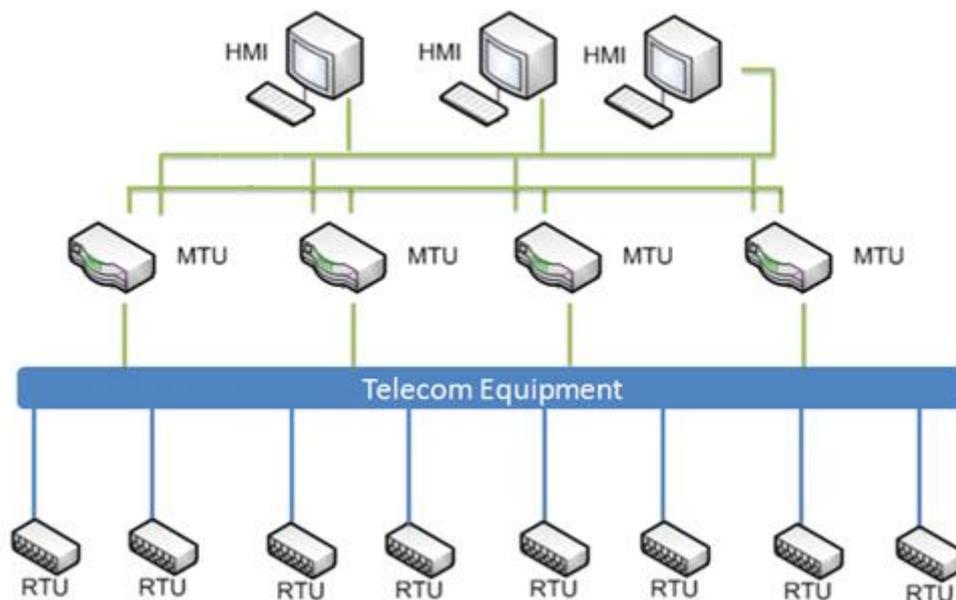
La RTU fournit également les consignes et les commandes de contrôle discrètes respectivement aux automates et actionneurs.

Ces dispositifs agissent donc comme l'interface entre la RTU et l'installation commandée. Étant situés sur le terrain, ces dispositifs sont connus comme des appareils de terrain (IFD) et constituent la quatrième composante de notre système SCADA.

Les sous-systèmes de communication RTU-FD représentent la cinquième composante du système SCADA.

La HMI, considérée comme la sixième composante du SCADA, permet de visualiser l'ensemble de communication SCADA dont le contrôle et la surveillance.

Chaque composante sera développée par la suite.



**Figure II.1. Architecture typique du système SCADA [3]**

## a. Unité terminale distante RTU

Les RTUs sont des équipements électroniques modulaires conçus pour des environnements rudes et distants. Elles sont réparties sur l'ensemble du champ et interfacées avec le procédé par le biais de l'équipement de terrain.

### ➤ Principales fonctions de La RTU

- Acquérir des données provenant du procédé contrôlé grâce à des capteurs et conserver les données traitées dans la mémoire puis les transmettre correctement et entièrement à la demande de la MTU.
- Recevoir des instructions de commande sous forme de signaux de commande et les points de consigne provenant de la MTU et délivrer les signaux de commande aux actionneurs et les points de consigne aux contrôleurs automatiques.



Figure II.2. RTU SCD2200 (projet MLE) [5]

Il existe deux types d'entrées de la RTU:

1. Les valeurs analogiques de variables contrôlées et non contrôlées obtenues grâce à des capteurs analogiques.
2. Les valeurs numériques des actionneurs commandés à distance ou localement obtenues grâce à des capteurs numériques.

Il existe deux types de sorties de la RTU:

1. Les commandes de contrôle discrètes dédiées aux actionneurs commandés à distance.
2. Les consignes transmises aux régulateurs des variables commandées en boucle fermée. [4]

## **b. Interface de communication du système SCADA**

Le système SCADA établit l'échange de données entre les serveurs MTU et les RTU à travers un système de communication à hiérarchie numérique synchrone (SDH).

La hiérarchie numérique synchrone ou SDH est un ensemble de protocoles pour la transmission de données numériques à haut débit. Il relève du niveau 1 de la couche de l'OSI.

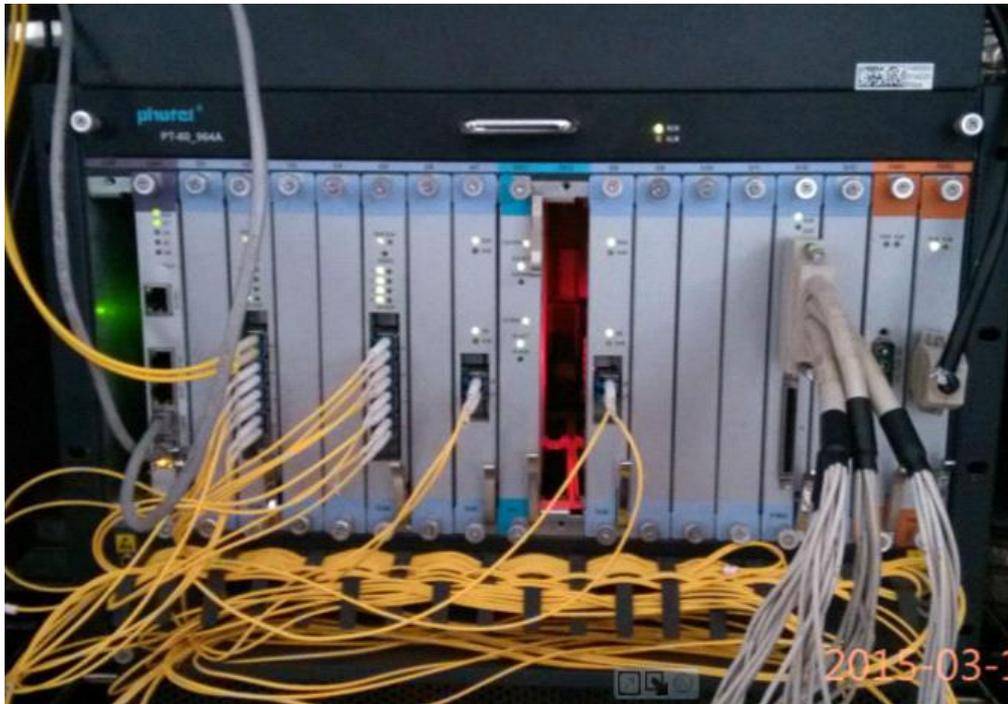
### ➤ **Les principaux avantages de la SDH**

Simplification du réseau : Permet l'utilisation d'un nombre illimité d'équipements.

- Haute flexibilité : Possibilité d'accéder aux affluents bas débits.
- Gestion « In Band » : Canaux intégrés de gestion du réseau.
- «Mid fiber meet » : Permet l'interconnexion entre équipements de constructeurs différents.
- Capacité de survie : Permet un taux élevé de disponibilité de service.
- Evolutivité : Facilité d'évolution vers les niveaux supérieurs de multiplexage.

Les ports intervenant dans le système de communication sont ouverts en même temps, on cite :

- Sur les MTUs, deux ports Ethernet à raccorder au commutateur Ethernet SCADA.
- Sur les RTUs le système SCADA a besoin de cinq connexions Ethernet :
  - 1 port pour la connexion des données de la RTU entre le port de communication A et le canal A.
  - 1 port pour la connexion des données de la RTU entre le port de communication B et le canal B.
  - 1 port pour la connexion du port de programmation RTU de la CPU A au canal A.
  - 1 port pour la connexion du port de programmation RTU de la CPU B au canal B.
  - 1 port pour la connexion de l'entretien du laptop. **[9]**



**Figure II.3. Communication SDH [5]**

**c. SCADA Server (Unité terminale maîtresse MTU)**

Le noyau du système SCADA est constitué d'une paire de serveurs redondants (MTUA & MTUB) supportant l'architecture RAID (RAID1). Cette redondance permet de maintenir en permanence la base de données en temps réel, la base de données de l'historique et la mise à jour de la liste d'alarmes.

Seule la MTU maîtresse communique avec les RTU du champ, pendant que la MTU en stand-by constitue sa propre base de données en lisant les valeurs de la MTU maîtresse.



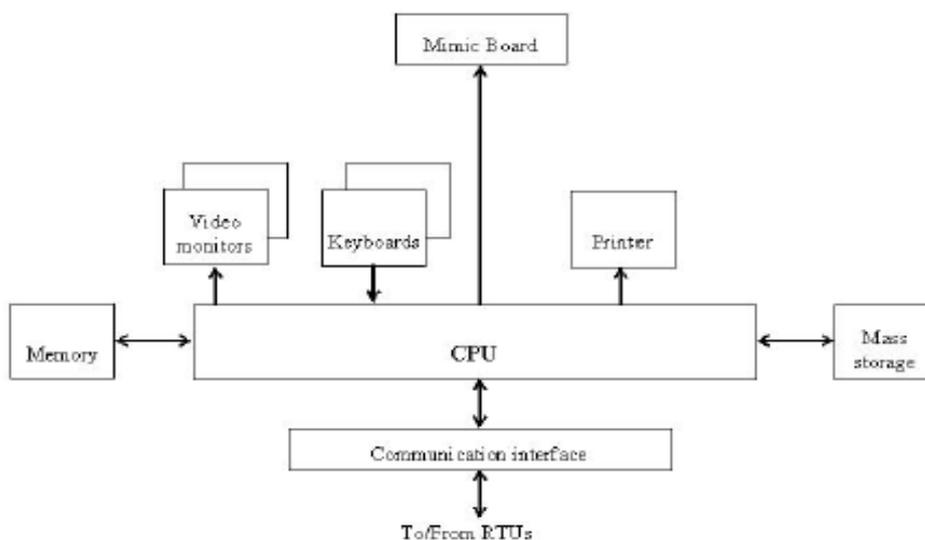
**Figure II.4. Serveur industriel 4U Kontron (Projet MLE) [5]**

### ➤ Architecture de la MTU

La MTU comprend

- FEP (Processeur frontal pour l'acquisition des données en temps réel et le traitement) ou TAG server.
- HOST (pour le stockage de l'historique des données) : mémoire RAM et ROM et mémoire de masse.
- Une interface de communication avec la RTU.

La MTU est construite autour d'un serveur ayant un seul processeur, à savoir, une unité centrale de traitement (CPU). Elle exécute toutes les fonctions de la CPU ainsi que les autres fonctions mathématiques et les fonctions de communication à travers les périphériques HMI tels que les tableaux synoptiques, les moniteurs vidéo, les claviers, les imprimantes...etc.



**Figure II.5. Architecture de la MTU. [3]**

### ➤ Principales fonctions de la MTU

- Acquisition des données de l'instrumentation de terrain interfacé avec la RTU.
- Conversion si nécessaire des données brutes reçues en valeurs exprimées dans le système d'unités anglo-saxonnes.
- Retour au DCS via OPC des données provenant des RTUs.
- Lancement des alarmes sonores et visuelles.
- Envoi des commandes, reçues à partir de l'interface HMI ou du DCS, vers des actionneurs à travers la RTU.
- Contrôle et diagnostic des performances sur les canaux et les RTUs connectés au système SCADA.
- Stockage des données traitées dans la base de données en temps réel.

- Mise à jour de la liste d'alarmes.
- Gestion des redondances afin d'assurer la tolérance aux pannes du serveur.
- Stockage des données / événements dans l'archive InSQL.

#### **d. Interfaces graphiques du système SCADA (HMI)**

L'interface Homme-Machine représente l'interface synoptique entre le système et l'opérateur, c'est grâce à elle que l'opérateur peut interagir avec le système.

La HMI sur des postes de travail d'opérateur donne une représentation graphique des équipements. La HMI offre une visibilité sur l'état et l'évolution de l'installation, avec l'affichage en différentes couleurs des équipements, des alarmes et des propositions sur l'action à entreprendre.

Les services fournis par la HMI sont cités ci-dessous:

- Fournir une interface pour la communication SCADA entre le matériel et les logiciels.
- Afficher toutes les informations opérationnelles SCADA tels que le contrôle et la surveillance ainsi que le statut de la communication entre la MTU et la RTU sous forme textuelle ou graphique.
- Indiquer les alarmes, les défauts et envoyer des commandes.
- Fournir la conversion entre plusieurs types de données tels que la conversion analogique/numérique, numérique/analogique à des textes lisibles par l'utilisateur.
- C'est un outil de gestion de réseau : elle est utilisée lors de la communication SCADA pour des fins de surveillance telles que la vérification des résultats des performances du réseau.

Dans le projet MLE, les HMI sont construites dans l'environnement de l'application **InTouch Windows Maker** fournie avec le système SCADA.

Le nombre de graphiques prévu pour le système est 43.

La récupération d'affichage et la périodicité de mise à jour est d'environ 1 seconde.

Sur la page, l'utilisateur peut placer des objets et des points de sélection afin d'exécuter une instruction et de commander le système.

Seuls les objets animés peuvent être sélectionnés. Le pointage permet d'afficher les informations importantes relatives aux objets sélectionnés.

Une base de donnée ACCESS est attribuée à chaque type d'objet (analogique, numérique).

Certaines fonctionnalités d'interface, notamment les limites, le statut, la valeur, peuvent être modifiées pour des raisons de maintenance et de sécurité. [5]

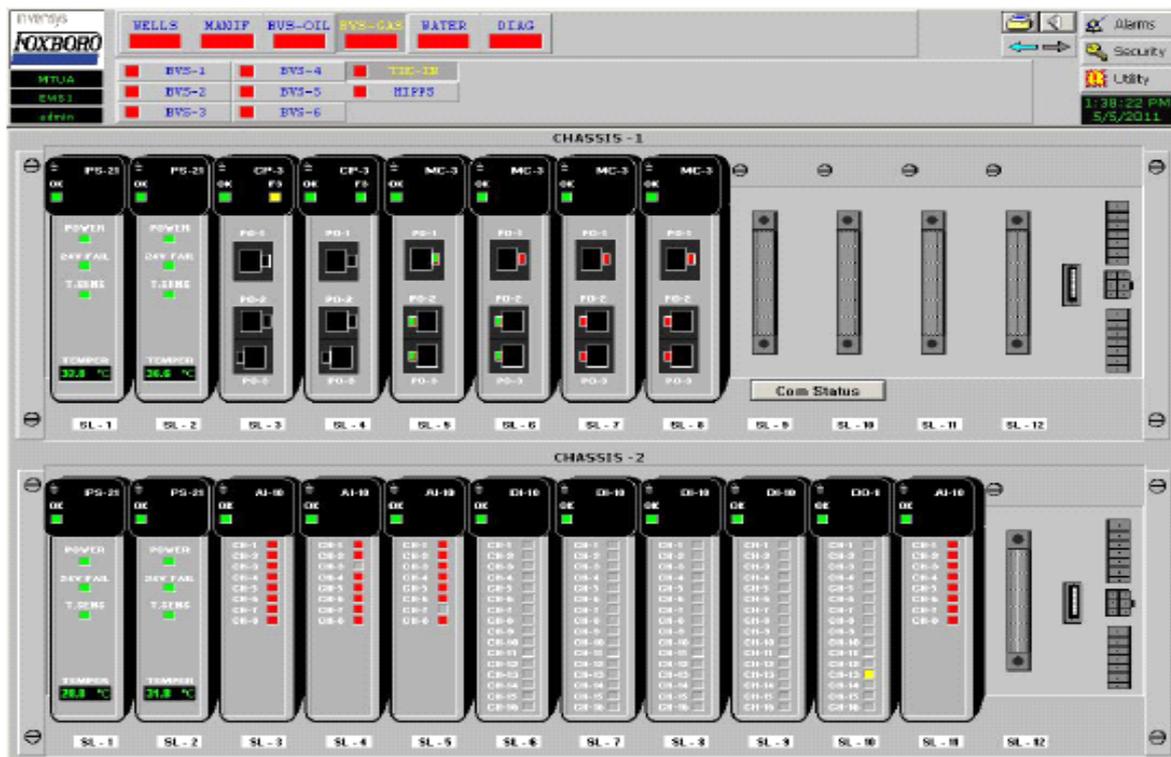


Figure II.6. Page graphique de l'EWS. [5]

### 3. Poste de travail d'ingénierie (Engineering Workstation)

Le système SCADA est équipé d'un poste de travail d'ingénierie, qui est utilisé pour configurer tous les aspects du système, en particulier :

- La base de données du système.
- Les représentations graphiques.
- Les logiciels d'application sur RTU.

Les postes de travail d'ingénierie fournissent :

- La configuration de la navigation.
- La configuration des alarmes.
- La configuration graphique.
- La configuration d'accès sécurisé.
- La configuration nécessaire à l'examen et la modification de la logique du système.
- La configuration de base de données du système SCADA.

Les EWS permettent le téléchargement des données de configuration dans les serveurs SCADA et dans les autres composants du système par l'intermédiaire d'un lien de communication disponible.

Toutes les tâches mentionnées ci-dessus n'interfèrent pas avec les programmes SCADA en ligne.

#### **4. Interfaçage du SCADA avec DCS**

Le système SCADA existant est interfacé avec le DCS CS3000 de YOKOGAWA.

Le système SCADA transfère les données au DCS en agissant comme un serveur à travers une interface redondante, et reçoit également des commandes du DCS qu'il transmet à la RTU.

Une liaison redondante relie la MTU au DCS (où la MTU agit comme serveur OPC et le DCS comme client OPC). Elle est réalisée avec un port réseau, chaque MTU est connectée aux commutateurs du DCS.

Chaque donnée transmise par les RTUs au système SCADA doit être numérisée puis lue par le système DCS.

Les données transmises par le DCS au SCADA sont écrites dans la base de données du serveur OPC.

Le protocole utilisé pour l'échange de données du SCADA à DCS est OPC DA version 2.0. [1]

#### **5. Acquisition et traitement des données**

L'acquisition des données est assurée par un pilote d'E/S qui gère le protocole DNP3 utilisé sur ce projet. Le traitement des données exécute les opérations suivantes:

- La conversion des données en valeur numérique (chiffres) à la valeur en unité d'ingénierie (ceci pour des valeurs analogiques).
- Le traitement des alarmes pour les valeurs numériques et analogiques sur la base de la configuration des informations contenues dans la base de données SCADA.

Le pilote d'E/S de la MTU acquiert des données à partir de la RTU par le protocole DNP3. Les principales actions des pilotes d'E/S sont:

La surveillance des données (appartenance à l'intervalle de sécurité et fiabilités pour les données analogiques).

- Le contrôle de la validité des données pour les valeurs numériques.
- Le contrôle des données d'état de la RTU.

#### **6. Protocole d'acquisition (DNP3)**

Le protocole utilisé par le serveur pour l'acquisition de données à partir de la RTU est DNP3 (version 3.0).

Il est l'un des protocoles standards les mieux reconnus dans un environnement SCADA en particulier pour l'industrie du gaz et du pétrole.

Le protocole DNP3 a été adopté pour la communication MTUs-RTU.

Les principales caractéristiques :

- Synchronisation précise entre la MTU et les RTUs.

- Variables horodatées de la RTU.
- Génération du rapport des exceptions.

Tous les paramètres d'acquisition sont définis dans la phase de configuration des E/S du serveur. L'I/O Server est l'application logicielle qui pilote le DNP3 vers la RTU et transmet les données acquises à l'application **InTouch**. [5]

## 7. La redondance du système SCADA

La redondance consiste à équiper le système d'équipements en double ou en triple (opérationnel, au repos), ceci afin qu'en cas de défaillance l'équipement redondant soit en mesure de prendre en charge les tâches réalisées par l'équipement défectueux avant la panne.

La redondance peut être réalisée de manières différentes en fonction des équipements.

Les deux serveurs MTU sont simultanément en cours de fonctionnement et interagissent avec les opérateurs, mais seul le (maître) supervise le système et déclenche les alarmes.

Le serveur dit (esclave) reçoit une copie de la base de données et les fichiers pour maintenir ses bases de données à jour.

Ainsi, si une défaillance survient au niveau du serveur opérationnel, le serveur de sauvegarde peut prendre immédiatement le contrôle.

Deux bases de données InSQL installées fonctionnent simultanément sur chaque serveur relié à l'I/O Server. En cas de défaillance d'un serveur, les données seront automatiquement récupérées à son redémarrage.

La redondance concerne les composants suivants:

1. Les serveurs SCADA ; le fonctionnement en mode redondant du serveur MTU (Deux MTU A et B) permet la réalisation en continu de toutes les fonctionnalités qui lui sont affectées y compris l'interface de communication avec les systèmes externes tels que le serveur OPC et DCS.
2. Le réseau local (LAN) : Assure la transmission des données lors de défaillances.
3. Les stations de travail (EWS) : fonctionnent en parallèle.
4. Les composants de la RTU : la CPU assurant le traitement des données, les ports de communication, les canaux d'E/S établis pour l'acquisition en continu des données provenant des équipements de terrain et l'alimentation électrique (PS) prévue pour la permanence de l'alimentation.

Eléments non redondants :

1. Les modules d'E/S sont uniques et communs aux CPUs.
2. Une seule HMI est incluse dans le projet MLE.

Un défaut dans l'un des composants redondants ne provoque pas une défaillance totale du système SCADA, l'unité redondante prend le relais de l'unité défectueuse. L'appareil défectueux est marqué comme «en échec» et mis en évidence sur le poste de travail de l'opérateur.

### 8. Description du logiciel SCADA

Le tableau suivant décrit la partie logicielle du système SCADA et les équipements qui y sont associés [5] :

| Logiciel   | Equipement |
|--|------------|
| MS Windows 2003 Server   | MTU1, MTU2 |
| MS Windows XP  | EWS        |
| MS Office 2003 Pro (Excel)   | EWS        |
| WW InTouch 9 Development   | EWS        |
| WW InTouch 9 Runtime   | MTU1, MTU2 |
| WW InSQL 9: Système de gestion de base de données.   | MTU1, MTU2 |
| WW Active Factory 9: Logiciel d'analyse de données et de création de rapport                         | EWS        |
| WW OPCLINK: Passerelle qui convertit les protocoles DDDE/Suitelink à OPC                             | MTU1, MTU2 |
| IOserver (DNP3) pour MTU: logiciel d'échange de données entre les clients OPC (SCADA/HMI) et les PLC | MTU1, MTU2 |
| FoxRTU Station Media Kit: Environnement de configuration et de programmation des RTU SCD2200         | EWS        |
| SCADA A2 HMI OPERATION PACK  | EWS        |
| SCADA A2 ENGINEERING SUITE: outil qui définit les principales données utilisé par SCADA RUNTIME      | EWS        |
| SCADA A2 SERVER RUNTIME  | MTU1, MTU2 |

**Tableau II.2. Logiciels du système SCADA [5]**

## 9. Système d'archivage Exaquantum

Exaquantum est un produit PIMS, système de gestion de l'information de procédés qui offre des avantages commerciaux aux utilisateurs dans le domaine des hydrocarbures, de l'industrie chimique et agroalimentaire ainsi des services publics. La fonction principale de l'Exaquantum est l'acquisition des données de toutes les facettes d'une entreprise et la transformation ultérieure de ces données en information facilement utilisable à haute valeur et largement distribuée. Les données deviennent alors une partie intégrante de l'ensemble des outils utilisés par l'entreprise dans les processus de prise de décision. [8]

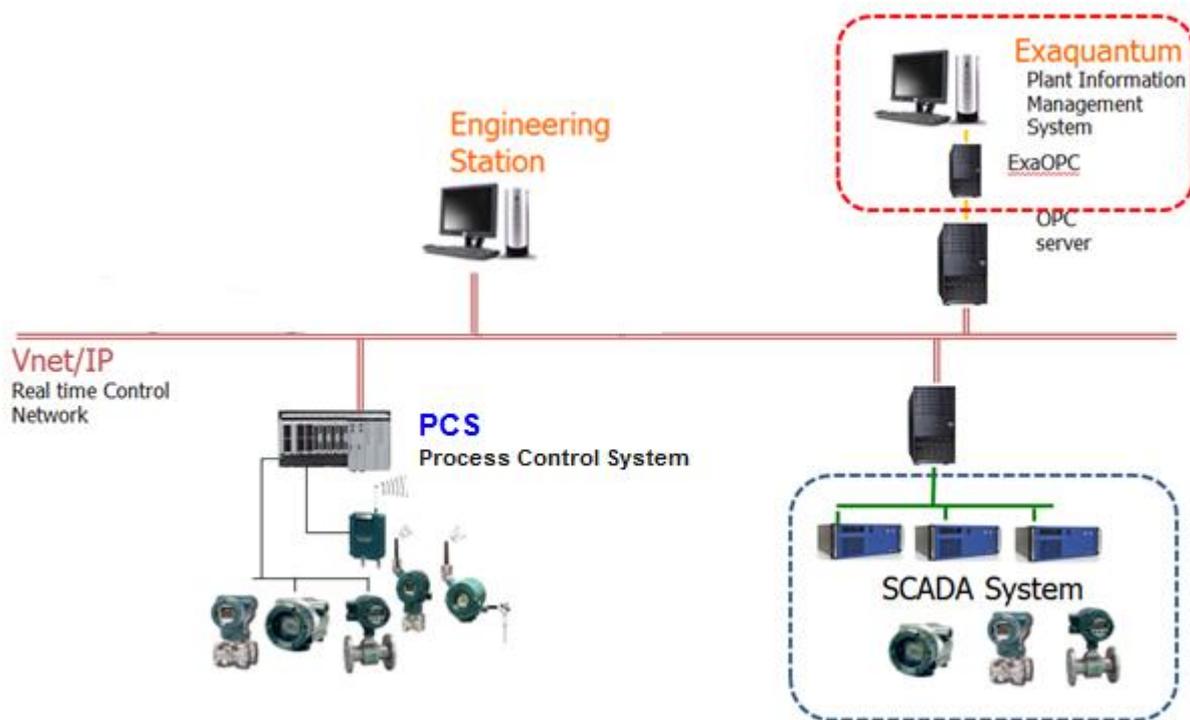


Figure II.7. Interfaçage du SCADA avec Exaquantum [9]

### a. Présentation du système Exaquantum

L'EXAQUANTUM est un système YOKOGAWA de management d'information intégré (PIMS) fonctionnant sous Windows combiné à une puissante interface utilisateur et application web.

Les opérations au sein des procédés industriels sont généralement contrôlées par un système de contrôle de procédé (PCS).

Les PCS produisent une grande quantité de données devant être converties en information afin de faciliter la prise de décision de gestion et d'optimiser l'utilisation de l'installation.

Exaquantum traite les données des différents systèmes de l'unité : maintenance, qualité etc. y compris les PCS, et transforme les données afin de délivrer une information commerciale de haute valeur à tous les décideurs de l'entreprise.

EXAQUANTUM permet d'augmenter ainsi la productivité, de réduire les temps morts, les temps de décision, d'obtenir une meilleure efficacité et gestion de procédé, de réduire les coûts et d'atteindre une qualité désirée.

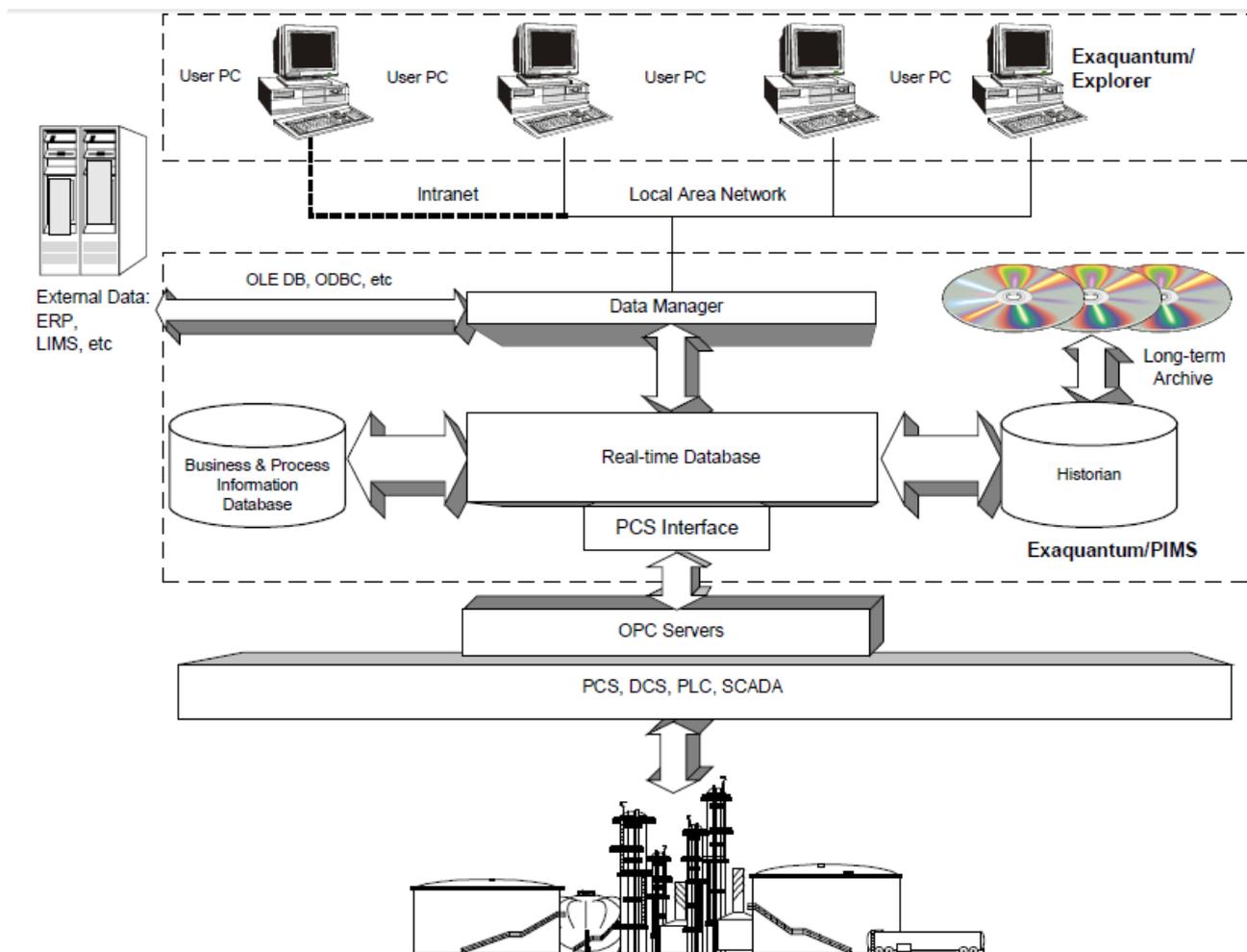


Figure II.8. Vue d'ensemble du système Exaquantum. [9]

## b. Composants du système

Les composants du système Exaquantum sont présentés dans la figure suivante :

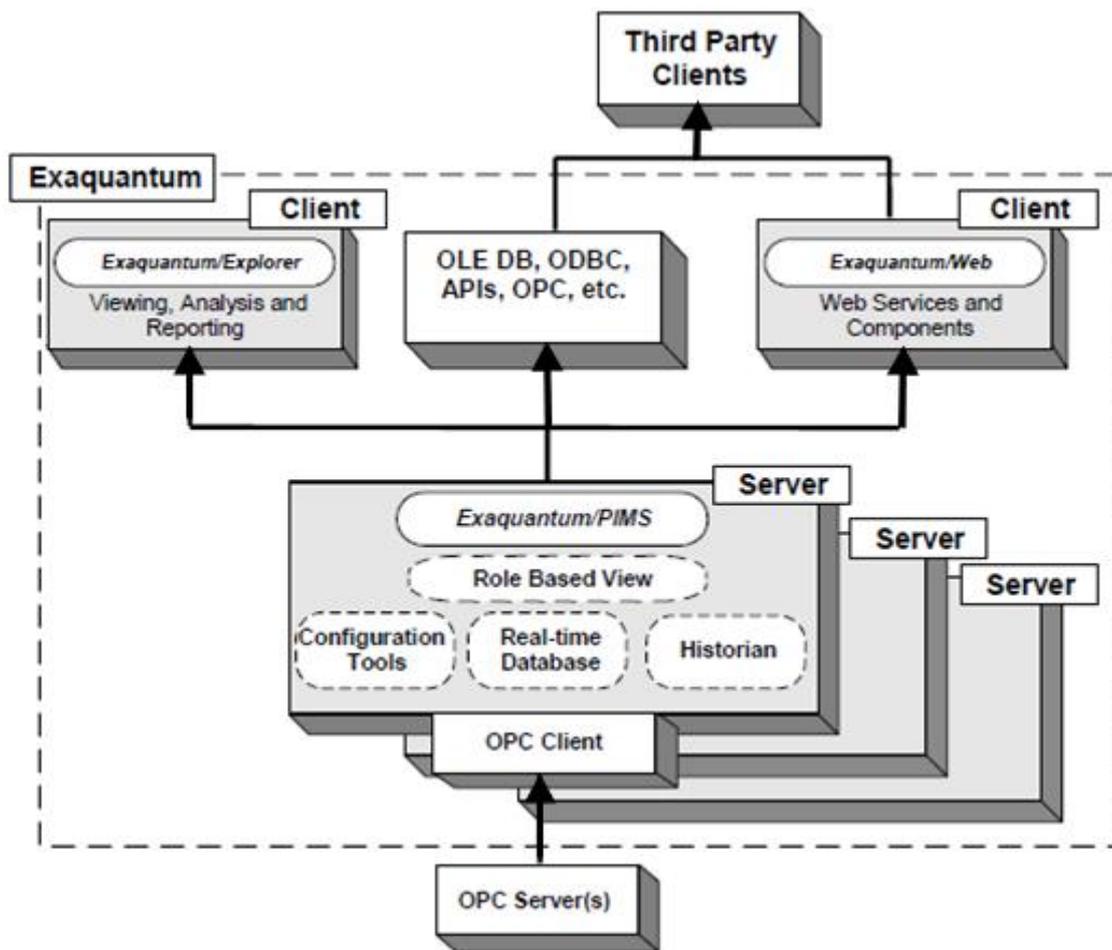


Figure II.9. Architecture de l'Exaquantum [9]

Le système forme une architecture en couches avec des serveurs OPC fournissant normalement les données source du procédé. Ces données sont d'abord gérées et accumulées dans le serveur Exaquantum. Les données deviennent alors disponibles pour Exaquantum Explorer et/ou pour les applications Exaquantum Web.

Les clients Exaquantum gèrent plusieurs serveurs Exaquantum de manière transparente. D'autres clients tiers peuvent accéder aux données, via les interfaces OLE DB/ODBC, API et OPC. Tout accès client est soumis au contrôle de sécurité fourni par RoleBasedNamespace.

Les principales composantes d'Exaquantum sont décrites ci-dessous.

### b.1. Exaquantum/PIMS

La fonction principale d'Exaquantum PIMS est de stocker et de gérer les données recueillies à partir des PCSs et les servir aux clients. Il offre les fonctionnalités suivantes :

- La collecte des données PCS en utilisant OPC pour le transfert de données, en termes Data Access (DA) et des alarmes et événements (A&E).
- La base de données en temps réel (RTDB).
- Un historique fournit un stockage efficace et une récupération rapide de grandes quantités de données sur les installations, sur des périodes très longues.
- Une suite d'outils de configuration facile à utiliser est fournie pour construire, déployer et gérer l'environnement Exaquantum PIMS.
- Des interfaces industrielles standards de données ouvertes.
- Des interfaces OLE DB /ODBC.
- Des interfaces de programmation d'applications (API).
- Une interface OPC.

### b.2. Base de données en temps réel (RTDB)

La base de données en temps réel RTDB Exaquantum fournit des possibilités de stockage en temps réel des données. Elle fournit également, des calculs flexibles, définis par l'utilisateur et les agrégations (moyenne, maximum, minimum, écart-type, sommation, etc.) sur plusieurs périodes de temps définies par l'utilisateur.

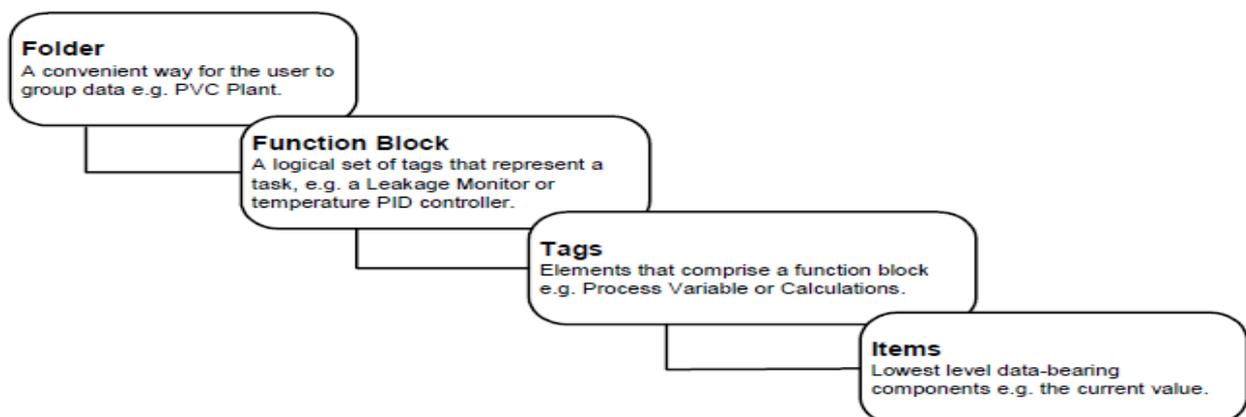


Figure II.10. Relations entre les dossiers, blocs fonctionnels, Tags et items. [9]

Les données dans de nombreux éléments d'un environnement de production sont acquises à partir de diverses sources par la base de données en temps réel Exaquantum. Pour faciliter la tâche de gérer et d'utiliser une telle surabondance de données, Exaquantum offre des moyens puissants pour mettre en ordre les données adéquates selon les besoins du client.

Les principaux composants du système sont les suivants:

- **Les dossiers**

Utilisé pour séparer l'installation en unités fonctionnelles logiques. Le dossier multi-niveaux permet aux utilisateurs de localiser la plupart des articles selon les besoins.

Le nom du dossier apparaît dans le cadre de la chaîne d'accès pour tous les éléments dans le dossier. Les dossiers peuvent être créés manuellement par les utilisateurs des données du groupe lié. Un dossier fonctionne d'une manière similaire à un bloc fonctionnel en termes de regroupement de tags. Cependant, à d'autres égards, il fonctionne différemment. Par exemple, la création d'un bloc fonctionnel résulte de la création de tags membres aussi, alors que dans le cas d'un dossier, rien d'autre n'est créé.

- **Bloc fonctionnel**

Un bloc fonctionnel Exaquantum est un ensemble logique des tags destinés à représenter une tâche ou une information. Le nom du bloc fonctionnel apparaît dans le cadre de la chaîne d'accès pour tous les éléments du bloc. Chaque bloc fonctionnel doit être associé à une structure de données appelée Function Block Template ou modèle du bloc fonctionnel.

- **Tags**

Les tags dans le système sont:

- Les variables de procédé où les données sont collectées à partir de (ou envoyées à) un serveur OPC.
- Les tags de calcul.
- Les tags d'entrée manuelle pour des entrées utilisateurs ou pour les packages de parties tierces telles que LIMS.

Un tag est configurable avec des paramètres classés comme:

- Type de tag: OPC, calculé ou Manuel.
- Références (information statique): Description, unités d'ingénierie, ingénierie.

- Type de données : entier, chaîne, à virgule flottante, etc.
- Nature du tag: continu ou discret.
- Paramètres OPC : taux de mise à jour OPC et pourcentage de bande morte.
- Règle de notification de l'historique : aucune, sur le changement ou le temps (fréquence spécifique).
- Equation de calcul.
- Type d'agrégations à effectuer.
- **Item** : l'item est le plus petit porteur de données dans le système. Tous les items ont:
  - Un identifiant.
  - Une valeur.
  - Timestamp ou l'horodatage.
  - Code de qualité.

L'identifiant est de nature différente de la valeur, l'horodatage et la qualité. Il n'a pas de mémoire qui lui est attribuée, car il est tout simplement un nom ; les autres ont des espaces mémoire attribués pour stocker leur représentation.

### **b.3. Exaquantum/Explorer**

Exaquantum Explorer est un client de visualisation de données qui est exécuté sur les PC des utilisateurs. C'est un environnement d'analyse et de rapport puissant et flexible et à travers lequel l'information commerciale peut être présentée dans les affichages graphiques, les tendances et les rapports. Exaquantum /Explorer gère plusieurs serveurs Exaquantum de manière transparente.

Les commandes et les fonctionnalités suivantes sont disponibles dans l'Exaquantum/Explorer:

- La configuration graphique et le support d'exécution (Exaquantum Explorer) avec:
  - ❖ Les composants tels que le Trends, le Data Entry Grid, le Data Write Back, les alarmes et les événements de visualisation, Excel Viewer et le navigateur Web.
- Les fonctionnalités avancées de l'Explorer tels que:
  - ❖ Report Times.
  - ❖ Scripting.
  - ❖ Navigation.
  - ❖ Les données paramétrage.
- Excel Add-in et Excel Query Add-In.
- La conversion graphique de CENTUM VP à Exaquantum/Explorer.
- RoleBasedNameSpace (RBNS) permet aux administrateurs de définir des autorisations d'accès aux groupes, en fonction des rôles des utilisateurs. En utilisant ces groupes, un contrôle minutieux sur l'accès peut être maintenu à des tags et des informations du bloc fonctionnel.

### **c. La récupération des données OPC (OPC Data Recover)**

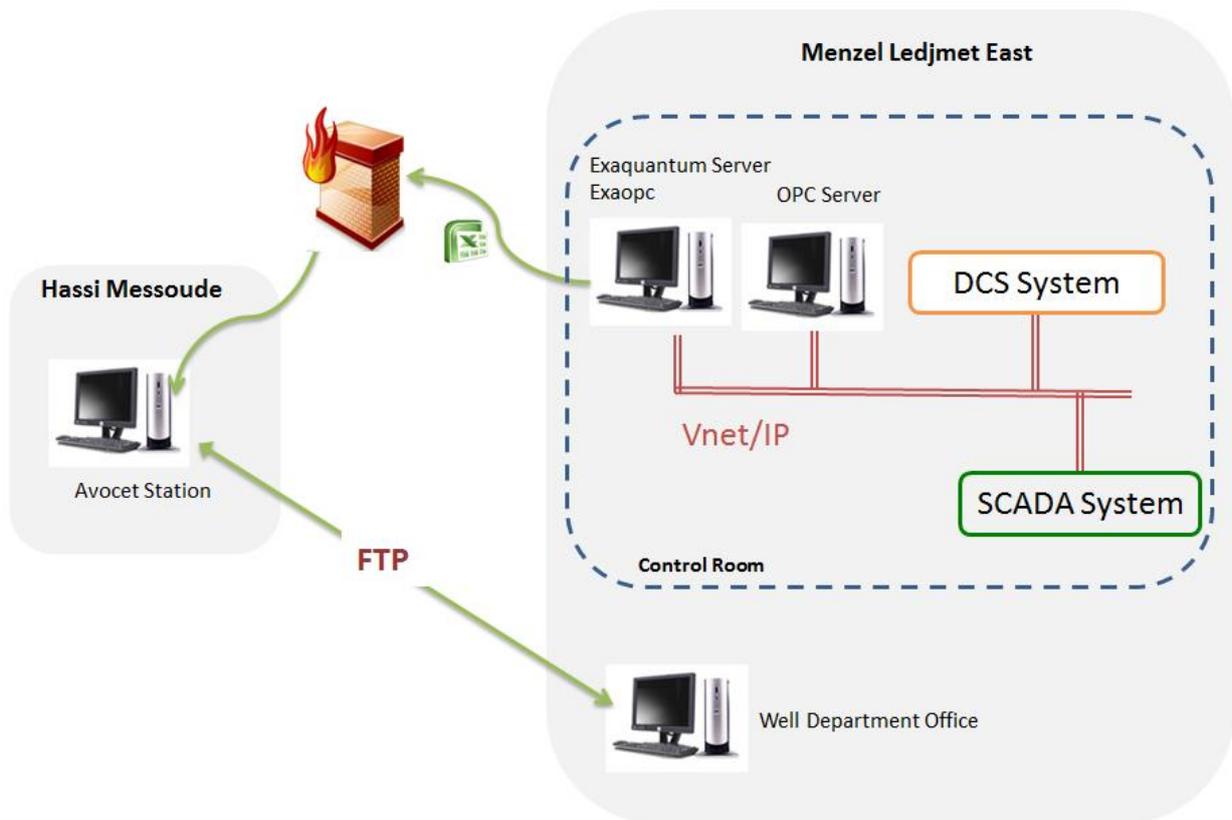
La récupération des données OPC remplit une fonction similaire à l'historique catch-up, la différence principale étant que la restauration des données est utilisée à la demande sur un système Exaquantum en cours d'exécution.

## 10. Conclusion

Sur le champ MLE, les procédés d'extraction sont sous la supervision du DCS. Il extrait les données et les envoie, afin d'être stockées dans l'historique des données du système d'archivage Yokogawa Exaquantum.

Ces données sont nécessaires pour la réalisation des principales fonctions comme, la répartition des tâches et la rédaction des rapports pour le département Puits.

Exaquantum extrait la totalité des données provenant du SCADA et d'autres systèmes de contrôle dans un temps spécifique (toutes les heures) et les transfère sous forme de rapport Excel pour les intégrer dans une base de données appelée Avocet (au bureau SH-FCP à Hassi Messaoud).



**Figure II.11. Architecture actuelle de communication Exaquantum**

Le réseau industriel (DCS, SCADA, PLC ...), pour des raisons évidentes de sécurité, est isolé du réseau d'entreprise. Aucune donnée ne peut être transférée directement, par exemple via une connexion réseau.

Les protocoles de spécification FTP (File Transfer Protocol) est mis en place pour permettre un transfert des données au bureau de Hassi Messaoud et aussi pour que le département Puits puisse accéder aux rapports des puits et des manifolds à la station Avocet à Hassi Messaoud.

## **Problèmes rencontrés**

Depuis son démarrage jusqu'aujourd'hui, le système Exaquantum génère de nombreux problèmes :

1. Le rapport envoyé à la station Avocet n'est pas disponible en temps réel : Il n'est généré qu'une fois par heure.
2. La génération de ce rapport s'interrompt fréquemment et ceci peut arriver plusieurs fois par jour et son rétablissement prend beaucoup de temps.
3. La perte des données plusieurs fois dans le serveur Exaquantum. En effet, ce dysfonctionnement empêche le suivi de l'unité.
4. La supervision des tâches des essais des puits (Well Testing) n'est pas automatique : Les rapports des analyses des essais de puits se font manuellement.

# **Chapitre III**

## **Solutions proposées**

## 1. Introduction

L'étude du système SCADA existant ainsi que le système d'archivage Exaquantum a révélé un nombre de manques dus à l'architecture de communication actuelle.

Il sera question dans ce chapitre des améliorations proposées pour résoudre les problèmes occasionnés en abordant les questions de communication et de sécurité qui permettent la réalisation technique de ces solutions.

## 2. Origines des difficultés observées

Après avoir étudié l'état actuel du système à tous les niveaux, nous pouvons dire que l'Exaquantum est peu robuste le rendant indisponible, en effet, des questions restent à résoudre à plusieurs niveaux :

1. La communication réseau : la position du serveur ExaOPC et OPC.
2. Le procédé : la perte de communication avec les puits à plusieurs reprises.

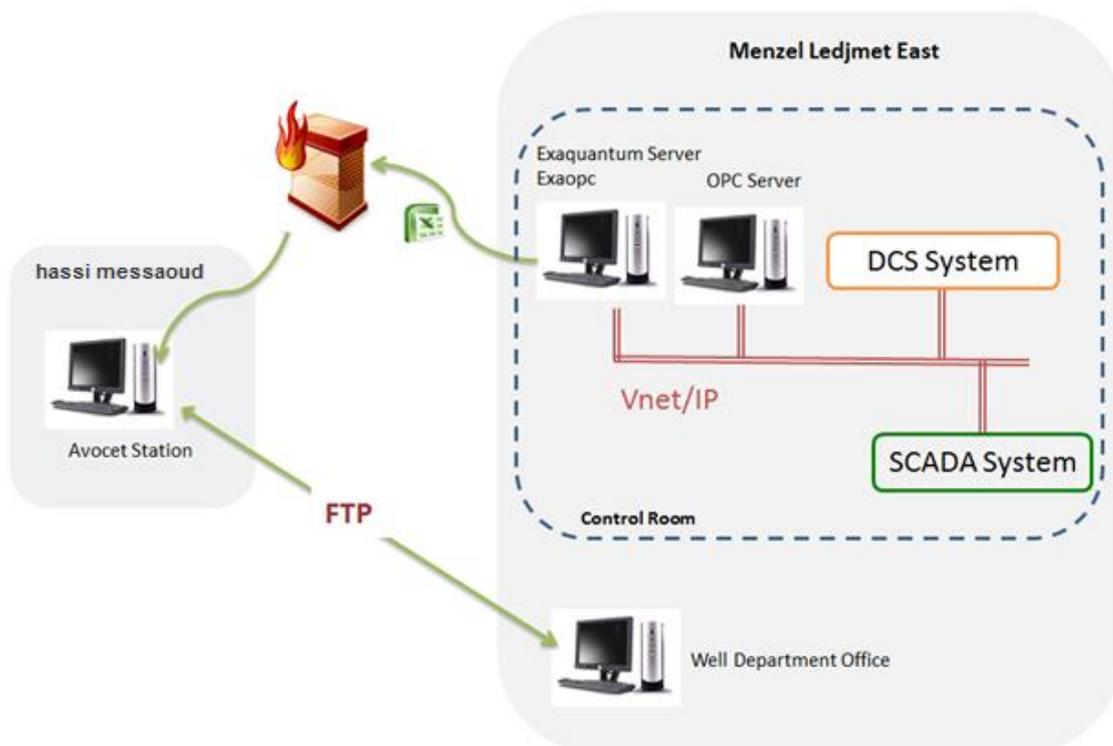


Figure III.1. Architecture actuelle.

### 3. Solutions Proposées

Suite à l'étude des problèmes rencontrés, nous proposons de :

1. Modifier la configuration actuelle du serveur OPC & ExaOPC.
2. Ajouter un nouveau client Exaquantum, ce système d'acquisition et de supervision de toutes les données des puits.
3. Envoyer les données du client Exaquantum à Avocet, sans passer par le serveur Exaquantum afin de réduire la charge.

D'autre part, ces modifications une fois réliées, nous proposons de mettre en œuvre un rapport généré automatiquement en développant une application de supervision des tâches des tests des puits (WellTesting) en temps réel, objet du prochain chapitre.

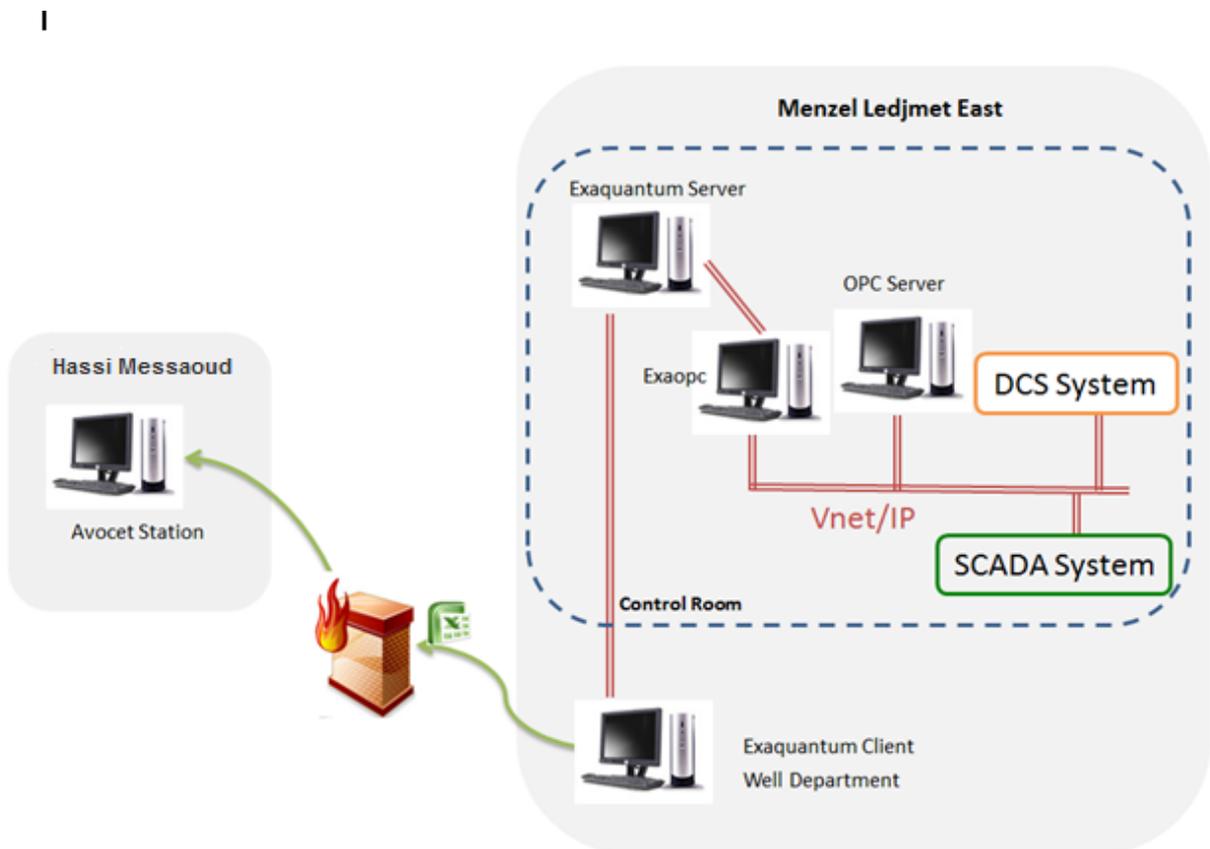


Figure III.2. Architecture proposée

#### 4. Modification de la communication

##### a. Communication DCOM dans Exaquantum

Exaquantum utilise DCOM pour toutes les communications réseau.

La figure montre la connexion entre le client Exaquantum et le serveur Exaquantum :

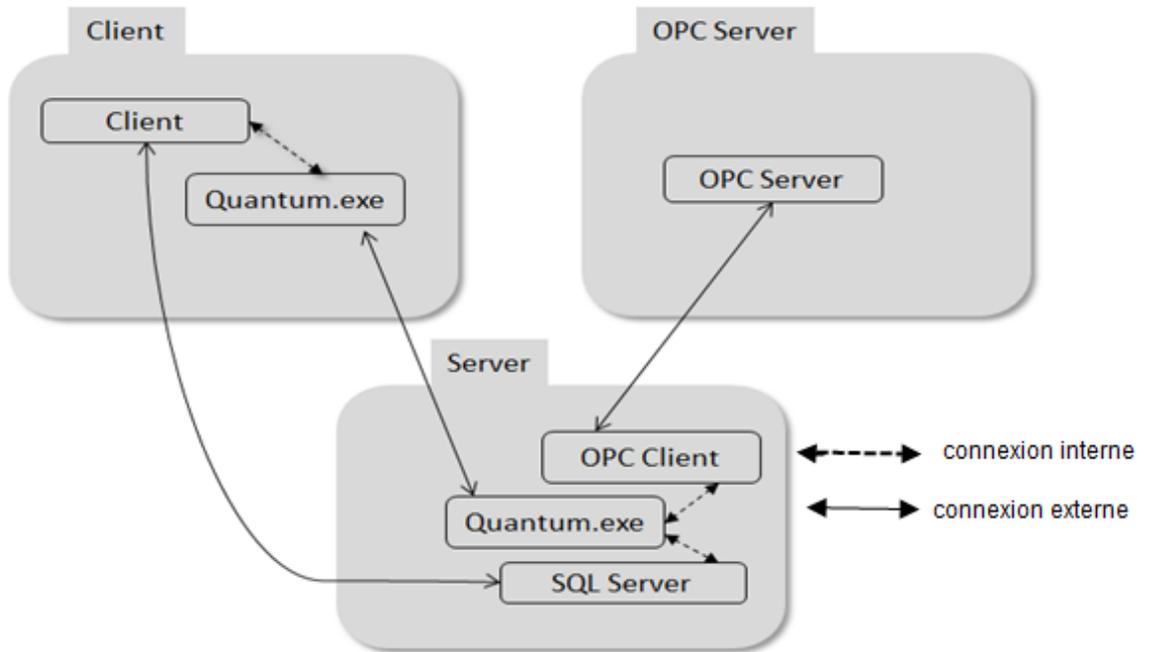


Figure III.3. Communication DCOM

## **b. Outil de configuration QDCOMConfig**

QDCOMConfig.exe est fourni avec Exaquantum pour aider DCOM et le service de configuration.

QDCOMConfig est utilisé par le programme d'installation Exaquantum pour mettre en place la configuration correcte. Il n'est donc normalement pas nécessaire d'exécuter QDCOMConfig sauf si une partie de la configuration doit être modifiée après l'installation.

Le tableau suivant montre comment l'installation Exaquantum ajuste les paramètres DCOM pour permettre la communication externes à chacun des routages.

| <b>Comment la sécurité est configurée</b>  | <b>Informations échangées</b>   | <b>Route</b>                                    |
|--|---|---|
| <p>Les autorisations d'accès par défaut pour le serveur sont définies pour inclure un groupe contenant tous les utilisateurs du client (QUserGroup). Quantum.exe est configuré pour utiliser cette configuration par défaut.</p> | <p>Requêtes asynchrones pour RTDB et l'historique des données</p>       | <p>Quantum.exe client à serveur Quantum.exe</p> |
| <p>Les autorisations d'accès par défaut pour le serveur sont définies pour inclure un groupe contenant tous les utilisateurs du client (QUserGroup). Quantum.exe est configuré pour utiliser cette configuration par défaut.</p> | <p>Les données du serveur sont renvoyées au client via des rappels.</p> | <p>Serveur Quantum.exe à client Quantum.exe</p> |
| <p>Les autorisations d'accès par défaut pour le serveur sont configurées pour inclure les utilisateurs ExaOPC CENTUM et Exaquantum. Les clients OPC sont configurés pour utiliser cette configuration par défaut.</p>            | <p>Requêtes asynchrones pour OPC Data.</p>                              | <p>OPC Clients à serveur OPC</p>                |
| <p>Connexion sécurisée par mot de passe, ajouté pour SQL Server, pour un groupe contenant tous les utilisateurs clients (QUserGroup).</p>  | <p>Les informations de configuration.</p>                               | <p>Clients à SQL Server</p>                     |

**Tableau III.1. Ajustement des paramètres DCOM**

## 5. La réalisation

La réalisation de l'architecture proposée nécessite les outils matériels et logiciels suivants :

### a. Exigences matérielles

- 1 PC HP Workstation xw6000 XEON / 2.66 GHz.
  - 1 Go de mémoire.
  - Disque dur de 36 GO SCSI.
  - CD-RW 48x (interne).
  - DAT HP 12/24 GB (interne).
  - Ecran CRT 17 ".
  - Un câble Ethernet pour connecter la station de client Exaquantum à E-Net (10BASE2).
  - Une carte Ethernet pour connecter Exaquantum client à CPL LAN (10BASE5).
- Le matériel Yokogawa fourni sur le serveur Exaquantum pour le connecter au DCS CS3000.
- Carte d'interface du bus de contrôle VF701 (connexion réseau V-Net).

### b. Exigences logicielles

- Suite logicielle Microsoft Windows 2000 server (5 licences utilisateurs).
- Microsoft Office XP Pro
- Complements Excel: Excel add-in & Excel query add-in.
- Norton Ghost 2003.
- Adobe Acrobat 5.0.

### c. Logiciels de Yokogawa fournis:

- Logiciel EXAOPC.
- Package d'interface OPC **NTPF-100-S11 EXAOPC**, licence du logiciel pour le DCS CS3000.
- Exaquantum Software.
- Package du serveur des données Exaquantum **NTPP001-S11-0002** (2000 tags / 5 utilisateurs) pour CPL (Connecté au DCS CS3000).

#### **d. Logiciel d'application Exaquantum client**

Exaquantum client comprend :

- Exaquantum Explorer.
- Excel add-in et Excel query add-in.

#### **Remarque:**

Excel n'est pas fourni sur la machine cliente, mais doit être présent pour la génération de rapports.

#### **e. Connexion de la machine Exaquantum client**

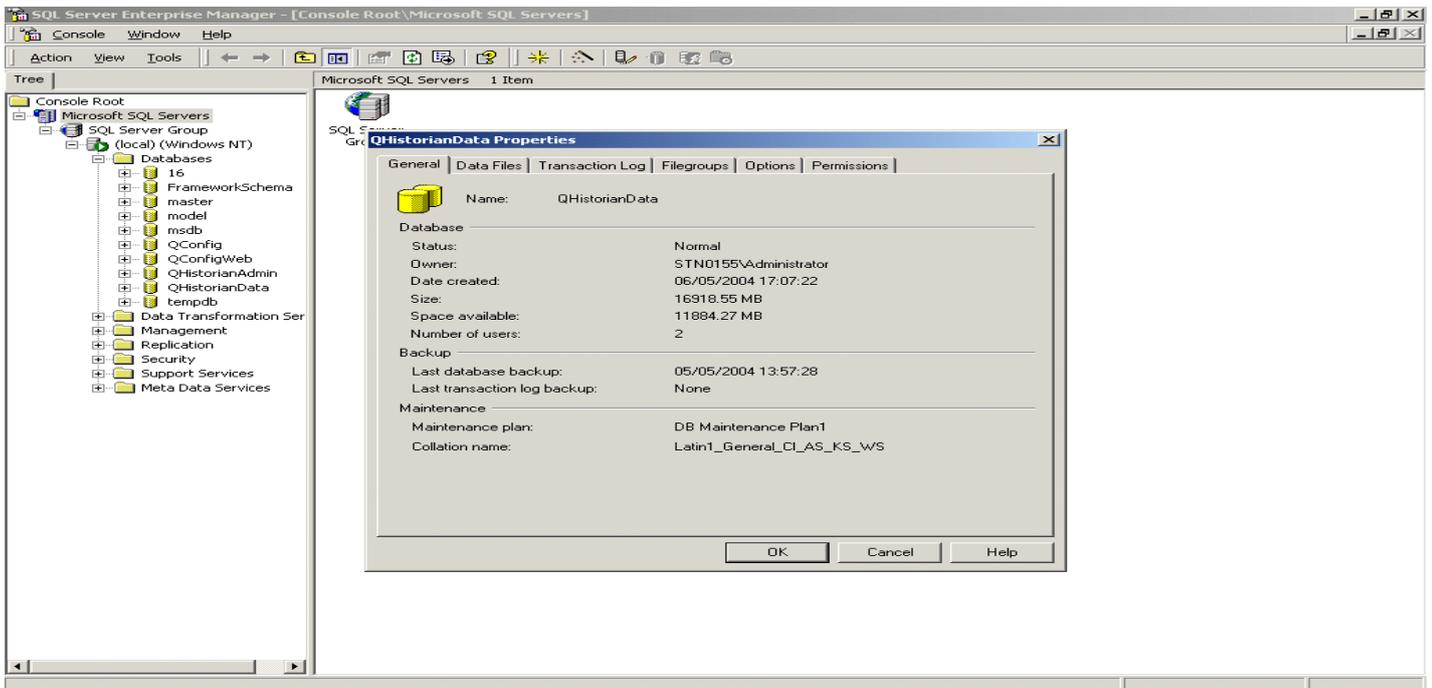
Deux types de connexions sont nécessaires, et leurs paramètres dépendent de la configuration du réseau des serveurs:

- Serveur OPC à Serveur Exaquantum.
- Serveur Exaquantum à Exaquantum client.

L'architecture proposée est construite de sorte que la même machine PIMS comprenne tous les éléments, les serveurs et seule la partie client est installée sur la machine contenant Exaquantum/Explorer avec une configuration DCOM.

L'outil Windows dcomcnfg est utilisé pour définir ou vérifier les paramètres DCOM.

QCOMConfig peut être exécuté à tout moment pour modifier les paramètres Exaquantum DCOM.



**Figure III.4. Configuration des bases de données Exaquantum [9]**

## 6. La sécurité

### a. Discipline d'accès au système SCADA

Une discipline d'accès est mise en place à fin d'éviter toute intrusion au système SCADA, en effet, chaque opérateur détient un statut au sein du système lui attribuant un niveau de responsabilité AOR (Area Of Responsibility); administrateur, configurateur, superviseur, opérateur.

L'opérateur accède sur son poste de travail au système SCADA en passant par le sous système de sécurité se trouvant dans le menu principal. Il se connecte au système en insérant son identifiant et mot de passe personnel. Selon ces informations, l'utilisateur accède à la zone d'autorité à laquelle il est assigné. Certaines fonctions (boutons) sont activées ou désactivées en fonction du niveau de l'utilisateur.



**Figure III.5. Sécurité SCADA [1]**

Dès l'activation de la session de l'utilisateur (Nom LOGON-utilisateur), chaque tâche effectuée à partir de sa station de travail est attribuée sous son identifiant. Il est donc de la responsabilité de l'opérateur de se déconnecter de sa session avant de quitter son poste, même momentanément.

## **b. Discipline d'accès au système Exaquantum**

### **b.1. Compte Administrateur**

ce compte confère à son utilisateur le plein accès à tous les outils d'administration et de configuration.

### **b.2. Compte ReportUser**

Ce compte est utilisé pour fournir une connexion de serveur et un accès à la machine Exaquantum, via un répertoire partagé, afin d'obtenir des fichiers de rapport au format MS Excel, en utilisant le protocole de transfert de fichiers (FTP).

### **b.3. Compte opérateur Exaquantum/Explorer**

Ce compte permet aux opérateurs de suivre l'état des données.

### **b.4. Compte production Exaquantum/Explorer**

Ce compte permet aux superviseurs de la production et la maintenance d'avoir accès à Exaquantum/Explorer ; changement d'alarme

**Remarque:** l'accès à la maintenance Exaquantum est uniquement disponible sur le serveur de PDS.

### **c. Mesures de sécurité**

Les mesures suivantes ont été prises pour restreindre les possibilités d'intrusion au système SCADA :

1. Les mots de passe d'utilisateurs sont individuels.
2. Le mécanisme de sécurité pour réinitialiser la connexion après un nombre configurable d'entrées infructueuses (mot de passe erroné).
3. Le changement périodique des mots de passe.
4. La mise en place de mot de passe de protection des fichiers.
5. Le mot de passe doit contenir des caractères alphanumériques et des symboles pour garantir une meilleure sécurité.
5. La gestion des comptes d'utilisateurs et pare-feu McAfee des postes de travail Microsoft Windows XP à partir d'un emplacement central.
6. Le suivi des modifications effectuées sur les comptes d'utilisateurs.
7. La mise en place d'un logiciel anti-espion et de logiciels anti-virus McAfee.
- 8 .Des patches de sécurité sont inclus dans les logiciels Microsoft afin de renforcer la sécurité.
9. L'amélioration de la sécurité par les progiciels McAfee suivants:
  - a. Scanner anti-virus d'entreprise.
  - b. Logiciel anti-espion d'entreprise.
  - c. Logiciel de gestion centralisée de la sécurité ePolicyOrchestrator.
  - e. Système de prévention d'intrusions (Host Intrusion Prevention).
  - f. Système de prévention des pertes de données (Device Control).

### **d. Base de données du système de sécurité**

La base de données du sous-système de sécurité doit résider dans le nœud de configuration.

De cette façon, la dernière configuration peut être restaurée en cas de défaillance du système.

La HMI accède à la base de données du sous-système de sécurité pour l'authentification de connexion et/ ou pour le changement en ligne de mot de passe. Pour cette raison, une copie de cette base de données est enregistrée dans les tags serveurs.

## 7. Conclusion

Les solutions que nous avons proposées nécessitent des modifications au niveau de l'architecture actuelle en respectant les comptabilités matérielles et logicielles dans le réseau de communication. Ainsi moyennant des outils à coût relativement faible, il a été possible de rendre le fonctionnement du SCADA relié à Exaquantum plus flexible.

C'est après plusieurs concertations avec l'ingénieur automaticien qui a pris en charge notre encadrement que nos propositions ont été validées comme solution correcte et envisageable.

La validation n'a cependant pas été testée sur site pour plusieurs raisons.

En effet, la mise en place des solutions est une manipulation risquée pour le système.

Elle nécessiterait des autorisations de droit d'accès que nous ne pouvons pas obtenir vu notre statut de stagiaires. Une telle intervention pourrait causer non seulement une perte de données suite à d'éventuelles erreurs de manipulation ou mener à l'interruption de la production mais pourrait aussi, mettre en danger la sécurité du système.

# Chapitre IV

## Conception de l'interface graphique

## 1. Introduction

Ce chapitre fera l'objet de la conception de l'interface graphique des essais de puits.

Elle a été réalisée pour répondre à la requête émise par le département Puits.

Elle consiste en un compte rendu des paramètres physiques qui interviennent pendant les essais les résultats de calcul.

Ces pages graphiques sont créées dans l'environnement **Exaquantum/Explorer** qui est un client de visualisation Exaquantum qui permet de finaliser les rapports journaliers, entre autre celui des essais de puits.

La création de cette application donne accès à l'historique des essais de puits pour un intervalle de temps spécifié et pour un ou plusieurs puits. Elles permettent alors à l'utilisateur, de visualiser graphiquement :

- a) Les conditions de l'essai ;
- b) Les paramètres rentrant en jeu lors de l'essai ainsi que leurs disponibilités ;
- c) Les positions des instruments,
- d) Les résultats des essais obtenus par calcul en appliquant les formules adéquates.

## 2. Exaquantum Explorer

Exaquantum/Explorer est un environnement de bureau qui fournit une interface utilisateur conviviale et dispose d'un ensemble complet d'outils de configuration.

Il permet de finaliser les rapports journaliers et ensuite de générer automatiquement un rapport en format PDF partagé dans un répertoire commun.

Avant qu'un rapport ne soit élaboré, toutes les données doivent être disponibles et validées.

Les données peuvent être de type :

- OPC ; provenant du DCS par le biais d'Exaquantum PIMS. Elles sont sous l'identifiant OPC.
- Une entrée manuelle. Elle est sous l'identifiant MAN;
- Une donnée calculée appelées. Elle est sous l'identifiant CALC.

Une validation de test est demandée à chaque fin d'essai et pour chaque rapport quotidien. L'accès à l'outil de validation se fait par des mots de passe restreints et ce n'est qu'après validation que le rapport peut être généré.

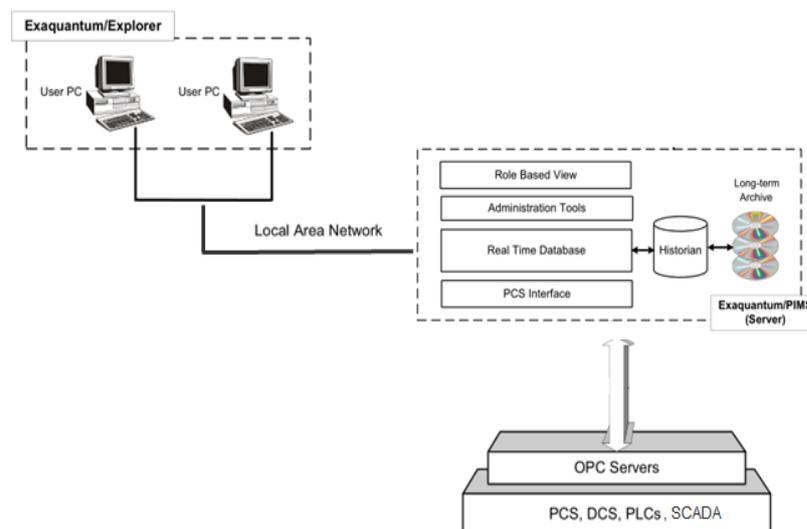
Lors de la création de l'application, nous avons utilisé les composantes Exaquantum/Explorer suivantes :

- Zone de travail : utilisée pour créer, configurer, personnaliser et organiser les tendances en fonctions des exigences et afficher des informations sur les données.
- Barre de tâches : contient toutes les commandes disponibles pour la construction des interfaces.

Sur Exaquantum/Explorer, le mode Design offre les fonctionnalités suivantes :

- Dessiner des schémas synoptiques.
- Afficher les données provenant d'Exaquantum/PIMS.
- Ajouter des zones de texte pour indiquer les principales variables intervenant dans le procédé.
- Ecrire script qui interprète quand un bouton est cliqué et exécute l'action. [7]

### 3. Communication



**Figure IV.1. Communication entre le serveur Exaquantum et Exaquantum/Explorer [8]**

Exaquantum/Explorer communique avec le serveur Exaquantum à travers un réseau LAN. Le logiciel client Exaquantum/Explorer fonctionne sur les systèmes d'exploitation Windows 95/98.

### 3. Développement de l'application

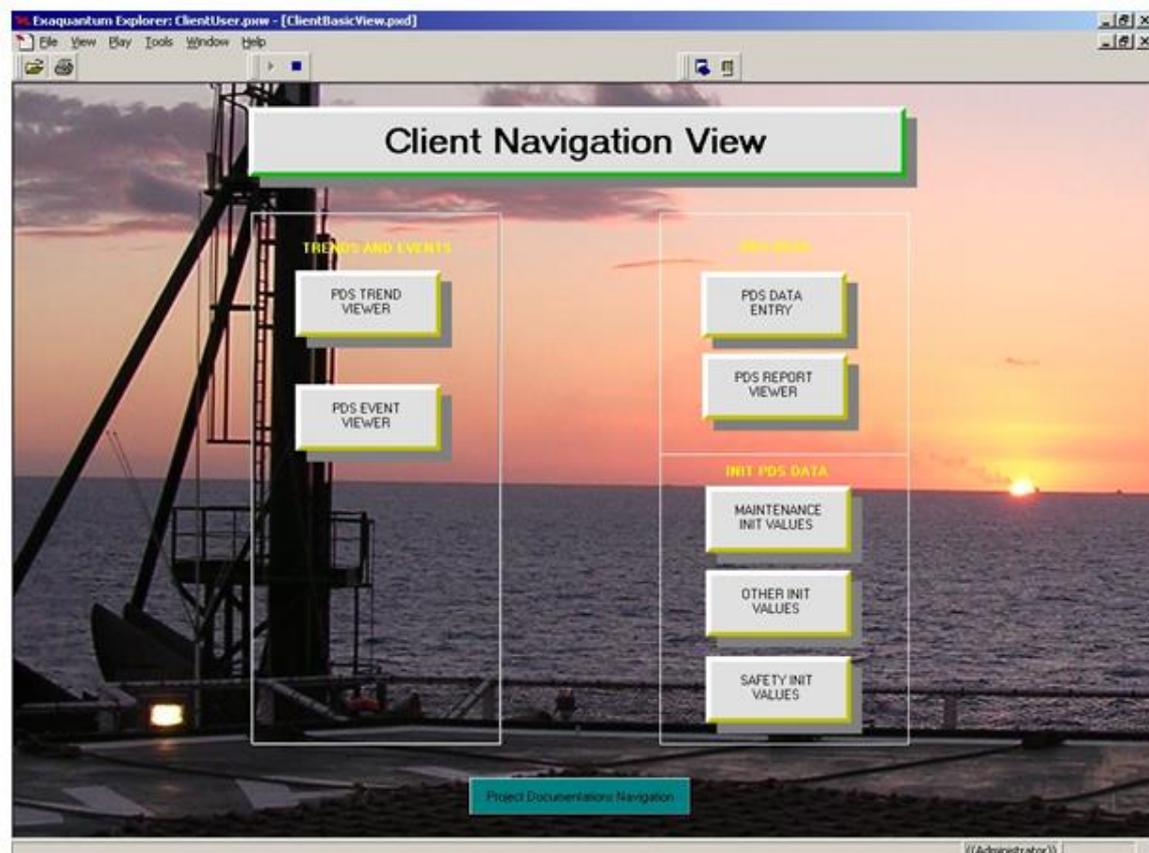


Figure IV.2. Page d'accueil d'Exaquantum/Explorer

#### a. Page d'accueil

Cette page est utilisée pour naviguer entre tous les outils d'extraction du client, permet la saisie de données et l'accès aux rapports.

La page d'accueil de navigation comprend quatre (04) menus :

##### 1. Project Documentations navigation

Ce menu concerne la documentation et références spécifiques au projet.

##### 2. Trends and Events

Ce menu concerne les tendances et événements et regroupe deux boutons :

##### 3. Init Data PDS

## 4. PDS Data

Ce menu concerne la saisie et la visualisation des données et regroupe deux boutons :

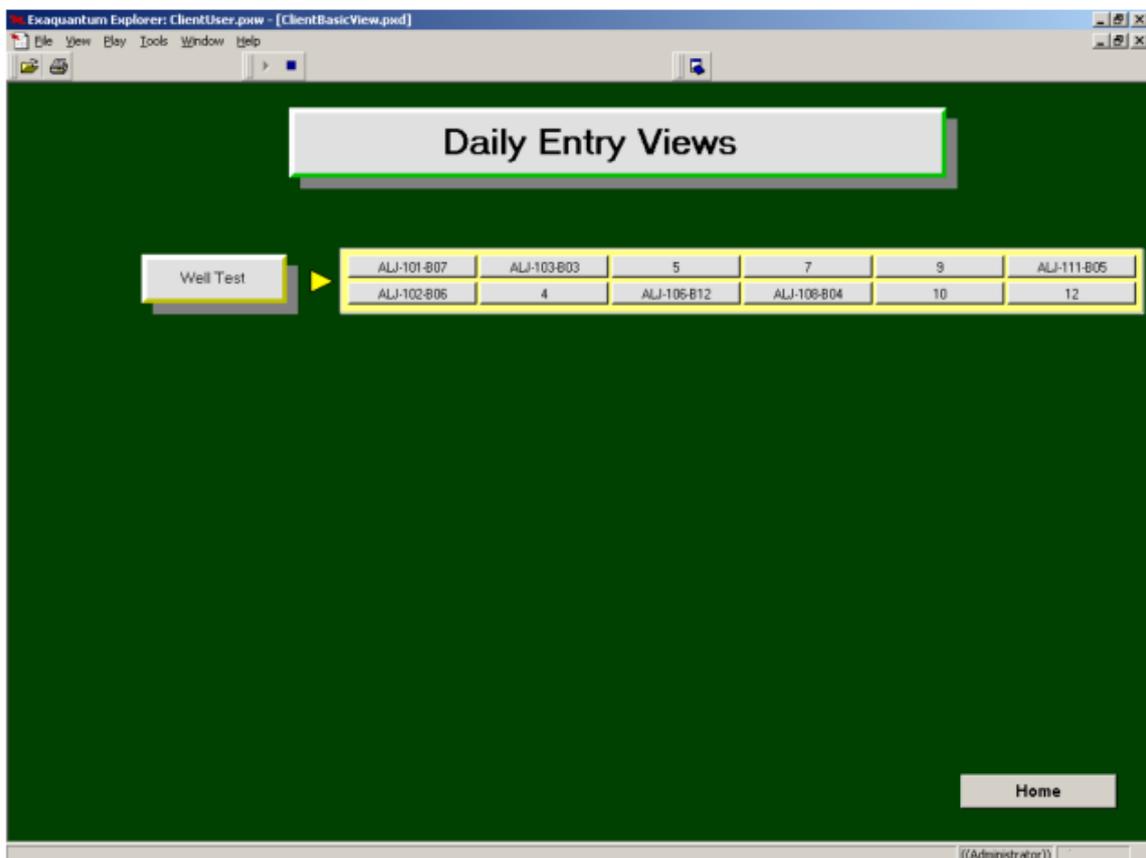
### 4.1. PDS Report Viewer

4.2. **PDS Data Entry** : cette page nous offre un espace de programmation où nous allons développer notre application.

- Pour accéder donc à un essai quelconque, il faut aller à :

PDS Data Entry → Daily Entry Views → well test

## b. Daily Entry View



**Figure IV.3. Page du Daily Entry View**

Nous avons conçu cette interface pour donner un accès aux essais de chacun des puits du champ pendant les dernières 24h.

### c. Interface de l'essai de puits



Figure IV. 4. Page des données relatives à un well test.

Dans cette page graphique, nous avons programmé l'affichage de toutes les données relatives au well test.

Nous avons divisé la page en plusieurs sections comportant des cases de différentes couleurs :

- **Vertes** pour les données manuelles (saisies par l'opérateur).
- **Orange** pour les données affichées automatiquement (données OPC provenant du DCS) après la sélection d'un puits.
- **Jaunes** pour les données calculées à partir des paramètres physiques et des formules.

## Zones de la page graphique

- Dans la partie supérieure de la page, la case "Select a well" permet de sélectionner dans une liste déroulante un puits voulu. En cliquant sur "Get Last tested well", le dernier essai en date pour le puits choisi auparavant s'affiche dans la case "Last test time for the selected well".

D'autre part si l'opérateur veut voir les well test effectué durant les dernières 24h, il n'a qu'à sélectionner la date et l'heure actuelles dans "Select a day" et clique sur la date qui l'intéresse.

- La zone "Commands & Status" regroupe les cases concernant des renseignements généraux sur le déroulement de l'essai.
  - **Well selected:** Puits sélectionné.
  - **Date of test :** Date et heure à laquelle les résultats du well test étaient disponibles.
  - **Test duration:** La durée de l'essai.
  - **Beginning of test:** Date et heure du début du well test sur le site.
  - **End of test:** Date et heure de la fin du test.
- La zone "QUALITY PARAMETERS" concerne la densité en Kg/m de l'affluent dans les conditions normales de pression et de température :
  - **Total Density:** Densité de l'affluent.
  - **Oil Density:** Densité de l'huile.
  - **Water Density :** Densité d'eau.
- La zone "TEST CONDITIONS" comprend les renseignements relatifs aux conditions du déroulement de l'essai :
  - **Well pressure:** Pression du puits en bar.
  - **Well temp:** Température du puits en °C.
  - **Separator pres:** Pression de séparation en bar.
  - **Separator oil temp:** Température de séparation en °C.
- La zone " Lab Analysis @ 15° C " comprend les paramètres à 15°C entrées par le laboratoire d'analyses pour les besoins de calcul :
  - **BSW:** fixée à 0 %
  - **Oil density :** fixée à 0 Kg/ m<sup>3</sup>

- **Water density** : fixée à 0 Kg/m<sup>3</sup>

Une validation du test doit être faite dans la case "Valid" par «YES ». Un mot de passe est requis pour accéder à la validation de l'essai à travers la case "Enter pass word".

- La zone "Test Results", y sont affichés les résultats du traitement des données de l'essai effectué. Lors de la saisie des données (avant de cliquer sur "calculate and write"). Ce sont les résultats du précédent essai qui sont affichés.

- **Produced Gas**: Gaz produit en m<sup>3</sup>/h.
- **Produced Oil**: Huile produite en m<sup>3</sup>/h.
- **Produced Water** : Eau produite en m<sup>3</sup>/h.
- **BSW (Labo)**: La teneur en eau et sédiment dans l'affluent en pourcentage, cette donnée prend la valeur entrée dans la zone "Lab Analysis @ 15°C".
- **GOR (Gas Oil Ratio)**: Rapport Gaz-Pétrole en S m<sup>3</sup>/ m<sup>3</sup>.
- **GLR (Gas Liquid Ratio)** : Rapport Gaz- Liquide en S m<sup>3</sup>/ m<sup>3</sup>.

The screenshot displays the 'Exaquantum Explorer' software interface for well ALJ103. The interface is organized into several functional areas:

- COMMANDS & STATUS:** Includes fields for Well Selected (03), Date Of Test (25/04/2004 20:30:19), Test Duration (01:00), Beginning of test (25/ 4(17:32)), End Of Test (25/ 4(18:32)), and checkboxes for 'During all test Choke Constant' (YES) and 'During all test all sensors valid' (YES).
- QUALITY PARAMETERS @ P.1:** Shows Total Density (817.76 Kg/m<sup>3</sup>), OIL DENSITY (822.00 Kg/m<sup>3</sup>), and WATER DENSITY (1030.00 Kg/m<sup>3</sup>).
- TEST CONDITIONS:** Lists Well Choke Pos. (34.75 %), Well Pressure (97.68 bar), Well Temp (72.95 °C), Separator pres. (11.12 bar), and Separator oil temp. (60.57 °C).
- TEST RESULTS:** Displays Measured flow (17.21 m<sup>3</sup>/h), Produced Gas (2583.94 Sm<sup>3</sup>/h), Produced Oil (17.21 m<sup>3</sup>/h), Produced Water (0.00 m<sup>3</sup>/h), BSW (Labo) (0.00 %), GOR (150.14 Sm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>), and GLR (150.14 Sm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>).
- LAB ANALYSIS @ 15 C:** Shows BSW (0.00 %), Oil Density (0.00 Kg/m<sup>3</sup>), and Water Density (0.00 Kg/m<sup>3</sup>).
- Other fields:** Reservoir \*, FBHP (0.00 barg), FBHT (0.00 °C), BSW Limit (0.00 %), GOR Limit (0.00 Sm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>), Well Behaviour, and Comments (PDS test).
- Validation:** A 'Valid' field is set to 'NO', and there is an 'Enter Password' field.

Figure IV. 4. Page des résultats de l'essai

Les calculs sont basés sur les formules suivantes :

Huile Produite = Débit d'huile \* (1- BSW (labo)/100)

Eau produite= Débit d'huile \* BSW (labo)/100

GOR= Gaz produit / Huile produite

GLR= Gaz produit / (Huile + eau)

#### **4. Conclusion**

Exaquantum/Explorer fournit un environnement complet et contrôlé pour la configuration des documents qui composent les interfaces graphiques.

La conception de l'interface graphique que nous avons développée sous Exaquantum/Explorer :

- Donne une meilleure précision, car cela permettra d'éviter les résultats subjectifs et approximatifs de l'analyse des essais manuels.
- Permet la surveillance en temps réel : Une analyse d'essai de puits assistée par ordinateur permet l'analyse d'une vaste quantité de données obtenues dans un court laps de temps.
- Donne la possibilité de visualiser les anciens essais grâce à la flexibilité des outils dont dispose Exaquantum/Explorer.

L'importance de cette approche consiste donc en l'amélioration des conditions de travail en proposant un moyen puissant, fonctionnant en temps réel tout en étant et facile à manipuler.

Nous avons jugé qu'une ne clarification doit être faite concernant les dates affichées dans les pages graphiques de well test.

Ces pages ne datent pas, bien évidemment, de mai 2004.

En fait, lors de la conception de ces pages, nous avons exploité des données très anciennes d'anciens essais de puits. Ceci n'avait pas d'effet importun sur notre travail car nous avons utilisé ces données pour des fins de simulation seulement.

Nous n'avons pas pu exploiter les données actuelles du champ pour des raisons commerciales ; clauses de confidentialité signées par les deux parties de l'association, il ne serait pas dans leur intérêt commercial de divulguer des données actuelles de production.

## Conclusion Générale

Nous avons au cours de notre travail fait une étude sur les systèmes "SCADA "et "Exaquantum" ainsi que sur les communications qui les relient dans le projet MLE et les problématiques qu'elle engendre au niveau du suivi des puits. Nous nous sommes intéressées à la gestion des données en particulier.

Pour combler les manques existants, nous avons proposé des modifications sur l'architecture des communications en prenant en considération les compatibilités matérielle et logicielles.

La dernière partie de ce travail a été consacrée au développement d'une interface graphique du well test sous l'environnement Exaquantum Explorer. Cette interface comprend toutes les données relatives au well test et rend compte des résultats d'une manière claire et transparente permettant d'améliorer l'analyse des essais des puits et offrant un outil de visualisation aux opérateurs.

Cette interface a été validée par le responsable technique de notre stage sur site en utilisant des données réelles en temps différé.

# Bibliographie

- [1] " Brochure\_Foxboro\_FoxRTUStationSCADA\_02-10 " .
- [2] G.BOURDAROT, "Essais des puits : Méthodes d'interprétation", Edition TECHNIP, 1996.
- [3] H.K. VERMA,"BASICS OF SUPERVISORY CONTROL & DATA ACQUISITION (SCADA)". University of SHARDA, Greater Noida, India.
- [4]"PROJECT SPECIFICATION SCADA Design Specification (FDS)", SH-FCP, 06/04/2011.
- [5]"SCADA SUPPLIER DATA BOOK AND O&M MANUAL ", SH-FCP, 23/06/2011.
- [6] TOTAL," Equipement, Le Puits", Support de formation, 2007."
- [7]YOKOGAWA, "Exaquantum/Explorer User's Manual, General Information", Volume 1, 2003.
- [8] YOKOGAWA, "Exaquantum Plant Information Management System Overview", 2003.
- [9] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Hiérarchie\\_numérique\\_synchrone](https://fr.wikipedia.org/wiki/Hiérarchie_numérique_synchrone).

# **ANNEXES**

## Liste des acronymes

|                |  |
|----------------|--|
| <b>A&amp;E</b> | Alarms & Events                          |
| <b>BSW</b>     | Basic Sediment and Water                 |
| <b>COM</b>     | Component Object Model                   |
| <b>DCS</b>     | Distributed Control System               |
| <b>DCOM</b>    | Distributed Component Object Model       |
| <b>Eni</b>     | Ente nazionale idrocarburi (Italien)     |
| <b>ESD</b>     | Emergency Shut Down                      |
| <b>FCP</b>     | First Calgary Petroleum                  |
| <b>FTP</b>     | File Transfert Protocol                  |
| <b>GLR</b>     | Gas/ Liquid ratio                        |
| <b>GOR</b>     | Gas/ Oil ratio                           |
| <b>HMI</b>     | Human Machine Interface                  |
| <b>HSE</b>     | Hygiène, Sécurité et Environnement       |
| <b>LAN</b>     | Local Area Network                       |
| <b>MLE</b>     | Menzel Ledjmet East                      |
| <b>PIMS</b>    | Plant Information Management Systems     |
| <b>PLC</b>     | Programmer Logic Controller              |
| <b>PSD</b>     | Process Shut Down                        |
| <b>RAID</b>    | Redundant Arrays of Inexpensive Disks    |
| <b>RTDB</b>    | Real time data base                      |
| <b>RTU</b>     | Remote Terminal Unit                     |
| <b>SCADA</b>   | Supervisory Control And Data Acquisition |
| <b>SDH</b>     | Synchron Digital Hierarchy               |
| <b>SH</b>      | SONATRACH                                |
| <b>SQL</b>     | Structrured Query Language               |
| <b>OLE</b>     | Object Linking and Embedding             |