

المملكة المغربية

ROYAUME DU MAROC

INSTITUT AGRONOMIQUE
ET VÉTÉRINAIRE HASSAN II



معهد الحسن الثاني
للزراعة والبيطرة

PROJET DE FIN D'ÉTUDES

Pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'État en
Génie Rural

**Elaboration d'une démarche de conception des systèmes
de télégestion des réseaux d'irrigation.**

Présenté et soutenu publiquement par :

M. KABOURI Abderrazzak

Devant le jury composé de :

M. BENCHEKROUN Fayçal	HCEFLCD	Président
Pr. DAHMAN SAIDI Abdeslam	IAV Hassan II	Rapporteur
Pr. BEKKAOUI Ahmed	IAV Hassan II	Examineur
Pr. ELHIMDY Badr	IAV Hassan II	Examineur
Pr. CHERQUI Najib	IAV Hassan II	Examineur

Juillet-2015

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II
Madinat Al Irfane. B.P 6202. Rabat-Instituts, 10101 Rabat
Tél. 05 37 77 17 58/59 Fax : 05 37 77 58 45 Site : www.iav.ac.ma

DEDICACES

Je dédie ce document :

A ma mère, à mon père, à mes sœurs, à tous mes
proches, à mes collègues, à tous ceux qui m'ont
soutenu de près ou de loin.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier profondément tous ceux qui y ont contribué à la réalisation de ce travail :

- Mon encadrant, Pr. DAHMAN SAIDI Abdeslam pour toutes les orientations méthodologiques utiles qu'il a apporté à ce mémoire, pour m'avoir impliqué dans un projet concret et pour m'avoir facilité le contact avec les gestionnaires de la HCEFLCD d'OUARZAZATE et la société COFAS.
- Mon Co-encadrant Pr. BEKKAOUI Ahmed pour ses conseils, sa disponibilité et tout son apport à la réalisation de ce mémoire.
- A monsieur HAMOUZAKI Youssef pour m'avoir permis d'accéder aux informations et aux installations du système d'irrigation de la ceinture verte de la ville d'OUARZAZATE.
- La société COFAS et notamment, Mr MOHRIZ Younes pour m'avoir orienté pour le choix de matériel.
- Au personnel de l'ONG targa qui m'ont aidé de loin ou de près pour la réalisation de ce travail.
- A monsieur MONSIF Abdelhadi de la société COFAS pour toutes les explications sur le mode de fonctionnement du matériel de mesure et pour l'aide dans le paramétrage des logiciels.

RESUME.

Le suivi du fonctionnement durant plus d'un an de la station de pompage solaire et du réseau d'irrigation en goutte à goutte de la seconde tranche de la ceinture verte de la ville d'OUARZAZATE, a montré une forte inadéquation entre l'irrégularité du pompage solaire dépendant de l'inconstance souvent imprévisible du rayonnement solaire global et la lenteur du réglage manuel des vannes alimentant les différents secteurs d'irrigation. Actuellement tout le fonctionnement du réseau d'irrigation de la ceinture verte est assuré par des agents de surveillance qui sont obligés de se déplacer plusieurs fois par jour pour diminuer ou augmenter le nombre de postes à irriguer simultanément et pour équilibrer le nombre de vannes ouvertes et le débit et la pression fournis par les pompes. La performance globale du système est fortement altérée par cette différence de mode de fonctionnement de la station du pompage et du réseau d'irrigation. L'installation d'un système de télémesure pour le suivi des grandeurs qui affecte directement ou indirectement la croissance des plantes et d'un système de commande à distance pour faciliter la tâche aux agents de surveillance a été jugé nécessaire.

De ce fait, la mise en place du système de télégestion a fait, dès le départ de ce travail, 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 démarche de conception présentée dans ce document permet de mieux concevoir les composantes d'un système de télégestion, Cette démarche est articulée autour d'un cheminement logique qui met la lumière sur les différentes phases de l'étude, la conception et l'installation du projet, elle inclut le choix, l'achat, l'installation et le paramétrage du matériel. Bien évidemment cela dépend du financement et des performances techniques voulues du projet.

L'étude du système de télémesure et de pilotage des installations d'irrigation du périmètre ANATIM au nord de la ville d'OUARZAZATE ainsi que l'installation d'une unité de mesure au sein du département énergie et agroéquipements, a montrée l'importance de la phase de conception et d'installations pour l'obtention d'un système totalement fiable et qui répond aux exigences voulues, ainsi que la précision de sa contribution dans l'obtention d'informations actualisées et la simplification de la gestion.

Mots clefs: Télégestion, Automatisation, Irrigation, Télémesure, Télécommande.

ABSTRACT.

The monitoring operation for more than a year of the solar pumping station and irrigation system drip of the second tranche of the green belt of the city of Ouarzazate, showed a strong mismatch between the irregularities of the solar pump dependent on often unpredictable volatility of global solar radiation and slow manual control valves feeding the different irrigation sectors. Currently the entire operation of the irrigation system of the green belt is ensured by surveillance officers who are forced to move several times a day to decrease or increase the number of positions to be irrigated simultaneously to balance the number of open valves and flow and pressure provided by the pump. The overall system performance is greatly impaired by the difference in mode of operation of the pumping station and the irrigation network. The installation of a telemetry system for monitoring quantities that directly or indirectly affects the growth of plants and a remote control system for the convenience of monitoring agents was deemed necessary.

Therefore, the implementation of remote management system has done from the outset, the subject of a feasibility study to identify and define the objectives to be met by this system, then choose the means necessary for its implementation.

A good design approach helps to choose the components of a remote management system, this approach is articulated around a logical path that puts the light on the different phases of the study, design and installation of the project, it includes the selection, purchase, installation and setup of equipment. Obviously this depends on funding and appropriate technical performance of the project.

The study of telemetry and control system of irrigation facilities in the scope ANATIM in north of Ouarzazate city and the installation of a measurement unit in the energy and agricultural equipment department, has shown the importance of the design and installation phases for obtaining a totally reliable system that meets the necessary requirements and the accuracy of its contribution in obtaining updated information and simplifying management.

TABLE DES MATIÈRES

DEDICACES.....	1
REMERCIEMENTS	2
RESUME.....	3
ABSTRACT	4
LISTE DES TABLEAUX	7
LISTE DES FIGURES	8
LISTE DES ABREVIATION.....	9
INTRODUCTION.....	11
PROBLEMATIQUE.....	13
Structure du rapport.....	15
PREMIÈRE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....	16
I- PRÉSENTATION DES SYSTÈMES DE TÉLÉGESTION.....	17
1- Définition.....	17
2- Importance de la télégestion dans la gestion des réseaux d'irrigation.....	18
6-1- Composantes d'un système d'irrigation (cas de système d'irrigation localisé).....	18
6-2- Apports de la télégestion dans les réseaux d'irrigation.....	19
II- COMPOSANTES D'UN SYSTÈME DE TÉLÉGESTION.....	21
1- Poste central de télégestion.....	21
2- Poste local de télégestion.....	23
3- L'instrumentation de terrain :	25
4- Supports de communication.....	26
3-1- Les supports de communication filaires.....	27
3-1-1- Le RTC (réseau téléphonique commuté).....	27
3-1-2- Les lignes spécialisées (LS) ou liaisons louées.....	29
3-1-3- Les lignes privées ou lignes pilotes (LP).....	29
3-2- Les supports de communication non filaires (sans fil).....	29
3-2-1- La radio.....	30
3-2-2- Le GSM (Global System for Mobile communication).....	33
3-2-3- Le GPRS.....	34
DEUXIÈME PARTIE : DÉMARCHE DE CONCEPTION D'UN SYSTÈME DE TÉLÉGESTION DES RESEAUX D'IRRIGATION.....	36
1- Inventaire et description des installations existantes.....	38
2- Définir les valeurs optimales des paramètres de fonctionnement du système d'irrigation.....	39
3- Objectifs du futur système.....	39
4- Choix des capteurs, sondes et de leurs lieux d'implantation.....	40

5-	Choix de l'emplacement des postes locaux de télégestion.	42
6-	Choix du support de télécommunication.	43
7-	Choix de l'Architecture de réseau du poste central et sa localisation.	44
8-	Choix des équipements et logiciels.	46
9-	Installation du système.....	48
10-	Formation du personnel exploitant et suivi.	48
TROISIÈME PARTIE : APPLICATION DE LA DÉMARCHE DE CONCEPTION AU PROJET DE TÉLÉGESTION DU RÉSEAU D'IRRIGATION DU PÉRIMÈTRE ANATIM AU NORD DE LA VILLE D'OUARZAZATE.....		49
1-	Inventaire et description des installations existantes :.....	50
-	Présentation générale du projet de la ceinture verte de la ville d'OUARZAZATE	50
-	Présentation du périmètre ANATIM concerné par la présente étude.	52
-	Station de tête.	54
-	Station de filtration.....	55
-	Réseau d'irrigation.....	57
2-	Définir les conditions optimales du fonctionnement du système d'irrigation.	58
3-	Objectifs du futur système.	58
4-	Choix des capteurs et sondes et lieux d'implantation.	60
5-	Choix de l'emplacement des postes locaux de télégestion.	61
-	Architecture générale du système de télégestion.....	62
-	La Télémessure.....	63
-	La Télécommande.....	66
6-	Choix du support de télécommunication.....	67
7-	Choix de l'Architecture de réseau du poste central et sa localisation.	68
8-	Choix des équipements et logiciels.	69
-	Instrumentation.....	69
-	Logiciel de supervision.....	70
-	Animation de synoptique graphique.	74
9-	Installation du système de télégestion.	75
10-	Suivi du projet et formation du personnel exploitant.....	76
CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS.		77
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.		79
RÉFÉRENCES WEBOGRAPHIQUES		80
ANNEXES.		81

LISTE DES TABLEAUX.

Tableau 1 : Répartition des surfaces de la deuxième tranche de la ceinture verte.	52
Tableau 2 : caractéristiques des électropompes.....	54
Tableau 3 : Répartition des secteurs et des postes d'arrosage dans les 3 zones.	57
Tableau 4: exemple de données de mesure.	72

LISTE DES FIGURES.

Figure 1 : principe de fonctionnement d'un système de télégestion.	17
Figure 2 : composantes d'un système de télégestion.....	21
Figure 4 : Schéma d'architecture matérielle d'un poste local de télégestion.....	23
Figure 5 : schéma classique d'un réseau téléphonique commuté.....	28
Figure 6 : Différentes composantes d'un réseau de communication radio.....	31
Figure 7: plan de situation des différents périmètres de la ceinture verte	50
Figure 8 : Schéma de fonctionnement du projet de la création de la ceinture verte.....	51
Figure 9 : Plan de situation des 3 zones par rapport à la STEP.....	52
Figure 10 : photo de la pompe.....	54
Figure 11 : Photo du bassin de stockage.	55
Figure 12 : Photo de la station de filtration à disques.	56
Figure 13 : Photo de l'armoire électrique.	56
Figure 14 : plan de sectorisation du périmètre.	57
Figure 15 : L'architecture du système de la télégestion.	62
Figure 16 : L'architecture du système de la télémesure.	63
Figure 17 : Photo de la station météorologique.....	65
Figure 18 : Photo de la centrale de mesure CR6 de marque Campbell.....	65
Figure 19 : L'architecture du système de la télécommande.	66
Figure 20 : Ecran d'accueil du logiciel loggernet.	70
Figure 21 : Exemple de données de mesure collectées à partir du Data logger.	71
Figure 22 : Courbe de la variation de l'humidité relative en temps réel.	73
Figure 23 : Prise d'écran du synoptique graphique du périmètre.....	74

LISTE DES ABREVIATION.

ANRT: Agence Nationale de Réglementation des Télécommunications

API: Automate Programmable Industriel

APT : Automates Programmables de Télégestion

CPU: Central Processing Unit

DPA: direction provincial de l'agriculture.

FTP: File Transfert Protocol

GH: grande hydraulique

GPRS: General Packet Radio Service

GSM: Global System for Mobile communication

HTML: HyperText Markup Langage

HMT: Hauteur Manométrique Totale

IDS: Intrusion Detection Service

IHM: Interface Homme Machine

LAN: Local Area Network

LP: Ligne Privée/Ligne Pilote

LS: Ligne Spécialisée

Modem: Modulateur Démodulateur

ORMVA: Office Régional de Mise en Valeur Agricole

PLC: Programmable Logic Controller

PMH : petite et moyenne hydraulique

RTC: Réseau Téléphonique Commuté

RTU: Remote Monitoring Unit

RNIS: Réseau Numérique à Intégration de Services

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition

SIM: Subscriber Identity Module

SMS: Short Message Service

SQL: Structured Query Language

STEP: Station d'épuration des eaux usées

TCP/IP: Transmission Control Protocol/ Internet Protocol

TOR: Tout ou Rien

UHF: Ultra High Frequency

VHF: Very High Frequency

INTRODUCTION.

La télégestion est l'ensemble des outils informatiques, électroniques et de télécommunications, permettant la gestion et le contrôle à distance d'installations techniques géographiquement dispersées comme les systèmes d'irrigation. Elle permet de surveiller et de commander à distance les installations et les équipements de ces systèmes. Elle constitue ainsi donc un ensemble d'outils d'aide à la prise de décision.

Les récents progrès réalisés en matière de transfert des informations grâce aux réseaux de communication, d'acquisition et de traitement de données en général permettent aux gestionnaires de tous les types de réseaux et en particulier ceux d'irrigation, de mettre en place de nouvelles stratégies d'exploitation répondant à de multiples objectifs :

- La recherche d'une plus grande sécurité d'approvisionnement par rapport aux ressources disponibles.
- L'obtention d'un fonctionnement régulier et continu des installations.
- Une réduction sensible des coûts directs ou indirects du mètre cube d'eau.
- Des conditions de travail améliorées pour les agents.
- Une meilleure utilisation des infrastructures des réseaux en place et, par voie de conséquence, une définition plus précise des investissements futurs.

Le développement socio-économique de la ville d'OUARZAZATE induit une forte consommation de l'eau et donc une production importante des eaux usées potentiellement utilisables pour d'autres applications tel que l'irrigation, c'est pour cette raison que le Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et la Lutte contre la Désertification en collaboration avec d'autres organismes publics et non publics a pris la décision de doter la ville d'une ceinture verte.

Pour irriguer ces nouveaux espaces verts tout en s'inscrivant dans la vocation de Ouarzazate comme "Ville Solaire", il a été procédé à la réutilisation des eaux usées de la ville après leur traitement dans une station d'épuration qui fonctionne avec de l'énergie solaire. Celles-ci étaient auparavant rejetées dans le barrage Mansour Eddahbi. Désormais, elles sont partiellement stockées dans un bassin de 5 000 m³ pour être pompées avec un système solaire photovoltaïque. Cette station de pompage solaire alimente deux réseaux d'irrigation de goutte à goutte couvrant une superficie totale de près de 200 hectares. .

Le suivi du fonctionnement de ce projet inédit durant plus d'une année a montré la nécessité, pour optimiser ce fonctionnement, de contrôler les équipements électromécaniques et solaires moyennant des technologies modernes au lieu d'agents de surveillance. C'est dans ce cadre que s'inscrit ce travail de fin d'études qui a comme objectif l'étude, le choix et l'installation d'un système de mesure à distance de trois types de paramètres, hydraulique (débit, pression), électrique (tension et puissance produite par les panneaux PV) et météorologique (humidité relative, ensoleillement, vitesse du vent, pluviométrie, etc.) ainsi que l'installation d'un système de télécommande de la station de pompage, des équipements électromécaniques et des secteurs d'irrigation à travers des électrovannes.

Ce mémoire de fin d'étude est le fruit d'une collaboration entre le département : Génie Rural de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, l'ONG Targa et le Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et la Lutte contre la Désertification ; il offre les bases pour la compréhension des mécanismes et le vocabulaire des différentes techniques associées à la télégestion en offrant une démarche de conception qui résume les différentes étapes de la mise en œuvre d'un tel système ainsi que son application au équipements de la ceinture verte de la ville d'OUARZAZATE.

PROBLEMATIQUE.

Il s'agit principalement d'adapter le fonctionnement, en temps réel, du réseau d'irrigation goutte à goutte aux variations et aux inconstances du rayonnement solaire qui définissent le fonctionnement de la station de pompage solaire. L'installation actuelle est constituée de deux systèmes : la station de pompage et le réseau d'irrigation dont les modes de contrôle et de réglage sont autonomes l'un de l'autre. L'offre du débit et de la pression fournis par la station de pompage sont définis par l'intensité du rayonnement global du moment, la demande du réseau d'irrigation est définie par le nombre des vannes des secteurs ouvertes ou fermées des différents secteurs à irriguer qui sont commandées manuellement par des agents de surveillance. L'interdépendance des deux modes de fonctionnement par un système automatique de télégestion devrait optimiser la performance du système global et résoudre les problèmes constatés durant le suivi du fonctionnement de cette première année, à savoir :

1- Rendre automatique la surveillance des ouvrages et des installations de la ceinture verte :

Les ouvrages et les installations de la ceinture verte sont dispersés géographiquement. La nécessité de la surveillance régulière du bon fonctionnement du réseau pose toujours des difficultés logistiques (déplacement du personnel à cause des visites systématique...) d'autre part le temps nécessaire pour corriger un dysfonctionnement est souvent élevé, ce qui a souvent des répercussions négatives sur l'exploitation des ouvrages.

2- Réduire la mortalité des plantes de la ceinture verte:

Le taux de mortalité des plantes durant la première année du suivi reste élevé (entre 25% et 30%). Une partie de ce taux est due probablement à des défauts de plantation mais une autre partie est due à une insuffisance d'irrigation. Il est possible d'installer un système de mesure qui surveille les paramètres qui affectent directement ou indirectement la croissance des plantes et plus particulièrement l'humidité du sol autour des plants. Actuellement, l'irrigation des différentes parcelles constituant cette tranche de 200 hectares se fait selon un tour où l'ordre est fixé à l'avance. Chaque secteur est irrigué un jour sur 12 (nombre de secteurs). Il est possible de programmer le choix du secteur à irriguer en se basant sur la mesure de ces paramètres affectant la croissance (ex : l'humidité).

3- Améliorer le suivi technique et la connaissance du comportement global du système pour un dimensionnement optimisé des futurs secteurs de la ceinture verte :

En plus de l'aide à la décision en temps réel, le système de la télégestion permet la mesure et le stockage de tous les paramètres du système global : les données hydrauliques (débit, pression), les grandeurs électriques (tension et puissance produite par les panneaux PV) et météorologique (humidité relative, ensoleillement, vitesse du vent, pluviométrie, etc.). Ces mesures ainsi acquises pourront être analysées pour mieux comprendre le comportement quotidien, saisonnier et annuel de l'ensemble du système pour en mesurer l'impact à court, à moyen et à long termes. Ces données peuvent avoir une portée scientifique et pédagogique pour les futurs ingénieurs du département.

Structure du rapport.

Les principaux points qui sont traités dans ce rapport sont :

1- La réalisation d'une référence bibliographique sur la télégestion.

Il en découle qu'à la fin de ce travail, et à travers les différentes sources bibliographiques et les connaissances acquises pendant le stage, une référence bibliographique, qui synthétise le travail et qui tient compte des possibilités techniques offertes actuellement par les systèmes de télégestion, sera réalisée.

2- La proposition d'une démarche de conception des systèmes de télégestion des réseaux d'irrigation.

Cette démarche devra être une référence ou une sorte d'aide dans le futur pour les gestionnaires lors de l'installation de nouveaux systèmes de télégestion pour les réseaux d'irrigation. Ceci devra permettre de mieux concevoir les composantes du projet.

3- L'application de la démarche au cas des installations d'irrigation du périmètre ANATIM au nord d'OUARZAZATE.

Cette partie sera consacrée à la description et l'étude du système de télégestion des installations d'irrigation du périmètre ANATIM, ainsi que la précision de sa contribution dans la simplification de la gestion.

4- L'installation d'une unité de mesure au sein du département : énergie et agroéquipements.

Au cours de cette étape on prévoit l'installation d'une unité dans le département énergie et agroéquipements, qui collecte et traite les données mesurées par le système de mesure installé dans le cadre du projet ANATIM.

PREMIÈRE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.

I- PRÉSENTATION DES SYSTÈMES DE TÉLÉGESTION.

1- Définition.

La télégestion désigne la surveillance et le pilotage à distance des d'installations techniques géographiquement réparties ou isolées en ayant recours à un ensemble d'installations qui mettent en œuvre les technologies de l'informatique, de l'électronique et des télécommunications. Un système de télégestion est généralement composé de quatre parties à savoir : le poste central de télégestion, le poste local de télégestion, l'instrumentation de terrain et le réseau de communication.

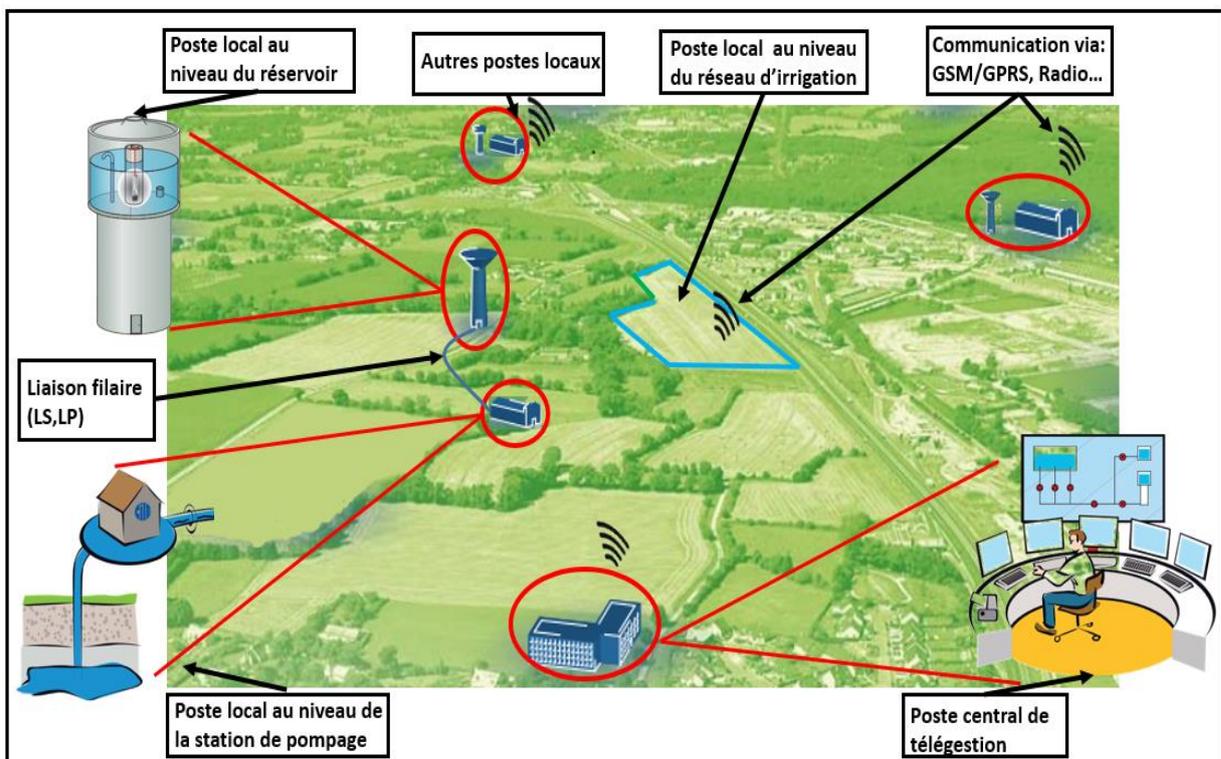


Figure 1 : principe de fonctionnement d'un système de télégestion.

2- Importance de la télégestion dans la gestion des réseaux d'irrigation.

La télégestion assure une gestion rationnelle des réseaux d'irrigation et contribue à l'amélioration du fonctionnement des équipements.

Avant de montrer le rôle important de la télégestion dans un réseau d'irrigation, nous allons d'abord faire un aperçu sur les différentes composantes de ce dernier.

6-1- Composantes d'un système d'irrigation (cas de système d'irrigation localisé).

Un réseau d'irrigation est constitué généralement de :

- **Un ouvrage de prise en tête du réseau** : ce sont des ouvrages qui servent à produire l'eau qui alimente tout le réseau et peuvent être une dérivation sur une rivière, une prise sur un barrage, un captage d'eau souterraine ou un bassin de stockage.
- **Un canal principal d'adduction** : c'est le canal qui transporte l'eau jusqu'au réseau secondaire et tertiaire, il est caractérisé par l'absence de prise d'eau.
- **Des stations de pompage et de mise en pression** : c'est la partie du réseau composée d'équipement hydromécanique (pompe et filtres) qui fournit l'eau avec une bonne qualité et sous une pression nécessaire au réseau.
- **Des canalisations enterrées sous pression** : c'est le réseau de canalisations secondaires, tertiaires voire même quaternaires qui distribuent l'eau aux différents secteurs d'arrosage.
- **Des ouvrages de régulation** : permettent d'ajuster la demande de l'eau à l'offre de la station.
- **Des bornes d'irrigation** : ce sont des petits locaux en béton qui desservent les agriculteurs et contiennent les équipements suivants : des vannes, des régulateurs de pression, des limiteurs de débit et des compteurs.
- **Des ouvrages de protection** : ce sont des installations qui protègent le réseau contre quelques anomalies de fonctionnement comme le cas des ballons anti bélier qui protègent contre les surpressions.

6-2- Apports de la télégestion dans les réseaux d'irrigation.

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 réduction des coûts d'exploitation et les coûts de maintenance du réseau et, au même temps, en améliorant la qualité du service offert aux agriculteurs. Les apports de la télégestion sont :

- Surveillance du fonctionnement du réseau :

La télégestion permet de surveiller le bon fonctionnement de tous les ouvrages (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 main-d'œuvre et d'améliorer le rendement total.

- Fourniture d'informations actualisées sur le réseau :

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

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

- Automatisation :

La télégestion permet d'automatiser localement ou à distance le fonctionnement des installations. Les postes locaux disposent d'une puissance de calcul permettant d'effectuer des boucles d'automatisme des plus simples aux plus sophistiquées.

- Réduction des coûts de fonctionnement :

Au début, la télégestion s'est imposée pour réduire 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. Ensuite, 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 ce qui concerne les télécommunications, le sans-fil devient plus avantageux que le réseau filaire.

II- COMPOSANTES D'UN SYSTÈME DE TÉLÉGESTION.

L'architecture d'un système de télégestion désigne la structure générale des installations, l'organisation des différents éléments du système (logiciels et/ou matériels) et des relations entre les éléments. Cette structure fait suite à un ensemble de décisions stratégiques prises durant la conception de tout ou partie du système.

L'architecture matérielle décrit l'agencement de cinq composantes électroniques présentées dans le schéma suivant :

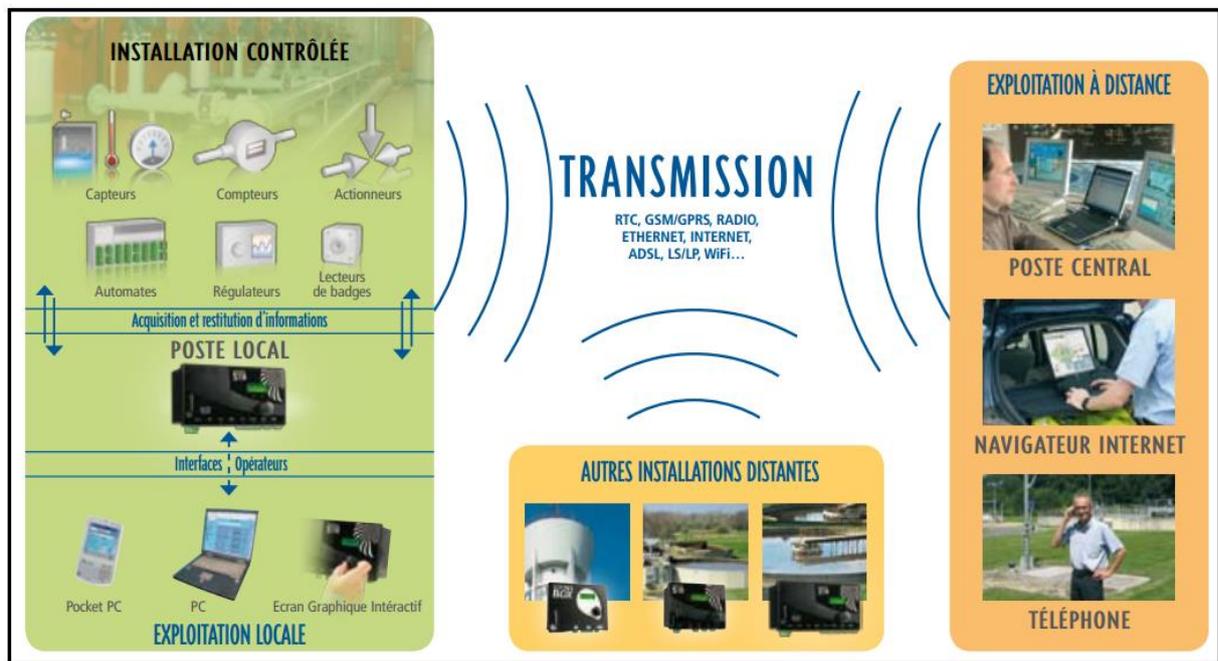


Figure 2 : composantes d'un système de télégestion. (1)

1- Poste central de télégestion.

La centralisation et le traitement des données de la gestion du réseau d'irrigation sont une étape cruciale dans un système de télégestion, cette opération est assurée par le poste central de télégestion ou poste de supervision.

Selon la taille des installations gérées et le nombre de possibilités qu'il fournit, un système de télégestion peut être un centre complet, composé de plusieurs ordinateurs, une interface homme machine et des serveurs qui centralisent, traitent et enregistrent les données en provenance des postes locaux, tout en pilotant l'ensemble du réseau grâce à un logiciel dédié à la supervision. Ou bien, il peut être un dispositif simple qui gère les petites installations et dont le rôle est la réception d'alarmes et de quelques données de mesure, ce dispositif peut

être un téléphone fixe recevant des tonalités, un téléphone portable recevant des messages SMS, une boîte aux lettres électronique recevant des emails, etc.[5]

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 où 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.

Dans le cas d'une architecture monoposte, le logiciel de supervision est chargé de la gestion des communications avec les postes locaux, du traitement des données, leur archivage sur disque, l'affichage des informations sur l'interface homme machine (IHM), la génération de rapports statistiques et bilans périodiques, dans le cas de réseaux complexes (multi supports), un frontal de communication est souvent utilisé à la place du poste central pour la gestion de communication.

Les logiciels de supervision qui varient selon la marque du matériel de télégestion utilisé, affichent les informations dans une interface homme machine (IHM) qui représente l'ensemble des moyens et outils mis en œuvre afin qu'un humain puisse contrôler et communiquer avec une machine. Elle permet 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.[10]

Dans l'architecture multiposte, les serveurs sont chargés de la gestion de la communication avec les postes locaux (réaffichage des historiques et valeurs courantes, réception des téléalarmes à l'initiative des postes locaux), et du traitement des informations recueillies (archivage sur disque, consignation sur imprimantes fil de l'eau, gestion d'alarmes centralisée...). Ces serveurs communiquent avec les postes opérateurs via le réseau LAN. L'un des avantages de cette architecture est qu'elle permet l'utilisation de plusieurs postes opérateurs.

En ce qui concerne l'interface homme machine (IHM) qui se situe au niveau des postes clients. Elle définit les moyens et outils mis en œuvre afin que les gestionnaires puissent contrôler et communiquer avec les machines facilement, cette interface doit être ergonomique, efficace, facile à utiliser ou plus généralement adaptée au contexte d'utilisation.

Pour tirer profit de l'énorme souplesse offerte par Internet, le poste central peut être muni d'un serveur WEB. Celui-ci agit comme un site WEB, les pages HTML contenues dans ce serveur peuvent être visualisées sur n'importe quel poste connecté à Internet par un simple navigateur Internet (Google chrome). [9]

2- Poste local de télégestion.

Les postes locaux sont conçus pour gérer les informations sur l'irrigation et les signaux de contrôle-commande dans des environnements dépourvus d'alimentation électrique et donc équipés de batteries (rechargées par un petit panneau solaire, des turbines hydrauliques, etc.) ou de piles lithium-ion spéciales. Ce matériel est prévu pour consommer le moins d'énergie possible. [17]

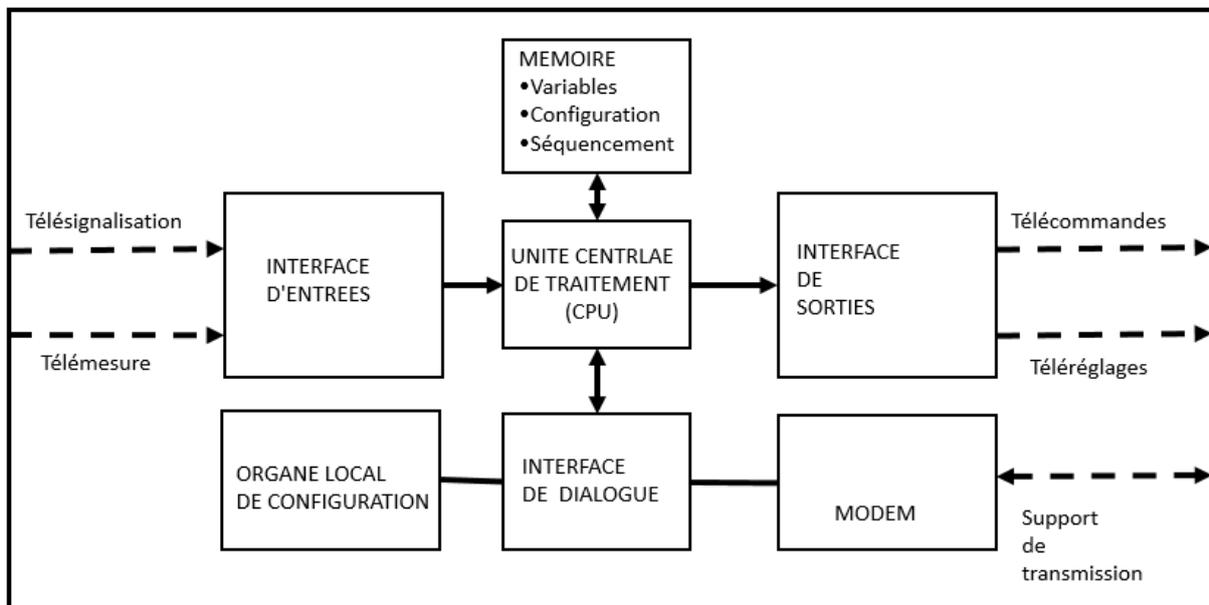


Figure 3 : Schéma d'architecture matérielle d'un poste local de télégestion. [1]

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. [9]

3- L'instrumentation de terrain :

L'instrumentation est l'ensemble d'appareils qui mesurent les paramètres nécessaires au bon fonctionnement du réseau (paramètre hydraulique, climatique, électrique, etc.).

Dans un système de télégestion des réseaux d'irrigation on trouve en général trois types d'instruments, à savoir :

- Les Capteurs-Transmetteurs :

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

Le transmetteur est le dispositif qui convertit le signal de sortie du capteur en un signal de mesure standard, il fait le lien entre le capteur et le système de contrôle commande. Les capteurs les plus utilisés en irrigation sont : Les capteurs de pression, Les capteurs de débit, Les capteurs de niveau.

- Les Actionneur :

Dans un système automatique, un actionneur est un organe de la partie opérative qui, sur ordre de la partie commande, applique les ordres qui lui sont donnés pour faire les tâches programmées d'un système automatisé.

- Les électrovannes :

Une électrovanne est un dispositif commandé électriquement, permettant d'autoriser ou d'interrompre par une action mécanique, la circulation d'un fluide ou d'un gaz dans un circuit. Elle peut être commandée manuellement par un volant ou à distance par un signal électrique ou pneumatique.

4- Supports de communication.

Les supports de communication sont la composante qui permet l'échange d'information entre les différents sites, ils représentent une partie essentielle d'un système de télégestion.

Les stations d'acquisition de données peuvent être reliées au poste principal de plusieurs manières, selon la disposition et la répartition spatiale du réseau à surveiller, l'importance du réseau (nombre d'ouvrages à surveiller), le degré de sécurité recherché par le système et le coût consenti pour les installations et le matériel.

Les technologies de la télégestion actuelles sont flexibles au niveau des possibilités de communication : modems internes analogiques ou numériques, communication radio, GSM-GPRS, Ethernet, réseau local RS485, fibre optique, ligne louée ou privée, Ils sont compatibles avec tous les supports modernes de communication, en constante évolution. Chaque port de communication peut fonctionner de manière indépendante et simultanée par rapport aux autres, en maître comme en esclave, et sans aucune limitation, quel que soit le protocole utilisé. Et pour les applications plus critiques les systèmes modernes assure également la multiredondance des moyens de communication. Tous nos produits peuvent se configurer à distance, tant pour la programmation que pour le diagnostic ou le paramétrage voir même en vue d'une mise à jour de leur système d'exploitation. La performance et la sécurité du système dépendent pour une grande partie de la fiabilité des supports de communication.

Les supports utilisés pour l'échange d'informations entre les différentes composantes d'un système de télégestion peuvent être classés en deux catégories :

- Supports de communication filaires (transport d'informations par câbles).
- Supports de communication atmosphériques (transport d'informations sous forme d'ondes électromagnétiques).

3-1- Les supports de communication filaires.

Une liaison filaire est l'ensemble de supports qui relie physiquement les éléments d'un système de communications, il se fait soit par un fil, un groupe de fils, une fibre optique, etc.

Comparée à une liaison radio, une liaison filaire présente peu de déperdition de signal, c'est pour cette raison que le débit disponible est classiquement beaucoup plus important sur un fil que par radio.

Cependant, les contraintes de déploiement d'une liaison filaire (temps de mise en place, exigence de continuité physique, risque d'endommagement du support) peuvent faire pencher la balance en faveur d'une liaison radio.

Les principaux supports filaires utilisés en télégestion sont :

3-1-1- Le RTC (réseau téléphonique commuté).

Le RTC est le réseau historique des téléphones fixes, dans lequel un poste d'un abonné est relié à un commutateur téléphonique par une paire de fils alimentée en batterie centrale intégrale. Les commutateurs téléphoniques sont eux-mêmes reliés entre eux par des liens tels que les Blocs Primaires Numériques (BPN) ou par des liaisons optiques plus performantes. Cette ligne bifilaire peut également transmettre des données (DATA) selon le principe de la modulation de fréquence.

La modulation est le processus par lequel le signal est transformé de sa forme originale en une forme adaptée au canal de transmission, par exemple en faisant varier les paramètres d'amplitude et d'argument (phase/fréquence) d'une onde sinusoïdale appelée porteuse.

Le dispositif qui effectue cette modulation, en général électronique, est un modulateur (modem). L'opération inverse permettant d'extraire le signal de la porteuse est la démodulation.

La modulation de fréquence ou MF est un mode de modulation consistant à transmettre un signal par la modulation de la fréquence d'un signal porteur (porteuse).

L'utilisation de ce support nécessite l'utilisation d'un modem RTC qui joue le rôle de modulateur/démodulateur au niveau des différents sites, ce dispositif assure la modulation des données à transmettre sur la ligne (conversion des données numériques du RTU ou du PC en signaux électriques modulés entre 300 et 4 000 Hz qui est la bande passante téléphonique) et l'opération inverse qui est la démodulation (conversion des signaux

électriques de la ligne téléphonique en signaux numériques exploitables par le RTU ou le PC).

Le RTC est un réseau commuté c'est-à-dire qu'il établit une liaison pendant le temps de communication puis la libère juste après et la commutation se fait par circuits (une commutation par circuits consiste à réserver un chemin physique réservé entièrement à la communication en cours jusqu'à la clôture de la communication). Au tout début, les communications étaient établies par des opérateurs et des opératrices, grâce à un système de cordons souples munis de fiches et de tableaux d'arrivée et de départ d'abonnés. Puis vinrent les systèmes de commutation automatique qui n'ont cessés d'être améliorés : d'abord électromécaniques, puis électroniques, ils sont désormais numériques et totalement pilotés par informatique. La liaison n'est donc pas permanente et ne permet pas une communication en temps réel, il faut en effet appeler le correspondant (modem distant) et attendre à ce que la communication s'établisse, le temps d'attente dépendant de l'importance du trafic sur le réseau.

Pour les sites et les ouvrages critiques qui nécessitent une surveillance en temps réelle, l'utilisation du RTC est un choix à éviter compte tenu du caractère non permanent de la communication, ce qui fait que les coûts des connexions fréquentes peuvent être exorbitants puisqu'elles dépendent du temps de communication, par contre pour les sites qui nécessitent des connexions moins fréquentes ce qui est généralement le cas dans la télémessure, le RTC reste un choix plutôt envisageable. [9]

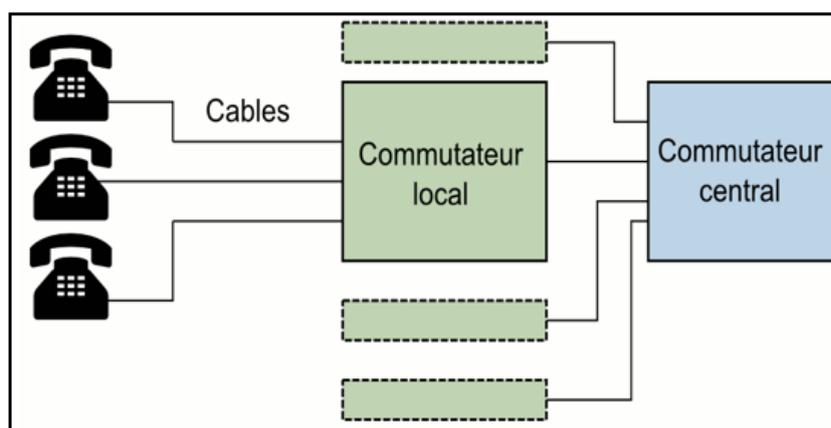


Figure 4 : schéma classique d'un réseau téléphonique commuté. (6)

3-1-2- Les lignes spécialisées (LS) ou liaisons louées.

Une ligne spécialisée (LS) appelée également liaison louée ou ligne louée est une liaison physique, bifilaire, identique au câble RTC et connectée exclusivement et en permanence entre deux sites distants, elle permet la transmission de données à moyens et hauts débits (64 Kbps à 140 Mbps) et le suivi en temps réel de l'évolution du système.

Elle est mise en œuvre et exploitée par un opérateur de télécommunications sur des courtes ou longues distances.

La facturation par l'opérateur se fait uniquement en fonction de la distance et non du temps de communication. Comme pour le RTC, ces liaisons nécessitent l'utilisation des modems au niveau des postes centraux et locaux. Les LS conviennent donc aux applications critiques nécessitant une liaison permanente.[9]

3-1-3- Les lignes privées ou lignes pilotes (LP).

Ce sont des lignes privées sous forme de câbles enterrés non raccordés au réseau public, leur installation se fait par l'exploitant pour son usage exclusif.

L'utilisation de telles lignes doit être déclarée à l'autorité de réglementation des télécommunications (ANRT pour le Maroc) et doit être installée sous l'accord des propriétaires de terrains traversés par les câbles (communes, particuliers).

Ces lignes étant propriétaires, ils n'engendrent pas de facturation une fois l'installation faite mais les coûts d'investissement (terrassement, achat et pose des câbles) peuvent être élevés si les distances entre les sites sont grandes. Les LP sont bien adaptés pour la communication de sites rapprochés. [9]

3-2- Les supports de communication non filaires (sans fil).

Les supports de communication non filaires sont les supports qui constituent un réseau qui connecte différents postes ou systèmes entre eux par ondes électromagnétiques.

Ils sont utilisés dans les cas suivants :

- Pour réaliser des réseaux temporaires, ou à mettre en place très rapidement.
- Pour permettre d'éviter de gros travaux de câblage dans des endroits où cela s'avère difficile.
- Pour donner la possibilité de transmettre des données dans le cas d'applications mobiles.

Ces supports de communication utilisent les ondes électromagnétiques pour l'échange d'informations, ces ondes sont la représentation de le phénomène du rayonnement électromagnétique et sont la résultante d'un champ électrique et d'un champ magnétique dont les amplitudes varient de façon sinusoïdale au cours du temps.

Elles ont les caractéristiques suivantes :

- L'amplitude d'une onde électromagnétique varie donc de façon sinusoïdale au cours de sa propagation.
- Une onde électromagnétique peut être produite par un courant électrique variable.
- Les ondes électromagnétiques transportent de l'énergie, mais pas de matière.

Une onde électromagnétique est caractérisée par plusieurs grandeurs physiques :

- **La longueur d'onde** : elle exprime le caractère oscillatoire périodique de l'onde dans l'espace. C'est la longueur d'un cycle d'une onde, la distance séparant deux crêtes successives. Elle est mesurée en mètre ou en l'un de ses sous-multiples.
- **La fréquence** : elle traduit le nombre de cycles par unité de temps et s'exprime en Hertz (Hz)

Le spectre des ondes électromagnétiques comprend par ordre croissant de longueur d'onde (et donc par ordre décroissant de fréquence) les rayons gamma, les rayons X, l'Ultraviolet, la lumière visible, l'infrarouge, les micro-ondes et les ondes radio.

Les ondes utilisées dans les supports de communication en télégestion sont en total trois, les ondes radio, les micro-ondes et la lumière visible (fibre optique). Les réseaux publics de télécommunication comme le GSM/GPRS utilise aussi des ondes radio mais vu leur spécificité ils seront traités séparément.

3-2-1- La radio.

Un réseau radio est un réseau privé qui utilise des ondes électromagnétiques ou des fréquences hertziennes pour relier des portatifs, des mobiles et des bases radio entre eux, les fréquences utilisées en télégestion se situent en VHF (Very High Fréquence, gamme 30-300 MHz) et UHF (Ultra High Fréquence, 300-3 000 MHz), au Maroc C'est le support de communication le plus utilisé dans les systèmes de télégestion. Il est parfois le seul support envisageable du fait de l'absence d'une couverture de réseaux publics de télécommunications comme le RTC ou le GSM.

La demande en bande passante pour les télécommunications, ainsi que la protection de fréquences radio fait du spectre radioélectrique une ressource rare qui doit être réglementée mondialement, au niveau mondial Le domaine des radiocommunications est réglementée par l'Union internationale des télécommunications (UIT) qui établit le règlement des radiocommunications. Au niveau national la réglementation de l'utilisation des ondes radio est assurée par l'agence nationale de réglementation des télécommunications (ANRT). Celle-ci met en place et pérennise les conditions d'une concurrence saine et loyale sur les marchés des télécoms. Elle contribue également à l'instauration d'un environnement juridique propice au développement du secteur et délivre les licences d'exploitation des fréquences radio.[12]

Les applications de télégestion utilisant les ondes radio comportent les équipements radio suivants au niveau des différents sites :

- Un modem qui permet de convertir les données numériques d'un ordinateur ou un RTU en signal modulé, dit « analogique » (modulation), transmissible par un réseau analogique et réciproquement (démodulation).
- Un poste émetteur/récepteur radio qui transmet (ou reçoit) le signal (ondes radio) via une antenne. L'antenne peut être directionnelle (radiation dans une seule direction) ou omnidirectionnelle (propagation des ondes dans toutes les directions).

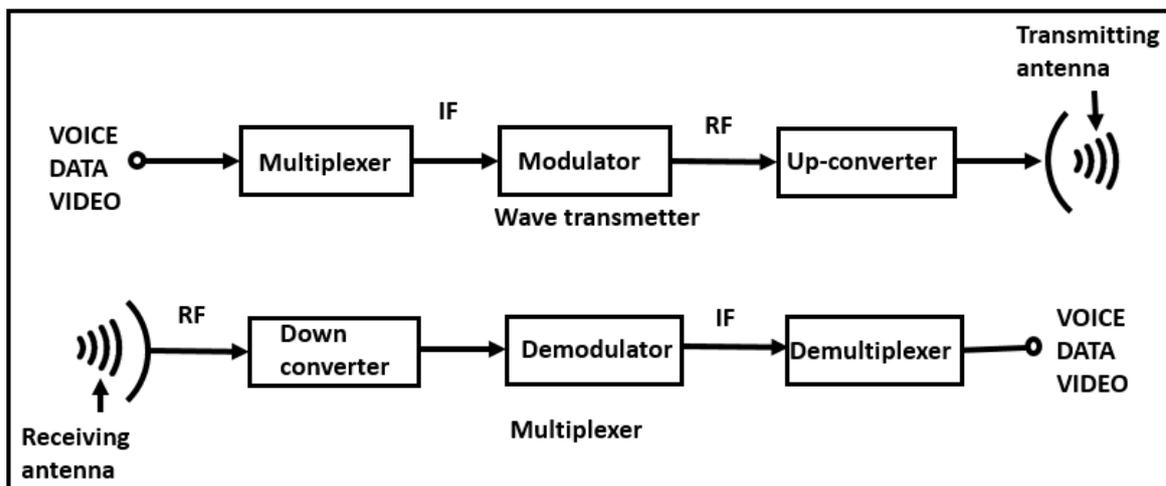


Figure 5 : Différentes composantes d'un réseau de communication radio. [9]

Les perturbations radioélectriques peuvent entraver et empêcher le bon fonctionnement des émetteurs et/ou des récepteurs de radiocommunications, ils peuvent être causés par des interférences ou par des obstacles, cela peut provoquer un parasitage du signal.

Les ondes sont notamment sensibles aux obstacles et masques naturels (relief, végétation, bâtiments...), aux précipitations, aux conditions de réfractivité de l'atmosphère, aux perturbations électromagnétiques et présentent une sensibilité assez forte aux phénomènes de réflexion, les ondes analogiques sont plus sensibles à ce genre de nuisance contrairement aux ondes numériques qui permet de réduire le taux d'erreur lors de la transmission.

Quand une onde traverse un corps elle subit des perturbations qui selon les cas peuvent entraîner une modification de ses caractéristiques initiales à cause d'une augmentation ou d'une chute de l'intensité du signal. On appelle cet effet, l'effet Fresnel

Pour assurer une meilleure transmission des ondes, la zone d'implantation des supports de communication ou l'espace entre les sites doit être entièrement dégagée pour éviter les phénomènes de réflexion, de diffraction et d'absorption, dans la réalité cela est carrément impossible donc il faut jouer sur la hauteur des antennes, plus ils sont élevés plus le nombre d'obstacles est moindre et la qualité de communication est bonne

La portée des antennes dépend de plusieurs facteurs dont :

- Puissance de transmission de l'émetteur (elle varie en général entre 2 et 5 Watts)
- Le gain de l'antenne (exprimé en décibels)
- Les pertes dans les câbles
- Les perturbations lors de la transmission par les ondes (réflexion, diffraction...)
- La sensibilité du récepteur
- La fréquence utilisée. Les fréquences VHF offrent en général meilleure satisfaction par rapport aux UHF.

3-2-2- Le GSM (Global System for Mobile communication).

Global System for Mobile Communications (GSM) est une norme numérique de seconde génération pour la téléphonie mobile. Le groupe de travail chargé de la définir a été établi en 1982 par la Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications (CEPT).

Elle a été spécifiée et mise au point par l'ETSI (European Telecommunications Standard Institut) pour la gamme de fréquences des 900 MHz. Cette norme est particulièrement utilisée en Europe, en Afrique, au Moyen-Orient et en Asie. Deux autres variantes, en 850 MHz et en 1 900 MHz PCS (personal communications services), sont également utilisées.

Au début le réseau GSM est utilisé pour assurer les communications de type « voix » (téléphonie) seulement, mais actuellement il peut être utilisé dans d'autres applications comme la transmission de données. Le réseau étant commuté, les ressources ne sont allouées que pour la durée de la conversation, pour s'identifier sur le réseau les clients peuvent soit acheter une carte prépayée, soit souscrire un abonnement.

Un réseau GSM est caractérisé par les composantes suivantes :

Une station de base de téléphonie mobile : c'est une station d'émission et de réception fixe, composée d'une ou plusieurs antennes émettrices/réceptrices, d'un ou plusieurs réflecteurs d'antenne hyperfréquence, et de circuits électroniques, qui sont utilisés pour acheminer les appels cellulaires. Elle sert de pont entre les utilisateurs du service mobile d'une cellule et raccorde leurs appels au centre de commutation du service mobile. Une station de base recouvre une zone de même fréquence appelée cellule, donc le réseau GSM est divisé en cellules (d'où le nom de téléphonie cellulaire). La taille d'une cellule est variable (elle peut aller de 250 m en zone urbaine à 30 km en zone rurale) et dépend de la puissance de la station de base.

Le terminal mobile : (téléphone portable ou modem GSM) muni de sa carte d'identification (carte SIM) qui permet d'identifier l'utilisateur.

Pour éviter les interférences, les stations voisines utilisent des fréquences différentes. Les fréquences radio dans une cellule doivent être gérées, un certain nombre de fréquences radio est partagé entre les utilisateurs, pour optimiser ces fréquences il faut les utiliser dans une autre cellule éloignée du premier pour éviter les interférences.

Le centre de commutation qui fonctionne comme un centre de commutation d'un réseau RTC permet de diffuser l'information aux destinataires appropriés (portables, téléphones fixes).

En ce qui concerne l'utilisation du GSM dans la télégestion, Les différents RTU et PC communiquant par le réseau GSM doivent être équipés de modems GSM. Actuellement la plupart des équipements de télégestion (RTU, PC...) sont équipés de modem GSM qui peut être installé d'une manière standard ou ajouter dans le cas de besoin comme module de communication.

Le GSM devient de plus en plus attractif quand il s'agit de son utilisation comme supports de communication dans des applications de télégestion, cela revient à sa bonne qualité de transmission et son coût raisonnable, que ce soit pour l'installation (modem seulement) ou pour l'exploitation puisqu'il ne nécessite pas des connexions fréquentes, il s'agit du service SMS qui permet d'alerter un technicien sur son téléphone portable en cas de dysfonctionnements sur une installation.

Le GSM est un réseau commuté et ne permet pas de ce fait une liaison temps réel. Il fonctionne avec un débit relativement faible (9 600 bits/s) et n'est donc pas adapté aux installations nécessitant des transferts importants de données et/ou une liaison permanente. Toutefois le GSM est une solution très souple (simplicité d'installation), le plus souvent bien adapté à la télégestion des ouvrages d'eau potable et d'assainissement.

3-2-3- Le GPRS.

Le General Packet Radio Service ou GPRS est une norme pour la téléphonie mobile dérivée du GSM et complémentaire de celui-ci, permettant un débit de données plus élevé qui peut atteindre jusqu'à 40 Kbps.

Le GPRS est une extension du protocole GSM : il ajoute par rapport à ce dernier la transmission par paquets avec des débits théoriques maximums de l'ordre de 171,2 kbit/s. Cette méthode est plus adaptée à la transmission des données. En effet, les ressources ne sont allouées que lorsque des données sont échangées et dès qu'un temps mort est détecté, la ligne est utilisée pour une autre communication contrairement au mode « circuit » en GSM où un circuit est établi et les ressources sont associées pour toute la durée de la communication.

L'intégration du GPRS dans une architecture GSM nécessite l'adjonction de nouveaux nœuds réseau appelés GSN (GPRS support nodes) situés sur un réseau fédérateur :

- Le SGSN (Serving GPRS Support Node, soit en français Nœud de support GPRS de service), est un routeur permettant la gestion des coordonnées des terminaux de la zone et le transit des paquets avec la passerelle GGSN.
- Le GGSN (Gateway GPRS Support Node, soit en français Nœud de support GPRS passerelle), est une passerelle qui s'interface avec les autres réseaux de données (internet). Le GGSN est notamment chargé de fournir une adresse IP aux terminaux mobiles pendant toute la durée de la connexion.

Les télétransmissions par modems GPRS, qui acheminent les données par paquets dans l'environnement de téléphonie mobile GSM, permettent d'installer les postes locaux n'importe où et de modifier leur emplacement ou leur nombre sans avoir à créer, à revoir ou à entretenir sa propre architecture de communication. Seule contrainte : s'assurer d'une couverture adéquate du site par l'opérateur mobile. Les services GPRS, dont les coûts ont baissé ces dernières années, sont pour l'utilisateur gages de flexibilité et de disponibilité immédiate, tandis que la maintenance du réseau et sa sécurité sont la responsabilité des opérateurs mobiles.

Il est donc intéressant d'opter pour le GPRS au lieu du GSM dans le cas d'ouvrages nécessitant un transfert de volumes importants de données.

**DEUXIÈME PARTIE : DÉMARCHE DE CONCEPTION D'UN
SYSTÈME DE TÉLÉGESTION DES RESEAUX D'IRRIGATION.**

INTRODUCTION.

Suite à la réalisation d'une synthèse bibliographique sur la télégestion des réseaux d'irrigation, cette partie du document vient pour donner des éclaircissements en ce qui concerne l'élaboration d'une démarche pour la conception et le choix d'un bon système de télégestion et pour fournir un guide aux personnes voulant mettre en place un système pareil.

Cette démarche est articulée autour d'un cheminement logique qui met la lumière sur les différentes phases de l'étude, de la conception et de l'installation du projet. La démarche sera appliquée au projet de télégestion du réseau d'irrigation du périmètre ANATIM au nord de la ville d'OUARZAZATE. Ce projet dont l'exécution est confié par l'ONG Targa à la société COFAS, a été au centre du stage effectué.

Les contributions personnelles dans ce projet sont au nombre de trois : contribution à l'élaboration de l'analyse fonctionnelle du projet, contribution à l'installation et la configuration des produits de télégestion notamment celle de télémesure, Suivi et évaluation des installations.

Cette démarche n'est pas la seule alternative possible pour un projet de télégestion, une telle démarche dépend des spécificités de chaque projet et un grand nombre de variantes est possible à tous les niveaux de l'étude. Dans cette approche, les éléments de coûts ne sont pas détaillés.

Il en sort que la mise en place d'un système de télégestion doit, dès le départ, faire 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.

1- Inventaire et description des installations existantes.

Dans cette première étape il faut tout d'abord faire un inventaire de toutes les installations qui seront surveillées ou pilotées par le futur système de télégestion. En irrigation, les installations concernées sont les sources d'eau (forages, barrages), les stations de pompes, les stations de filtration, les réservoirs, les points critiques sur le réseau de distribution (les bornes, les vannes).

Pour avoir une idée sur la taille du projet et sur les interactions entre les différentes installations il est nécessaire de faire une délimitation géographique de l'ensemble du réseau concerné par le projet, cette délimitation doit tenir compte des relations fonctionnelles entre les sites, par exemple les informations sur un réservoir sont nécessaires pour le contrôle d'une station de pompage.

L'inventaire commence toujours par les sites les plus importants (critiques), ces sites sont généralement essentiels pour le fonctionnement du système d'irrigation, on peut commencer dans un premier temps avec les stations de pompage, les réservoirs et laisser le réseau de distribution ultérieurement.

Le budget est un paramètre important dans chaque projet, c'est le cas aussi pour la télégestion, dès le début du projet il faut savoir si le budget disponible permet d'installer tous les composants du système de télégestion (mesure, commande, alarmes, maintenance), si ce n'est pas le cas il faut choisir les composants de télégestion par lesquels il faut commencer, l'ordre qu'il faut suivre est le suivant : en premier lieu, la télémessure, suivi de la téléalarme, la télécommande et enfin la télémaintenance. Le nombre de sites à équiper en télégestion peut aussi dépendre du budget prévu pour le projet.

L'analyse doit contenir la description des différents équipements et instrumentations existants (pompes, vannes, compteurs, sondes de niveaux, débitmètres, armoires électriques...) ainsi que les caractéristiques géographiques et topographiques de leurs lieux d'implantation (distances intersite, coordonnées des sites, etc.).

Les informations récoltées dans cette phase doivent être présentées sous forme d'un synoptique sur lequel figurent les différents ouvrages à surveiller, les interactions entre les sites ainsi que d'autres informations utiles (équipements, instrumentation, distances...).

2- Définir les valeurs optimales des paramètres de fonctionnement du système d'irrigation.

Par conditions optimales, on fait allusion aux valeurs optimales des paramètres de fonctionnement de tout le système d'irrigation, par exemple les plages de débit et de pression dans lesquels le réseau fonctionne sans problème, ou bien, les seuils minimums ou maximum de certains paramètres climatiques qu'il ne faut pas dépasser pour que les cultures irriguées ne soient pas affectées.

Ce sont ces paramètres qui seront surveillés par le futur système de télégestion, la détermination préalable de leurs valeurs optimales facilite énormément le paramétrage du système après son installation, du fait que les ordinateurs ou les automates utiliseront ses valeurs comme références lors de la prise de décision, ou pour l'envoi d'alarmes dans le cas où ils seront dépassés.

3- Objectifs du futur système.

Comme cité précédemment, il y a quatre objectifs d'un système de télégestion, la télémessure, l'alarme, la télécommande ou l'automatisme et finalement la télémaintenance.

Dès les premières phases il faut faire une étude de l'évolutivité du système c'est-à-dire qu'il faut choisir les fonctions du système à installer, dans cette étape deux cas de figures se présentent:

Premièrement, le futur système comprendra toutes les fonctions (mesure, alarmes, commande, etc.), dans ce cas il n'y a pas de problème, sauf qu'il faut s'assurer que le budget du projet sera suffisant.

Deuxièmement, on commence par un système simple (télésurveillance) et on prévoit une évolution progressivement vers un système complet, dans ce cas il faut prendre en considération la possibilité de l'extension du système (module d'entrées/sorties extensibles, supports de communication capable de transmettre des débits de données plus élevés, etc.). En faisant cette simple réflexion nous éviterons le changement complet de certaines composantes non extensibles.

4- Choix des capteurs, sondes et de leurs lieux d'implantation.

Le capteur reçoit en entrée la valeur E d'une grandeur à mesurer, et délivre en sortie un signal S , qui traduit l'information sur la valeur de E .

L'élaboration du signal S résulte d'une succession d'opérations élémentaires à savoir, le contact du capteur avec la grandeur physique qui à son tour envoie un signal vers un transducteur qui convertit l'information issue du capteur en un signal utilisable, qu'il soit électrique, mécanique ou optique, par la suite un conditionneur transforme le signal issu du transducteur pour l'amplifier et le filtrer et finalement en sortie on reçoit une indication de la valeur de la mesure.

Selon le type d'application, nous aurons deux éventualités :

- Il est suffisant de connaître l'état de la grandeur par rapport à une valeur prédéterminée appelée seuil, par exemple le niveau d'eau a atteint (ou non) une cote critique, la vanne est en position ouverte ou fermée. Le signal correspondant, émis par le capteur, est alors de type tout ou rien (T.O.R.).
- Il est nécessaire de suivre la valeur de la mesure E de la grandeur à l'intérieur d'un intervalle de variation donné. Le signal S , image de la grandeur E , sera lui aussi variable. La relation sera linéaire ou plus généralement univoque, Les informations et les capteurs de ce type sont dits analogiques.

Dans l'irrigation, les capteurs les plus couramment utilisés sont ceux relatifs à la mesure :

- Des paramètres de l'écoulement du fluide : pression, débit, vitesse, hauteur d'eau,
- Des paramètres physico chimiques de la composition et de l'état du fluide : température, pH, conductivité, turbidité, teneur en ions, etc.

Le choix d'un capteur résulte d'un compromis entre les performances et le prix de l'appareil.

Les critères à prendre en compte sont :

- La plage de la mesure (valeurs mini et maxi de l'échelle).
- La précision nécessaire à la mesure.
- Les domaines d'emploi : température de fonctionnement minimale et maximale, degré d'hygrométrie maximale, présence d'un environnement corrosive ou non, alimentation en énergie, présence de vibrations, risques divers (chocs, colmatage, encrassement...), place disponible, encombrement, etc.,

- Les conditions de maintenance et de garantie
- Le service après-vente,

D'où l'importance que l'on doit attacher aux choix des fournisseurs d'équipements, qui sont généralement des spécialistes au service de leur client.

En ce qui concerne les lieux d'implantation des capteurs, plusieurs possibilités sont envisageables selon le type de capteur et le type d'information qu'on souhaite en tirer, en irrigation les paramètres hydrauliques sont les plus importants à surveiller, à savoir le débit, la pression et le niveau d'eau. En ce qui concerne les capteurs de niveau, les emplacements par défaut sont les réservoirs et les bassins de stockage de l'eau.

Les capteurs de pression sont généralement installés au niveau de la sortie de la station de pompage pour la mesure de la HMT fournie par les pompes, au niveau de la sortie et de l'entrée de la station de filtration pour la détection du colmatage des filtres à travers la mesure de la différence de pression, dans le cas d'un réseau d'irrigation aspersionnelle ou localisée on les installe dans les bornes et les prises propriété ou parfois au niveau du poste d'arrosage le plus défavorisé pour s'assurer que la pression nécessaire au fonctionnement des goutteurs et asperseurs lui y est fournie, et finalement dans certains points critiques du réseau de conduites sous pression pour éviter le dépassement du seuil de pression toléré par le constructeur.

Les capteurs de débit ou débitmètre sont eux, aussi installés au niveau de la sortie de la station de pompage pour la mesure du débit fournie par les pompes et pour avoir une idée du volume d'eau transité dans la station, ils sont installés dans n'importe quel point du réseau ou la mesure du débit s'avère nécessaire tel que les bornes et les prises propriété pour la comptabilité des volumes d'eau consommés par les agriculteurs, dans certains cas les débitmètres sont installés au niveau de l'amont et l'aval des grandes conduites pour la détection de fuite grâce au calcul de la différence de débit.

Autres capteurs peuvent être utilisés en irrigation tel que ceux des paramètres climatiques, ils doivent être installés le plus proche possible des zones irriguées pour avoir des mesures significatives de l'état climatique.

Les capteurs de l'humidité du sol sont installés dans quelques points de la zone irriguée pour avoir une idée de la teneur en eau dans le sol, dans certains systèmes d'irrigation automatisés ce paramètre est important pour le lancement de l'arrosage.

À la fin de cette étape le concepteur doit avoir une idée du nombre maximal d'entrées/sorties du poste local dont il aura besoin.

5- Choix de l'emplacement des postes locaux de télégestion.

Dans les conditions optimales, chaque site (station de pompage, réservoir, etc.) distant doit être équipé d'un poste local ou d'un 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 fait de les équiper tous de postes locaux sera très coûteux, c'est pour ça qu'il faut procéder à une distribution géographique optimale des postes locaux 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.

Un réseau d'irrigation est un ensemble de systèmes interconnectés les uns avec les autres, c'est-à-dire que le fonctionnement d'un site dépend toujours de l'état d'un autre (l'enclenchement de la marche/arrêt des pompes dépend du niveau d'eau dans les réservoirs), c'est pour ça qu'il faut équiper ce genre de sites, si c'est possible, avec le même RTU pour éviter les dépenses non nécessaires et en même temps s'assurer du bon fonctionnement des sites liés puisqu'ils sont gérés par le même appareil.

Avant d'installer un poste local il faut penser à son alimentation en énergie électrique, les trois alternatives possibles sont, l'alimentation par le secteur, les panneaux PV (12/24V), les batteries dans le cas où la consommation des équipements est trop faible.

Les principaux sites de postes locaux sont :

- Réseau de distribution :
- Forages, barrages, canaux à ciel ouvert
- Stations de pompage.
- Réservoirs.

6- Choix du support de télécommunication.

L'architecture de réseau est l'organisation d'équipements de transmission, de logiciels, de protocoles de communication et d'infrastructure filaire ou radioélectrique permettant la transmission des données entre les différents composants.

Le choix du support de communication dépend de deux facteurs : les facteurs techniques et les facteurs économiques

- Facteurs techniques :

Les facteurs techniques qui influencent le choix du support de télécommunication sont :

- La périodicité de transmission de données entre les sites (communication en temps réel ou en temps différé). La communication en temps réel n'est nécessaire que s'il y a des installations dont le fonctionnement est critique, la radio ou les supports privés (LS/LP) peuvent être envisagés.

Dans le cas des réseaux d'irrigation, la gestion en temps réel n'est souvent pas exigée puisque l'interrogation des postes locaux par le poste central peut se faire seulement une ou deux fois par jour, on peut alors utiliser le réseau public GSM/GRPS qui est plus souple et plus fiable que la radio.

- Le débit de données à transmettre : la bande passante du support doit permettre correctement le transfert des données. Le GPRS assure un débit important, les communications radio privée et les faisceaux hertziens permettent eux aussi une bande passante élevée, et sont ainsi conseillés pour le transfert de grandes quantités d'informations. Mais en général, pour la télégestion des réseaux d'irrigation la quantité de données à transmettre est faible ce qui implique que les différents supports peuvent être utilisés.

Les contraintes causées par le milieu de l'implantation du système sont :

- Contraintes géographiques: ce sont les d'obstacles (végétation, reliefs, bâtiments...) qui affectent la transmission des ondes (spécialement ondes radio), ces contraintes influencent particulièrement les réseaux radio et peuvent parfois rendre impossible la communication par ce support. D'autre part, ces contraintes peuvent également rendre difficiles ou impossibles la pose des câbles des lignes privées, dans ces conditions la seule issue est le GSM/GPRS.

- Disponibilité du réseau public de télécommunication : dans le cas où un réseau public de télécommunication (RTC, GSM, GPRS...) est déjà mis en place, il vaut mieux l'exploiter pour relier les différentes installations.

- **Facteurs économiques :**

Le coût d'investissement et d'exploitation du support de communication influence énormément sur le choix du mode de transmission des données, en général il faut faire une comparaison technico-économique entre les différents supports envisageables et choisir bien sur le moins coûteux, mais globalement les réseaux publics RTC/GSM/GPRS sont beaucoup plus économiques que les autres.

Quant aux réseaux câblés privés (LS/LP), les coûts d'investissement sont difficiles à évaluer, ils dépendent des distances entre les sites ainsi que les conditions topographiques (terrassment, travaux de creusement et d'excavation), ces supports ne présentent un intérêt que si les sites sont rapprochés (communication inter sites par exemple).

7- Choix de l'Architecture de réseau du poste central et sa localisation.

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...)

Dans cette étape il faut tout d'abord choisir le type d'architecture du réseau local qui relie les ordinateurs du poste de supervision, en général elle est de type étoile et le protocole le plus utilisé est l'Ethernet.

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 monoposte, quant à elle, peut être utilisée pour les petites applications, parfois un seul ordinateur équipé d'un logiciel de supervision permet facilement le pilotage et le suivi des petites installations.

Pour assurer un fonctionnement continu et sans pannes, des systèmes de redondance peuvent être mis en place notamment pour la supervision d'installations critiques. Les redondances

peuvent être intégrées sur plusieurs niveaux : redondance des supports de communication, redondance des serveurs du poste central et elles peuvent être à chaud (commutation automatique) ou à froid (commutation manuelle). La redondance des supports de communication est en général très coûteuse et injustifiable. Par contre, si l'architecture du poste central est de type clients/serveurs, il est souvent préférable d'opter pour une redondance des serveurs.

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, l'importance du site en terme stratégique.

- **Le type du réseau de communication**

Le choix du site du poste de supervision doit être fait de telle sorte que le nombre de contraintes liées à la communication avec les postes satellites doit être le minimum possible. Ci-dessous, les trois contraintes qu'il faut prendre en compte lors du choix du site devant abriter le poste central de télégestion :

- Pour un réseau privé câblé (LS, LP), une grande distance entre les postes locaux et le poste central entraîne des coûts importants dus à l'achat et à la pose des câbles, ajouter à cela les risques d'affaiblissement du signal.
- Pour une les systèmes qui utilisent le réseau public de télécommunication (GSM/GPRS), le choix du site du poste central est conditionné par la disponibilité d'une bonne couverture du réseau de télécommunication public nécessaire.
- Pour les systèmes utilisant la transmission par radio, le choix du lieu de l'implantation du poste central dépend souvent des caractéristiques géographiques et topographiques, la communication avec les postes satellites est conditionnée par la distance et la topographie du terrain, rappelons que la présence de reliefs ou d'obstacles peut affaiblir le signal voire même empêcher totalement la communication. Si ces contraintes ne sont pas prises en compte, la communication nécessiterait parfois l'installation de stations de relais, ce qui implique des coûts supplémentaires d'investissement et de maintenance.

8- Choix des équipements et logiciels.

Les équipements utilisés dans un système de télégestion sont, l'instrumentation de terrain, les RTU et les équipements de communication, il existe sur le marché une multitude de choix différenciés entre eux par le prix et la qualité, le choix doit être fait de telle sorte que le prix ne soit trop élevé, tout en assurant une bonne qualité du matériel.

Pour faciliter la maintenance et le changement de pièces usées il est préférable d'utiliser une seule marque de matériel ou alors utiliser un matériel compatible même s'il n'est pas de la même marque.

- L'instrumentation de mesure.

Les instruments de mesure ou capteurs sont les éléments qui analysent les paramètres à surveiller dans l'installation, le nombre, le type et la précision des capteurs dépend des grandeurs physiques qu'on veut mesurer, du nombre de sites qu'on veut équiper et de la précision des valeurs qu'on espère avoir.

Donc avant d'acheter les capteurs il faut savoir au préalable ce qu'il faut mesurer, où on va installer les capteurs et est-ce que les mesures doivent être précises ou non.

Il faut penser à acheter des capteurs compatibles avec les RTU c'est-à-dire que les signaux délivrés par ces derniers doivent être compatibles avec les spécifications des RTUs choisis.

- **Logiciel de supervision.**

Le logiciel de supervision doit assurer les applications suivantes :

- La surveillance des paramètres des ouvrages et installations.
- Gestion et traitement des données via sa propre interface et via interface Excel
- Archivage sur disque dur.
- Le réglage des paramètres.
- Le paramétrage et le suivi des données mesurées.
- La génération des courbes et de rapports.
- Le calcul de valeurs statistiques telles que les moyennes annuelles et mensuelles, le cumul, etc.
- L'animation des courbes en temps réel et des courbes de tendance pour les grandeurs mesurées (débit, pression, niveaux, température....

Tous les logiciels doivent être fournis sous forme de CD avec les licences d'exploitation.

En ce qui concerne le synoptique géré par le logiciel de supervision, il doit assurer, au minimum les fonctions suivantes :

- La présentation graphique et dynamique des écrans synoptiques
- L'animation du système d'irrigation d'une manière standard
- Affichage de la carte de la région digitalisée pour représenter à l'échelle les différents sites d'exploitation.
- Plan d'architecture de la télégestion.
- Plan synoptique.
- Plan de la station de pompage.
- Schéma de l'automatisme.
- L'animation du fonctionnement des pompes (état de marche/arrêt, état de défaut électrique, consommation énergétique, pression de refoulement).

9- Installation du système.

L'installation consiste à installer, configurer et programmer les différents équipements (RTU, poste central, modems, capteurs...), en se conformant aux différentes options retenues pour l'application. L'exécution est la phase finale du projet et doit être confiée à une entreprise expérimentée.

10- Formation du personnel exploitant et suivi.

Une formation adéquate doit être assurée aux exploitants ; en effet l'appropriation par les exploitants des nouveaux outils est essentielle pour la durabilité du système.

Finalement il faut faire une évaluation post-projet qui permet de juger ses performances par rapport aux objectifs initiaux et de dire s'il est bien adapté au contexte et quelles sont les améliorations qu'il faut apporter.

**TROISIÈME PARTIE : APPLICATION DE LA DÉMARCHE DE
CONCEPTION AU PROJET DE TÉLÉGESTION DU RÉSEAU
D'IRRIGATION DU PÉRIMÈTRE ANATIM AU NORD DE LA VILLE
D'OUARZAZATE.**

1- Inventaire et description des installations existantes :

- Présentation générale du projet de la ceinture verte de la ville d'OUARZAZATE :

Le projet de la création d'une ceinture verte autour de la ville est un projet royal inauguré par Sa Majesté en 2009, il a pour objectif principal la réutilisation des eaux usées, la protection de la ville contre les effets des vents forts et des nuages poussiéreux, satisfaire les besoins des citoyens en espaces verts récréatifs et sensibiliser la population à la protection de l'environnement. Celui-ci porte sur une superficie globale de 635 ha composée de plantations en périphérie de la ville et d'espaces verts urbains. Une enveloppe budgétaire de plus de 75 millions de DH a été dédiée à ce projet.

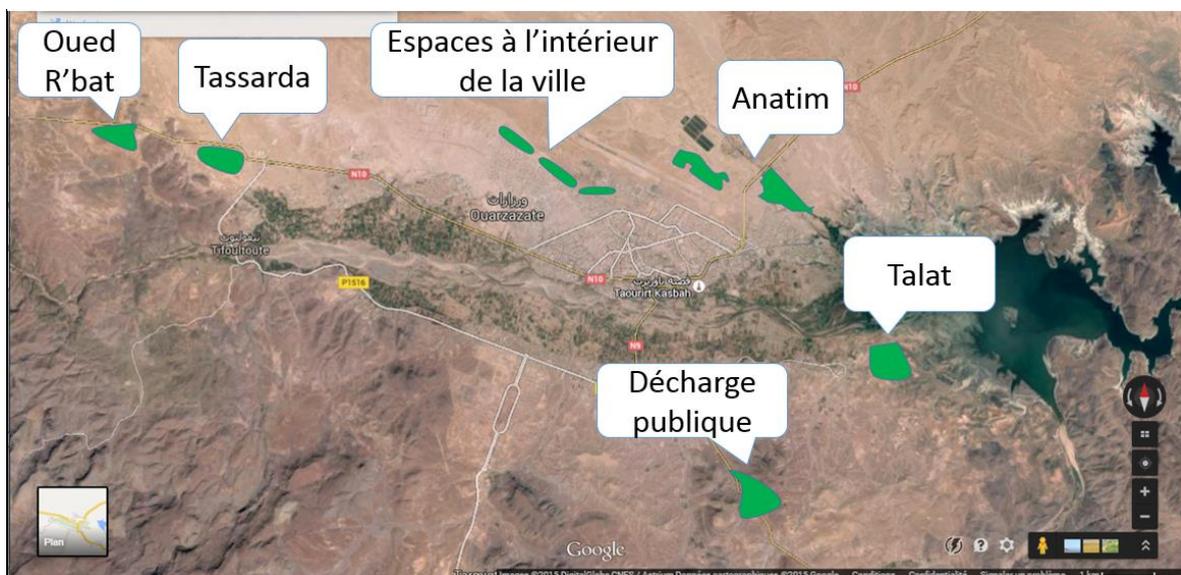


Figure 6: plan de situation des différents périmètres de la ceinture verte

Sur les cinq périmètres réalisés ou en cours de réalisation, une première tranche a englobé le périmètre d'oued R'bat situé à l'entrée de la ville d'Ouarzazate vers Marrakech. Et aussi, les périmètres de Talat, dans la commune de Tarmikte, aux alentours des berges du barrage Mansour Eddahbi et au sud-est de la ville d'Ouarzazate. Pour ce qui est de la deuxième tranche, elle concerne les périmètres d'Anatim, à côté de la STEP d'Ouarzazate, de part et d'autre de la route nationale n° 10, à la sortie d'Ouarzazate vers Tinghir. Les troisième et quatrième tranches concernent, quant à elles, les périmètres Tassarda et celui de la décharge publique sur la route de Zagora, en plus des espaces à l'intérieur de la ville.

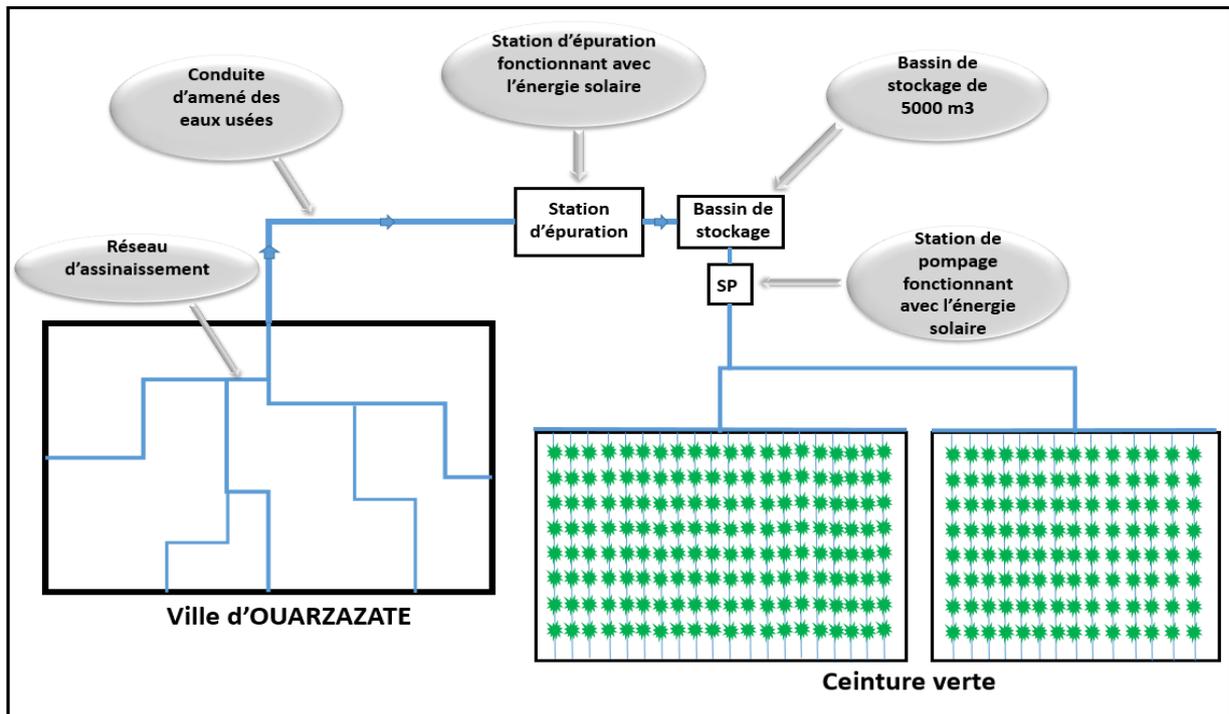


Figure 7 : Schéma de fonctionnement du projet de la création de la ceinture verte.

Pour l'irrigation de ces nouveaux espaces verts, il a été procédé à la réutilisation des eaux usées de la ville d'OUARZAZATE après leur traitement dans la station d'épuration qui fonctionne avec de l'énergie solaire. Celles-ci étaient auparavant rejetées dans le barrage Mansour Eddahbi. Désormais, elles sont stockées dans un bassin de 5 000 m³. Le schéma de l'alimentation en eau des plantes est basé sur la reprise des eaux du bassin au moyen de pompes fonctionnant avec un système 100 % solaire composé de modules photovoltaïques, et leur refoulement vers les réseaux d'irrigation.

Les travaux de production des plantes forestières, de plantation et les équipements solaires ont nécessité 2 millions de DH. Le montant alloué à l'opération d'installation du goutte-à-goutte avoisine les 4 millions de DH pour les deux périmètres d'Anatim.

Ce projet a été initié dans le cadre de la protection de l'environnement, notamment le reboisement à partir des espèces forestières adaptées à la région, l'utilisation des eaux usées traitées et de l'énergie solaire pour le pompage. Un partenariat réussi entre le Haut-commissariat aux eaux et forêts et à la lutte contre la désertification, la province, la municipalité et le conseil provincial d'Ouarzazate, le conseil régional, la Promotion nationale, l'association Targa Aide, KOREA FOREST SERVICE et le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE).

- **Présentation du périmètre ANATIM concerné par la présente étude.**

La deuxième tranche de la ceinture verte (ANATIM) concernée par la présente étude, s'étale sur 3 zones d'une superficie totale de 204 ha répartie comme suite :

Tableau 1 : Répartition des surfaces de la deuxième tranche de la ceinture verte.

Numéro de la zone	Superficie en ha
1	84
2	08
3	114

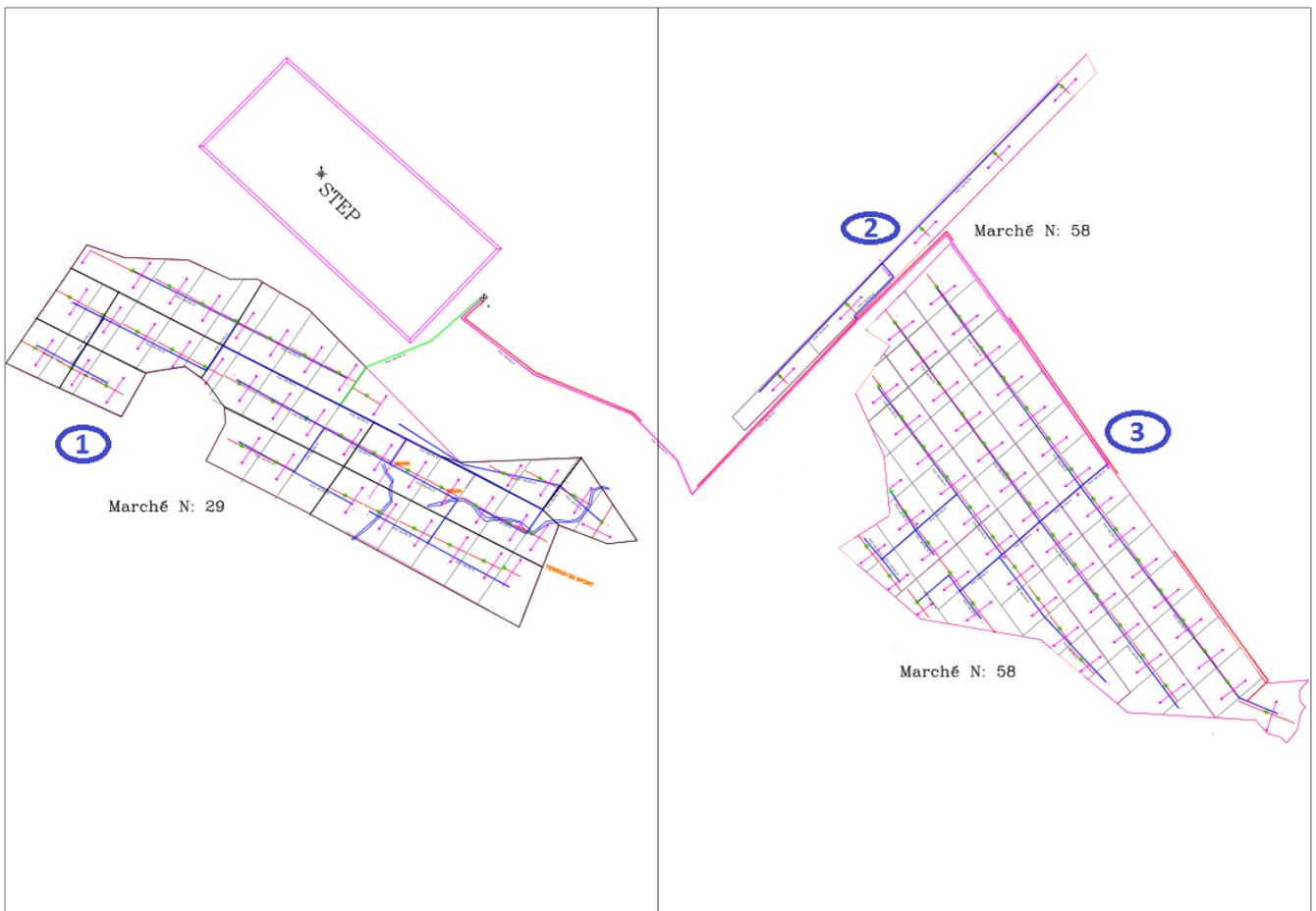


Figure 8 : Plan de situation des 3 zones par rapport à la STEP.

Cette tranche de la ceinture verte contient les installations suivantes :

- Un bassin de stockage des eaux usées épurées de 5 000.
- Un local pour la station de pompage et la station de filtration.
- Un équipement de pompage.
- Une station de filtration.
- Un système d'irrigation localisée.
- Un système d'alimentation des pompes en énergie électrique composé de 47 modules photovoltaïques.

- **Station de tête.**

La station de pompage contient les instruments et équipements électromécaniques suivants :

- Trois stations de filtration automatique à disques asservie par capteur de perte de charge et accessoire de lavage automatique.
- Deux groupes électropompes.
- Armoire de contrôle des pompes.
- 47 modules photovoltaïques pour alimenter électropompes ainsi que les équipements électriques de la station.
- Des conduites d'aspiration et de refoulement.

La station de pompage contient deux groupes électropompes qui ont les caractéristiques suivantes :

Tableau 2 : caractéristiques des électropompes.

Marque	Puissance	Débit maximal	HMT
Lorentz	7,5 kW	65 m ³ /h	45 m



Figure 9 : photo de la pompe.

Le volume d'eau journalier nécessaire pour l'irrigation du périmètre est assuré par un bassin de stockage des eaux usées épurées de 5 000 m³.



Figure 10 : Photo du bassin de stockage.

- **Station de filtration.**

La station de pompage est équipée de 3 stations de filtration automatiques à disques pour filtrer l'eau d'irrigation et éviter ainsi l'obstruction des orifices des goutteurs provenant des saletés dans l'eau. Le nettoyage de ces filtres de toutes les impuretés se fait automatiquement.

Chaque station de filtration est composée des éléments suivants :

- Des filtres à disques.
- Un système de contre lavage composé de tuyau, vanne, raccord et clapet anti retour.
- Une soupape de décharge pour protéger les conduites contre un éclatement suite à une surpression.
- Des manomètres qui permettent de vérifier les variations de pression, et le colmatage des filtres
- D'un compteur d'eau pour pouvoir comptabiliser le volume d'eau total qui sera fourni par chaque pompe.



Figure 11 : Photo de la station de filtration à disques.

L'alimentation en énergie électrique est assurée par un système 100 % solaire composé de 47 modules photovoltaïques.

Le locale des pompes contient une armoire électrique contenant les éléments suivants :

- Un onduleur.
- Un transformateur.
- Une batterie avec régulateur.
- Une poste de commande des pompes.



Figure 12 : Photo de l'armoire électrique.

- **Réseau d'irrigation.**

Le périmètre est divisé en 3 zones chaque zone est divisée en plusieurs secteurs suivant la répartition géographique du terrain, Chaque secteur est divisé en plusieurs postes d'arrosage de superficie moyenne identique pour optimiser le fonctionnement des pompes.

Tableau 3 : Répartition des secteurs et des postes d'arrosage dans les 3 zones.

Zones	Secteurs	Nombre de postes
1	S1 + S2 + S3 + S4 + S5	38
2	S12	6
3	S6 + S7 + S8 + S9 + S10 + S11	49

Poste d'arrosage : rampes + porte rampes équipées de goûteurs en fonctionnement simultanés.

Secteur d'arrosage : ensemble de postes fonctionnant simultanément.

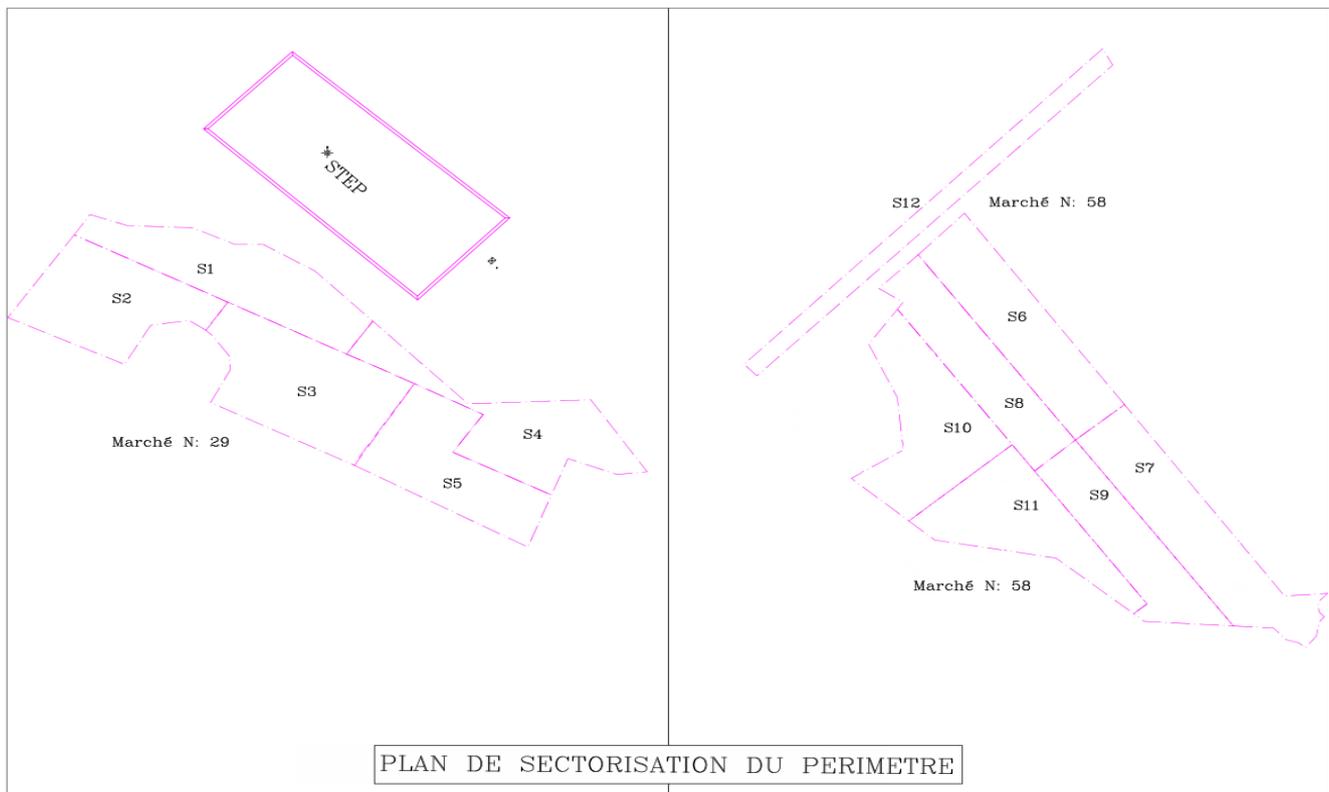


Figure 13 : plan de sectorisation du périmètre.

Chaque poste d'arrosage alimente environ 2 200 arbres. L'alimentation est commandée par des vannes DN 75 mm et le débit de chaque poste est environ 5 l/s.

Il faut irriguer 3 postes d'arrosage à la fois pendant les mois de pointe pour arriver à satisfaire tous les besoins des arbres pendant une durée d'irrigation d'environ 18 heures.

La connaissance du nombre de postes à irriguer simultanément est très importante par ce que ça aide dans la détermination des nombres d'électrovannes qu'il faut utiliser pour commander le système d'irrigation à distance.

2- Définir les conditions optimales du fonctionnement du système d'irrigation.

Par conditions optimales de fonctionnement du réseau d'irrigation, on fait référence surtout aux plages de débit et de pression dans lesquelles les équipements hydromécaniques fonctionnent normalement, ces valeurs sont déjà déterminées par le bureau d'études qui a fait le dimensionnement du système d'irrigation, à cela s'ajoute les valeurs de la puissance produite par les panneaux photovoltaïques nécessaires au fonctionnement des pompes et qui dépend du rayonnement et de l'énergie solaire.

Le futur système de télégestion doit être capable de piloter les installations tout en gardant ces paramètres dans leurs valeurs optimales et dans le cas contraire le système doit arrêter tous les équipements.

3- Objectifs du futur système.

Dans le cadre du projet de la création de la ceinture verte d'une superficie totale de 633 ha autour de la ville d'OUARZAZAT, la HCEFLCD en collaboration avec l'ONG TARGA-aide envisage l'installation d'un système de télégestion qui comprend deux parties :

- La mesure à distance avec des capteurs de trois types de paramètres, hydraulique (débit, pression), électrique (tension et puissance produite par les panneaux PV) et météorologique (humidité relative, ensoleillement, vitesse du vent, pluviométrie, etc.).
- La télécommande de la station de pompage, des équipements électromécaniques et des secteurs d'irrigation à travers des électrovannes.

L'étude de la télégestion porte sur l'identification et le choix de différentes données de gestion de la station de pompage, des modules PV et du réseau d'irrigation (débit refoulé, pression en tête du réseau d'irrigation, volumes d'eau pompé, pluviométrie, ensoleillement,

humidité relative et vitesse de vent, teneur en eau dans le sol) et la proposition de différents schémas fonctionnels de télégestion et la proposition de matériels adéquats pour le schéma retenu.

Une des composantes essentielles pour rendre efficace la prise de décision dans la gestion d'un projet d'irrigation est la nécessité d'information actualisée. Pour avoir ces informations, il est nécessaire de centraliser dans un centre de décision les états actualisés des mesures météorologique et des infrastructures et équipement hydraulique depuis la prise d'aspiration jusqu'à la parcelle, pour optimiser continuellement leur fonctionnement, l'ensemble de données de mesure (débit, pression etc.) sont transmis vers un ordinateur se trouvant sur place via un support filaire et en même temps vers un autre ordinateur se trouvant à rabat via un modem GSM/GPRS.

L'objectif est alors de centraliser des mesures significatives de l'état hydraulique et météorologique des secteurs, d'intégrer les prévisions de consommation, de tenir compte des contraintes de fonctionnement des pompes, et des économies possibles de consommation d'énergie électriques pour assurer la gestion optimale de l'ensemble.

Le fonctionnement de la station de pompage et du réseau d'irrigation doit être entièrement automatique, il en résulte que l'installation devra être protégée de telle sorte qu'un incident provoque l'arrêt des ouvrages concernés et une alarme au central de contrôle.

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 à transiter dans le système sont :

- Téléalarme : Défaut réseau électrique, défaut moteur, échauffement, défaut lavage de filtre
- Télémessure : Débit de refoulement, pression de refoulement, énergie consommée, pression dans les points critiques du réseau, différence de pression au niveau des filtres, paramètre météorologique, puissance produite par les modules photovoltaïques.
- Télésignalisation : Marche/arrêt des pompes, ouverture/ fermeture des vannes.
- Télécommande : Marche/arrêt du groupe, ouverture/fermeture des vannes.

L'introduction du système de télémessure, de contrôle et de commande doit aboutir à la diminution des charges d'énergie électrique (optimisation du fonctionnement des modules

PV), économie d'eau (limitation des pertes même si c'est de l'eau usée), gain de temps (communication et transport), gain de carburant (déplacement) et une économie de personnel.

La mise en service du système de télégestion a pour tâche la gestion à distance des installations afin de pouvoir :

- Centraliser les commandes : envoyer des ordres de commande aux organes (marche/arrêt des pompes, ouverture et fermeture des électrovannes).
- Recevoir des informations concernant l'état des organes du système (installations et équipement).
- Recevoir des informations concernant la météo.
- Recevoir les informations concernant les variables mesurables (débit, pression...) et vérifier les écarts avec les valeurs de référence.
- Avoir un bilan des volumes transités.
- Emmagasiner les données reçues.
- Consulter les données en historique.
- Éditer des rapports des bilans.
- La sécurité de fonctionnement du réseau hydraulique.

4- Choix des capteurs et sondes et lieux d'implantation.

Les capteurs qui seront utilisés pour la réalisation des objectifs déjà cités sont :

- Sondes de paramètres climatiques installés au niveau de la station de pompage, ils sont en nombre de quatre : capteur de température et de l'humidité de l'air, Pyranomètre (mesure du rayonnement solaire), pluviomètre, capteur de la vitesse et la direction du vent.
- Capteur de pression implanté au niveau de la conduite de refoulement des pompes.
- Débitmètres installés au niveau de la conduite de refoulement de la station de pompage et dans l'aval des conduites primaires.
- Analyseurs de réseau électrique pour la mesure de la production des panneaux solaire.
- Deux sondes de la teneur en eau du sol installé chacune dans une zone.
- Un capteur de niveau installé dans le bassin de stockage des eaux usées.

5- Choix de l'emplacement des postes locaux de télégestion.

Les installations à contrôler et commander par les postes locaux de télégestion sont :

- L'état des pompes et des moteurs.
- Contrôle de pertes de charges (pression différentielle amont aval des filtres).
- Mesure du débit de l'eau sortant.
- Mesure de la pression sur la conduite de refoulement.
- Détecteurs de niveau dans le bassin de stockage.
- Tous les équipements électriques de la station.

Les postes locaux doivent être installés à côté des équipements déjà cités.

- **Architecture générale du système de télégestion.**

Le schéma général de l'architecture du système de la télégestion pour l'ensemble du périmètre est présenté ci-dessous.

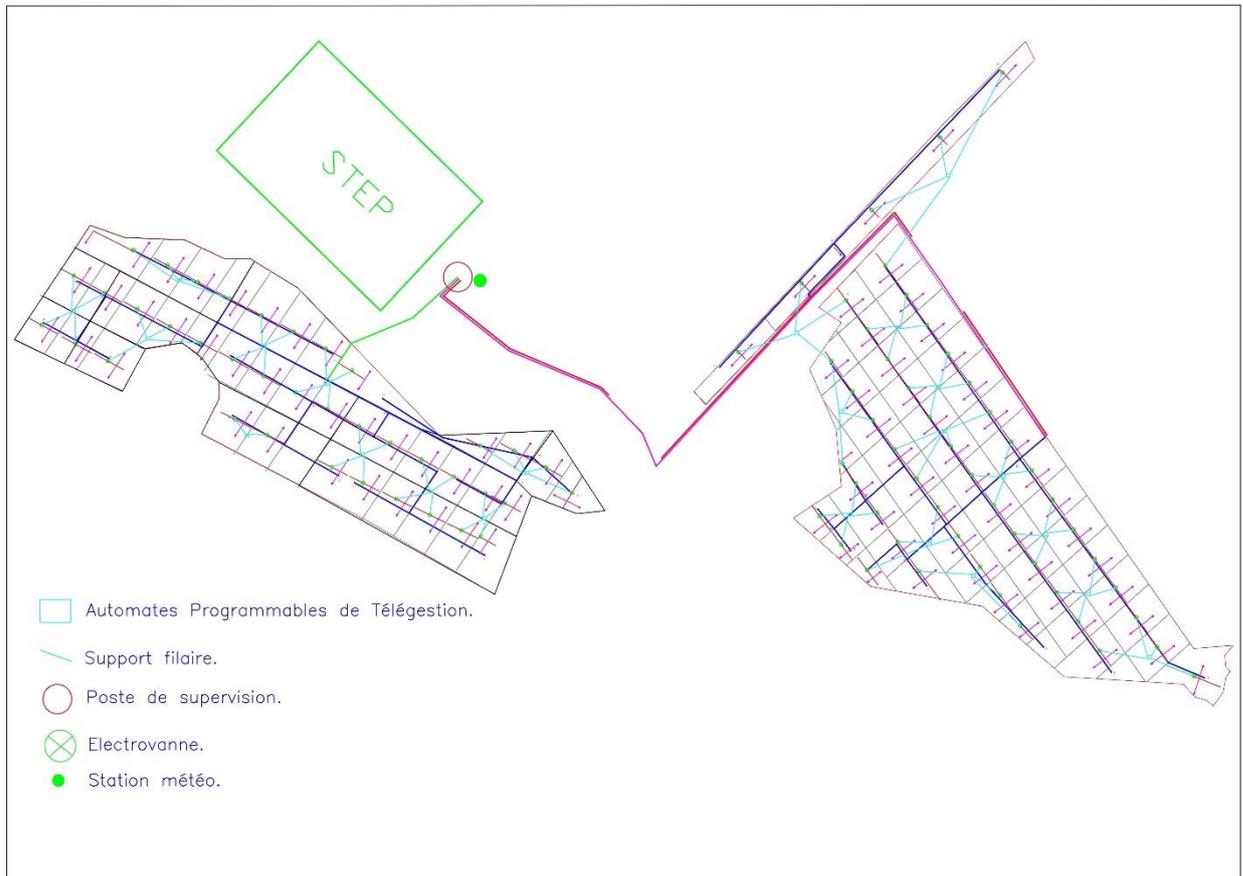


Figure 14 : L'architecture du système de la télégestion.

Le centre d'acquisition et de supervision se trouvant dans le local de la station de pompage contient les éléments suivants :

- Une Station météorologique pour la mesure des paramètres climatiques.
- Un Central d'acquisition de données (data logger) de marque Campbell et de type CR6, pour l'enregistrement et la transmission des données.
- Un Ordinateur de supervision pour le traitement des données de mesure.

Les tâches réalisées par les postes locaux de télégestion sont :

- **La Télémétrie.**

Les éléments qui constituent le système de mesure sont représentés dans le schéma suivant :

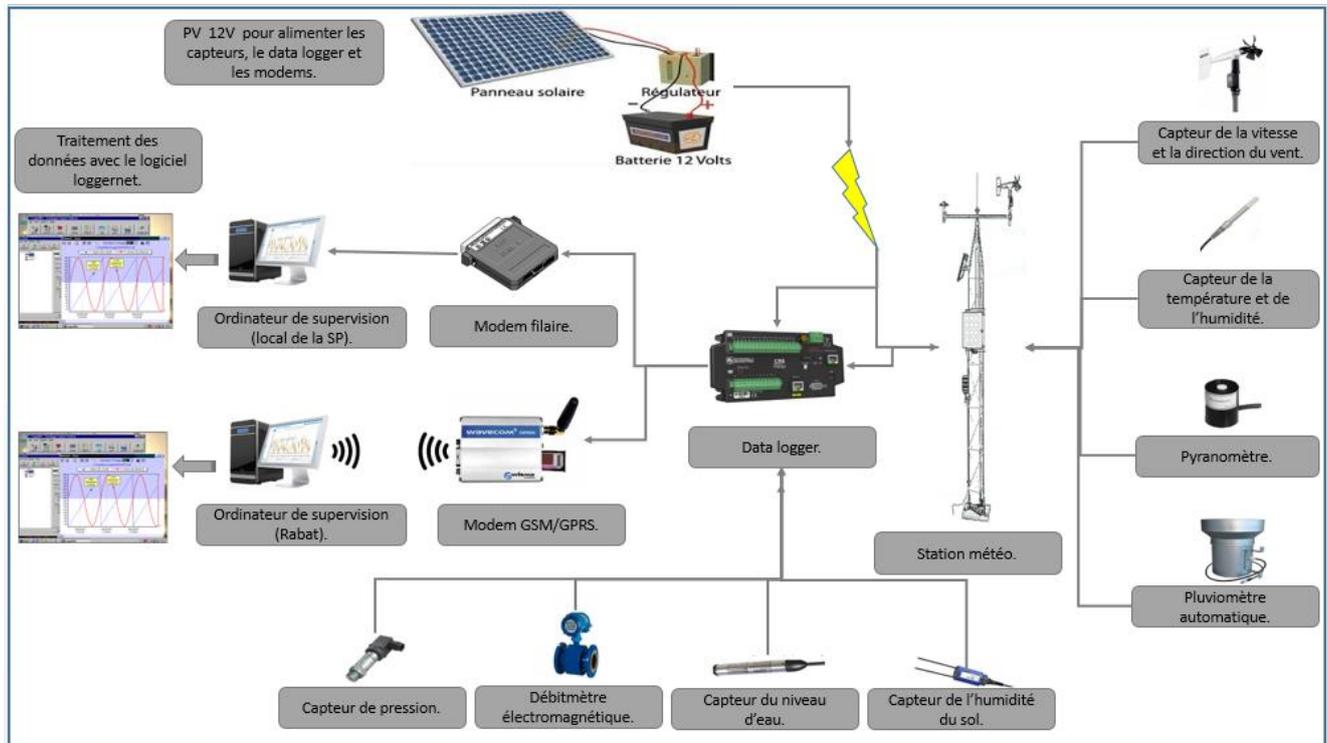


Figure 15 : L'architecture du système de la télémétrie. (2)

L'architecture du système télémétrie proposé est constituée des postes suivants :

- Un poste central à installer dans le local de la station de pompage et un autre à rabat, ce poste recevra les informations, les alarmes et enregistrera tous les informations.
- Une station météorologique constituée de sondes de paramètres climatiques.
- Des sondes de paramètres hydrauliques et électriques.
- Un data logger (voir caractéristiques dans les annexes) qui enregistre et transmet les informations captées, vers les ordinateurs.
- La communication entre les postes centraux et le data logger se fera via deux voies : via un support filaire et via un modem GSM/GPRS.

La station météo contient un équipement complet de détection météorologique sans fil, il dispose de tous les capteurs nécessaires pour la surveillance des paramètres environnementaux les plus pertinents.

Le cœur à faible puissance est totalement autonome, alimenté par panneau solaire et intègre un modem GSM qui envoie les données de surveillance à distance au logiciel loggernet pour son étude.

Le module peut mémoriser les données en cas de problème de transmission de données.

Le logiciel est capable de faire des calculs complexes tels que l'évapotranspiration, temps d'arrosage en fonction des débits des vannes, et des statistiques (moyenne, max, min, cumulatif).

La station est capable de faire la surveillance de la température, l'humidité relative, le rayonnement solaire, vitesse et direction du vent, et les précipitations, Alertes de gel.

- Consommation : 12V
- Envoie d'alarmes de seuil.
- Statistiques de calculs avancés.
- Historiques de mesures.
- Datalogger avec un nombre d'entrées analogiques illimité (extensible).

Les capteurs utilisés dans cette station sont :

- Capteur de température l'humidité relative.
- Capteur de la vitesse et la direction du vent.
- Pyranomètre pour la mesure du rayonnement global.
- Pluviomètre.



Figure 16 : Photo de la station météorologique.



Figure 17 : Photo de la centrale de mesure CR6 de marque Campbell.

- La Télécommande.

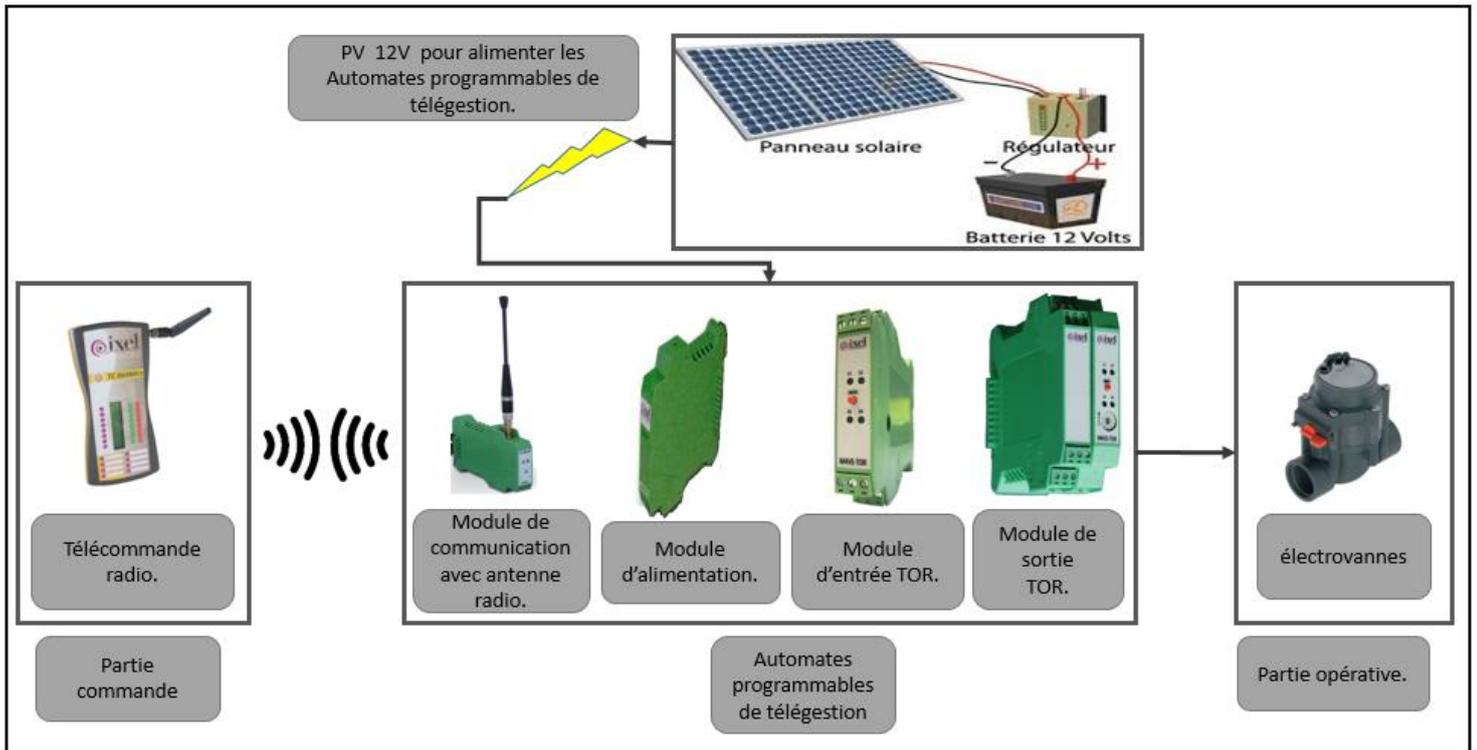


Figure 18 : L'architecture du système de la télécommande. (2)

L'architecture du système de commande à distance proposé est constituée des éléments suivants :

- Une télécommande pour contrôler à distance le fonctionnement du réseau d'irrigation
- Des automates programmables de télégestion composés de modules d'entrée et de sorties de types coraline.
- Des modules de communication qui assurent la transmission des commandes via des antennes radio d'une fréquence de 876 MHz.
- Modules d'alimentation liée à un panneau photovoltaïque de 12 V.
- 90 électrovannes pour le contrôle de l'écoulement de l'eau dans le réseau.

Le système de télégestion devra être extensible pour prévoir l'augmentation du nombre d'installation.

La communication avec d'autres équipements et contrôle devra être totalement ouverte, il devra permettre l'utilisation de divers types de support de communication de diverses marques.

Dans l'implémentation de ce système il est prévu la combinaison des équipements de gestion locale avec une mémoire élevée et fiable, afin d'assurer le stockage des données pendant une longue période de temps.

6- Choix du support de télécommunication.

En termes de communication on prévoit l'utilisation d'un système basé sur les communications GSM/GPRS, filaire et radio, le transfert des données sera effectué à chaque fois qu'un utilisateur demande ces informations.

Les mesures collectées sur les nombreux points de contrôle seront transmises par un support filaire vers un ordinateur se trouvant dans le local de la station de pompage, en plus de ça, sera installé un modem industriel GSM, qui prend en charge la liaison entre le Datalogger, le réseau GSM disponible d'un opérateur et le poste central à rabat ou les données seront traitées et archivées.

La transmission des données se fera de la manière suivante.

- L'acquisition des données sous forme d'entrée câblée (TOR ou analogique).
- Le prétraitement des données (filtrage, conversion A/N, validation, détection de seuil, détection d'erreur, horodatage).
- L'enregistrement des données sur les deux ordinateurs de supervision.
- Pour assurer le traitement des données. Il faut installer et paramétrer le logiciel Loggernet qui sert à la supervision et la gestion des données.

Les caractéristiques des supports de communication sont représentées dans les annexes

En ce qui concerne la transmission des commandes on prévoit l'utilisation d'un support de communication radio dont la fréquence est de 876 MHz.

7- Choix de l'Architecture de réseau du poste central et sa localisation.

Les postes centraux de supervision (Rabat et OUARZAZATE) auront une architecture de type monoposte et seront implantés dans la salle de contrôle de la station de pompage, et dans le local de l'ONG Targa à rabat, ils fonctionneront sous le système d'exploitation Windows.

Les informations de mesure pourront être exploitées directement par la visualisation sous la forme de synoptiques intégrés, ou via des applications Windows tel qu'Excel.

La base de données sera gérée suivant un standard informatique (ACCESS), et consultable à tout moment et peut-être sauvegardé manuellement sur un support tel qu'un CD ou sur un autre ordinateur qui est en réseau avec le poste central.

Le poste de supervision devra pouvoir assurer les fonctions suivantes :

- Offrir une vue de l'ensemble des installations à travers des vues synoptiques animées.
- Permettre l'aide dans la prise de décision lors de la commande et le réglage des équipements.
- Détecter les alarmes et les mettre en évidence par signal sonore ou par visualisation.
- Archiver les événements et générer les rapports.

8- Choix des équipements et logiciels.

- Instrumentation.

L'instrumentation de terrain sera composée des éléments suivants :

- Capteur de niveau :

Pour le contrôle et la mesure du niveau d'eau dans le bassin 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 de la station, au niveau amont et aval des filtres et aussi dans les points stratégiques du réseau il est prévu d'installer des détecteurs de pression de type piézo-résistif, les sondes de mesure dans le réseau doivent avoir une faible consommation et doivent être compatibles avec le data logger installé.

- Capteur de débit :

Pour la mesure du débit de refoulement de la station de pompage, 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 :

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

- **Logiciel de supervision.**

Loggernet est un logiciel développé par la société Campbell-scientific pour la gestion des données de ses Data logger. Il est compatible avec tous les produits de la marque Campbell, ce qui permet de rendre interactives les installations, d'automatiser des actions prédéfinies entre sites distants et de transférer des données sans ajout de paramétrage.



Figure 19 : Ecran d'accueil du logiciel loggernet.

Grâce à son importante capacité de stockage, le data logger met à la disposition du logiciel plusieurs types d'historiques :

- Les alarmes et les événements horodatés sont archivés et accessibles à partir du Journal des événements.
- Les données sont enregistrées et restituées sous forme de courbes, visualisables à partir des Graphiques (exportables sous forme de fichier texte pour une exploitation par tableur), donc à côté du logiciel loggernet il faut installer des logiciels de bureautique (traitement de texte, Excel).
- Le logiciel est capable d'archiver des données de mesures toutes les dix minutes, toutes les heures et toutes les 24 heures.

Loggnet permet de présenter les différentes informations collectées à partir de la station et du périmètre sous format de tableaux.

TIMESTAMP	RECORD	Tair_Min	Tair_Avg	Tair_Max	Humidite_R_Min	Humidite_R_Avg	Humidite_R_Max	Rayonnement_G_Min	Rayonnement_G_Avg	Rayonnement_G_Max	Energie_Solaire_Tot	Pluie_mm_Tot	Vitesse_Vent	Direction_Vent	ETo
2015-06-08 17:00:00	0	29.07	29.09	29.12	52.32	52.67	53.15	0.414	0.855	0.946	0.2820781	0	0	0	0.04
2015-06-08 18:00:00	1	29	29.05	29.1	52.13	52.89	53.82	0.063	0.559	0.905	2.013723	0	0.003	76.39	0.386
2015-06-08 19:00:00	2	28.94	29.01	29.05	52.54	52.69	52.95	0.011	0.097	0.232	0.3509541	0	0	0	0.035
2015-06-08 20:00:00	3	28.8	28.87	28.95	52.78	52.99	53.24	0	0.012	0.04	0.04243914	0	0	0	0.006
2015-06-08 21:00:00	4	28.69	28.75	28.82	53.21	53.37	53.55	0	0.008	0.025	0.0283108	0	0	0	0.004
2015-06-08 22:00:00	5	28.6	28.65	28.7	53.48	53.65	53.79	0	0.008	0.025	0.02921997	0	0	0	0.004
2015-06-08 23:00:00	6	28.5	28.56	28.62	53.75	53.87	54	0	0.008	0.029	0.0294931	0	0	0	0.004
2015-06-09 00:00:00	7	28.4	28.46	28.51	53.96	54.06	54.17	0	0.008	0.025	0.02955121	0	0	0	0.004
2015-06-09 01:00:00	8	28.3	28.36	28.41	54.14	54.31	54.48	0	0.009	0.027	0.0306997	0	0	0	0.004
2015-06-09 02:00:00	9	28.21	28.26	28.32	54.44	54.59	54.69	0	0.01	0.03	0.03449932	0	0	0	0.005
2015-06-09 03:00:00	10	28.11	28.16	28.22	54.65	54.71	54.74	0	0.009	0.029	0.03377924	0	0	0	0.005
2015-06-09 04:00:00	11	28.01	28.07	28.12	54.62	54.67	54.73	0	0.01	0.027	0.03436746	0	0	0	0.005
2015-06-09 05:00:00	12	27.9	27.96	28.02	54.55	54.6	54.66	0	0.009	0.025	0.03387692	0	0	0	0.005
2015-06-09 06:00:00	13	27.81	27.86	27.92	54.37	54.48	54.61	0	0.016	0.043	0.05590241	0	0	0	-0.055
2015-06-09 07:00:00	14	27.61	27.77	27.83	49.04	53.99	54.41	0.007	0.04	0.088	0.1434854	0	0	0	0.032
2015-06-09 08:00:00	15	26.49	27.2	27.61	40.15	45.66	50.52	0.09	0.132	0.227	0.4745169	0	0.002	285.1	0.095
2015-06-09 09:00:00	16	25.97	25.16	26.49	39.14	40.18	42.66	0.176	0.417	0.552	1.502683	0	0	0	0.277
2015-06-09 10:00:00	17	25.84	25.93	26	39.24	40.3	42.75	0.244	0.466	0.531	1.678716	0	0	0	0.327
2015-06-09 11:00:00	18	25.78	25.83	25.89	39.58	40.95	44.89	0.186	0.366	0.463	1.319344	0	0	0	0.271
2015-06-09 12:00:00	19	"NAN"	"NAN"	"NAN"	40.06	43.97	46.46	"NAN"	"NAN"	"NAN"	"NAN"	0	0	184.4	"NAN"
2015-06-09 13:00:00	20	"NAN"	"NAN"	"NAN"	46.21	46.21	46.21	"NAN"	"NAN"	"NAN"	"NAN"	0	0	0	"NAN"
2015-06-09 15:00:00	21	"NAN"	"NAN"	"NAN"	0	0	0	415	7999	5208.881	0	0	0	0	"NAN"
2015-06-11 10:00:00	22	"NAN"	"NAN"	"NAN"	0	12.28	19.1	"NAN"	"NAN"	"NAN"	"NAN"	0	0	0	"NAN"
2015-06-11 11:00:00	23	27.38	28.71	29.67	14.06	15.74	18.72	875	935	980	3365.997	0	0.682	52.95	734.6
2015-06-11 12:00:00	24	29.48	30.29	31.26	11.7	14.15	17.07	68.58	1010	1040	3635.263	3.3	1.534	216	781.2
2015-06-11 13:00:00	25	30.56	31.56	33.06	8.14	11.24	14.79	1036	1043	1051	3755.804	0	1.466	214.3	821
2015-06-11 14:00:00	26	32.26	33.17	34.34	7.42	9.16	12.15	980	1017	1042	3660.694	0	1.702	276.8	808
2015-06-11 15:00:00	27	32.63	33.44	34.2	7.588	9.61	14.32	863	926	979	3333.458	0	1.666	119	738.6
2015-06-11 16:00:00	28	33.42	34.04	34.99	7.146	9.23	12.02	657.2	782.1	863	2815.733	0	1.607	299.7	629
2015-06-11 17:00:00	29	32.88	33.72	34.32	7.004	9.83	16.8	487.2	597.2	697.9	2149.838	0	1.789	306.4	475.8
2015-06-11 18:00:00	30	30.21	31.17	32.35	16.55	19.51	22.56	258.5	352.9	450	1093.887	0	4.754	351.1	132.9
2015-06-11 19:00:00	31	27.73	29.11	30.28	19.92	22.49	25.46	57.2	154.4	258.7	555.7672	0	4.133	333.7	106.8
2015-06-11 20:00:00	32	24.55	25.94	27.75	24.76	27.34	30	0.034	12.21	56.56	43.95737	0	4.99	309	2.843
2015-06-11 21:00:00	33	22.59	23.67	24.54	28.72	31.47	34.97	0	0.015	0.057	0.05317827	0	4.082	295.2	0.097
2015-06-11 22:00:00	34	21.53	22.06	22.61	33.5	34.53	36.57	0	0.013	0.031	0.04604512	0	4.656	286.3	0.095
2015-06-11 23:00:00	35	20.5	20.91	21.53	34.27	37.09	38.73	0	0.012	0.029	0.04460194	0	4.966	273	0.091
2015-06-12 00:00:00	36	19.33	19.74	20.5	38.08	46.23	49.23	0	0.015	0.03	0.05326841	0	4.636	269.9	0.07
2015-06-12 01:00:00	37	18.71	19.08	19.33	47.15	48.06	48.96	0	0.015	0.032	0.05409457	0	4.413	272.9	0.063
2015-06-12 02:00:00	38	18.41	18.55	18.71	45.22	46.23	48.16	0	0.017	0.036	0.0620505	0	3.522	267.1	0.053
2015-06-12 03:00:00	39	17.69	18.06	18.43	43.45	45.11	46.51	0	0.017	0.032	0.06035553	0	3.113	273.2	0.048
2015-06-12 04:00:00	40	16.46	17.26	17.71	45.82	48.45	52.41	0	0.016	0.035	0.05701388	0	1.751	303.5	0.02
2015-06-12 05:00:00	41	15.49	16.19	17.07	45.3	49.1	51.65	0	0.023	0.136	0.0831302	0	1.215	304.8	0.008
2015-06-12 06:00:00	42	15.08	15.98	16.88	40.82	45.88	49.55	0.141	16.34	77.89	58.83816	0	1.012	323.4	10.26
2015-06-12 07:00:00	43	15.34	18.54	20.54	34.61	40.53	48.44	70.47	171.8	297.3	618.5038	0	0.414	294.5	118.1
2015-06-12 08:00:00	44	20.57	21.65	22.6	29.62	34.42	41.23	296.4	396.2	508.7	1426.394	0	0.523	297.5	285.2
2015-06-12 09:00:00	45	22.4	23.35	24.5	27.74	29.48	32.86	465	600	730.2	2160.131	0	0.75	326.9	438

Figure 20 : Exemple de données de mesure collectées à partir du Data logger.

Chaque écran est imprimable et peut être archivé sous différents formats. Le logiciel permet également d'exporter les données brutes au format Excel pour effectuer des traitements mathématiques plus élaborés.

Tableau 4: exemple de données de mesure.

TIME	RECORD	T air, moy	Humidité, moy	Rayonnement G, moy	Energie solaire, Tot	pluie Tot	Vitesse-vent	Direction-vent
unité		°C	%	W/m ²	kJ/m ²	mm	m/s	Degré
08/06/2015 10:20	0	29.45	50.37	8.86	2.747936	0	0.156	242.5
08/06/2015 16:30	1	29.16	50.86	0.974	0.4967042	2.8	0	0
08/06/2015 16:40	2	NAN	52.34	0.926	0.5555469	0	0	0
08/06/2015 16:50	3	29.18	52.07	0.841	0.5044109	0	0	0
08/06/2015 17:00	4	29.09	52.67	0.855	0.2820781	0	0	0
08/06/2015 17:10	5	29.09	52.49	0.838	0.5030627	0	0	0
08/06/2015 17:20	6	29.08	52.36	0.748	0.4486661	0	0	0
08/06/2015 17:30	7	29.05	52.92	0.73	0.4380464	0	0	0
08/06/2015 17:40	8	29.03	52.98	0.679	0.40761	0	0.016	76.39
08/06/2015 17:50	9	29.04	53.38	0.245	0.1470487	0	0	0
08/06/2015 18:00	10	29.04	53.19	0.115	0.06928903	0	0	0
08/06/2015 18:10	11	29.03	52.72	0.17	0.1021095	0	0	0
08/06/2015 18:20	12	29.03	52.58	0.121	0.0724436	0	0	0
08/06/2015 18:30	13	29.02	52.64	0.114	0.06827141	0	0	0
08/06/2015 18:40	14	29.01	52.7	0.095	0.05721602	0	0	0
08/06/2015 18:50	15	28.99	52.73	0.054	0.03258492	0	0	0
08/06/2015 19:00	16	28.96	52.76	0.031	0.01832867	0	0	0
08/06/2015 19:10	17	28.93	52.82	0.021	0.01272717	0	0	0
08/06/2015 19:20	18	28.9	52.89	0.015	0.008986924	0	0	0
08/06/2015 19:30	19	28.88	52.94	0.01	0.005836036	0	0	0
08/06/2015 19:40	20	28.86	53.01	0.009	0.005456242	0	0	0
08/06/2015 19:50	21	28.84	53.09	0.008	0.004846151	0	0	0
08/06/2015 20:00	22	28.82	53.18	0.008	0.004586625	0	0	0
08/06/2015 20:10	23	28.79	53.23	0.008	0.004989233	0	0	0
08/06/2015 20:20	24	28.77	53.28	0.009	0.005117388	0	0	0
08/06/2015 20:30	25	28.76	53.35	0.007	0.004240494	0	0	0
08/06/2015 20:40	26	28.74	53.41	0.007	0.004384959	0	0	0
08/06/2015 20:50	27	28.72	53.45	0.007	0.004477792	0	0	0
08/06/2015 21:00	28	28.71	53.49	0.009	0.005101215	0	0	0
08/06/2015 21:10	29	28.69	53.54	0.008	0.004938215	0	0	0
08/06/2015 21:20	30	28.68	53.59	0.008	0.005010058	0	0	0
08/06/2015 21:30	31	28.66	53.63	0.008	0.004730248	0	0	0
08/06/2015 21:40	32	28.64	53.67	0.008	0.004862375	0	0	0
08/06/2015 21:50	33	28.63	53.72	0.008	0.00489	0	0	0
08/06/2015 22:00	34	28.61	53.76	0.008	0.00478907	0	0	0
08/06/2015 22:10	35	28.6	53.79	0.008	0.00451076	0	0	0

Il génère des graphiques qui affichent les variations des grandeurs physiques mesurées. En plus de ça, les valeurs instantanées de l'installation sont consultables à tout moment, même chose pour les variations journalières, horaires et celle de toutes les dix minutes.

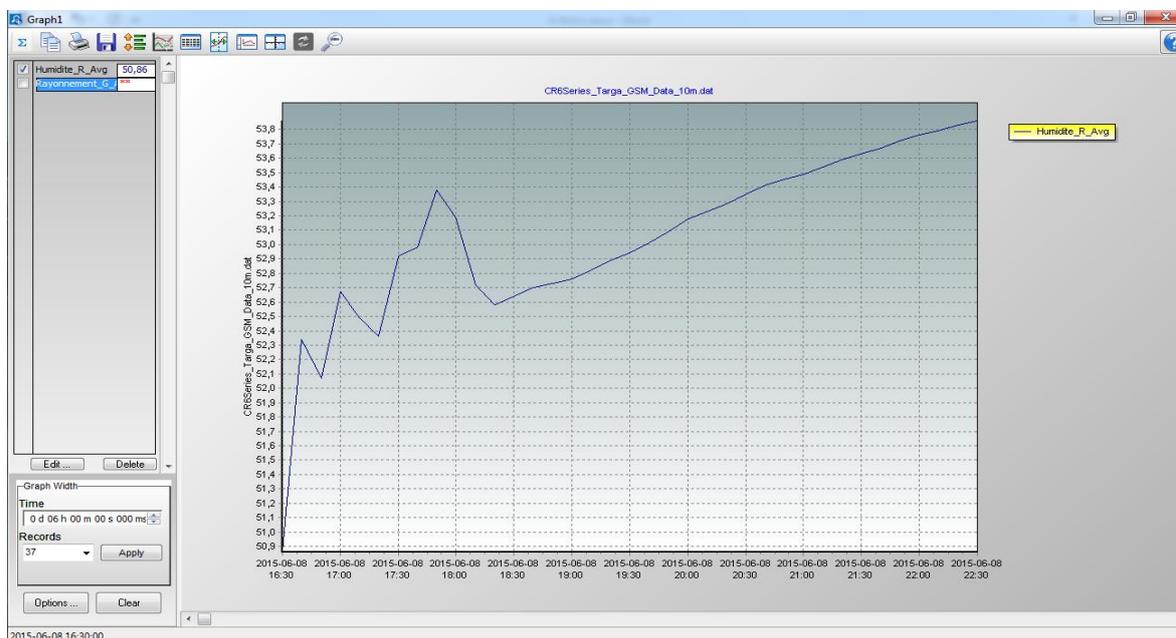


Figure 21 : Courbe de la variation de l'humidité relative en temps réel.

Le logiciel de supervision sera fonctionnant sous l'environnement de Windows doit permettre les applications suivantes :

- La surveillance des paramètres climatiques, hydrauliques et électriques.
- Gestion des données via interface Excel
- Archivage sur disque dur.
- Le réglage des paramètres.
- Le paramétrage et le suivi des données mesurées.
- La génération des courbes et de rapports.
- Le logiciel est capable de faire des calculs de valeurs statistiques tels que les moyennes annuelles et mensuelles, le cumul, etc.
- Il est possible de créer des scripts qui calculent des paramètres non mesurables par les capteurs mais calculable à partir d'autres variables mesurables (par exemple calcul de l'évapotranspiration à partir de la température, de l'humidité et de la pluviométrie).
- L'animation des courbes en temps réel et des courbes de tendance pour les grandeurs mesurées (débit, pression, niveaux, température...).

- **Animation de synoptique graphique.**

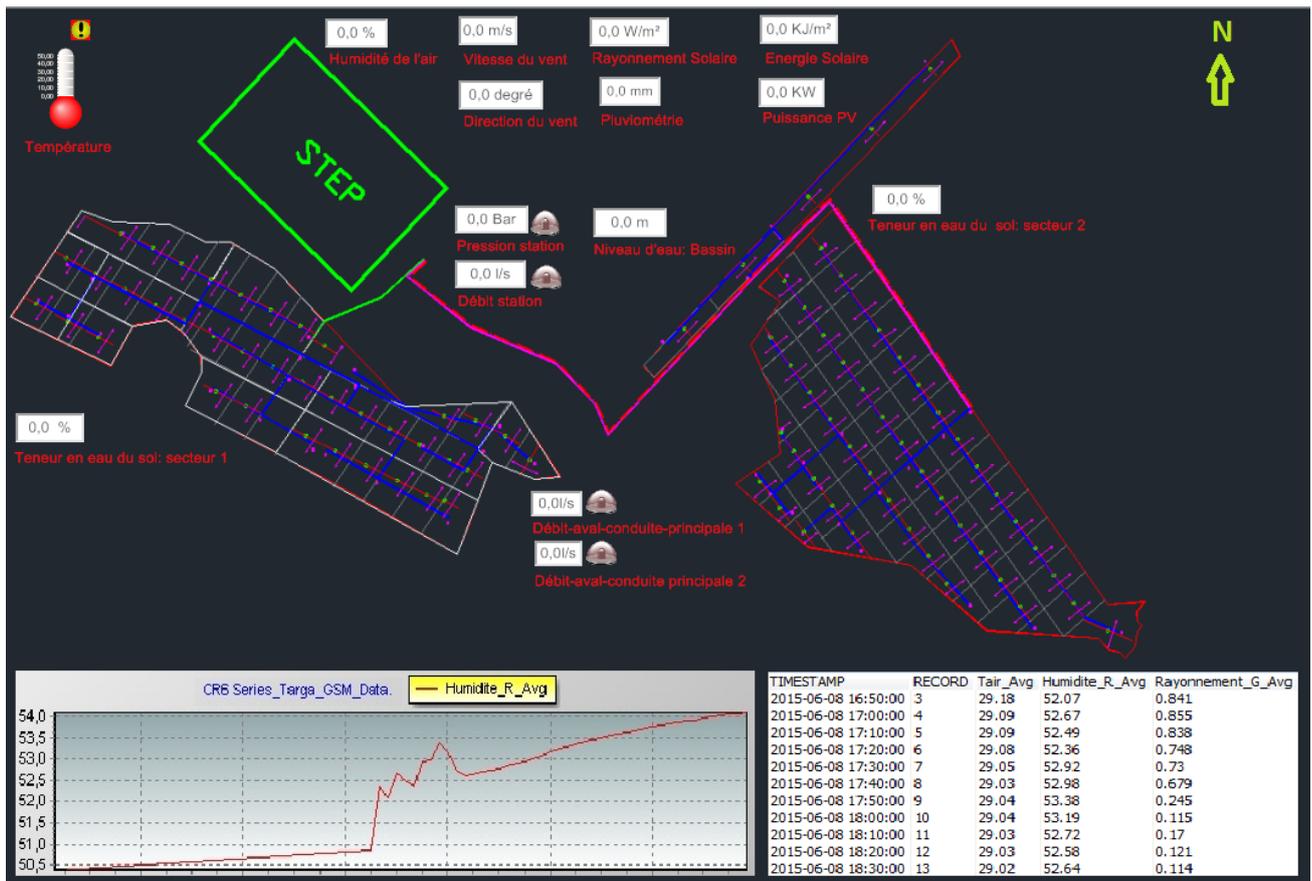


Figure 22 : Prise d'écran du synoptique graphique du périmètre.

Le logiciel permet d'afficher les valeurs courantes sous forme de liste et de symboles animés. Les Synoptiques sont construits facilement à partir d'images de plan ou de la bibliothèque d'objets fournie. Ils vous permettent de visualiser l'ensemble de votre installation, d'un seul coup d'œil. Le système graphique traite toutes les entrées et toutes les sorties sur l'écran pendant l'exploitation, il permet d'afficher en couleurs des données en cours.

L'animateur de synoptique offre une interface graphique, dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Affichage de la carte de la région digitalisée pour représenter à l'échelle les différents sites d'exploitation.
- Plan d'architecture de la télégestion.
- Plan synoptique.
- Plan de la station de pompage.
- Des courbes de variations des données en temps réel.
- Des tableaux de

9- Installation du système de télégestion.

Cette phase sera consacrée à l'installation des appareils de mesure avec l'ensemble des accessoires nécessaire pour le bon fonctionnement, ainsi que le calibrage et l'étalonnage de ces appareils, et bien sûr l'essai et la mesure de l'ensemble.

Le travail à réaliser pour assurer l'automatisation et la télégestion est spécialement :

- L'installation des appareils de mesure et des capteurs.
- L'installation d'équipements de télégestion nécessaire à l'automatisme la et télémessure (API ou RTU, data logger, interface homme machine (IHM), système informatique pour la supervision).
- La mise en œuvre de l'installation électrique liée à la télégestion (alimentation par PV, relais thermique, contacteur).
- Alimentation des électrovannes éloignée par des PV.

Pour la réalisation de l'objectif défini dans ce qui précède, il est nécessaire de :

- Acheter, monter, connecter, paramétrer et mettre en service tout le hardware nécessaire à la partie mesure et commande.
- Acheter, monter, connecter, paramétrer et mettre en service l'équipement de communication (antennes radio, modem) dans toute l'installation.
- Acheter, monter, connecter, paramétrer et mettre en service les automates de télégestion (équipement de commande à distance).
- Acheter, installer, et monter le support physique du réseau de communications (pylônes, bras de montage...).
- Acheter, monter, tout l'équipement d'alimentation en énergie électrique (panneaux solaires, secteur)
- Former les opérateurs du système.
- Réaliser les travaux de génie civil.

10- Suivi du projet et formation du personnel exploitant.

Jusqu'à présent le projet n'est pas totalement achevé, vu le manque de temps, seules les sondes des paramètres climatiques sont installées, le reste des installations sera réalisé dans un avenir proche.

Le personnel doit être associé dès la conception du nouvel outil en étant consulté régulièrement, la redéfinition du rôle de chacun passe par l'acquisition de nouvelles compétences et donc d'une formation nouvelle et suivie du personnel.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS.

La réussite d'un système de télégestion quelconque au Maroc dépend de toutes les phases antérieures déjà développées, qui commencent par la formulation du problème et se terminent par l'exploitation et la maintenance.

Suivant la complexité du système et le degré d'urgence, on a le choix entre un automatisme complet ou par étapes et par site, la télégestion par étapes ou par site est une solution qui permet une transition technologique en douceur ainsi qu'une résolution des problèmes par niveau selon leur importance.

Les techniques et matériels en matière de télégestion sont très ouvertes dans leurs possibilités et très divers dans leurs solutions. Et donc pour ne pas compliquer l'exploitation et éviter des frais de maintenance très élevés, il faut définir précisément les objectifs du système et ne pas dépasser le seuil de complexité résolvant juste le problème posé.

Les systèmes de télégestion des réseaux d'irrigation existants au Maroc ne sont pas assez sophistiqués et sont en général dédiés seulement à la surveillance d'une partie des installations (canal principal, station de pompage...). Les gestionnaires de ces réseaux sont ainsi appelés à en faire un moyen essentiel qui permet d'optimiser le fonctionnement de leurs réseaux en exploitant les différentes possibilités que les produits de télégestion offrent aujourd'hui en matière d'outils d'aide à la prise de décisions.

Le GSM/GPRS est un support de communication souple, facile à installer et nécessite des coûts d'investissement et d'exploitation faibles par rapport aux autres supports, donc il est de loin la meilleure solution surtout dans la transmission des données de mesure en temps réel.

Dans le cas de la transmission par radio, il est vivement conseillé de procéder par une étude de la propagation des ondes à travers l'espace dans lequel les antennes sont installées, une telle étude permet d'éviter des coupures de communication entre les différents sites.

Lors de la conception du système de télégestion à mettre en place, il faut faire en sorte qu'il soit extensible pour permettre une extension dans l'avenir aussi bien en matière de capacités de traitement des données qu'en matière de fonctionnalités.

La phase conception doit être minutieusement préparée pour choisir la solution technique la plus convenable, pour mieux répondre aux besoins de gestion des réseaux et bien

évidemment pour optimiser les coûts. La formation du personnel qui va s'approprier ces technologies (gérant, exploitants, personnel de maintenance, preneurs...), est nécessaire pour assurer la pérennité et la bonne utilisation des systèmes.

La démarche de conception du système de télégestion proposée dans ce mémoire n'est pas la seule alternative possible, néanmoins elle donnera une vision approfondie au gérant de réseaux d'irrigation, voulant installer un système de télégestion et aidera à mieux définir les besoins et à choisir les grands axes de l'application, ce qui permet, par exemple, de faciliter la communication avec les entreprises chargées des études, il faut également l'améliorer pour l'adapter pour des périmètres d'irrigation plus large.

Ce travail de fin d'études doit être généralisé pour tous les périmètres de la ceinture verte et doit être poursuivi pour les prochaines promotions et. En effet, différents aspects n'ont pas été traités profondément, notamment la comparaison technico-économique entre les différents supports de communication, l'apport de la télégestion en termes d'économie des dépenses, étude du gain en termes de consommation énergétique, etc.

Enfin, il convient de souligner que ce mémoire de fin d'étude a été l'occasion d'un enrichissement personnel par l'acquisition d'une expérience pratique et professionnelle importante (implication dans un projet concret, visites sur le terrain).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- [1] fondation de l'eau, (2012), la télégestion des réseaux : principes, matériels et équipements d'exploitation, document de recherche, France, 12 p.
- [2] OFFICE OF THE MANAGER NATIONAL COMMUNICATIONS SYSTEM (2004), Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems, 76 p.
- [3] Juniper networks, (2010), Architecture for SECURE SCADA AND DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM NETWORKS, 13 p.
- [4] CNRS (2003), Guides et documents internes DSI proposés pour sensibiliser à l'ergonomie des IHM, Direction des Système d'Information, France, 52 p.
- [5] LAHLOU. Z (2002) System Control and Data Acquisition (SCADA), article.
- [6] Bob Forbes (2003) Top Ten Internet Scada Mistakes. Electric Energy T & D Magazine, pp 25-27.
- [7] Magnaudet, M. (2014). Qu'est-ce que programmer une interface adaptative.
- [8] SOFREL, (1994) Manuel de la télégestion version 3.0.SOFREL Telecontrol, Rennes, France.
- [9] NAHAR YOUSOUF. M (2005), Télégestion des systèmes d'eau potable et d'assainissement au Maroc, mémoire de fin d'études, IAV Hassan II, Rabat, 112 p.
- [10] Siemens (2005), Guide Logiciel de télégestion ACS série 700, livre, (sans lieu), 45 p.
- [12] Autorité de régulation des Communications électroniques et des Postes (2015), Grands dossiers, La gestion du spectre hertzien, article, France, 13 p.
- [13] SCI Norstar NRU, Guide abrégé des outils de télégestion, dixième édition, France.
- [14] Georges Asch (2010), Les capteurs en instrumentation industrielle, rapport de recherche.
- [15] F. Baudoin, M. Lavabre, (2007) Capteurs : principes et utilisations. Casteilla, 41 p.
- [16] Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), (2013), Water at a Glance.

RÉFÉRENCES WEBOGRAPHIQUES

- (1) <http://www.lacroix-sofrel.fr/content/postes-locaux-de-telégulation-s500-th>
- (2) www.campbellsci.com
- (3) www.automation-sense.com
- (4) <https://fr.wikipedia.org/wiki/RS-232>
- (5) <http://www.andee.fr/index.php/blog/12-visite-guidee-de-la-telephonie>
- (6) www.commentcamarche.net/contents/539-tcp-ip
- (7) www.controlglobal.com/articles/2013/product-roundup-hmi/

ANNEXES.

Devis du matériel de mesure.



COMPAGNIE DE FOURNITURE D'APPAREILLAGE SCIENTIFIQUE

2 & 3, Rue Ibnou Al Arif – Msarif – Casablanca 20 330
 Tél. : (212) 5 22 23 29 85 / 5 22 23 00 76
 (212) 5 22 23 06 99 / 5 22 23 06 94
 Fax : (212) 5 22 23 20 33 / 5 22 99 46 56
 E-mail : info@cofas.ma

2 و 3 زقة ابن العريف - المسارف - الدار البيضاء 20 330
 الهاتف : (212) 5 22 23 29 85 / 5 22 23 00 76
 (212) 5 22 23 06 99 / 5 22 23 06 94
 الفاكس : (212) 5 22 23 20 33 / 5 22 99 46 56
 البريد الإلكتروني : info@cofas.ma

**TARGA
RABAT**

DEVIS N°: DV15403 du 25.03.2015

A L'ATTENTION DE Pr. Abdeslam DAHMAN SAIDI

Monsieur,

Comme suite à votre demande, nous avons l'avantage de vous faire parvenir ci-après, notre meilleure offre de prix et délai de livraison comme suit :

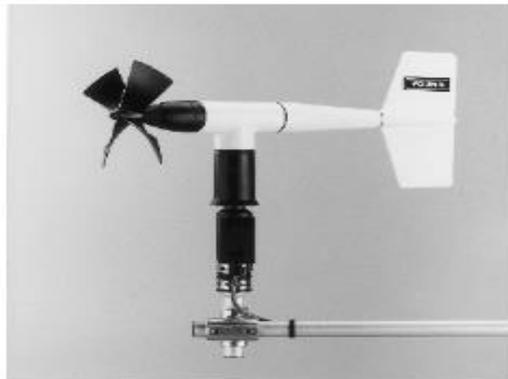
DESIGNATIONS DES ARTICLES	QTE	P.U/DH/H.T.	P.TOTAL/DH/H.T.
STATION METEOROLOGIQUE AUTOMATIQUE			
CR6 Centrale de mesure et de contrôle de marque CAMPBELL SCIENTIFIC avec Micro SD 2G carte d'extension mémoire de 2 Giga	01	31.750,00	31.750,00
BP7 Batterie 7 Ah	01	1.900,00	1.900,00
Panneau solaire SP10 de 10 Watt	01	2.970,00	2.970,00
Coffret ENC 12/14 + kit de montage	01	4.950,00	4.950,00
Logiciel Loggernet de marque CAMPBELL SCIENTIFIQUE	01	9.350,00	9.350,00
Capteur de température et d'humidité type CS215, de marque CAMPBELL SCIENTIFIQUE	01	3.850,00	3.850,00
Abri type Met20 pour capteur de température et d'humidité CS215	01	1.980,00	1.980,00
Pyranomètre SP-1110 + embase de fixation (pour la mesure du rayonnement Global)	01	5.500,00	5.500,00
Pluviomètre automatique de marque LAMBRECHT + support de 1.5 m	01	15.400,00	15.400,00
Capteur de vitesse et de direction du vent de marque YOUNG et de type 05103	01	14.850,00	14.850,00
Bras de montage du capteur vent et rayonnement + Nuraïl de fixation	01	2.640,00	2.640,00
Mât support de 4 m	01	4.400,00	4.400,00
Parc météorologique (6x6) m avec dalette et assise pour les instruments	01	11.000,00	11.000,00
Kit de protection contre la foudre + fixation	01	330,00	330,00
KIT de Transmission filaire : pour connecter une centrale d'acquisition à un PC pour une distance supérieur à 10 mètres.	01	6.050,00	6.050,00
Kit de transmission GSM (Emetteur – Récepteur) de marque Erco&Gener et de type GenPro 20e	01	6.000,00	6.000,00
Installation et mise en service sur site (installation génie civil du parc météorologique, Installation du matériel, Installation d'une prise de terre, Configuration et mise en service de la station)	01 forfait	8.800,00	8.800,00
PRIX TOTAL DH/HT			131.720,00

SARL au Capital de 5.000.000 DH – CCP RABAT 3852-51 – Registre de commerce 49781 – CNSS 1237454
 PATENTE 35701034 – T.V.A 703937. – Identifiant Fiscal 01000609



Moniteur de Vent 05103

Vitesse et direction du vent



Un capteur de bonne qualité combinant à la fois les mesures de la vitesse et direction du vent.

Description

Le moniteur de vent (Wind Monitor) mesure la vitesse horizontale du vent et sa direction. Ce capteur a été conçu à l'origine pour les bouées marines. Il est robuste, solide, résistant à la corrosion tout en étant précis et léger.

Construction

Le corps principal, le nez, l'hélice, et les parties internes sont en plastique moulé sous injection, résistant aux UV. Ce plastique offre une résistance à la corrosion des atmosphères marines et polluées.

L'hélice et le support vertical utilisent des roulements à billes de qualité en acier inoxydable. Les roulements ont un joint en Téflon à contact léger, l'isolation contre l'humidité et la poussière est assurée par une graisse à faible force de torsion sur une large plage de température, pour éviter les contaminations et les moisissures.

Principe

La rotation de l'hélice à quatre palettes hélicoïdales fournit un signal sinusoïdal ayant une fréquence proportionnelle à la vitesse du vent. Ce signal alternatif est induit dans une bobine fixe par six aimants montés sur l'axe de l'hélice. La bobine est installée sur la partie centrale non tournante du support principal. Ceci élimine les contacts tournant et les brosses. Chaque révolution de l'hélice fournit trois cycles du signal sinusoïdal.

La position de la girouette est transmise par un potentiomètre de précision de 10k Ω en plastique conducteur. Il nécessite une tension d'excitation régulée. Le signal de sortie est la réponse à une tension d'alimentation régulée commutée. Il est directement proportionnel à l'angle d'azimut.

Fonctionnalités clés

Vitesse du vent précis à $\pm 0,3\text{ms}^{-1}$, direction du vent à $\pm 3^\circ$

Mesure de la vitesse du vent max. : 60ms^{-1} (130mph), résistant aux bourrasques 100ms^{-1} (220mph)

Un capteur combiné simplifie l'installation

Connexion directe aux centrales de mesure de Campbell Scientific

D'autres modèles sont disponibles tels que : le 05103LM (avec le conditionneur 4-20mA) et la version marine le 05106

Applications types

Recherche sur l'énergie éolienne

Micrométéorologie

Données climatiques pour les systèmes de contrôle de pollution

Stations météorologiques routières



Reliable charging sources for remote locations

Photovoltaic power sources

Overview

Solar panels are photovoltaic power sources capable of recharging batteries. The minimum battery size and solar panel output required depends on 1) the average current drain of the system, 2) the maximum time the battery must supply power to the system without being charged, and 3) the location of the site. If you need assistance in selecting a solar panel, refer to our Power Supplies brochure, application note, or contact a Campbell Scientific Applications Engineer.

Solar panel characteristics assume 1 kW m² illumination and 25 °C solar panel temperature. Individual panels may vary up to 10%. The output panel voltage increases as the panel temperature decreases. All solar panels are shipped with hardware for mounting to a tripod or tower.

SP5-Series 5-Watt Solar Panels

The SP5-series solar panels are intended only for CR200(X)-series applications that have minimal power requirements.

- **SP5's** cable has a 4.5 m length and can be fitted with a connector that mates with the ENC200 enclosure's power connector.

SP10-Series 10-Watt Solar Panels

The SP10-series solar panels source sufficient current for many system configurations at most tropical to temperate latitudes. These solar panels include a 4.5 m cable. The models differ as follows:

- **SP10** uses the regulator in the PS100, PS200, CR3000, CR5000 or CR9000X to recharge their internal batteries. A CH100 or CH200 regulator is required to recharge the BP12, BP17 or BP24 batteries. The SP10's cable has stripped leads

that connect to the power supply or datalogger battery base.

- **SP10R** is supplied with a regulator. It can recharge a user-supplied deep-cycle battery. The SP10R's cable has stripped leads that connect to the battery. Please note that the SP10R draws a continuous 5 mA current drain.

SP30-Series 30-Watt Solar Panels

The SP30-series solar panels are often used for system configurations that have higher than average power requirements, or in higher elevation and latitude locations. The models differ as follows:

SP30 uses the regulator in the PS100, PS200, CR3000, CR5000, CR7, or CR9000X to recharge their internal batteries. The SP30 has a 5 m cable with stripped leads that connect to the power supply or datalogger battery base.

- **SP30R** is supplied with a regulator. It can recharge a user-supplied deep-cycle battery. This solar panel has a 5 m cable with stripped leads that connect to the battery. Please note that, the SP30R draws a continuous 5 mA current drain.

SP60 60-Watt Solar Panels

The SP60 solar panel is used for our CS110 Electric Field Meter or other systems that require 60 W solar panels. It needs to be connected to either a CH200 Smart Charge Controller or 008116 Morningstar SunSaver regulator (see below).

The SP60 has a 5 m standard length; maximum length is 15 m.

NOTE: Power ratings quoted on this sales leaflet apply to European customers only.

More info: +44(0) 1509 828 888

campbellsci.co.uk/index.cfm?id=129



Capteur de température et d'humidité relative CS215



Un capteur à faible coût pour de multiples applications environnementales.

Introduction

Le CS215 utilise un nouvel élément fabriqué en Suisse, basé sur la technologie CMOSens® ; celle-ci offre une bonne précision de mesure et une excellente stabilité.

Ces éléments ont été testés en Suisse durant quelques années en montagne (les Alpes) et ont montré qu'ils fonctionnaient bien dans les limites des caractéristiques énoncées, même dans des conditions extrêmes.

Le capteur CS215 est spécialement dédié à une utilisation dans les champs et il a une dimension lui permettant d'être utilisé dans les abris non ventilés les plus communs (voir le verso de la fiche).

Le capteur fournit un signal de sortie au format SDI-12, ce qui lui assure un câblage simple et une compatibilité avec de multiples systèmes d'acquisition de mesure

Étalonnage sur le terrain

Il est facile d'effectuer un étalonnage du capteur, en changeant tout simplement la partie sensible du capteur. Etant donné que la partie sensible est étalonnée individuellement en usine, il n'est plus nécessaire d'effectuer un ajustement du capteur, car le fait de changer la partie sensible du capteur, équivaut à lui redonner sa configuration d'usine aussi bien pour la température que pour l'humidité relative.

Cette caractéristique permet donc d'étalonner le capteur sur le terrain, sans interrompre les mesures sur une longue période et pour un coût relativement peu élevé.

Fonctionnalités clés

Utilise un nouvel élément de mesure numérique combinée pour l'humidité relative et la température

Le changement de l'élément sensible est possible sur site, pour un étalonnage rapide

La sortie numérique SDI-12 permet d'utiliser des longueurs de câble importantes, sans ajouter des erreurs de mesure

La programmation de la centrale de mesure est simple

Applications types

Station météo automatique

Contrôle et surveillance de l'environnement

Suivi de moisissure dans les matériaux de construction

Janvier 2010

Caractéristiques de la sonde CS215

Partie sensible : Sensirion SHT75

Mesure d'humidité relative :

Étendue de mesure : 0 à 100 % HR

Précision (à 25°C) : ± 2 % entre 10 et 90 % ;
± 4 % entre 0 et 100 %

Hystérésis à court terme : < 1% RH

Dépendance à la température : meilleure
que ± 2 % entre -20 et +60 °C

Stabilité à long terme (typique) :
± 1 % par an

Temps de réponse avec le filtre : <10 sec
(63 % du temps de réponse avec 1 m/sec
de mouvement d'air)

Traçabilité de l'étalonnage :
Standards NIST et NPL

Mesure de température :

Étendue de mesure : de -40°C à +70 °C

Précision : ± 0,3°C à 25°C,
± 0,4°C entre +5°C et +40°C ;
± 0,9°C entre -40°C et +70°C

Temps de réponse avec le filtre :
<120 sec (63% du temps de réponse
avec 1 m/sec de mouvement d'air)

Caractéristiques électriques

Tension d'alimentation : De 6 à 16VCC

Consommation en courant :
120 µA typique en veille, 1,7 mA pendant
la mesure (qui nécessite 0,7 sec)

Conformité CEM : testé et conforme à la
norme IEC61326 :2002

Signal de sortie du capteur

Protocole de communication : SDI-12
V1.3 (répond à une partie des
commandes définies par le protocole)

Résolution en sortie : 0,03 % HR ; 0,01°C

Caractéristiques physiques

Température de fonctionnement :
de -40 à +70°C

Poids : 150 g (comprenant 3 m de câble)

Longueur standard du câble : 3 m

Type de câble : câble résistant aux
faibles températures, avec un
revêtement en Santoprene.

Matériau de revêtement : Aluminium
anodisé

Classification du revêtement : IP65
(NEMA 4)

Protection du capteur : Capuchon / filtre
en polypropylène de haute densité et
fritté, avec des pores de taille moyenne
de 10 µm

Dimension :

Diamètre 12 mm à son extrémité
18 mm au niveau de la
jonction avec le câble

Longueur 180 mm, attache du câble
incluse.

Montage

Lorsque le capteur est utilisé en plein air, il est courant d'installer le capteur dans un abri, qui protège le capteur des rayonnements solaires, pour empêcher celui-ci de s'échauffer pour éviter des erreurs dans les mesures. Cet abri protège aussi le capteur des intempéries comme par exemple, la grêle ou les pluies battantes. Le type le plus commun d'abri est relativement petit, l'écran naturellement ventilé, nécessite une maintenance peu contraignante et sans aucune alimentation électrique. Campbell Scientific propose et recommande l'abri MET20 pour cette sonde, car il fonctionne mieux que la plupart des autres abris d'une conception semblable. L'abri MET21 peut être aussi utiliser pour sensiblement une meilleure précision et un coût légèrement supérieur.

N'hésitez pas à nous demander la fiche technique des abris MET20 et MET21, pour de plus amples détails. Pour un suivi à long terme des mesures, quelques services météorologiques exigent parfois l'utilisation d'écrans de type Stevenson, plus grands et plus onéreux. Alternativement, pour une meilleure précision un abri à ventilation forcée peut être utilisé, bien que ce type d'abri nécessite une alimentation. Veuillez contacter Campbell Scientific pour de plus amples informations à ce sujet.



Une centrale de mesure, d'innombrables applications

Dotée de la technologie cordes vibrantes

Aperçu

La centrale d'acquisition de mesure et de contrôle CR6 est le cœur indispensable de vos systèmes de mesure sur le terrain. Nous avons combiné le meilleur de nos centrales de mesure et nous y avons ajouté des communications plus rapides, une faible consommation, un port USB, un faible encombrement et amélioré la vitesse de scru-

tation ainsi que sa résolution. La CR6 est conçue avec de nouvelles voies universelles "U", un ingénieux système qui permet virtuellement de configurer n'importe quel capteur qu'il soit analogique, numérique ou "intelligent". C'est aussi la première centrale de mesure multifonction capable d'utiliser directement des capteurs à cordes vibrantes.

Avantages et caractéristiques

- › Très polyvalente - Outil d'acquisition de données universel
- › Possibilités de configurer chaque voie U de multiples façons : en analogique ou en numérique, en entrée ou en sortie
- › Mesures directes de cordes vibrantes à l'aide de notre analyse spectrale brevetée
- › Protections contre les surtensions sur toutes les voies
- › Alimentation flexible par panneau solaire, alimentation CC, batterie 12V ou USB
- › Communication Ethernet 10/100 intégrée
- › Câblage facilité sur des borniers amovibles
- › Lecteur de carte MicroSD pour augmenter la capacité mémoire
- › Prise en charge des capteurs séries en RS-232 et RS-485
- › CPI inclus pour accueillir les modules de nouvelles générations (CDM) de Campbell.
- › Programmable avec l'éditeur CRBasic ou le générateur de programme SCWin, entièrement compatible PakBus
- › Système d'exploitation commun (OS) avec les centrales d'acquisition de données CRBasic CR1000 et CR3000

Spécifications

- › **CPU:** 32 bits avec un hardware FPU, échantillonnage à 100 MHz
- › **Mémoire interne:** 4 MB SRAM pour le stockage de données, 6 MB flash pour l'OS, 1 MB flash pour les programmes
- › **MicroSD Drive** pour une extension mémoire jusqu'à 16 GB
- › **Précision de l'horloge:** ±3 min par an, en option GPS correction à 10 µs
- › **Micro USB** pour une connexion directe sur PC (source d'alimentation limitée lors de la configuration), 2.0 vitesse maximum, 12 Mbps
- › **10/100 Ethernet RJ-45** pour la connexion LAN
- › **Port CS I/O** pour la connexion aux modems et aux afficheurs de Campbell Scientific
- › **Port CPI** pour ajouter des modules Campbell de type CDM
- › **Bornier** pour 12V régulé ou batterie 12V VRLA pour mode UPS (régulateur intégré)
- › **Bornier** d'alimentation pour un convertisseur de 16 à 32V CC ou un panneau solaire de 12 à 24V
- › **Deux commutateurs 12V** pour l'alimentation de capteurs ou d'interfaces de communication, 1100 mA @ 20°C
- › **Borne d'alimentation 12 V continu**

Plus d'info : 01 56 45 15 20
www.campbellsci.fr/cr6





Coffret ENC 12/14 contenant une alimentation PS100E et un module CR10X

Description des coffrets

Les coffrets de la série ENC sont fabriqués en polyester renforcé par fibre de verre et ne nécessitent pas un pare-soleil conventionnel. Ils peuvent être montés tels-quels sur un mur, ou sur un mât/trépied à l'aide d'un support. Des attaches appropriées sont incluses aux tours ATW3, UT920 ou UT930*. La porte a une fermeture permettant l'ajout d'un cadenas.

Une plaque en aluminium anodisée est montée au fond du coffret. Elle est perforée et permet de visser (à l'aide d'insert en plastique) des alimentations, des périphériques et des centrales. Ces inserts sont installés par simple pression. Ceci permet un montage rapide des éléments à l'intérieur du coffret.

Un petit presse-étoupe et une ventilation sont installés à la base du coffret. La ventilation permet un équilibre entre la pression interne et externe du coffret (ce qui est nécessaire lors de l'utilisation

Cette fiche technique décrit :

Les coffrets :
ENC 10/12, ENC 12/14,
ENC 16/18 et AM-ENC

Les alimentations :
PS100E-LA, BP17E-LA,
BP24E-LA, BPE-ALK
et PS100E-A100.



Coffret ENC 12/14 attaché à un trépied de Campbell Scientific

de capteurs de pression atmosphérique ou de transducteurs de pression). La ventilation évite également une surpression du coffret au cas où un incident se produirait lors du chargement des batteries. Un bouchon est fourni au cas où il faille obstruer la ventilation.

Passage des câbles

Nous recommandons d'utiliser des prises étanches pour le raccordement des capteurs au coffret. Cependant un presse-étoupe** suffisamment large est présent et peut être utilisé pour l'entrée directe des câbles dans le coffret. Une prise de terre est également installée pour le branchement d'un câble externe de mise à la terre. Du déshydratant est fourni afin de maintenir une atmosphère sèche à l'intérieur du coffret.

* Prévoir des attaches spéciales pour l'ENC 16/18.

** L'ENC 16/18 a un large presse-étoupe.

Installations des Éléments

Lorsque le coffret est acheté avec un système complet, les éléments y sont installés. Un petit périphérique peut être ajouté à une alimentation et une centrale CR200 dans le coffret ENC 10/12 (par exemple, le GSM et la CR200). Le coffret ENC 12/14 accepte la plupart des périphériques y compris le multiplexeur AM16/32A pour lequel deux perforations supplémentaires ont été faites dans la moitié inférieure de la plaque de montage.

Le coffret ENC 16/18 convient aux applications spéciales, ex. l'ajout d'un grand nombre de périphériques, ou bien si vous avez besoin de l'alimentation BP24E

NOTEZ : la BP24E ne rentrera pas dans un ENC 10/12 ou ENC 12/14

Caractéristiques

Matériau :

Fibre de verre compressée à chaud et moulée à 25%, renforcée par du polyester, stabilisée pour les UV.

Indice de protection :

IP66 avec charnière et morillon (IP68 sur demande en option)

Gamme de température :

-50°C à +150°C

Dimensions internes :

Emplacement disponible sur le châssis H x L x P (mm)
ENC 10/12 (Seulement pour la CR200) : 305 x 255 x 114
ENC 12/14 : 356 x 305 x 140
ENC 16/18 : 457 x 406 x 228

Espace occupé par le châssis :

25,4mm de profondeur

MET 20 et MET 21 Abris à ventilation naturelle



L'abri miniature à ventilation naturelle MET20

Ces abris à ventilation naturelle sont conçus pour les capteurs de température et d'humidité afin de les protéger des effets d'échauffement dus aux rayonnements solaires et aussi de les protéger d'une exposition directe à la pluie et à la neige.

La conception des MET20 et MET21 améliore les performances techniques de ces abris comparés à des abris concurrents, en maintenant un coût très abordable.

La plupart des abris miniatures non ventilés s'échauffent lorsque le rayonnement solaire est important et que la vitesse du vent est faible. Des problèmes apparaissent lorsque qu'en hiver l'angle du soleil est bas ou lorsque la neige réfléchit le rayonnement solaire. Cet abri est recouvert à l'extérieur par une surface blanche réfléchissante combinée à une barrière interne noir non réfléchissante à claire-voie, pour éviter que le rayonnement solaire n'atteigne le capteur, tout en

maintenant un courant d'air naturel sur le capteur (voir la photo au verso de cette fiche technique). Ce montage original est beaucoup plus efficace pour bloquer le rayonnement solaire, cela permet au capteur installé à l'intérieur de l'abri de donner une valeur plus représentative de la vraie température et de l'humidité relative. Les erreurs dans des conditions défavorables sont en général la moitié de celles comparées à des abris semblables non ventilés.

La forme des volets à claire-voie ouverts vers le bas est basée sur une conception utilisée dans un écran moderne de type Stevenson, réalisé par le même fabricant.

Les MET20 et MET21 sont vendus aux services météorologiques nationaux dans le monde entier.

Fonctionnalités clés

Mesures plus précises comparées à d'autres abris

Pas d'alimentation nécessaire

Bon marché comparé à l'abri de type Stevenson

Bonne protection des capteurs de la pluie

Installation rapide et facile

De conception robuste, cet abri a été conçu pour fonctionner longtemps

UT 930/4 Tour de 4 mètres

Le choix professionnel pour des stations météorologiques Automatiques

DESCRIPTION

L'UT930/4 est un mât de quatre mètres à section triangulaire de 20cm de côté, et comprenant trois tubes en matière inoxydable, stabilisés et assemblés par un tube plein en acier galvanisé selon un Z, ce qui lui donne un poids très léger. La tour peut alors être facilement montée par une seule personne.

La base de la tour standard est composée de trois jambes en acier galvanisé sondable pour être enterrées dans un trou de 60cm carrés et 60cm de profondeur.

Un kit complet d'haubanage et de mise à la terre est compris dans la fourniture. Il comprend les points d'ancrage pour les haubans, ceux-ci seront installés sur des bases en

béton à des points spécifiques relatifs à la tour.

ENTRETIEN

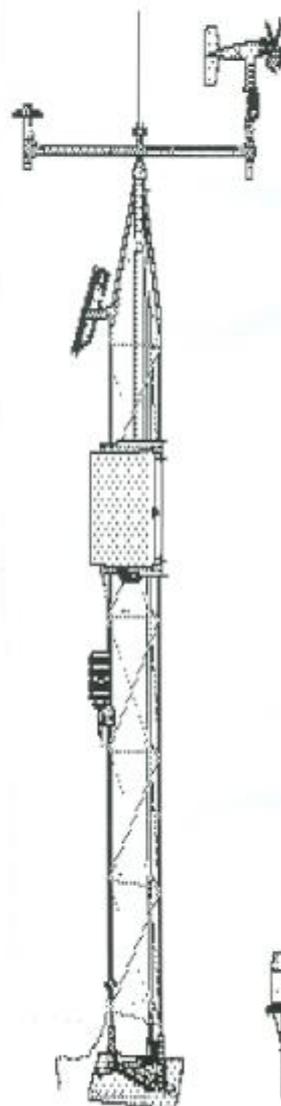
S'il y a suffisamment d'espace, la tour peut être pivotée et abaissée au sol pour sa maintenance.

CAPTEURS

Le mât UT930/4 inclut les bras et les accessoires spécifiques de montage des différents capteurs.

CARACTERISTIQUES

- Ossature et pied en acier galvanisé inoxydable
- Hauteur : 4mètres
- Section triangulaire
- Poids : 20Kg
- Résistance mécanique aux bourrasques de vent : > à 60ms⁻¹ selon le type de sol
- Protection contre les agents chimiques.





Surveillance environnementale avec les centrales d'acquisition de Campbell Scientific

Introduction

Ces capteurs, fabriqués par Sky Instruments, sont l'idéal pour une utilisation en extérieur. Ils sont entièrement compatibles avec les centrales de mesure Campbell Scientific.

Pyranomètre SP1110

C'est un capteur de rayonnement compact, thermiquement stable, à sortie élevée et basé sur une cellule photoélectrique en silicium. Il est calibré par rapport à un pyranomètre à thermopile de référence, et ce dans des conditions naturelles de luminosité. Ces applications incluent les Stations météorologiques pour l'agriculture ou l'horticulture et l'étude de l'écosystème.

Capteur Quantique SKP215

Le SKP215 mesure les quanta incidents entre 400nm et 700nm. La lumière de cette bande de longueurs d'ondes est utilisée pour la photosynthèse qui est souvent référencée comme le 'PAR' (Rayonnement Photosynthétiquement Actif).

Les quanta en dessous de 400nm ne sont généralement pas utilisés pour la photosynthèse et ceux au-dessus de 700nm n'ont pas d'énergie suffisante pour le processus. Le nombre de quanta est lié à la production de sucre et cette mesure est actuellement un standard de référence des publications scientifiques mondiales. Le filtre dans le capteur permet à la mesure d'être faite sous toute source de lumière (soleil, tungstène, fluorescence, xénon, etc.)

Rayonnement net

Le rayonnement net est un paramètre important pour les études d'estimation de l'évapotranspiration (dans l'estimation des besoins en irrigation par exemple). Les SP1110 et SKP215 ne sont pas adaptés pour mesurer le rayonnement net, mais nous proposons des capteurs appropriés au verso.

Fonctionnalités clés

Capteurs de haute qualité pour des mesures de rayonnement PAR et de rayonnement net

Connexion directe à une centrale d'acquisition de données

Aucune alimentation nécessaire

Calculs de maximum, de moyenne, de densité de flux et de flux total

Applications typiques

Météorologie

Horticulture

Recherche agricole

Etudes de balance énergétique dans les constructions

CAPTEUR PRECIPITATIONS



15188

Pluviomètre automatique à augets basculants, en acier inoxydable, basculement des augets très précis au moyen de roulements à billes, selon JOSS – TOGNINI, avec embase pour support

DONNEES TECHNIQUES

- Surface de réception :	200 cm ² (standard OMM)
- Résolution :	0,1 mm de précipitations
- Capacité de l'auget :	2 cm ²
- Précision :	2%
- Sortie :	contact reed, charge Max. : 24V / 0,2 A / 3 VA
- Dimensions :	190mm de diam. 395mm de hauteur
- Poids :	4Kg

Supports de communication.

SRM-5A

Short Haul RAD® Modems



Two SRM-5A RAD¹ Short Haul Modems support local communications between Campbell Scientific dataloggers and a computer with an RS-232 serial port. These asynchronous modems use a 4-wire unconditioned telephone line or the CABLE2TP-L cable for transmission; data rates up to 9,600 bps are possible. Their low voltage transmission levels minimize crosstalk between adjacent lines within the same cable. Data are transmitted and received at a balanced impedance, providing excellent immunity to circuit noise.

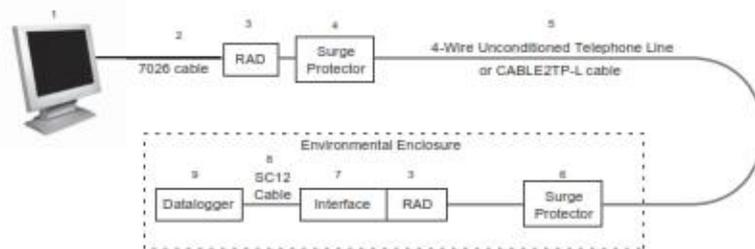
PC400 or LoggerNet Datalogger Support Software, installed on a computer, provides software support for data retrieval, datalogger program upload/download, and remote monitoring.

Features

- Asynchronous transmission of up to 9,600 bps
- Transmission range of up to 7.6 miles (12.2 km—see Table 1 on back page)
- No ac power required
- Transformer isolated
- Compact, lightweight
- Easy to install



PC-to-Datalogger Hookup



- (1) PC running PC400 or LoggerNet Software.
- (2) 7026 serial cable, which is a DB-25 male to DB-9 female.
- (3) SRM-5A Short Haul modem, two required.
- (4) Joslyn 4-wire surge protector model 6536 for use with PC.
- (5) 4-wire unconditioned telephone line or the CABLE2TP-L Santoprene-jacketed, 2-twisted-pair cable with shield.
- (6) 6361 Joslyn 4-wire surge protector for use in an enclosure.
- (7) SC932A DCE Interface² and a 9-to-25 pin adapter. The 15770 Rad Modem Interface Kit includes the SC932A, adapter, and a mounting bracket.
- (8) SC12 cable (provided with SC932A).
- (9) Campbell Scientific datalogger

¹RAD is a registered trademark of RAD Data Communications, Inc. Rochelle Park, NJ.

²The SC932A is used to connect the modem to the datalogger's CS I/O port. Configuration is more complicated when connecting the modem to the datalogger's RS-232 port; contact Campbell Scientific for more information.

ANTENNE UT6EQ5M

Antenne déportée marine monobande SMA

1 Description

L'antenne **UT6EQ5M** est destinée à équiper les équipements cellulaires Radio fonctionnant sur la fréquence 869 MHz. Cette antenne est dite «déportée» car elle est équipée d'un câble de 5 mètres à faible perte solide du fouet, qui permet de trouver la meilleure localisation pour le signal radio. Elle est aussi dite «marine» car ses caractéristiques physiques la rendent résistante aux climats marins.



2 Caractéristiques générales

- Antenne colinéaire monobande dans tube en plastique couleur noire pour une protection optimale contre les conditions climatiques
- Hauteur : 270 mm avec base en laiton
- Poids : 280 g
- Connectique : SMA (Mâle)
- Matériau résistant aux climats marins
- Fixation par équerre murale en aluminium de grande robustesse

3 Caractéristiques techniques

- Rayonnement : omnidirectionnel
- Fréquence : 869 MHz
- Impédance : nominal 50 Ω
- Polarisation : verticale
- Gain : 6 dB
- Câble de 5m RG-58 A/U
- Jointure en PVC couleur noire
- Conformités :
 - aux exigences de la directive 89/336/CEE «Compatibilité électro-magnétique»
 - aux normes génériques ou spécifiques harmonisées suivantes :
 - ✓ R&TTE 1999/5/CE - ETS 300-200
 - ✓ Emissions rayonnées selon EN 55022
 - ✓ Emissions conduites selon EN 55022
 - ✓ Immunité enveloppe selon EN 6100-4-2, EN 61000-4-3
 - ✓ Immunité accès selon EN 61000-4-5, EN 61000-4-6, EN 61000-4-11

الملخص.

عملية المراقبة لأكثر من عام لمحطة الضخ الشمسية ونظام الري بالتنقيط لشريحة الثانية من الحزام الأخضر لمدينة ورزازات، أظهر عدم تطابق سببه عدم انتظام عمل المضخة الشمسية التي تتأثر بتقلبات الإشعاع الشمسي والتي لا يمكن التنبؤ بها في كثير من الأحيان، والتحكم اليدوي البطيء في صمامات تغذية قطاعات الري المختلفة. حالياً يتم إنجاز عملية الري برمتها للحزام الأخضر من قبل ضباط المراقبة الذين يجبرون على التنقل عدة مرات في اليوم لنقص أو زيادة عدد القطاعات المراد ربيها في وقت واحد، لتحقيق التوازن في عدد من الصمامات المفتوحة والتدفق والضغط المقدم من المضخة.

الأداء العام للنظام ضعيف بسبب الفرق الكبير في طريقة تشغيل محطة ضخ وشبكة الري، لدى فأنه من الضروري تركيب نظامين، الأول للقياس عن بعد من أجل رصد الكميات التي تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على نمو النباتات، والثاني هو نظام التحكم عن بعد لتوفير الراحة للعمال

قبل البداية في تنفيذ نظام الإدارة عن بعد للشطر الثاني من الحزام الأخضر تم إجراء دراسة جدوى لتحديد وتعريف الأهداف الواجب توافرها في هذا النظام، ثم اختيار الوسائل اللازمة لتنفيذه.

أسلوب التصميم الوارد في هذه التقرير يساعد على تصميم مكونات نظام الإدارة عن بعد، ويتمحور هذا الأسلوب حول مسار منطقي يضع الضوء على المراحل المختلفة للدراسة وتصميم وتركيب المشروع، ويتضمن اختيار وشراء وتركيب وإعداد المعدات. من الواضح أن هذا يتوقف على التمويل والأداء الفني المرغوب فيه للمشروع.

دراسة القياس عن بعد ونظام التحكم في منشآت الري في قطعة الحزام الأخضر المسماة اناتيم والموجودة شمال مدينة ورزازات، وتركيب وحدة للقياس في قسم الطاقة والمعدات الزراعية، قد أظهرت أهمية مرحلة التصميم من أجل الحصول على نظام موثوق به تماماً، ذو دقة عالية يبسط الإدارة ويمكن من الحصول على معلومات محدثة.

المملكة المغربية

ROYAUME DU MAROC

INSTITUT AGRONOMIQUE
ET VÉTÉRINAIRE HASSAN II



معهد الحسن الثاني
للزراعة والبيطرة

مشروع نهاية الدراسات

لنيل شهادة مهندس دولة في الهندسة القروية

اعداد منهجية لتصميم نظم التسيير عن بعد لشبكات الري.

المنجز والمقدم من طرف:

السيد. كبوري عبد الرزاق

تحت اشراف اللجنة المكونة من

المندوبية السامية للمياه والغابات ومكافحة التصحر	السيد. بنشقرون فيصل	رئيس اللجنة
معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة	الأستاذ. دحمان سعدي عبد السلام	المقرر
معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة	الأستاذ. بكاي أحمد	المتحن
معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة	الأستاذ. الحمدي بدر	المتحن
معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة	الأستاذ. شرقي نجيب	المتحن

يوليو 2015

معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة

الرباط-المعاهد، 10101 الرباط. B.P 6202. مدينة آل العرفان

الهاتف. 05 37 77 17 58/59

فاكس. 05 37 77 58 45

موقع. www.iav.ac.ma

