

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**  
**Université Mohamed Khider-Biskra**



Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Civil et d'Hydraulique

Support de cours

**Automatisation des systèmes hydrauliques**

3<sup>ème</sup> Année Licence - Hydraulique - FN

**Elaboré par : Dr. Masmoudi Toufik**

Septembre 2024

# **Automatisation des systèmes hydrauliques**

## **Avant-propos**

L'automatisation des systèmes hydrauliques urbains est devenue un élément essentiel de la gestion moderne des villes, répondant à la demande croissante d'infrastructures hydrauliques efficaces, durables et résilientes. Avec l'urbanisation rapide et les défis grandissants posés par le changement climatique, le besoin de technologies avancées pour surveiller, contrôler et optimiser les systèmes de distribution d'eau et de gestion des eaux usées n'a jamais été aussi urgent.

Ce manuscrit explore l'intégration des technologies d'automatisation, incluant les capteurs, les systèmes de contrôle et les solutions basées sur les données, dans les réseaux hydrauliques urbains. L'objectif est d'améliorer l'efficacité de la gestion des ressources en eau, de réduire les pertes et de garantir un accès continu à une eau propre pour les populations urbaines. Elle met également en lumière le rôle des technologies intelligentes dans la détection des fuites, la gestion de la qualité de l'eau et la réponse aux urgences, contribuant ainsi à la durabilité des systèmes hydrauliques urbains.

En examinant le potentiel et les défis de l'automatisation des systèmes hydrauliques, ce travail vise à fournir des perspectives et des recommandations aux futurs ingénieurs et urbanistes pour favoriser l'innovation et la résilience dans la gestion des infrastructures hydrauliques.

# Sommaire

## Chapitre 1 : Télégestion du système d'AEP

Introduction

1.2 Définition

1.3 Intérêt de la télégestion

1.4 Avantages du système de télégestion

1.5 Structure principale du système de télégestion

1.6 Architecture des reseaux et securite de fonctionnement

1.6.1 Le réseau en ligne ou en cascade

1.6.2 Le réseau en étoile et en étoile hiérarchisé

1.6.3 Le réseau en boucle

1.7 Description d'un poste de contrôle principal

1.7.1 Les fonctions du poste central

1.7.2 Rôle du logiciel de supervision

1.7.3 Description d'un poste de contrôle satellite

1.7.4 Composante d'un poste local de télégestion

1.7.4.1 Informations à récupérer et à transmettre

1.8 Mesure de précipitation

1.9 Les Vannes

1.9.1 Les Vannes motorisées (servomoteur)

1.9.2 Vanne de régulation

1.10 Les moyens de la télégestion

1.11 Le choix du matériel de télégestion

## Chapitre 2 : Télégestion des réseaux d'eaux usées et pluviales

2.1 Inyroduction

2.2 Méthode d'auto-surveillance pour les systèmes d'assainissement

2.3 L'autosurveillance des réseaux d'eaux usées avec SOFREL LT-US

2.4 Quels sont les éléments nécessaires pour mener à bien ce projet ?

2.5 Quels sont les problèmes (pour mieux définir les besoins) ?

2.6 Travaux relatifs à la télésurveillance et à la supervision

2.6.1 Consistance des travaux

2.6.1.1 But du système

2.6.1.2 Structure principale

2.6.1.3 Satellites ou sous-stations

2.6.1.4 Postes de relèvement

2.6.1.5 Points de mesure

2.6.1.6 Réseaux unitaires et pluviaux

2.6.1.7 Pluviomètre :

2.6.1.8 Station d'épuration

2.6.1.9 Poste central

2.7 Configuration logicielle

2.8 Bilans d'exploitation

2.8.1 Récupération des informations externes

### **Chapitre 3 : Automatisation d'un poste de relevage**

3.1 Introduction

3.2 Automatisation d'un poste de relevage

3.3 Le tableau d'affectation des entrées/sorties de l'automate

3.4 Le programme d'automatisation en langage GRAFCET

3.5 Branchement électrique du système automatisé (PC/PO)

### **Chapitre 4: Automatisation d'une station de pompage avec adduction**

4.1 Introduction

4.2 Equipements nécessaires :

4.2.1. Armoires de commande électrique

4.2.2 Pupitre de commande

4.2.3 Les groupes électropompes

4.2.4 Auxiliaires de pompe

- 4.2.5 Capteurs
- 4.2.6 Débitmètres électromagnétiques
- 4.2.7 Interface Homme / Machine
- 4.2.8 Armoire de télégestion
- 4.3 Synoptique de la station de pompage et des forages
- 4.4 Modes de fonctionnement de la station
  - 4.4.1 Mode manuel
  - 4.4.2 Mode automatique
  - 4.4.3 Transition entre les différents modes :
- 4.5 Gestion des Défauts
  - 4.5.1 Les défauts physiques
- 4.6 Principe de fonctionnement

## **Conclusion Générale**

## **Bibliographie**

## **Chapitre1:Télégestion du système d'AEP**

## **1.1 Introduction**

La télégestion des systèmes d'alimentation en eau désigne l'utilisation de technologies pour surveiller, contrôler et optimiser à distance le fonctionnement des infrastructures de distribution et de traitement de l'eau. Cette approche s'appuie sur des outils tels que des capteurs, des systèmes d'acquisition de données et des dispositifs de contrôle automatisés, souvent intégrés à des réseaux de communication, afin de garantir une distribution efficace et fiable de l'eau. Elle permet une prise de décision en temps réel, réduit les coûts opérationnels, améliore la gestion des ressources et minimise les pertes d'eau. En adoptant des solutions de télégestion, les opérateurs des réseaux d'eau peuvent relever des défis tels que l'augmentation de la demande, le vieillissement des infrastructures et la nécessité d'une utilisation durable des ressources en eau.

## **1.2 Définition**

La télégestion désigne l'ensemble des produits qui mettent en œuvre les technologies de l'informatique, de l'électronique et des télécommunications, afin de permettre un contrôle à distance d'installations techniques géographiquement réparties ou isolées à des fins de surveillance des équipements et installations et d'optimisation du processus. Elle assure aux exploitants les meilleurs outils et moyens pour que le fonctionnement du réseau d'alimentation en eau potable soit plus régulier, plus économique de leur service. Pour cela, La mise en place d'un système de télégestion doit donc faire premièrement l'objet d'une étude de faisabilité visant à identifier et à définir les objectifs qui devront être remplis par ce système puis à choisir les moyens nécessaires à sa réalisation. La télégestion assure une gestion rationnelle des réseaux d'AEP et contribue à l'amélioration du fonctionnement des équipements. Elle constitue ainsi donc un ensemble d'outils d'aide à la prise de décision et ce la afin :



- D'éviter les pertes d'eau constatées sur les débordements récurrents sur les ouvrages de stockage d'eau ;
- Améliorer le confort et la sécurité des exploitants et utilisateurs ;
- Réaliser des économies d'énergie, éventuellement, apporter une aide aux décisions de gestion et d'investissement.

### **1.3 Intérêt de la télégestion**

Un bon système de télégestion permet de dépasser plusieurs problèmes en optimisant la mobilisation de l'eau en qualité et quantité suffisante, en sécurisant l'exploitation des équipements et en entraînant clairement la diminution des frais d'exploitation et les coûts de maintenance du réseau d'AEP et, au même temps, en améliorant la qualité du service offert aux abonnés. L'intérêt de la télégestion consiste en :

 Surveillance du fonctionnement du réseau :

La télégestion permet de surveiller le bon fonctionnement de tous les ouvrages (réseau, réservoir, station de pompage, station de filtration, bassin de stockage...), la télémessure des paramètres hydrauliques (débit, pression, niveau d'eau dans les réservoirs...) climatiques (température, pluviométrie, humidité...) et électrique (consommation énergétique), l'alerte des gestionnaires en cas de dysfonctionnement, ce qui fait que le temps d'intervention devient plus court ce qui permet de diminuer la fréquence de déplacement, le nombre de la mains d'œuvre et d'améliorer le rendement total du système d'AEP.

 Fourniture d'informations actualisées sur le réseau :

Le système de télégestion permet de générer des données statistiques, des bilans et des rapports qui aident à la prise de décision. Le calcul du temps de fonctionnement permet d'augmenter la durée de vie des équipements et installations grâce à la maintenance préventive.

La simulation du fonctionnement du réseau qui se réalise grâce à des modèles mathématique est l'une des meilleures fonctionnalités de la télégestion qui facilite la prise de décision surtout dans le cas de l'extension du réseau.

 Automatisation :

La télégestion permet d'automatiser à distance ou localement le fonctionnement des installations. Les postes satellites ont une puissance de calcul qui permet de faire des boucles d'automatisme des plus simples aux plus sophistiquées.

 Réduction des frais de fonctionnement :

Au début, la télégestion s'est imposée pour diminuer les coûts de personnel, éviter les déplacements (coût de carburant) et libération du personnel pour des tâches plus productives, visite d'un site seulement en cas de besoin avéré, fonctionnement autonome des équipements, commande à distance. puis, le besoin de continuité de service s'est accru, on est passé aux aspects préventifs. Actuellement, une autre phase d'optimisation des coûts s'est dévoilée, pas tellement celle liée à la main-d'œuvre déjà bien optimisée, mais ceux de fonctionnement, pompage en période de tarification minimale, amélioration du rendement du réseau, amélioration de l'efficacité énergétique des installations. En sujet des télécommunications, le sans-fil devient plus avantageux que le réseau filaire.

#### **1.4 Avantages du système de télégestion**

Les avantages du système de télégestion peuvent être résumé comme suit:

- D'optimiser les déplacements des intervenants en réduisant le nombre de visites prévues au planning, voire en supprimant les rondes systématiques.
- De modifier les réglages des équipements distants afin d'ajuster leur fonctionnement aux contraintes locales.
- De centraliser les informations et de créer une intelligence collective afin notamment de prévoir les conséquences d'un évènement sur les autres sites : en aval (orage) ou en amont (augmentation de la consommation d'eau des usagers).

- De mesurer et comparer régulièrement des indicateurs assurant ainsi une meilleure traçabilité, ce qui permet de faciliter et d'améliorer la maintenance et la durée de vie des installations.

### **1.5 Structure principale du système de télégestion**

Un système de télégestion est généralement composé de cinq parties à savoir : le poste central de télégestion appelé encore poste de contrôle principal, le poste local de télégestion ou poste satellite ou également sous station, l'instrumentation de terrain , le réseau ou support de communication et d'équipements de transmission d'informations vers le personnel d'astreinte ou de maintenance tels que radiomessageries, téléphones portables, PC ou terminaux portables, ethernet,...

### **1.6 Architecture des reseaux et securite de fonctionnement**

L'architecture de réseau est l'organisation d'équipements de transmission, de logiciels, de protocoles de communication dans un système permettant la transmission des données entre plusieurs équipements (ordinateur, écrans, imprimantes, etc...).

La structure du réseau de télégestion devra assurer une sécurité maximale des transmissions (notamment, dans des périodes orageuses pendant les quelles les lignes ou les postes locaux de télégestion peuvent être endommagés par la foudre. Dans un système de télégestion, nous distinguons généralement quatre types de réseaux à savoir : réseau en ligne, réseau en cascade, réseau en étoile et réseau en boucle.

#### **1.6.1 Le réseau en ligne ou en cascade**

Pour un réseau en ligne ou en cascade, si un incident se produit sur le support de transmission au niveau d'une station donnée, toutes les données omises par les sous stations situés en aval ne pourront plus parvenir au poste central qui va se trouver, en quelque sorte, paralysé !

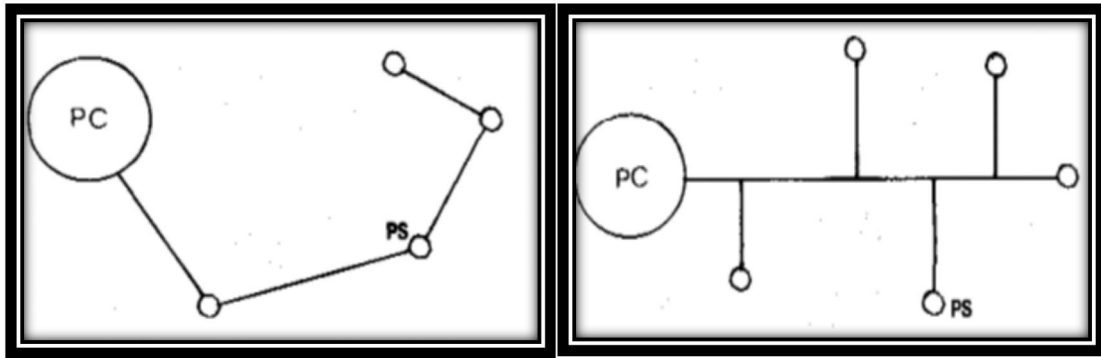


Fig 1 Réseau en ligne et réseau en cascade

### 1.6.2 Le réseau en étoile et en étoile hiérarchisé

Le réseau en étoile présente une sécurité de transmission maximale, mais un coût maximum d'exploitation. Le réseau en étoile hiérarchisé représente souvent la meilleure solution.

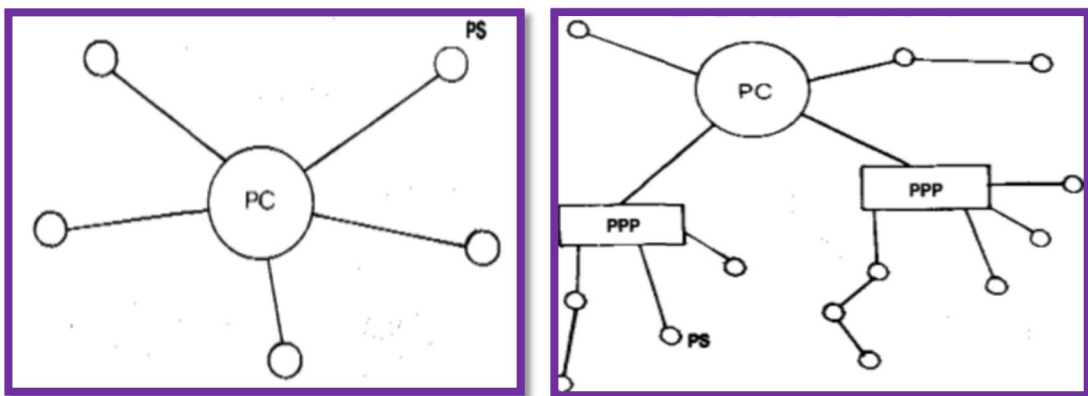


Fig 2 : Réseau en étoile

Réseau en étoile hiérarchisé

### 1.6.3 Le réseau en boucle

Le réseau en boucle présente une sécurité de transmission moins grande mais avec un coût d'exploitation souvent inférieur.

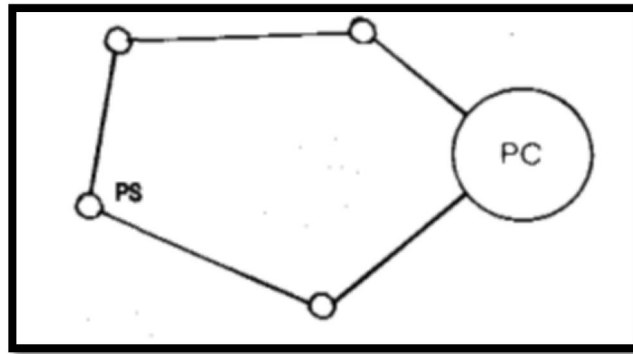


Fig 3: Réseau en anneau ou en boucle

### 1.7 Description d'un poste de contrôle principal

Appelés aussi poste centrale de télégestion, il est constitué de:

- ✚ Micro-ordinateur fonctionnant en environnement MS-Windows, assurant une interface utilisateur facile d'accès ;
- ✚ Imprimante au fil de l'eau qui est du type papier continu de largeur 8 pouces à entraînement par bandes perforées permettant l'impression ligne à ligne des événements. Une copie des données imprimées au fil de l'eau se conserve dans un fichier sur le disque dur. La taille de ce fichier sera paramétrable ;
- ✚ Imprimante graphique à jet d'encre ;
- ✚ Onduleur ;
- ✚ Logiciels d'exploitation et de restitution de données (tableaux, courbes, synoptiques graphiques).

En ce qui concerne la localisation du poste central, trois principaux facteurs interviennent dans le choix du site devant abriter ce dernier : l'architecture du réseau de communication, la disponibilité d'énergie électrique et l'importance du site en terme stratégique. Pour les grandes applications, il est préférable de séparer les différentes fonctions du poste central, c'est-à-dire qu'il faut installer des sous poste de supervision qui assurent une fonction précise, ces fonctions sont la gestion des communications, le traitement des

informations, l'archivage et la présentation graphique de données sur l'interface homme machine.

L'architecture du poste de supervision peut être de type monoposte (un seul ordinateur équipé d'un logiciel de supervision) ou multipostes de type clients/serveur organisée en réseau LAN (Local Area Network), c'est un réseau informatique local ou les terminaux qui y participent (ordinateurs, serveurs, etc.) s'envoient des trames de données au niveau de la couche de liaison sans utiliser d'accès à internet.





### 1.7.1 Les fonctions du poste central

Le poste central avec ces équipements, vise d'assurer les fonctions suivantes :

- ✚ Offrir une vue d'ensemble des installations à travers des vues synoptiques animées ;
- ✚ Permettre la commande et le réglage des équipements ;
- ✚ Détecter les alarmes et les mettre en évidence par signal sonore, visualisation graphique et impression ;
- ✚ Archiver les événements et générer des rapports



Fig 4: Eléments d'un poste central





-  Collecter les données enregistrées par chaque sous-station
-  Consulter des informations archivées sous forme de tableaux ou de courbes
-  Valider les données de mesures « brutes »
-  Éditer des bilans de fonctionnement et des bilans de mesures

En outre, le poste central s'intéressera automatiquement de la gestion des alarmes. Au cours de problèmes ou d'incidents répertoriés, et si aucun agent n'est présent sur le lieu, le système disposera d'une liste de numéros à appeler. Après une procédure de reconnaissance, la personne d'astreinte contactée pourra consulter, avec un micro-ordinateur ou grâce à une messagerie vocale depuis son domicile, l'état général des installations.

### **1.7.2 Rôle du logiciel de supervision**

Les logiciels de supervision varient selon la marque du matériel de télégestion utilisé, ils affichent les informations dans une interface homme machine (IHM) qui représente l'ensemble des moyens et outils employer afin qu'une personne puisse contrôler et communiquer avec une machine. Ces logiciels permettent l'interaction avec les opérateurs selon leur niveau d'accès par des synoptiques animés pour la visualisation des informations des différents sites, affichage d'alarme au défaut de fonctionnement, la configuration ou programmation des équipements, l'envoi des commandes, etc.

Le logiciel de supervision permet de :

-  La redondance à chaud entre les deux serveurs,
-  L'acquisition et l'enregistrement des données
-  La gestion des astreintes
-  La génération des courbes avec analyse des tendances, changement d'échelles pour chaque courbe,

- ✚ Affichage des statistiques et des unités réelles, visualisation simultanée d'au moins dix courbes,
- ✚ La centralisation de l'ensemble des données (horodatées à la source),
- ✚ La mise en commun des données,
- ✚ L'archivage et la restauration des données en cas de nécessité,
- ✚ La surveillance des ouvrages et de leur environnement sur les trois zones définies (intérieur enceinte, intérieur local technique, intérieur armoire électrique) à l'aide de synoptiques animés (vues générales, vues par satellites, vues par locaux, vues par armoire électrique, ...),
- ✚ La commande de tous les équipements à l'aide de synoptiques animés (vues générales, vues par satellites, vues par ateliers, vues par machines, ...),
- ✚ Le réglage de tous les paramètres,
- ✚ La détection de fuite en temps réel,
- ✚ L'optimisation de l'exploitation en temps réel,
- ✚ La génération des alarmes et des évènements,
- ✚ La production de rapports d'exploitation avec des modèles proposés par défaut (rapport journalier, hebdomadaire, mensuel, trimestriel, semestriel et annuel,
- ✚ L'échange des données avec les postes clients,
- ✚ La sécurisation des accès aux différents modules de la supervision (au moins cinq niveaux de mot de passe), Etc.

### **1.7.3 Description d'un poste de contrôle satellite**

Appelée également poste local de télégestion, poste satellite ou sous station, il est directement implantée sur le site exploité et raccordée soit en fil à fil aux divers actionneurs et capteurs, soit par une liaison numérique à un automate local. Son premier rôle est de faire l'interface entre le poste central et l'installation. Elle retransmet l'état des différents équipements auxquels



elle est raccordée et délivre à l'installation les ordres de commande issus du poste central (dans le cadre d'une télégestion) ou d'un autre site.

La sous-station est physiquement matérialisée par un coffret électronique de télésurveillance. Ces postes locaux ont au minimum une capacité de stockage des données correspondant à 4 jours en période normale.

Dans les conditions optimales, chaque site du réseau d'alimentation en eau potable (station de pompage, réservoir, forage, etc.) distant doit être équipé d'un poste satellite ou d'une unité de surveillance à distance (RTU) qui assurent le suivi et le pilotage à distance des ouvrages se trouvant dans les lieux, dans la plupart des cas le nombre de sites est très grandes ce qui signifie que le faîte de les équiper tous de postes locaux sera très coûteux, c'est pour ça qu'il faut procéder à une distribution géographique optimale de ces sous stations sur les sites, comme par exemple l'utilisation d'un même RTU pour les sites qui ne sont pas loin les uns des autres mais à condition que la distance entre les sites et le poste local soit la plus faible que possible. Parfois, à cause de certaines contraintes budgétaires les sites qui ne sont pas importants ne sont pas équipés de postes locaux. La figure suivante montre clairement les postes locaux de télégestion dans un système de télégestion.

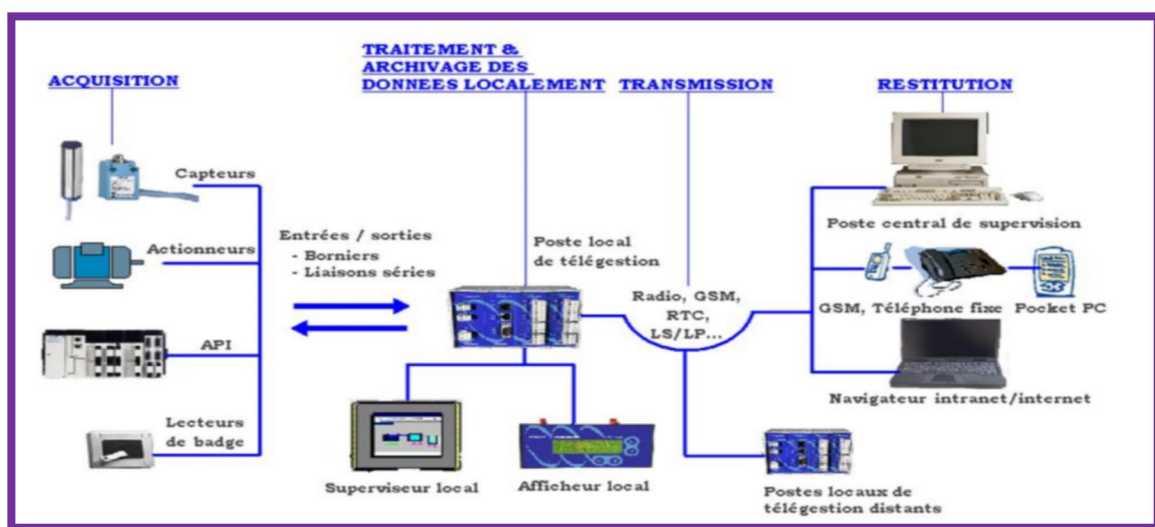


Fig 5 : Système de télégestion

### 1.7.4 Composante d'un poste local de télégestion

Un poste local est composé généralement des éléments suivants :

- Une Unité centrale (processeur ou CPU) : c'est la partie du poste local au niveau de laquelle se fait le traitement des données grâce à un microprocesseur qui fonctionne généralement avec une technologie de 32 bits, elle est aussi liée aux autres composantes de la RTU.
- Une ou plusieurs cartes mémoires : c'est le lieu de stockage de données permanentes, dans le cas des données temporaires ou volatiles on l'appelle mémoire vive (RAM) c'est à-dire que les données qui y sont enregistrées se perdent quand il y a coupure d'alimentation, dans le cas des données archivées on l'appelle mémoire morte (ROM), ce sont des mémoires qui enregistrent les données même après une coupure d'alimentation.
- Des interfaces d'entrées/sorties : ce sont des cartes de type TOR ou analogique qui permettent l'acquisition des informations qui proviennent des capteurs par les entrées, et l'envoi des ordres de commandes des équipements par les sorties. Ils sont liés aux autres équipements par des liaisons filaires connectées à des borniers de raccordements. Ces cartes sont équipées de convertisseur de signaux qui convertissent les données de l'analogique au numérique (binaire) dans le cas des données entrantes, et du numérique en analogique dans le cas des données sortantes. Le paramètre le plus important dans un convertisseur de signaux est sa résolution qui peut être de (8 bits, 12 bits, etc.). Les capteurs et les cartes de sorties ANA envoient des signaux sous forme de courant ou de tension (4-20 mA, 0-20 mA, 0-10 V).
- Un module d'alimentation : c'est la partie qui assure l'adaptation de l'alimentation électrique au poste local, il peut être alimenté depuis une prise

de secteur (220 V) ou depuis un panneau photovoltaïque (20 V) ou uniquement par batterie.

- Des interfaces de communication : l'échange d'informations entre le poste local et les autres composantes du système de télégestion est assuré par des ports de communications locales qui assure la liaison avec les ordinateurs, les automates programmables industriels...) ou distantes via des modems GSM ou Radio.

#### **1.7.4.1 Informations à récupérer et à transmettre**

Le système d'automatisation et de télégestion doit assurer un procédé optimisé, commandé par le système de télécommande avec une supervision à distance : détection des défauts en temps réel, alerte du personnel.

Les principales informations concernant le système d'AEP et à transiter dans le système sont :

- Téléalarme: Défaut réseau électrique, défaut moteur, échauffement, ...ext ;
- Télémessure: Débit de refoulement, débit sortant du réservoir, pression de refoulement, énergie consommée, pression dans les points critiques du réseau d'AEP, différence de pression au niveau des pompes, paramètre météorologique, puissance des moteurs entraînant des pompes.
- Télésignalisation : Marche/arrêt des pompes, ouverture/ fermeture des vannes.
- Télécommande : Marche/arrêt du groupe, ouverture/fermeture des vannes.

Instrumentation :

L'instrumentation de terrain sera composée des éléments suivants :

##### Capteur de niveau :

Pour le contrôle et la mesure du niveau d'eau dans les bassins de stockage il est prévu l'installation d'un détecteur de niveau de type ultrasonique, ou de type piézométrique.

### Capteur de pression :

Pour le contrôle et la mesure de pression au niveau du collecteur de refoulement d'une station de pompage, au niveau amont et aval des pompes et aussi dans les points critiques du réseau d'AEP, il est prévu d'installer des détecteurs de pression de type piézo-résistif.

### Capteur de débit :

Pour la mesure du débit de refoulement sortant des forages et des réservoirs, il est prévu d'installer des débitmètres électromagnétiques avec diamètre correspondant.

### Capteurs de paramètres météorologiques :

Ce sont les capteurs de température, de pluviométrie, de l'humidité, de la vitesse du vent et du rayonnement solaire.

### Capteurs de paramètres physico-chimiques de l'eau y compris la chloration:

Ces capteurs permettent le suivi continu de la qualité des eaux usées épurées dans le bassin de stockage.

## **1.8 Mesure de précipitation :**

Le mesurage de la pluie consiste à déterminer la hauteur des précipitations atmosphériques qui ont atteint le sol sur une surface donnée et pendant un intervalle de temps donné. Généralement, les pluviomètres ou pluviographes permettent de mesurer localement la hauteur d'eau totale précipitée au pas de temps journalier et d'accéder à l'intensité des précipitations en fonction de la hauteur d'eau mesurée sur un pas de temps défini par l'utilisateur. La hauteur d'eau est exprimée en mm et peut être également rapportée en unité de surface L/m<sup>2</sup> ou m<sup>3</sup>/ha. Les différentes méthodes de mesure conduisent à la distinction de deux grandes familles :

- le pluviomètre dit totalisateur ou journalier, exploité par un opérateur qui effectue une lecture de la pluie cumulée. C'est un appareil très simple qui comporte une surface réceptrice (de 200 à 500 cm<sup>2</sup> (le plus souvent 400 cm<sup>2</sup>))

limitée par une collerette cylindrique ; l'eau traversant cette surface est dirigée par un entonnoir vers un seau récepteur.

- le pluviomètre dit " pluviographe ", exploité par un automate qui permet de mesurer et d'enregistrer l'évolution dans le temps de la pluie cumulée, soit la mesure de l'intensité des précipitations en mm/h. Deux types de pluviographes sont classiquement utilisés :

- le pluviographe à augets basculants ;
- le pluviographe à pesée.

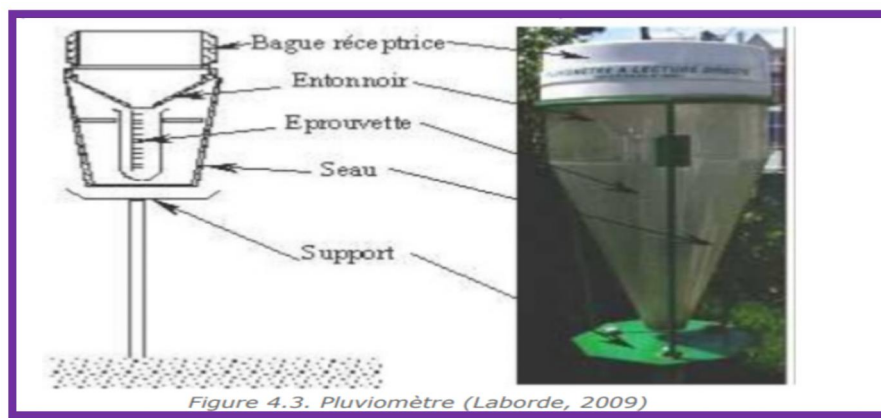


Fig 6 :Pluviometre

L'appareil est en général installé sur un trépied (support monotube). Les normes standards sont basées sur le principe que le site soit représentatif et caractérisé par l'absence d'obstacles à proximité. Les normes préconisent aussi que la surface réceptrice des pluviomètres (et pluviographes) soit horizontale et située à 1,50 m au-dessus du sol ; cette hauteur permet de placer facilement l'appareil et évite les rejaillissements.

Le pluviomètre doit être éloigné de chaque obstacle d'une longueur au moins 4 fois égale à la hauteur de l'obstacle.

Cet appareil sera équipé d'une station de télégestion pour l'archivage et le rapatriement des informations relatives aux précipitations.

Tableau 01 : Critère de choix

	Avantages	Inconvénients
<b>Pluviomètre totalisateur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simplicité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trop simple pour des études en hydrologie</li> <li>- Le pas de temps trop longs</li> <li>- Pas d'information sur l'intensité des précipitations</li> </ul>
<b>Pluviographe à augets</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cout relativement faible</li> <li>- Très utilisé</li> <li>- Forme en verre à pied moins sensible aux turbulences</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstruction de l'ajutage</li> <li>- Sous-estimation des fortes intensités</li> <li>- Étalonnage complexe</li> <li>- Acquisition des données à pas de temps variable / risques de problème pour l'utilisation des données</li> </ul>
<b>Pluviographe à pesée</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesure en continu de l'évènement pluvieux</li> <li>- Risque réduit d'obstruction de l'ajutage</li> <li>- Mesure des intensités très élevées</li> <li>- Etalonnage, vérification et réglages relativement simples</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût plus important à l'achat</li> <li>- Consommation électrique</li> <li>- Forme cylindrique plus sensible aux turbulences</li> </ul>

## 1.9 Les Vannes

Les vannes sont des appareils de régulation de débit jouant un rôle très important dans la station de relevage ou de pompage. En effet, elles garantissent un démarrage et un arrêt sécurisé des pompes (la pompe démarre et s'arrête toujours avec une vanne fermée : cela la protège contre le refoulement de l'eau à des vitesses très importantes pouvant détruire toute la station). Il existe plusieurs types de vannes : Vanne papillon, vanne pneumatique, vanne motorisée...etc. On étudie par exemple le fonctionnement des vannes motorisées par automatisation.

### 1.9.1 Les Vannes motorisées (servomoteur)

Il n'y a aucun processus industriel sans automatisation et aucune automatisation sans servomoteur et vice versa :

Les servomoteurs sont des centres nerveux. Leur fiabilité est capitale pour la sécurité et la viabilité d'installations industrielles dans leur globalité. Ils s'agissent d'un service tout ou rien ou d'un service de régulation. On exige du fabricant de servomoteurs une très grande souplesse pour que l'automatisation globale soit possible et appropriée.

Les servomoteurs électriques sont utilisés en toutes circonstances lorsque l'automatisation d'une vanne nécessite un déplacement en rotation, un déplacement angulaire ou une course linéaire, mais également une manœuvre à l'aide d'un levier.

## 1.9.2 Vanne de régulation

Une vanne de régulation est un dispositif conçu pour contrôler le débit de toutes sortes de fluides dans un système de commande de processus. La vanne est commandée par un régulateur qui est l'API. Ainsi l'ouverture, la fermeture ou l'action modulée de la vanne est produites par les variations de mesure de sortie d'un instrument de mesure et de contrôle. Elle est reliée à un actionneur capable de faire varier sa position. L'actionneur peut être mû par une énergie pneumatique, électrique, hydraulique ou toute combinaison de ces énergies. La valeur du débit régulé est en général envoyée vers un système de télésurveillance ou télégestion ;

### Exemple d'installation d'un appareil pour petit débit eaux usées :

Une vanne de régulation associée à un canal de mesure régule les faibles débits (à partir de 1 l/s) en réseau unitaire. Ce système se place dans un ouvrage type déversoir d'orage classique.

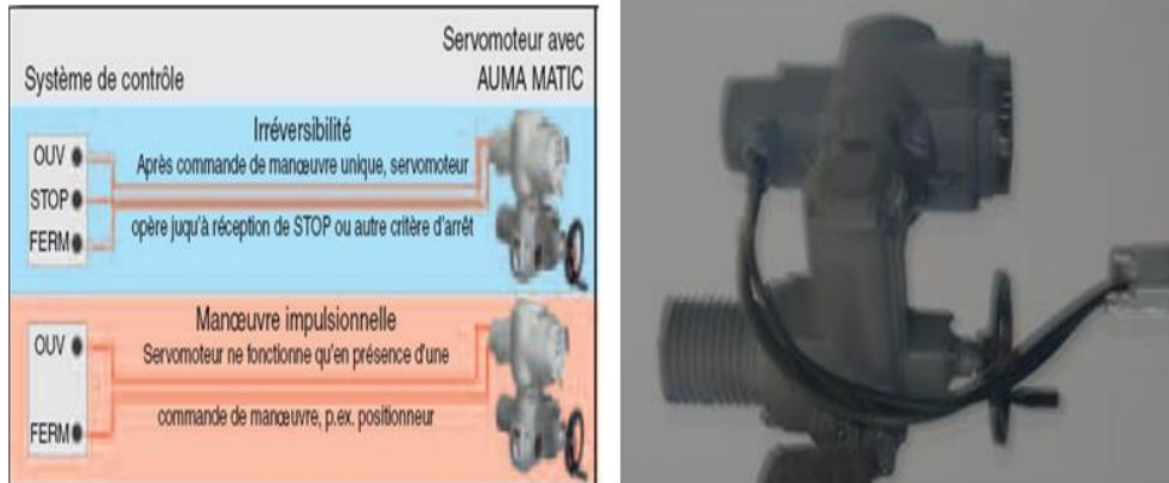


Fig 7 Système de contrôle d'une vanne motorisé (vanne motorisé)



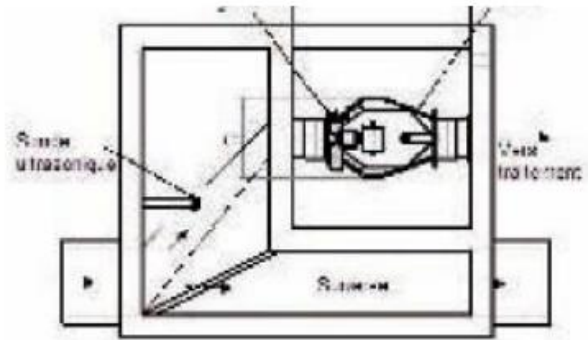


Fig 8 : Vanne de régulation

### 1.10 Les moyens de la télégestion

La télégestion utilise des moyens et outils informatiques, électroniques et de télécommunications, permettant la surveillance, la gestion, le contrôle et la commande à distance d'installations et équipements géographiquement dispersés comme les systèmes d'assainissement. Elle constitue ainsi donc un ensemble d'outils d'aide à la prise de décision.

### 1.11 Le choix du matériel de télégestion

Tous les matériels de la télégestion (fournitures et accessoires divers) fournis par l'entreprise, doivent être neufs et de première qualité, fabriqués suivant les règles de l'art et de dernière technologie ou version pour les logiciels et applicatifs de manière à présenter en exploitation industrielle le meilleur service de sécurité et de fonctionnement.

Les équipements et les logiciels doivent être largement dimensionnés de manière à présenter un bon coefficient de sécurité dans tous les cas de figure et ne devront présenter en exploitation aucune usure, échauffement anormal, blocage informatique, perte de données, dysfonctionnement matériel ou logiciel.

Le critère économique est également un facteur déterminant dans le choix d'une solution. En effet, le choix de cette dernière dépend non seulement des exigences techniques, mais aussi des différents coûts d'études, de mise au point et d'éviter des frais de maintenance très élevés.



Les boulons et vis de fixation seront de préférence inoxydables ou protégés par traitement électrolytique garanti.

Les installations seront protégées contre la foudre et les perturbations électromagnétiques.

Le matériel sera protégé contre l'oxydation et l'humidité et les systèmes informatiques seront protégés contre toute attaque d'intrusion.

## **Chapitre2: Télégestion des réseaux d'eaux usées et pluviales**

## **2.1 Introduction**

La télégestion des réseaux d'assainissement consiste à utiliser des technologies avancées pour surveiller, contrôler et optimiser à distance le fonctionnement des systèmes de collecte et de traitement des eaux usées. Cette approche repose sur une combinaison de capteurs, de systèmes de télémétrie et d'outils d'automatisation connectés via des réseaux de communication. L'objectif est d'assurer un fonctionnement efficace et durable des infrastructures d'assainissement tout en minimisant leur impact environnemental.

En permettant l'acquisition et l'analyse des données en temps réel, la télégestion aide les opérateurs à détecter rapidement des problèmes tels que les blocages, les fuites ou les débordements. Elle soutient également la maintenance préventive, l'optimisation énergétique et la conformité aux normes réglementaires. À mesure que les zones urbaines se développent et que les défis climatiques s'intensifient, l'adoption de systèmes de télégestion devient de plus en plus essentielle pour renforcer la résilience et la durabilité des services d'assainissement.

## **2.2 Méthode d'auto-surveillance pour les systèmes d'assainissement**

L'auto-surveillance dans les systèmes d'assainissement désigne l'évaluation systématique et continue des performances d'un système par l'entité exploitante elle-même, souvent en conformité avec des normes réglementaires ou opérationnelles. Cette méthode repose sur l'utilisation de divers outils et technologies, tels que des capteurs, des enregistreurs de données et des logiciels d'analyse, pour suivre des paramètres clés comme les débits, les concentrations de polluants, les niveaux de pH et l'efficacité du système.

L'approche d'auto-surveillance aide les opérateurs à identifier les anomalies, détecter les pannes potentielles et mettre en œuvre des mesures correctives en temps opportun. Elle améliore la fiabilité du système d'assainissement, soutient

la conformité environnementale et favorise une gestion efficace des ressources. De plus, les données issues de l'auto-surveillance peuvent être utilisées pour une maintenance prédictive, garantissant ainsi la fonctionnalité et la rentabilité des infrastructures sur le long terme.

### **2.3 L'autosurveillance des réseaux d'eaux usées avec SOFREL LT-US**

L'autosurveillance des réseaux d'eaux usées est un élément clé pour garantir leur bon fonctionnement, prévenir les débordements et respecter les réglementations environnementales. La solution SOFREL LT-US offre une technologie innovante et fiable pour répondre à ces besoins.

Ce système de télégestion est spécialement conçu pour surveiller en continu les réseaux d'assainissement, en collectant des données essentielles telles que les débits, les niveaux, et les anomalies comme les surcharges hydrauliques ou les obstructions. Équipé d'un enregistreur de données basse consommation et de capteurs précis, le SOFREL LT-US permet une transmission efficace des informations via des réseaux de communication comme le GSM ou la 4G.

Grâce à sa capacité à fournir des données en temps réel et des alertes en cas de dysfonctionnement, il permet aux opérateurs de réagir rapidement et de prendre des mesures correctives. En outre, les fonctionnalités d'analyse prédictive et de rapports automatisés facilitent la gestion proactive des infrastructures, réduisant les coûts de maintenance et améliorant la durabilité des équipements.

L'intégration de la solution SOFREL LT-US dans les réseaux d'assainissement constitue donc un levier important pour optimiser la performance des systèmes, garantir la conformité réglementaire et protéger l'environnement.

### **2.4 Quels sont les éléments nécessaires pour mener à bien ce projet ?**

(Dont je dispose ou que je peux me procurer auprès des autres acteurs (exploitant...))

Éléments indispensables :

- Plan des réseaux à jour
- Plan des sites de déversement ou de relèvement à jour
- Populations et industriels raccordés par rue

(Nombre d'abonnés eau potable, population saisonnière ....)

Éléments complémentaires - conseillés :

- Étude schéma assainissement récent (temps sec/pluie)
- Historique d'exploitation
- Inspections caméra
- Modélisation du réseau à disposition (grosses agglomérations)

## **2.5 Quels sont les problèmes (pour mieux définir les besoins) ?**

- Problème de capacité du réseau, raccordement de communes périphériques
- Problème de pollution particulière, présence d'une zone industrielle
- Problèmes d'exploitation (obstruction fréquente avec risque de débordement, inondation des particuliers, eaux parasites.... ..)
- Problème de gestion du patrimoine (réseau ancien...)
- Ouvrages réseaux à dimensionner (bassin de stockage, nouveau réseau, amélioration de réseau.....)
- Problème de coût d'exploitation
- Modélisation du système d'assainissement inexistante ou à améliorer
- Transmission, archivage, validation des données
- Exploitation des dispositifs d'autosurveillance

Les objectifs sont alors de rationaliser la gestion des réseaux et les investissements sur des critères d'efficacité mesurables :

- ◆ Sectorisation et hiérarchisation des défauts
- ◆ Amélioration de l'exploitation des réseaux (fréquences des curages....)

- ◆ Définition de travaux d'amélioration (élimination d'eaux parasites, redimensionnement de collecteur...)
- ◆ Optimisation du dimensionnement des ouvrages de stockage (bassin d'orage...)
- ◆ Suivi dans le temps (base de programme de renouvellement/améliorations des réseaux existants)

### Valorisation des données

1/ La valorisation des données et des constats résultant de l'exploitation des données d'auto surveillance permet :

1/ une meilleure connaissance de l'état et du fonctionnement du système d'assainissement (efficacité et impact sur le milieu),

2/ une amélioration de cette connaissance par la définition de campagnes spécifiques complémentaires mieux ciblées (visites nocturnes / ITV / tests fumée / enquêtes de branchement....) ou de modification de points de mesure suite au retour d'expérience sur ces points,

3/ l'optimisation à la fois :

¾ de l'état du système par des travaux sur les réseaux (définition de travaux sur les réseaux, bassin d'orage, redimensionnement de canalisation sur certains secteurs...),

¾ de l'exploitation (modification des consignes d'exploitation ou du calage des ouvrages), ¾ de l'organisation des moyens d'intervention sur le système d'assainissement

4/ la réduction des rejets au milieu et l'amélioration des milieux récepteurs.

Tous ces points permettent de justifier les investissements et les coûts d'exploitation vis-à-vis des financeurs (collectivités et organismes publics). -du fonctionnement du système.

## **2.6 Travaux relatifs à la télésurveillance et à la supervision**

### **2.6.1 Consistance des travaux**

#### **2.6.1.1 But du système**

Le système de télésurveillance (ou encore de télémesures) devra assurer différentes fonctions :

- permettre de centraliser vers un poste central l'ensemble des informations (états, grandeurs analogiques, compteurs,...) des différents points de mesures implantés dans le cadre de ce projet sur les réseaux d'assainissement
- permettre de centraliser les informations (états, compteurs, surverses,...) relatives au fonctionnement des différents postes de relèvement existants, mais aussi de la station d'épuration
- permettre de récupérer des informations externes issues de matériels d'autres organismes
- effectuer la mise en forme et le traitement des informations reçues
- gérer d'un point de vue fonctionnel les équipements raccordés (paramétrage, maintenance, astreinte,...)
- Mettre à disposition les informations collectées et traitées à disposition de personnes externe (consultation distante)

Il peut être intéressant de prévoir une interface permettant l'échange de données avec d'autres organismes (gestionnaires de cours d'eau et exploitants de systèmes d'assainissement) (import, export)

#### **2.6.1.2 Structure principale**

Le système de télésurveillance sera bâti autour d'un poste central, lequel sera relié aux sous-stations par l'intermédiaire, soit du réseau téléphonique commuté (solution de base), soit par un réseau radio privé (solution variante). Le poste central se chargera de la réalisation des bilans quotidiens, mensuels et annuels. Il sera susceptible de retransmettre une alarme au personnel d'astreinte (panne d'un équipement,...).

Le poste central supervise l'ensemble des installations qui lui sont attachées : à partir d'une console d'exploitation, l'utilisateur peut accéder à toutes les ressources du système, y compris en modifier le paramétrage. C'est la base du système de contrôle/commande.

Le satellite (encore appelée sous-station ou coffret de télésurveillance) est lié à un ouvrage ou à un site.

Sa première fonctionnalité est de transmettre les informations entre le poste central et le site qu'il permet de contrôler, sa seconde, d'assurer l'archivage local des informations de mesures et d'états.

### **2.6.1.3 Satellites ou sous-stations**

La sous-station sera directement implantée sur le site exploité. Elle est raccordée soit en fil à fil (borniers) aux divers actionneurs et capteurs, soit par une liaison numérique à un automate local.

Son premier rôle est de faire l'interface entre le poste central et l'installation. Elle retransmet l'état des différents équipements auxquels elle est raccordée et délivre à l'installation les ordres de commande issus du poste central (dans le cadre d'une télégestion) ou d'un autre site.

Elle disposera en interne de fonctionnalités similaires à celles d'un automate, ce qui lui permettra de continuer à fonctionner en marche dégradée, même lors d'une rupture de communication avec le poste central. Il sera possible de lui faire exécuter localement des tâches plus ou moins complexes.

Dans la présente opération, la sous-station est physiquement matérialisée par le coffret de télésurveillance.

Les sous-stations de télésurveillance auront au minimum une capacité de stockage des données correspondant à 4 jours en période normale.

Les sites suivants seront équipés d'un coffret de télésurveillance :



#### **2.6.1.4 Postes de relèvement :**

- Les postes seront équipés d'un coffret de télétransmission. Les automatismes spécifiques aux postes (permutation des pompes, démarrage et arrêt, gestion des défauts,...) seront réalisés par les nouveaux coffrets. L'information issue du débitmètre électromagnétique installé localement sera aussi retransmise.

#### **2.6.1.5 Points de mesure :**

Les points de mesures permanents sur le réseau décidés seront équipés d'un coffret identique ou du moins compatible avec ceux installés sur les postes de relèvement.

#### **2.6.1.6 Réseaux unitaires et pluviaux :**

- Les déversoirs d'orage, les exutoires pluviaux et les points sur réseau unitaire retenus dans le cadre de ce dossier seront équipés d'un coffret identique ou du moins compatible avec ceux installés sur les postes de relèvement.

#### **2.6.1.7 Pluviomètre :**

- Un pluviomètre sera équipé d'une station de télégestion pour l'archivage et le rapatriement des informations relatives aux précipitations.

#### **2.6.1.8 Station d'épuration :**

Un coffret de télégestion sera implanté à la station d'épuration pour la récupération des informations spécifiques à l'usine de dépollution. Le coffret existant pourra éventuellement être réutilisé.

#### **2.6.1.9 Poste central**

##### **a) Présentation**

Ce système informatique s'acquittera automatiquement des tâches suivantes :

- Collecte une fois par jour des données enregistrées par chaque sous-station

- Mise en forme et traitement des données puis archivage automatique sur disque dur
- Envoi éventuel de commande ou de consigne à partir de tâches programmées. De plus, l'opérateur pourra à partir du poste central :
  - visualiser sous forme d'écrans synoptiques la totalité des informations prises en compte par le système (1 vue par point de mesure, plus une réserve de 10 vues au minimum pour des points à rajouter ultérieurement)
  - Envoyer des télécommandes ou des télé réglages
  - Consulter des informations archivées sous forme de tableaux ou de courbes
  - Valider les données de mesures « brutes »
  - Éditer des bilans de fonctionnement et des bilans de mesures

En outre, le poste central s'occupera automatiquement de la gestion des alarmes. Lors de défauts ou d'incidents répertoriés, et si aucun agent n'est présent sur le site, le système disposera d'une liste de numéros à appeler. Après une procédure de reconnaissance, la personne d'astreinte contactée pourra consulter, avec un micro-ordinateur ou grâce à une messagerie vocale depuis son domicile, l'état général des installations.

## **2.7 Configuration logicielle**

Le logiciel de supervision (implanté dans le serveur du poste central) devra être totalement compatible avec les équipements de télésurveillance mis en place. Il devra intégrer au minimum les fonctionnalités suivantes :

- La visualisation de toutes les informations et des alarmes (avec éventuellement l'édition de fiches d'intervention associées)
- La possibilité d'envoyer des télécommandes
- La visualisation sur des écrans synoptiques de plans schématiques de toute ou partie des installations.
- L'intégration d'images (caméras) ou de photos

- L'impression des informations sur imprimante (chargement d'états, alarmes, journaux de bord complet ou partiel, ...)
- L'édition de bilans journaliers ou mensuels synthétisant un ensemble de mesures, de comptages ou de fonctionnement
- L'archivage des données sur disque dur et sur des supports longue durée (Cédérom, DVD, cassette ou bande magnétique, ...)
- Le tracé de courbes (historiques ou tendances)
- La génération et la retransmission des alarmes vers les agents d'astreinte en dehors des heures de présence du personnel
- La gestion du dialogue lors de la connexion d'un poste externe (serveur web)
- L'extraction ou l'échange d'informations pour leur utilisation avec des logiciels externes (Excel, Access, ...)

Le logiciel de supervision sera à compléter des logiciels « bureautiques » (Word, Excel) et des logiciels « utilitaires » (antivirus, nettoyage des disques, réseaux, système d'exploitation) nécessaires au bon fonctionnement du système.

Le poste central hébergera aussi :

- L'application informatique du constructeur des coffrets de télésurveillance permettant le paramétrage ou le téléchargement à distance des sous-stations

## **2.8 Bilans d'exploitation**

L'application de supervision devra générer automatiquement des bilans d'exploitation (format et contenu à définir) de façon quotidienne, hebdomadaire, mensuelle et annuelle. Ces bilans seront tous sauvegardés sur le disque dur du poste central et consultables à la demande.

Les résultats des bilans seront présentés sous forme de tableaux, lisibles et compatibles avec le logiciel Microsoft Excel ou Access.

### 2.8.1 Récupération des informations externes

Un certain nombre de données externes (en plus des informations relatives aux pluviomètres) seront récupérées et intégrées dans la base de données du poste central :

- ❖ données du laboratoire (analyses) : ces informations seront saisies dans la supervision de la station d'épuration, et ensuite transmises au poste central de télésurveillance avec les autres informations de l'usine (de façon automatique).
- ❖ limnigraphes: ces données sont gérées par un organisme extérieur, leur récupération se fera sous la forme de fichiers à un format prédéfini.

Ces stations comprendront chacune :

- ❖ mesure de la vitesse: 3\* cordes à ultrasons
- ❖ mesure de la hauteur d'eau: 2\* sondes piézométriques redondantes (éventuellement capteurs ultrasons aériens avec renvoi d'angle)
- ❖ station d'acquisition: celle-ci sert en particulier au paramétrage des sondes et au calcul du débit à partir de la hauteur d'eau et de la vitesse moyenne ; elle permet par ailleurs d'asservir un préleveur d'échantillons.

La station d'acquisition, propre au fournisseur des sondes, est reliée, via une sortie analogique 4-20mA, à une sous-station de supervision (=satellite) sur toutes les stations débitométriques. Les sous-stations sont reliées à leur tour, via modem RTC ou radio, au poste central de contrôle et d'exploitation des données implanté dans les locaux de l'exploitant du réseau.

#### A- Station d'acquisition

- Alimentation électrique: 230 V AC + batterie de secours ; protection de surtension intégrée.
- Etanchéité: protection totale contre la poussière ; protection contre l'immersion : 30 minutes sous 1 mètre d'eau

- Température de fonctionnement : - 20 °C à + 60 °C
- Entrées / sorties.
  - entrées : câbles des sondes + deux entrées analogiques 4-20 mA redondantes pour la mesure de niveau
  - sorties : au moins une sortie analogique 4-20 mA pour le transfert de la mesure de débit à la sous station de supervision + 1 sortie numérique RS232 ou RS485 ou Jbus/Modbus
  - transfert des deux mesures de hauteur à la sous-station de supervision soit directement, soit via la station d'acquisition débitométrique (auquel cas deux sorties supplémentaires 4-20 mA sont nécessaires sur celle-ci)
  - relais statiques programmables : au moins 3 relais (notamment pour seuil sur le débit, la hauteur d'eau ou la vitesse moyenne, pour impulsion de comptage de volume, pour tests de défauts, etc.)

## **B- Fonctions mesures**

- calcul du débit à partir de la hauteur d'eau et des vitesses sur chaque corde
- précision de la mesure de débit : < 4 % (avec 3 cordes et une précision de description des sections de collecteur < ±0,25 %)
- enregistrement des mesures
- affichage graphique du débit, de la vitesse moyenne, de la vitesse sur chaque corde, de la hauteur, etc..en fonction du temps
- affichage numérique simultané d'un ensemble de grandeurs mesurées en valeurs instantanées ou moyennes le jour de la mesure ou les jours précédents : débit, vitesse, vitesse sur chaque corde, hauteur d'eau, valeur des totalisateurs, etc.

Les données transmises incluent des paramètres tels que les niveaux, les débits, les pressions, ainsi que des alertes en cas de défaillance ou de dépassement des seuils critiques. Ce dispositif de télégestion offre également la possibilité de

produire des rapports détaillés, simplifiant ainsi le suivi des performances et la conformité aux exigences réglementaires.

L'adoption de ces technologies innovantes dans les réseaux d'assainissement optimise significativement l'efficacité opérationnelle, diminue les coûts d'entretien et favorise une gestion durable des ressources en eau.

## **Chapitre 3: Automatisation d'un poste de relevage**

### **3.1 Introduction**

L'automatisation des postes de relevage représente une innovation essentielle dans la gestion des réseaux d'assainissement. Ces infrastructures, indispensables pour acheminer les eaux usées vers les stations de traitement, doivent fonctionner de manière fiable et efficiente afin de prévenir les débordements, les pannes, et leurs impacts sur l'environnement.

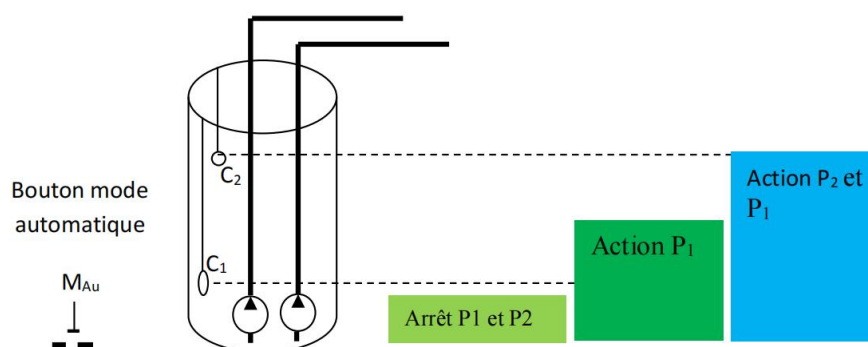
L'intégration de systèmes automatisés permet une surveillance et un contrôle en temps réel des équipements tels que les pompes, les clapets, et les capteurs de niveau. Ces technologies optimisent les opérations de pompage en fonction des besoins, tout en facilitant la détection précoce des anomalies et en réduisant la nécessité d'interventions manuelles.

Ce chapitre examine les concepts fondamentaux de l'automatisation appliquée aux postes de relevage. Nous aborderons les composants essentiels, les stratégies de contrôle, ainsi que les bénéfices qu'elle apporte en termes de performance, d'économie et de durabilité environnementale.

### **3.2 Automatisation d'un poste de relevage**

On désire automatiser un poste de relevage situé dans une station d'épuration et rendre l'équipement plus performant. Alors on équipe le réservoir de stockage des eaux usées, de deux pompes de relevage, d'un automate et de deux capteurs de niveau. Ces capteurs sont chargés de réguler le niveau d'eau usée dans le réservoir: C1 (niveau bas), C2 (niveau haut). Voir figure suivante :





**Figure 3.1** : Schéma d'une bache équipée des capteurs de niveau et deux pompes submersibles

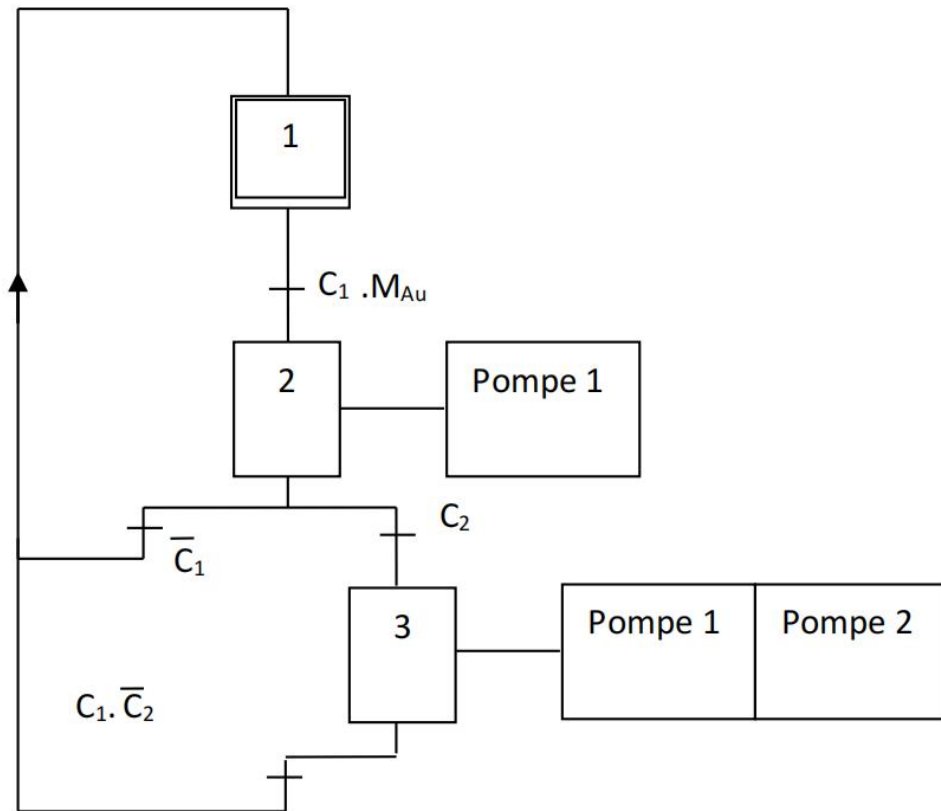
Ce poste de relevage fonctionne en mode automatique, sous l'appui du bouton MAu et en respectant le cahier des charges suivant: si le niveau d'eau usée est au dessous du niveau bas alors les deux pompes sont en arrêt, si l'eau usée est atteinte le niveau bas la pompe 1 est en marche et la pompe 2 en arrêt, si le niveau haut est atteint alors les deux pompe sont en marche.

### 3.3 Le tableau d'affectation des entrées/sorties de l'automate

Nom	Entrée/Sortie (E/S)	Adressage
Bouton poussoir M	E	%I1.1
Capteur de niveau 1 (C1)	E	%I1.2
Capteur de niveau 2 (C2)	E	%I1.3
Pompe 1	S	%Q1.1
Pompe 2	S	%Q1.2

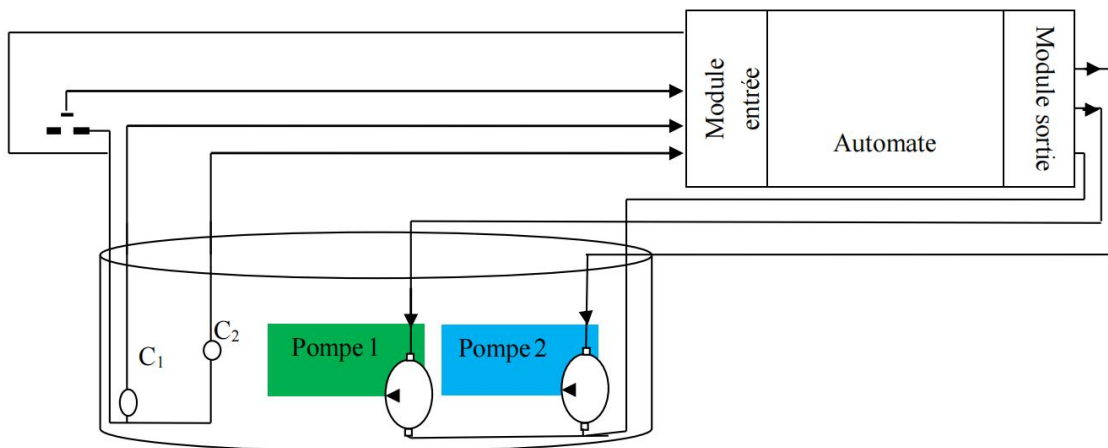
### 3.4 Le programme d'automatisation en langage GRAFCET

Le fonctionnement en mode automatique du poste de relevage est exécuté par l'automate d'après sa programmation en langage GRAFCET suivant:



### 3.5 Branchement électrique du système automatisé (PC/PO)

Ainsi le câblage électrique avec l'automate est donné par la figure suivante :



**Figure 3.2:** Schéma du câblage électrique avec l'automate

## **Chapitre 4: Automatisation d'une station de pompage avec adduction**

#### **4.1 Introduction :**

Dans ce chapitre nous allons établir le fonctionnement de la station mais avant cela nous allons définir les équipements nécessaires pour réaliser l'automatisme. Cette analyse fonctionnelle a pour but de décrire les règles d'automatisation de l'asservissement de la station de pompage et trois forages, ainsi que la télégestion de cette dernière

#### **4.2 Equipements nécessaires :**

Dans ce paragraphe nous allons décrire les équipements existants dans la station Et qui nous seront utiles ainsi que le matériel nécessaire à mettre en place.

##### **4.2.1. Armoires de commande électrique :**

La station comprend :

- ✓ Six armoires de commande et de protection (trois de fabrication EDIEL et trois de fabrication General Electric). Chaque groupe électropompe est raccordé à une armoire de commande et de protection.
- ✓ Une armoire pour Sofrel S550.
- ✓ Une armoire qui contient un redressé de courant et qui est utilisé pour la protection cathodique d'une des conduites en acier de l'adduction.
- ✓ Une armoire pour la commande du compresseur d'air.

La figure 3.1 donne la vue des armoires



**Figure 4.1 :** Vue des armoires de commande

#### 4.2.2 Pupitre de commande :

Il contient des voyants (marche / arrêt / défaut, etc.) et des boutons (marche /arrêt / arrêt d'urgence) et les commutateurs de mode (automatique /manuel).

#### 4.2.3 Les groupes électropompes :

La station Sidi Moussa contient 3 groupe électropompes; chaque Forage contient un groupe électropompe, qui se composent : d'une vanne d'aspiration, une vanne de refoulement manuelles (non motorisées) et d'une pompe + moteur d'aspiration. La vanne de refoulement (manuelle) sera remplacée par une électrovanne (motorisée).



Figure 3.2 : Vue d'un groupe électropompe.

##### a. Pompe :

Les six pompes utilisées sont identiques, ayant un débit de 100 m<sup>3</sup> /h et une vitesse de rotation de 2970 Tr/min. il s'agit d'une pompe centrifuge c'est à dire une machine rotative qui pompe un liquide en le forçant au travers d'une roue a aube ou d'une [lace appelée impulseur (souvent nommée improprement turbine).

##### b. Moteurs des Pompes :

Les moteurs utilises ne sont pas identiques,

### **c. Vannes :**

Les vannes motorisées ou non motorisées jouent un rôle très important dans la station car elles garantissent la sécurité des pompes contre le refoulement de l'eau a des vitesses très importantes.

### **4.2.4 Auxiliaires de pompe :**

#### **a. Anti-bélier :**

Un système anti bélier est un ballon rempli à 1/3 d'eau et 2/3 d'air, il sert à la prévention et a l'absorption des chocs qui se produisent lorsque l'écoulement est interrompu plus rapidement que la décélération, ceci peut être causé soit par la fermeture brusque d'une vanne ou par l'arrêt d'une pompe. Le niveau de réservoir anti bélier est contrôlé par des capteurs de niveau (poire).

La station contient deux ballons anti-bélier : le premier ballon anti-bélier est raccordé sur la conduite de refoulement sur la ligne château d'eau et le second est raccordé sur la conduite de refoulement sur la ligne de station pompage. Le premier est a vessie et le deuxième est a compresseur avec fonctionnement manuel, les deux ballons ont un volume de 1500 litres et une pression de 25 bars.



**Figure 4.3 :** Les deux anti-béliers

#### **b. Compresseur :**

Un compresseur qui sert a compressé l'air dans l'anti bélier afin de diminuer le niveau d'eau en cas de surpression, c'est-a-dire empêcher l'eau de retourner vers la station une fois pompe.

### **c. Vanne :**

Une vanne qui sert à purger l'eau afin d'augmenter le niveau d'eau dans le ballon en cas de dépression d'eau.

### **d. Pompes d'épuisement :**

Les pompes d'épuisements permettent de pomper la boue, les feuilles, les eaux de cale, les eaux sales et les eaux usées. Elles sont équipées d'une roue vortex qui avale les particules.

## **4.2.5 Capteurs :**

Afin de réaliser ce projet, la station nécessite plusieurs types de capteurs :

### **a. Capteurs de niveau :**

- **Les poires** : il s'agit d'un capteur TOR, c'est un dispositif suspendu au-dessus d'un plan d'eau au moyen d'un câble électrique. Lorsque le niveau de l'eau augmente jusqu'à immerger le dispositif, sa capacité de flotter et sa forme de poire l'oblige à se retourner mettant ainsi deux fils en contact électrique. Les poires nécessaires sont au nombre de quatre :

- Deux poires de niveau (niveau haut et niveau bas) sur le réservoir d'aspiration de la station.

- Deux poires de niveau (niveau haut et niveau bas) sur le château d'eau Sidi Moussa.

- **Les sondes de niveau analogique piézorésistif** : Le principe de ce type de sonde est que la force appliquée sur la sonde se convertit en un signal électrique qui va être traité par l'automate. Ces sondes sont destinées à la mesure de niveau ou de pression des liquides.

Leurs vastes domaines d'applications permettent leur utilisation : en réservoirs, postes d'assainissement, barrages, cuves, forages, tours d'eau, canalisations...

Les sondes nécessaires seront au nombre de deux placées en bas de chaque réservoir (une sonde pour le réservoir d'aspiration, une seconde pour le réservoir du château d'eau).



**Figure 4.4 :** sondes de niveau analogique piézorésistif

**b. Capteur analyseur de chlore:**

Il permet le contrôle en continue et en temps réel du taux de chlore refoulé du site.

**c. Capteurs de pression analogique :**

Une sonde de pression (ou capteur de pression) est un dispositif destiné à convertir les variations de pression en variations de tension électrique.

La station nécessite trois capteurs de pression : le premier capteur sera placé sur la conduite d'aspiration (qui est commune), le deuxième sur le refoulement général de la ligne du château d'eau.

**d. Contacts de fin de course :**

Ils seront au nombre de douze : deux contacts pour chaque vanne de refoulement (un contact pour la fermeture et un contact pour l'ouverture de la vanne).

**4.2.6 Débitmètres électromagnétiques :**

Le débitmètre électromagnétique fonctionne suivant la loi d'induction de Faraday qui dit qu'une tension est induite dans un conducteur se déplaçant dans un champ magnétique.

Appliqué au principe de mesure électromagnétique, c'est le liquide traversant le capteur qui correspond au conducteur, dans notre cas il s'agit de l'eau. La tension induite, proportionnelle à la vitesse de passage, est transmise à



l'amplificateur par deux électrodes de mesure. Le champ magnétique est engendré par un courant continu alterné.

Deux débitmètres sont nécessaires : le premier sera placé sur l'arrivée des forages, le deuxième départ de château d'eau.

#### 4.2.7 Interface Homme / Machine :

Cette interface permettra la communication entre l'opérateur (sur site de supervision) et la station en temps réel sur site ou à distance et de la gérer en commandant le démarrage ou l'arrêt d'un groupe de pompage, par exemple. Elle remplacera le pupitre de commande existant.

#### 4.2.8 Armoire de télégestion :

Cette armoire abritera l'automate de télégestion de type Sofrel S550 qui permet le rapatriement de toutes les informations ainsi que la télégestion de la station de pompage via les supervisions Topkapi de SEAAL.

#### 4.3 Synoptique de la station de pompage et des forages :

La figure 4.5 représente le schéma synoptique de la station Sidi Moussa avec tous les équipements en place :

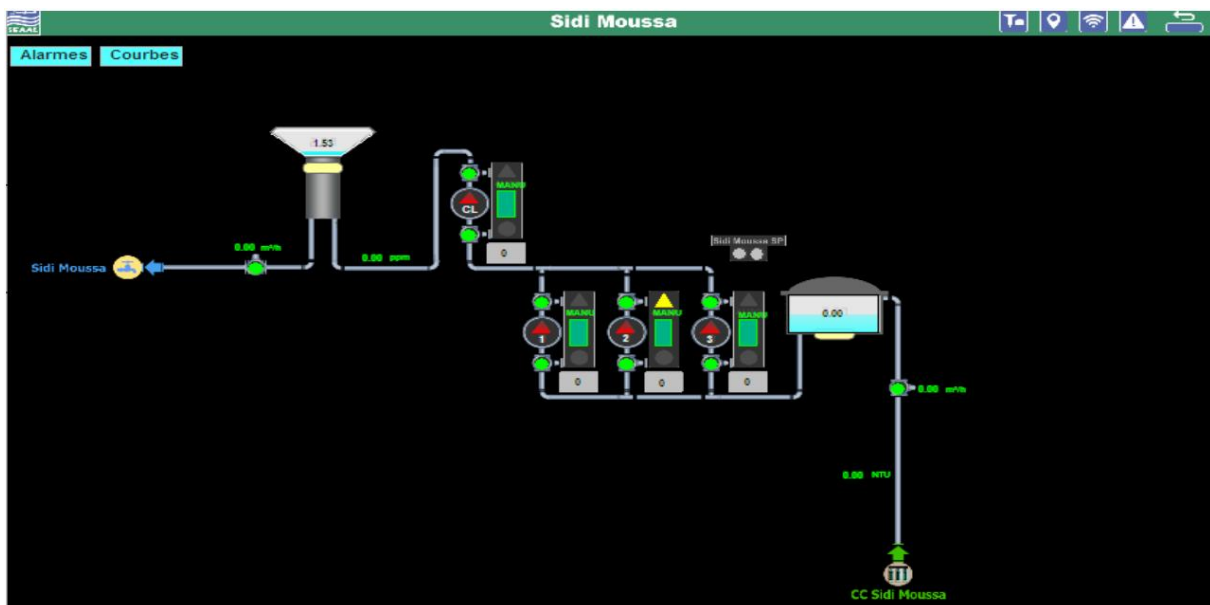


Figure 4.5 : Synoptique de la station

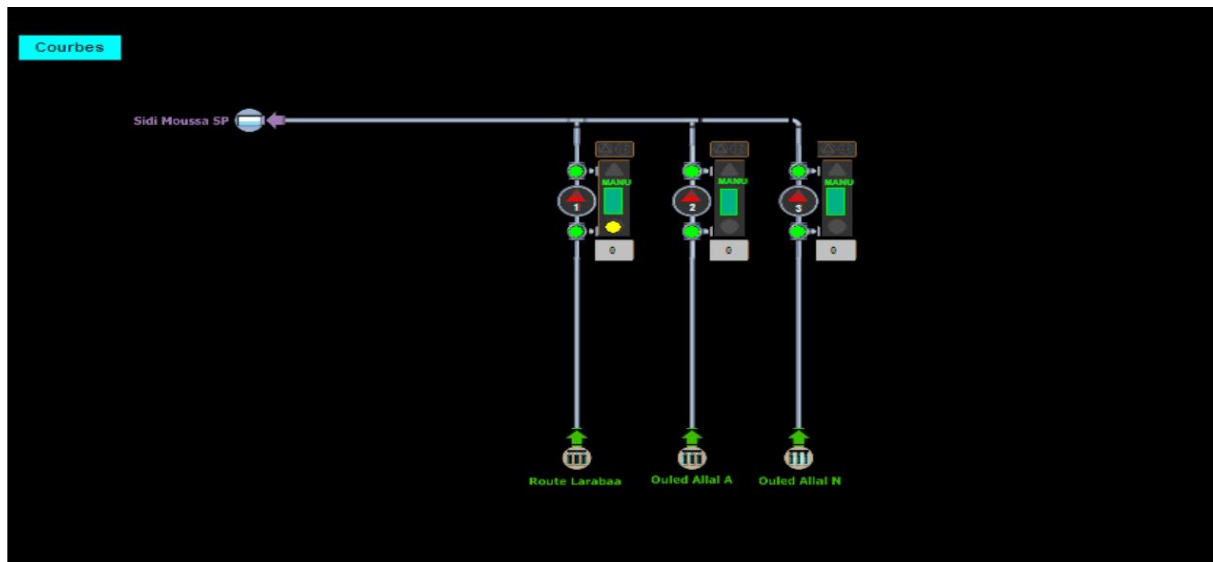


Figure 4.6 : Synoptique des Forages

#### 4.4 Modes de fonctionnement de la station :

La gestion de la station sera effectuée a partir d'un automate de télégestion de type Sofrel S550. Deux modes de fonctionnement sont prévus pour le fonctionnement de la station: mode manuel et mode automatique.

Chaque pompe de refoulement aura son propre commutateur Manu / Auto incrusté dans l'armoire de commande correspondante, il y aura donc six commutateurs de mode (03 pour le Forage et 04 pour la station (01 pour la pompe de chlore)).

##### 4.4.1 Mode manuel :

Ce mode est sélectionné lorsque les commutateurs Manu / Auto sont sur la position Manu. En mode manuel, la station de pompage est sous le contrôle de l'opérateur qui peut commander le démarrage, l'arrêt ou l'effacement des défauts de n'importe quelle pompe et cela depuis les armoires de commande. Ce mode n'est choisi que pour :

- Des opérations de maintenance.
- Des réglages internes.
- Des tests.
- Ou en cas de défaillance sur l'automate de télégestion.

Dans ce mode, aucune tâche n'est assurée par l'automate de télégestion, tous les événements de fonctionnement y compris les défauts et les alarmes seront détectés par l'automate de télégestion, enregistrés dans sa mémoire et envoyés vers le poste de supervision Topkapi.

#### **4.4.2 Mode automatique :**

Ce mode est sélectionné lorsque les commutateurs Manu / Auto sont sur la position Auto. En mode Automatique, aucune intervention sur site n'est nécessaire. La station de pompage est sous le contrôle de l'automate de télégestion ou les opérateurs du centre de télégestion. Toutes les séquences sont exécutées par l'automate de télégestion qui surveille en permanence les états des équipements, les archives ainsi que les défauts et les alarmes qui seront transmis vers les supervisions Topkapi. Le mode automatique est composé en deux modes: mode asservissement automatique et mode télégestion.

Le choix entre ces deux modes se fait par les exploitants de la station de pompage, en commun accord avec les responsables d'exploitation des supervisions Topkapi.

##### **a. Mode asservissement automatique :**

Pour sélectionner ce mode, il faut que, de plus que les commutateurs MANU / AUTO soient sur la position AUTO, les télécommandes Mode télégestion soient sur la position Asservissement.

En mode Asservissement, le choix et la gestion des démarrages et des arrêts des pompes, est complètement assuré par l'automate de télégestion et cela en fonction des niveaux des réservoirs, de la disponibilité de chacune des pompes, des défauts et alarmes, (...).

Tous les événements de fonctionnement y compris les défauts et alarmes, sont détectés par l'automate de télégestion, enregistrés dans sa mémoire et transmis vers la supervision Topkapi.

**b. Mode télégestion :** Pour sélectionner ce mode, il faut que, de plus que les commutateurs MANU / AUTO qui sont en façade des armoires de commande des pompes soient sur la position AUTO, les télécommandes Mode télégestion soient sur la position Télégestion.

En mode Télégestion, le choix et la gestion des démarrages et des arrêts des pompes, est complètement assuré par les opérateurs du centre de Télégestion et cela en sélectionnant la télécommande marche / arrêt, relative à chacune des pompes. Par contre, (l'automate de télégestion aura seulement la charge de gérer les arrêts automatiques des pompes en cas d'apparition des défauts relatifs.

Tous les événements de fonctionnement y compris les défauts et alarmes, sont détectés par l'automate de télégestion, enregistrés dans sa mémoire et transmis vers la supervision Topkapi.

Comme la station de pompage refoule vers château d'eau (ville Y), il y aura deux télécommandes pour le choix de mode Asservissement /Télégestion. Les deux télécommandes seront visibles sur la supervision Topkapi : assure le fonctionnement des trois groupes de pompage qui refoulent vers château d'eau

#### **4.4.3 Transition entre les différents modes :**

##### **a. Passage du mode MANU au mode AUTO:**

Au passage au mode automatique, les groupes de pompage dépendent des séquences programmées dans l'automate de télégestion. Un équipement peut très bien démarrer à la transition, ce qui implique une vigilance des exploitants sur site.

##### **b. Passage du mode AUTO au mode MANU:**

Au passage au mode manuel, les groupes de pompage ne sont plus commandés par l'automate de télégestion et devient indisponible. Si les équipements sont en marches, leur arrêt sera immédiatement constaté.

### **c. Passage du mode Asservissement au mode Télégestion (et vice-versa):**

Au passage de la télécommande télégestion du mode Asservissement vers le mode Télégestion ou du mode Télégestion vers le mode Asservissement, aucune action ne sera constatée sur les équipements. Le fonctionnement de l'installation automatisée restera comme tel.

### **4.5 Gestion des Défauts :**

Un défaut est un événement dont l'origine est une anomalie physique. Chaque défaut est représenté visuellement par une alarme qui sera transmise à partir de l'automate de télégestion vers les supervisions Topkapi.

On peut classer les défauts de la station en deux types : Maux physiques et défauts programmes.

#### **4.5.1 Les défauts physiques :**

Un défaut est dit physique si son origine est une anomalie physique extérieure de l'automate de télégestion, c'est-à-dire qu'il correspond à un dysfonctionnement lié à la sécurité

### **4.6 Principe de fonctionnement:**

Le principe de fonctionnement de l'installation automatisée est basé sur :

- Cinq automates de télégestion de type Sofrel S550 :
  - Un automate de télégestion Sofrel S550 placé sur le château d'eau dont la fonction est de rapatrier :
    - La mesure du niveau du château d'eau 1000 m<sup>3</sup> ainsi que les seuils d'alarmes (de débordement et manque d'eau) vers les supervisions Topkapi, cela pour assurer la télésurveillance du château d'eau.
    - Les seuils de démarrage et d'arrêt des trois pompes qui refoulent vers le château d'eau vers l'automate de télégestion Sofrel S550 du site vers la station de pompage.
  - Un automate de télégestion Sofrel S550 placé sur la station de pompage. La fonction de cet automate de télégestion est de gérer et superviser la station de pompage automatiquement (localement via le mode Asservissement

Automatique et/ou a distance via le mode Télégestion). Il assure aussi l'acquisition des mesures relatives à la station et leurs transmissions aux supervisions Topkapi, a savoir:

- 02 mesures de niveau (du réservoir d'aspiration (station de pompage) et de château d'eau).
- 02 mesures de débits instantanés des débitmètres électromagnétiques (Arrivées : Forages, Départ : château d'eau Sidi Moussa) ainsi que les volumes cumules et les volumes journaliers.
- 02 mesure de qualité d'eau (mesure de chlore et turbidité d'eau) ainsi que ses seuils.
- 02 mesure de pression (aspiration et reforment vers château d'eau).
- L'ensemble des informations relatives à la gestion de la station de pompage (Marche/Arrêt Pompes, Ouverture/Fermeture Vannes, Défauts Pompes, Défauts Vannes, Temps de fonctionnements Pompes, Télécommandes Pompes, etc...).

■ 03 automate de télégestion Sofrel S550 placé sur Forages dont la fonction est de gérer :

- L'ensemble des informations relatives à la gestion des trois Forages (Marche/Arrêt Pompes, Ouverture/Fermeture Vannes, Défauts Pompes, Défauts Vannes, Temps de fonctionnements Pompes, Télécommandes Pompes, etc...).
- Les supports de communication et les échanges d'informations entre les automates de télégestion. L'ensemble des informations échangées entre les automates de télégestion et les supervisions se font en temps réel via les supports de communication GSM Data.
- Une Interface Homme Machine local
- Le programme d'automation développé.

## **Conclusion Générale**

L'automatisation des systèmes hydrauliques urbains représente une révolution dans la gestion des infrastructures d'eau et d'assainissement. Grâce à l'intégration de technologies avancées telles que les capteurs intelligents, les automates programmables, et les systèmes de supervision à distance, il est désormais possible de garantir un fonctionnement optimal des réseaux, tout en répondant aux défis croissants liés à l'urbanisation, aux ressources limitées et aux exigences environnementales.

En améliorant la précision et la rapidité des interventions, l'automatisation permet non seulement de prévenir les dysfonctionnements et les pertes, mais aussi de maximiser l'efficacité opérationnelle. Elle contribue également à réduire les coûts de maintenance et à renforcer la résilience des infrastructures face aux aléas climatiques et aux pressions croissantes sur les ressources en eau. Enfin, en offrant des solutions innovantes pour la gestion en temps réel et la planification à long terme, l'automatisation s'impose comme un levier indispensable pour construire des villes durables et résilientes, où la gestion des systèmes hydrauliques s'adapte aux besoins actuels tout en anticipant ceux de demain.

En conclusion, ce document a présenté les notions essentielles liées à l'automatisation des systèmes de l'hydraulique urbaine. Nous espérons qu'il servira de guide utile pour approfondir vos connaissances et compétences dans ce domaine.

## Bibliographie

### 1. Livres et Manuels

- Hodge, B. K., & Taylor, R. P. (2005). *Pumping Station Design*. Butterworth-Heinemann.
- Liptak, B. G. (2005). *Instrumentation and Process Control*. CRC Press.
- Li, M., & Gao, R. X. (2016). *Condition Monitoring and Control for Intelligent Manufacturing*. Springer.

### 2. Articles Académiques

- Zhang, X., et al. (2020). "Intelligent Water Pump Monitoring Using IoT-Based Data Collection." *Journal of Water Resources Planning and Management*, 146(10).
- Singh, H., & Jain, V. (2018). "Energy-Efficient Automation Techniques for Water Supply Pumping Stations." *Environmental Technology & Innovation*, 10, 75-84.
- Wang, J., & Zuo, Y. (2019). "Predictive Maintenance and Condition Monitoring of Pumps Using Data-Driven Approaches." *Procedia CIRP*, 83, 690-694.

### 3. Rapports Techniques et Publications Professionnelles

- ABB Group (2021). *Automation in Pumping Stations: Enhancing Efficiency and Sustainability*. ABB White Paper.
- Siemens AG (2019). *SCADA and Pumping Station Automation Solutions*. Siemens Industry Report.
- Emerson Electric Co. (2022). *Smart Pumping Solutions for Water and Wastewater Management*. Emerson Technical Report.

### 4. Normes et Protocoles

- *Modbus Application Protocol Specification V1.1b3*, Modbus Organization, 2012.
- *SCADA Systems Standards and Best Practices*, International Society of Automation, 2018.
- *Water Pumping Energy Efficiency Guidelines*, American Water Works Association, 2020.

### 5. Sites Web d'Information Technique

- ISA (International Society of Automation): <https://www.isa.org> – pour des articles sur les dernières innovations dans l'automatisation industrielle.
- Control Global: <https://www.controlglobal.com> – pour des études de cas et des informations sur les technologies de contrôle des stations de pompage.
- <https://www.lacroix-environment.fr>