

A solid red square is positioned to the left of the main title.

OPTIMISATION DU SYSTEME DE COLLECTE A DISTANCE DES DONNEES DE TROIS STATIONS METEO DE 2iE

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER D'INGENIERIE EN SCIENCES DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : Génie Energétique

Présenté et soutenu publiquement par

Guidagnan Gilles MONNE

Travaux dirigés par :

- Dr Moussa SORO (Enseignant chercheur au LESEE)
- Ing. Justin BASSOLE (Ingénieur chercheur au LESEE)
- Ing. Ulrich Compaoré (Ingénieur chercheur au LESEE)

Jury d'évaluation du stage :

Président du Jury :

Membres et correcteurs :

Promotion [2013/2014]

DEDICACES

- ✚ A mon Père Hado François MONNE, qui dès l'aube m'a inculqué, la notion d'ardeur au travail, de bienfait des études et l'esprit de vouloir réussir ;

- ✚ A ma mère Béatrice TAPSOBA, Maman je t'aime beaucoup merci pour tes précieux conseils et pour tes nombreuses bénédictions et prières.

- ✚ A mes Oncles et tantes Johany TAPSOBA, Ibrahim MONE, Louise TAPSOBA et Hubert SEGDA et tous ceux qui ont fait de moi ce que je suis devenu aujourd'hui.

- ✚ A mes frères et sœurs, mes grandes familles et toutes les personnes, qui de près ou de loin, ont pensé à moi dans leurs prières.

- ✚ Ce travail est le vôtre et sachez que je vous serai éternellement reconnaissant pour vos soutiens moraux et financiers.

REMERCIEMENTS

Ce travail est le fruit des efforts intenses que ma modeste personne ne peut prétendre avoir fourni seule. Qu'il me soit permis d'exprimer toute ma gratitude à :

DIEU le Père tout puissant, qui m'a donné santé et force, me permettant d'accomplir ce travail ;

Au Pr. Yao AZOUMAH, chef du Laboratoire Energie Solaire et Economie d'Energie LESEE qui m'a permis de réaliser ce projet de fin d'études au sein de son équipe ;

Toute mon attention se tourne ensuite vers mes encadreurs Dr Moussa SORO, Ing. Justin BASSOLE et Ing. Ulrich COMPAORE. En tant que responsables de stage, ils ont su par leurs conseils m'indiquer les grandes orientations à suivre, me suggérer des pistes face aux impasses ;

Mr/Mme le (la) président(e) du jury, avec lui tous les membres qui m'ont fait l'honneur de participer à ma soutenance ;

Je ne voudrais pas oublier Mr Henri KOTTIN, Mlle Pauline KANKALA, Mr Emmanuel LECLERC, Mr JEREMY ZMUDA, Mr Vincent BADO pour leur précieuse collaboration. Malgré la distance, et l'occupation ils ont trouvé le temps nécessaire pour répondre à mes questions et pour me transmettre toutes les données utiles à ce projet.

Mes camarades de la 31^e promotion pour toute l'attention et la chaleur familiale dont ils ont fait preuve à mon égard durant ces 05 années de formation. Mention particulière à tout le cadre enseignant et éducatif de l'institut 2iE.

Je remercie également le partenaire SIREA et en particulier Mr Jean-Baptiste ANIEL pour leur aide quant à l'utilisation du logiciel de simulation des automates Météo et pour le débogage de ces derniers.

RESUME

Le dimensionnement des systèmes d'énergie solaire nécessite une connaissance précise de la ressource solaire. A cet effet, quatre stations météo ont été installées au Burkina par 2iE avec une option de collecte à distance des données. Notre projet de stage de fin d'étude a porté sur la résolution de différents problèmes de communication rencontrés par les consoles météo (μ NPE et PicoFox) de collecte des données. Dans un premier temps nous avons fait l'état des lieux à la fois sur les stations, les consoles météo et le serveur sur lequel sont stockées les données. Ensuite, nous avons utilisé un outil de simulation de la centrale d'acquisition d'une station météo pour étudier la compatibilité, les bugs et tous autres dysfonctionnement. Les simulations nous ont permis de corriger toutes les erreurs dans les programmes embarqués et de refaire les configurations en laboratoire. Une fois ces tests validés, une mission de terrain a été organisée sur trois stations (Essakane, Dédougou et Ouahigouya) pour y installer les automates. Il a été noté quelques bugs persistant sur le PicoFox ; le μ NPE quant à lui a été installé avec succès. Des études complémentaires sur la console de simulation sont nécessaires pour le PicoFox.

Mots clés : Station météo, transmission de données, GSM, automate, serveur



ABSTRACT

The sizing of solar energy systems requires precise knowledge of the solar resource. To this end, four weather stations were installed in Burkina Faso by 2iE with an optional remote collection of data. Our proposed internship study focused on solving various problems faced by meteorological communication controllers (μ NPE and PicoFox) data collection. At first we did an inventory on both stations, controllers and the server where the data is stored. Then, we used a simulation tool data logger weather station to study the compatibility, bugs and all other malfunctions. The simulations allowed us to correct any errors in embedded programs and redo the configurations in the laboratory. Once these tests validated a field trip was organized on three stations (Essakane, Dedougou and Ouahigouya) to install PLCs. There were a few persistent bugs on PicoFox; μ NPE about the place has been successfully installed. Further studies on the configuration needed for the simulation is PicoFox.

Keywords : Weather station, data's transmission, GSM, PLC, server

GLOSSAIRE

■ ADRESSE IP

Une adresse IP est une adresse composée de 4 nombres entre 0 et 255 séparés par des points. Par exemple : 213.32.45.132. Chaque adresse IP est unique, elle permet donc d'identifier n'importe quel ordinateur sur Internet.

■ BAUD

Unité de rapidité de modulation par seconde. Cette unité doit son nom à l'ingénieur français Emile Baudot, inventeur du code télégraphique). Si le signal n'est constitué que de deux valeurs (signal binaire, 1 ou 0), le baud est alors équivalent au bit par seconde. Le baud mesure la vitesse de modulation (sur une liaison analogique) et non un débit au sens strict.

■ BUG

Anomalie dans un programme informatique qui l'empêche de fonctionner correctement.

■ CLIENT SERVEUR

Modèle conceptuel d'informatisation consistant à répartir les traitements d'informations entre un serveur et un client. Le client envoie généralement une « requête » au serveur, le serveur exécute le traitement demandé dans la requête du client et renvoie au client le résultat de sa requête. L'accès à de nombreux services INTERNET se fait en mode client / serveur (le Web, FTP, USENET, etc...).

■ ETHERNET

Protocole de communication constitué de câbles, de cartes et d'un logiciel permettant à des ordinateurs de communiquer entre eux sur un réseau local. L'Ethernet standard permet de communiquer à 10 Mbit/s, l'Ethernet 100 Base-T à 100 Mbits/s, et l'Ethernet 1000 Base-T à 1 GBit/s.

■ FTP (File Transfert Protocol)

Protocole de transfert de fichier fonctionnant au-dessus du protocole TCT/IP.

FTP est défini par le RFC 959, et le standard MIL-STD 1780.



■ **GPRS (Général Packet Radio Service) 2,5G**

La monopolisation d'un canal a, outre le problème de l'indisponibilité pour les autres utilisateurs, l'inconvénient de générer un coût de connexion élevé, dû d'ailleurs principalement à cette monopolisation. C'est pourquoi la technologie GPRS (General Packet Radio Service) a été définie, permettant de contourner le problème de monopolisation de canal, et par la même de résoudre le problème de la facturation à la durée, ainsi que de permettre des débits résolument plus importants.

■ **GSM (Global System for Mobiles) 2G**

Norme de radiocommunication numérique définissant un réseau de communications.

■ **HERTZ**

Unité de mesure des fréquences correspondant à un cycle par seconde.

■ **INTERNET**

Protocole de la couche 3 (réseau) utilisé pour transmettre des données entre deux sous réseaux différents. Normalisé par l'ISO sous la référence ISO-8073.

■ **LINUX**

Système d'exploitation appartenant au domaine public créé par Linus Thorvalds. Utilisable sur un grand nombre d'ordinateurs différents.

■ **LOGICIEL LIBRE**

Programme généralement gratuit mais surtout libre et open-source, c'est à dire dont le code source est ouvert à tous, on peut le consulter et le modifier pour l'adapter à ses besoins.

■ **MODBUS TCP/IP**

Protocole de dialogue basé sur une structure hiérarchisée entre un maître et plusieurs esclaves.

■ **MODEM**

Acronyme de modulateur-démodulateur. Un modem permet de convertir des informations numériques en informations analogiques et vice-versa.



■ NAVIGATEUR

Un site web est écrit grâce à un langage de balisage, le HTML. Il permet de disposer les images, le texte et autres éléments graphiques qui composent une page Web normale. Le navigateur est le logiciel qui comprend ce langage et qui crée le page demandée à partir de celui-ci.

■ OS OU SYSTEME D'EXPLOITATION

Signifie en anglais "Operating System" et en français "Système d'Exploitation. C'est le "logiciel" qui permet de faire fonctionner tous les programmes. Exemples d'OS: Windows 95, Windows 98, Windows NT, W2K (Windows2000), Windows Millenium (Me), Windows XP, Vista, Linux, Unix etc...

■ PORT DE COMMUNICATION OU PORT PARALLELE

Prise par laquelle l'ordinateur échange des données avec l'extérieur. Le port série et le port parallèle ont été remplacés par les Ports USB permettant notamment le plug & Play.

■ ROUTEUR

Un routeur est un périphérique capable de relier 2 réseaux (ou plus) de protocoles différents. Il prend tout son intérêt lorsqu'il relie un réseau local particulier, composé de quelques ordinateurs, à Internet (partage de connexion). Il est capable d'acheminer les données par le chemin le plus rapide du réseau.

■ SERVEUR

Le serveur est l'ordinateur principal très puissant qui partage des ressources avec les autres ordinateurs du réseau, les clients. Sur Internet, le serveur Web est un ordinateur capable de générer des pages Web pour que les clients puissent le voir.

■ WINDOWS

Windows est le système d'exploitation le plus populaire et le plus répandu sur le marché informatique. Produit par Microsoft, la dernière version de ce système d'exploitation est Windows 8, qui a succédé à Windows 7.



LISTE DES FIGURES

Figure 1 : situation géographique des stations météo de 2iE.....	16
Figure 2 : Le transmetteur météo WXT-520.....	17
Figure 3 : Paramètres météo du WXT-520	17
Figure 4 : Un pyranomètre	18
Figure 5 : Un pyréliomètre.....	18
Figure 6 : Composants du rayonnement solaire.....	18
Figure 7 : Synoptique de l'autonomie de la station météo.....	19
Figure 8 : La centrale d'acquisition des données VAISALA et sa carte mémoire.....	20
Figure 9 : L'automate de rapatriement des données météo	20
Figure 10 : Plan de la station météo de 2iE.....	23
Figure 11 : Protocole d'authentification du serveur de données	25
Figure 12 : La page web Accueil du serveur de données météo de 2iE	27
Figure 13 : La page web pour le choix de l'automate de la station souhaité	27
Figure 14 : Le script de variables flottantes "test.py"	29
Figure 15 : Aperçu physique du μ NPE (à gauche) et ses caractéristiques (à droite).....	31
Figure 16 : Le script de valeurs flottantes "test.py" (à gauche) et les commentaires sur son exécution (à droite).....	32
Figure 17 : Synoptique de la simulation du μ NPE	33
Figure 18 : Ouverture de session sur WinSCP.....	34
Figure 19 : Exploration du μ NPE sur WinSCP	34
Figure 20 : Le fichier « syscfg » paramétré	36
Figure 21 : Le fichier « data.conf » paramétré.....	37
Figure 22 : Vue d'ensemble de l'équipement 1006 sur le serveur de données météo	37
Figure 23 : Page web de rapatriement des données météo par le μ NPE.....	39
Figure 24 : Synoptique de la simulation du PicoFox	43
Figure 25 : Paramétrage du modem.conf	44
Figure 26 : Paramétrage du Client.conf	45
Figure 27 : La page web de rapatriement des données météo par le PicoFox	46

SOMMAIRE

DEDICACES.....	2
REMERCIEMENTS.....	3
RESUME	4
ABSTRACT	5
GLOSSAIRE.....	6
LISTE DES FIGURES.....	9
SOMMAIRE	10
INTRODUCTION	13
Chapitre 1 : Présentation du projet.....	15
I- Vue d'ensemble des stations météo :	15
1) Définitions	15
2) Intérêt des stations météo pour les applications solaires	16
3) Situation géographique des stations.....	16
4) Composition générale des stations météo.....	17
a) Les sondes et les capteurs météo.....	17
b) Le Sun-Tracker	18
c) Autonomie du site météo	19
d) La Centrale d'acquisition des données.....	19
e) L'automate de rapatriement des données.....	20
5) Fonctionnement des stations météo	21
a) Principe	21
b) Acquisition des données météo mesurées	24
6) Présentation du serveur de données météo	24
a) Introduction et définition	24
b) Fonctionnement du serveur de données météo	25
7) Problématique du projet.....	28
a) Notion de Bugs.....	28
b) Démarche, Méthodologie et solutions	28
8) Présentation des outils de simulation.....	28
a) Communication ModBus TCP/IP	28
b) Variables flottantes météo.....	29
Chapitre 2 : Analyse des problèmes liés au μNPE	31



I-	Présentation du μ NPE	31
I-	Définition technique et objectifs de la simulation.....	32
1)	Préliminaires	32
2)	Equipements de la simulation	33
3)	Paramétrage du μ NPE	33
a)	Etat des lieux du modem μ NPE	33
b)	Anomalies constatées	33
c)	Reconfigurations des fichiers systèmes	35
4)	Paramétrage du serveur de données météo	37
	Résultats	38
1)	Analyses et interprétations des résultats	38
2)	Tests de robustesse	39
	Chapitre 3 : Etude de la compatibilité du PicoFox	41
I-	Présentation du PicoFox	41
1)	Propriétés techniques et électroniques	42
2)	Avantages du PicoFox	42
II-	Tests de simulation du PicoFox.....	43
1)	Paramétrage du PicoFox	43
a)	Modem.conf	44
b)	Client.conf.....	44
2)	Vérifications sur le serveur de données météo	45
III-	Résultats	45
	Chapitre 4 : Installation des équipements sur les stations	49
I-	Objectifs des missions sur les stations météo.....	49
II-	Installation du PicoFox sur le site d'Essakane	49
1)	Mise en route et résultats	49
2)	Corrections effectuées sur le site	50
III-	Installation du μ NPE sur les trois sites météorologiques.....	50
1)	Mise en route résultats	50
2)	Résultats.....	50
IV-	Recommandations et Perspectives	51
1)	Programme logiciel des consoles météo.....	51
2)	La mémoire vive	51
3)	Le protocole de communication	51
4)	Le réseau sans fil	52
5)	Le codeur analogique-numérique	52



6) Etude de compatibilité de la station météo BF1 52

Chapitre 5 : Amélioration du serveur de données météo 54

I- Présentation du serveur de données météo de 2iE 54

1) Définition du μ Server 54

2) les avantages du μ Server..... 55

3) Utilisation du logiciel 55

a) Connexion à l'interface Web 55

b) Droits d'accès à l'interface Web 55

4) Les équipements 56

II- Amélioration de l'interface Web : les synoptiques 56

1) Définition 56

2) Administration des synoptiques..... 57

3) Création des synoptiques 58

a) Création de la synoptique des 4 stations météo de 2iE 58

b) Affichage des valeurs mesurées à chaque station météo 58

CONCLUSION 60

TABLE DES ANNEXES..... 61

BIBLIOGRAPHIE 72

INTRODUCTION

En Janvier 2014, j'ai commencé un stage de 08 mois au sein du Laboratoire Energie Solaire et Economie d'Energie (LESEE) à Ouagadougou sur le site de Kamboinsin N°1 de l'institut 2iE. L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement 2iE a installé 04 stations météo dans les régions du Burkina Faso, à savoir Ouagadougou, Dori, Ouahigouya et Dédougou. Le LESEE est chargé par 2iE de rendre fonctionnel et autonome ces stations météo de 2iE. L'intérêt de ces stations météo de connaître de façon précise la ressource solaire nécessaire au dimensionnement d'un système solaire d'où l'importance des paramètres météo (température, pression, ensoleillement,...). Ce projet devra permettre de récupérer des informations météorologiques, tels que la température, le vent, la pluie et la pression, à partir d'une station météorologique autonome, de les stocker, de les archiver sur un poste informatique appelé : serveur météo. Ces informations doivent pouvoir être consultées de manière textuelle et graphique à partir d'un poste client utilisant un navigateur standard. L'accès au serveur météo est possible soit à partir d'un réseau local (Intranet), soit à partir d'Internet. Ce stage s'inscrit dans la consolidation du système de collecte de 3 stations météo de 2iE ; d'où le thème : « **Optimisation du système de collecte à distance des données de trois stations météo de 2iE** ».

Pour remplir cette mission, nous avons adopté la démarche suivante qui constitue également le plan de ce rapport :

- La première partie de notre projet consacrée à **la présentation du projet** portera sur une vue d'ensemble des stations météo de 2iE, la composition et le rôle des systèmes de communication et de mesure des stations météo de 2iE.
- **La deuxième partie** portera **sur la simulation de l'automate météo actuel, le μ NPE** : Il s'agira de définir les hypothèses et les méthodes en vue de la détection et de la correction des bugs existants.
- **La troisième partie** portera sur **l'étude de compatibilité du PicoFox**, successeur du μ NPE. Tout au long de ce chapitre nous présenterons les démarches et les méthodologies adoptées en vue de valider sa compatibilité et son installation sur les stations météo.



- **La quatrième partie** sera centrée sur **l'installation des automates de rapatriement des données sur les stations météo** ; nous présenterons les mises en routes des 2 équipements ainsi que les résultats.
- Et enfin, la **cinquième partie** consacrée aux études effectuées **sur l'amélioration de l'interface web du serveur de données météo de 2iE** ; ceci afin d'améliorer les façades informatiques et graphiques du serveur de données météo.

Ce chapitre présente l'environnement dans lequel mon stage s'est déroulé ainsi que le projet sur lequel j'ai travaillé pendant ces 6 mois. Dans un premier temps je montrerai l'utilité des stations météo dans les applications d'énergie solaire. Ensuite je poserai la problématique du thème de stage qui porte sur le fonctionnement de l'automate de collecte à distance des données. Enfin je présenterai la méthodologie de travail que j'ai adopté.

I- Vue d'ensemble des stations météo :

1) Définitions

La météorologie ou météo est l'étude des phénomènes atmosphériques (température, précipitation, vent, radiation solaire,...) permettant de prévoir le temps à court terme (généralement quelques jours). Elle a pour but de connaître l'état de l'atmosphère terrestre, de comprendre les phénomènes qui s'y déroulent, de décrire le temps qu'il fait et de prédire le temps qu'il fera. Si la météo se soucie du temps qu'il fait ou qu'il fera en un lieu et à un moment précis, la climatologie étudie la distribution de ces mêmes conditions *atmosphériques* mais pour une région donnée et sur une longue période. La détermination du climat est effectuée à l'aide de moyennes annuelles et mensuelles sur 30 ans au minimum. Par conséquent, lorsque l'on parle de météorologie, on parle de valeurs instantanées et locales qui se distinguent des valeurs moyennes établies sur des décennies et sur des zones géographiques plus importantes qu'utilise la climatologie.

La prévision météorologique repose sur la collecte de données météorologiques telles que la température, l'humidité, la hauteur de précipitation, la pression, la vitesse et la direction du vent, Ces mesures sont de deux natures :

- mesures ponctuelles (au sol, en altitude par ballon-sonde ou par un drone)
- mesures massiques (satellites, radars)

Les mesures au sol sont réalisées par les centres d'observation et les stations météorologiques.

Sur un site bien précis, elle permet l'acquisition des données météorologiques, leur traitement et leur mémorisation temporaire en vue d'une transmission.

2) Intérêt des stations météo pour les applications solaires

Les stations météo sont importantes pour les applications des systèmes solaires car elles permettent de connaître de façon précise les paramètres de la ressource solaire nécessaire au dimensionnement, des centrales solaires photovoltaïques et thermiques.

3) Situation géographique des stations

2iE a installé quatre stations météo dans différentes régions du Burkina Faso. Mais sur trois de ces stations (les plus éloignées de Ouagadougou) sont installés des automates dont le rôle est de rapatrier les données sur un serveur dédié localisé à 2iE-Ouagadougou via le réseau GSM.

- ✓ La station **BF1** située sur le site de Kamboinsin à Ouagadougou.
 - **Coordonnées GPS** : 12°27'50.99'' N 1°33'10.43'' O
- ✓ La station **BF2** situé sur le site d'Essakhane SA à Dori.
 - **Coordonnées GPS** : 14°21'57.64'' N 0°05'01.99'' E
- ✓ La station **BF3** situé sur le site de la SONABEL à Ouahigouya.
 - **Coordonnées GPS** : 12°27'57.47'' N 3°28'25.70'' O
- ✓ La station **BF4** situé sur le site de la SONABEL à Dédougou.
 - **Coordonnées GPS** : 13°33'55.73'' N 2°23'34.40'' O



Figure 1 : situation géographique des stations météo de 2iE

Source : Division géographique de la Direction des archives du Ministère des Affaires Etrangères © 2004

4) Composition générale des stations météo

Les stations météo de 2iE sont très modernes et entièrement autonomes du point de vue alimentation électrique et acquisition des données. Aussi elles comprennent différents capteurs solaires et sondes très performants que nous allons décrire de façon succincte.

a) Les sondes et les capteurs météo

L'outil de configuration du multi-capteur comprend un logiciel sous Windows® facile d'utilisation permettant à l'utilisateur de régler les paramètres météo. En outre, il est possible d'utiliser le logiciel en tant qu'interface ou en tant qu'afficheur. Le transmetteur météorologique WXT-520 de Vaisala est étalonné en usine et nécessite peu de maintenance. Les seules procédures de maintenance sont le nettoyage du transmetteur lorsque nécessaire et le remplacement du module PTU (Power transistor Unit) qui est un module breveté utilisant un procédé de mesure capacitif pour chaque paramètre : la pression barométrique par exemple est mesurée au moyen du capteur Vaisala BAROCAP.

Les mesures de pluviométrie et de vitesse du vent sont pratiquement exemptes d'étalonnage.

L'intervalle d'étalonnage recommandé du module PTU est de deux ans.

Ces sondes et ces capteurs météo assurent les mesures des paramètres météo tels que :

- ✓ La température de l'air (°C)
- ✓ La température de rosée (°C)
- ✓ L'humidité relative (%)
- ✓ La pression atmosphérique (hPa)
- ✓ La précipitation (mm)
- ✓ La direction du vent en degré (°)
- ✓ La vitesse du vent (m/s)
- ✓ La durée de l'ensoleillement (mn)
- ✓ La tension batterie interne (V)
- ✓ La durée de précipitation (mn)
- ✓ L'intensité de précipitation (mm/h)

Figure 3 : Paramètres météo du WXT-520



Figure 2 : Le transmetteur météo WXT-520

b) Le Sun-Tracker

Les sites météorologiques de 2iE sont également équipés de capteurs solaires suiveurs de soleil connu sous le nom de Sun-Tracker. Le Sun-Tracker ou Suiveur de Soleil est constitué :

- ✓ 01 pyranomètre pour la mesure de l'ensoleillement Global (W/m^2).
- ✓ 01 pyranomètre pour la mesure de l'ensoleillement Diffus (W/m^2).
- ✓ 01 pyréliomètre pour la mesure de l'ensoleillement Direct (W/m^2).



Figure 4 : Un pyranomètre



Figure 5 : Un pyréliomètre

L'ensoleillement Global est l'énergie rayonnante totale du soleil, qui atteint une surface horizontale à la surface de la terre au cours d'une unité de temps précise. Il est d'environ $1000W/m^2$ pour un rayonnement solaire vertical. Il s'obtient en ajoutant trois types de rayonnements :

- ✓ Le rayonnement direct qui varie en fonction de la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon ;
- ✓ Le rayonnement diffus qui est un rayonnement provenant de l'ensemble de l'atmosphère ;
- ✓ Et enfin le rayonnement réfléchi par le sol, qui lui aussi dépend de l'inclinaison du rayonnement.

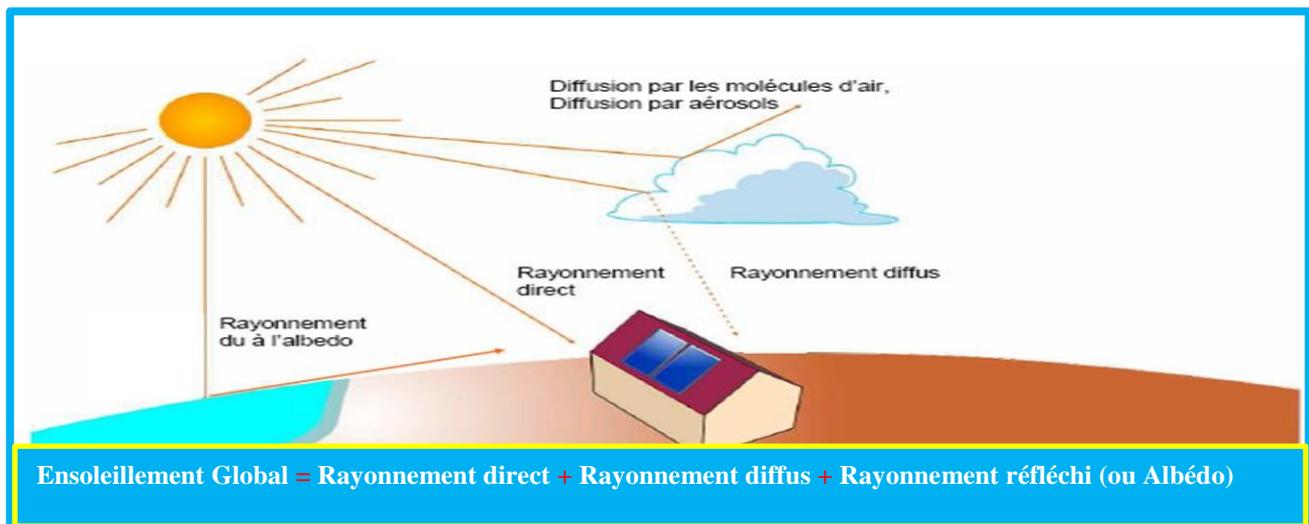


Figure 6 : Composants du rayonnement solaire

c) Autonomie du site météo

Les sites météorologiques de 2iE sont autonomes grâce à une installation PV directement connectée sur site. Cette installation se compose de 02 modules Photovoltaïques branchés en série et de 02 batteries de 12V/5Ah chacune, assurant l'alimentation de toute la station météo.

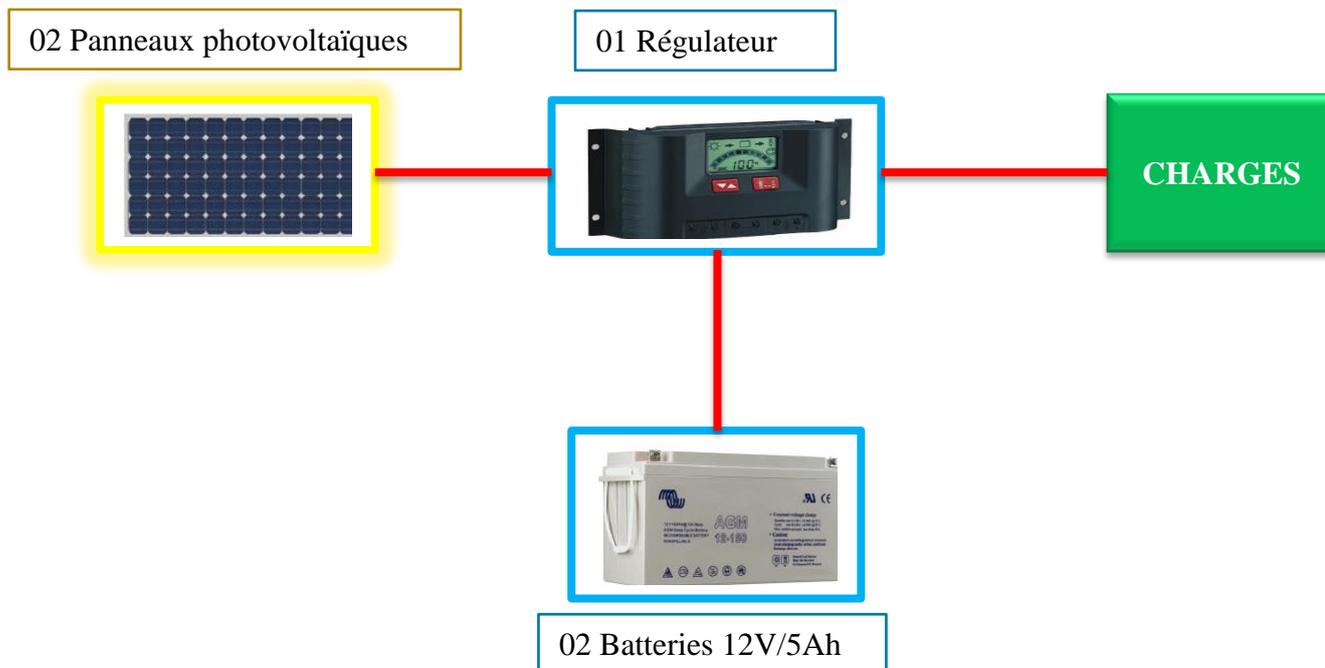


Figure 7 : Synoptique de l'autonomie de la station météo

d) La Centrale d'acquisition des données

La Centrale d'acquisition VAISALA gère toutes les mesures faites sur la station météo par les différentes sondes et capteurs. Elle a une mémoire interne avec une capacité relativement faible. Pour éviter de perdre des données notamment quand la périodicité du relevé manuel est longue on peut aussi y ajouter une carte mémoire d'une externe. Chaque station de 2iE a une carte de 2 Go minimum. Elle communique avec l'automate de rapatriement des données à distance et les capteurs météo via un Modbus TCP/IP.

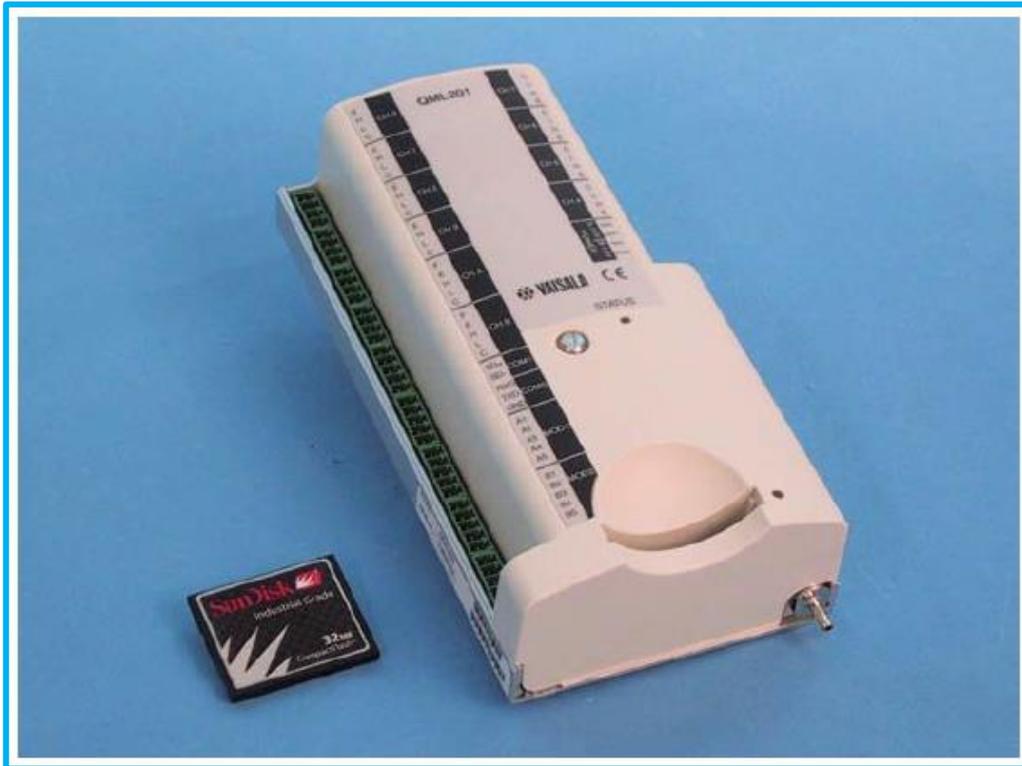


Figure 8 : La centrale d'acquisition des données VAISALA et sa carte mémoire

e) L'automate de rapatriement des données

Chaque site météorologique de 2iE est équipé d'une console météo chargée de rapatrier les données sur le serveur météo de 2iE via le réseau GSM. En outre, ces automates constituent des passerelles de communication entre la centrale météo VAISALA et le serveur de données météo de 2iE.



Figure 9 : L'automate de rapatriement des données météo

5) Fonctionnement des stations météo

a) Principe

La **centrale d'acquisition** installée au sein de la station météo y joue le rôle de **maître**. Elle collecte les données météo transmises depuis les sondes et capteurs météo ; puis ordonne la console météo, qui joue le rôle d'**esclave**, de rapatrier les données météo mesurées sur le serveur météo de 2iE.

Il est important de noter que la transmission des données sur le serveur de données météo se fait grâce à la puce GSM Airtel Burkina et un abonnement internet/GPRS. Les données chargées sur l'automate sont donc envoyées depuis le réseau GSM sur le serveur de l'opérateur téléphonique Airtel Burkina avant d'être renvoyées sur le serveur météo de 2iE.

La transmission des données via le réseau GPRS présente les avantages suivants :

- ✓ La **gratuité de la licence 2,5G** du réseau GPRS.
- ✓ **Des débits élevés** : Les débits proposés pour le GPRS sont supérieurs au débit de 9,6 kbit/s offert par GSM pour le transfert de données. Il est possible d'atteindre ces débits en configurant la console météo afin d'utiliser plusieurs ITs (Intervalles de temps) dans les sens montants et descendants. En pratique, un équipement GPRS peut généralement utiliser 4 ITs dans le sens descendant et 2 ITs dans le sens montant. Les débits obtenus sont alors de 50 kbit/s et 20 kbits/s respectivement.
- ✓ **Une connexion permanente** : Outre une augmentation du débit, le temps d'établissement de la session GPRS et de l'accès au service est plus court qu'avec le GSM.
- ✓ **Une facturation au volume ou au contenu** : le GPRS permet de facturer les services en fonction du volume (nombre de paquets échangés) ou en fonction du contenu à la différence de la politique de facturation à la durée pour le transfert de données en mode circuit. Une telle facturation permet de disposer d'une session de données "permanente" sans que l'utilisateur ait à payer pour les périodes d'inactivité et sans allocation de ressource de manière statique.
- ✓ **Un support pour de nouveaux services** : Parmi les applications envisageables grâce au réseau GPRS, figurent la navigation sur internet à partir d'un portable, l'envoi et la réception de photos ou cartes postales, l'envoi et la réception de séquences vidéo telles que des bandes

annonce, l'accès au réseau intranet de son entreprise, le partage des données, la télémétrie ...

- ✓ **Une intégrité du transfert des données** : le GPRS améliore l'intégrité du transfert de données à travers plusieurs mécanismes. D'abord, les données de l'utilisateur sont encodées avec des redondances afin d'améliorer la résistance aux mauvaises conditions radio. Cette redondance est plus ou moins importante en fonction de la qualité de l'interface radio. Le GPRS définit quatre scénarii de codage, CS1 à CS4. Initialement, seuls CS-1 et CS-2 seront supportés, permettant un débit de 9 et 14 kbit/s par IT. Si une erreur est détectée sur une trame reçue dans la BSS, la trame est retransmise jusqu'à ce qu'elle soit reçue sans erreur pour être transférée sur le sous-système réseau GPRS.
- ✓ **Des mécanismes de sécurité sophistiqués** : le GPRS s'appuie sur le modèle d'authentification et de chiffrement proposé par le GSM. Lorsqu'une station mobile tente d'initier une session GPRS, elle est authentifiée grâce à des clés d'authentification et des calculs réalisés par la carte SIM. Le GPRS assure par ailleurs le chiffrement des données de l'utilisateur entre la station mobile et le sous-système réseau GPRS.

Le serveur météo de 2iE est chargé de recueillir et d'actualiser les données pour les rendre accessibles pour toutes éventuelles administrations ou consultations des données météo. L'accès aux données se fait par des authentifications d'**administrateur** et **client** via un réseau local ou un routeur par une connexion à distance.

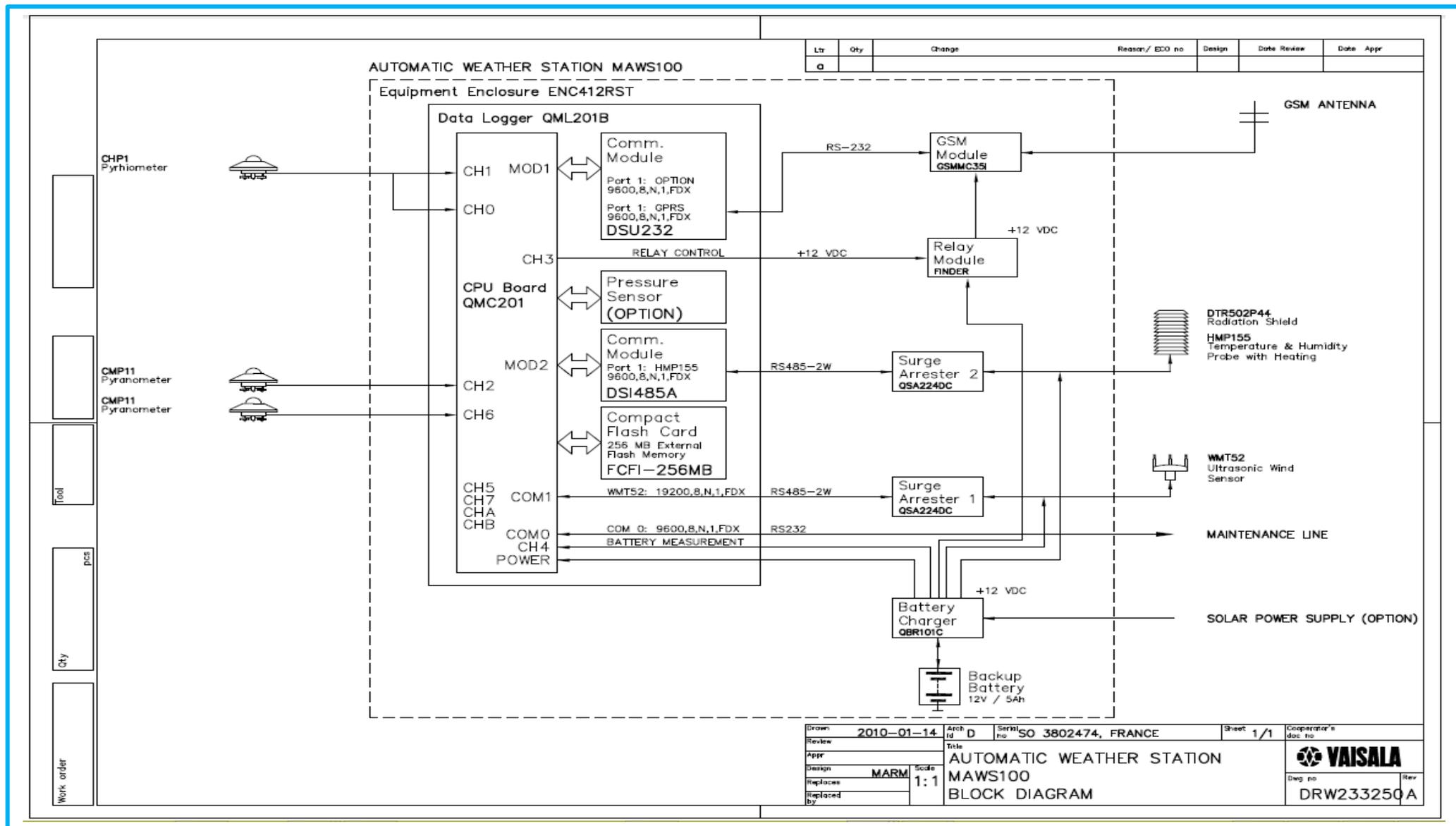


Figure 10 : Plan de la station météo de 2iE

Source : Automatic Weather Station MAWS100 Block Diagram

b) Acquisition des données météo mesurées

L'acquisition ou la collecte des données météo se fait par la centrale. Les données sont donc recueillies depuis les capteurs météorologiques (Vaisala WXT-520, le Sun-Tracker). Soit dans le tableau suivant les variables météo communes aux stations météo de 2iE :

Tableau 1 : Les variables météo des stations météo de 2iE

Communication Modbus du Module VAISALA	Mesures	Unités
Vaisala QML201C	Température de l'air	°C
Vaisala QML201C	Température de rosée	°C
Vaisala QML201C	Humidité relative	%
Vaisala QML201C	Pression atmosphérique	hPa
Vaisala QML201C	Précipitation	mm
Vaisala QML201C	Direction du vent	° (Gradians)
Vaisala QML201C	Vitesse du vent	m/s
Vaisala QML201C	Ensoleillement Global	W/m ²
Vaisala QML201C	Ensoleillement Diffus	W/m ²
Vaisala QML201C	Ensoleillement Direct	W/m ²
Vaisala QML201C	Durée d'ensoleillement	ON/OFF
Vaisala QML201C	Tension batterie interne	V
Vaisala QML201C	Durée de précipitation	s
Vaisala QML201C	Intensité de précipitation	mm/h

6) Présentation du serveur de données météo

a) Introduction et définition

Le serveur de données météo est un espace serveur ou site internet où sont collectées les données météo envoyées depuis l'automate de transmission des données météo. La connexion au serveur de données météo de 2iE se fait en utilisant une adresse Web ([http : lesee.2ie-edu.xxx/xxxxx](http://lesee.2ie-edu.xxx/xxxxx)) sur un navigateur internet ou en tapant l'adresse IP du serveur électronique dans le cache d'adresse du navigateur internet.

Pour accéder aux données enregistrées sur le serveur de données météo il faut d'abord passer par une étape d'identification : mode client ou administrateur ; tous munis d'un nom d'utilisateur et d'un mot de passe.



Figure 11 : Protocole d'authentification du serveur de données

b) Fonctionnement du serveur de données météo

Le serveur de données météo assure la communication en permanence ou en différé, de manière locale ou distante des stations météo (BF2, BF3, BF4), avec un seul ou un très grand nombre d'équipements de rapatriement des données météo.

Les équipements peuvent communiquer indirectement avec le serveur de données météo par le biais d'une hiérarchie de communication. En effet chaque équipement au sein du serveur dispose d'un numéro d'équipement unique. C'est ce numéro (également appelé index ou identifiant), qui permet de :

- ✓ distinguer les équipements dans la base de données.
- ✓ d'adresser les variables.
- ✓ de filtrer les équipements par utilisateur.
- ✓ de gérer la communication avec plusieurs équipements...

On distingue 2 types de communication entre l'automate de rapatriement des données et le serveur de données météo :

✓ **La communication passive**

La communication est dite passive lorsque ce sont les automates qui se connectent au serveur de données météo. On peut également qualifier ce mode de communication "**client-serveur**".

Dans ce cas la communication est basée sur le protocole TCP-IP et indépendante du support d'accès au réseau (Ethernet, GPRS/3G, ADSL...) .Chaque équipement est configuré en fonction de son numéro d'équipement unique ou index, de l'adresse IP (ou nom d'hôte) du serveur, d'un mot de



passer, si nécessaire, un timeout de reconnexion, et une liste de variables (%IF) à rendre accessibles depuis le serveur.

Par défaut, le serveur rafraichit en permanence l'ensemble des équipements connectés. Il est néanmoins possible de régler un délai de rafraichissement ou d'interdire le rafraichissement. Ceci est utile lorsque l'échange de données doit être limité comme par exemple en **3G/GPRS** ou les abonnements sont facturés à la donnée.

Tant qu'un équipement ne peut pas se connecter au serveur, il réessaie. Si un équipement est connecté au serveur, mais ne reçoit aucune commande du serveur pendant un certain temps, il réinitialise sa connexion. Le "timeout équipement" est paramétré dans l'équipement. Si le serveur ne reçoit aucune réponse de l'équipement au-delà d'un certain temps, il signale un défaut de communication. Le "timeout serveur" est paramétré sur le serveur central d'acquisition des données VAISALA.

✓ **Communication active**

La communication est dite active lorsque c'est le serveur de données météo qui se connecte aux automates pour les interroger. On peut également qualifier ce mode de communication "**maître-esclave**".

C'est le mode de communication "classique" entre une supervision et un équipement local.

Le serveur de données météo est maître et interroge en permanence les équipements esclaves par protocole MODBUS. Ce mode fonctionne pour des équipements connectés directement sur la machine serveur de données météo via port série (RS232, RS485) ou port Ethernet, ou bien sur des équipements distants disposant d'une adresse IP accessible. La communication en mode "actif" s'appuie sur le logiciel μ Driver, qui doit être installé en supplément du serveur 2IE. Si des équipements sont définis en communication active, μ Server lance automatiquement μ Driver.

Chaque variable est affectée à un et un seul équipement et utilise une référence par adresse qui est la combinaison de 3 attributs : son type (ou préfixe), son adresse (ou offset) et son numéro d'équipement (ou index d'équipement). La syntaxe est composée par le caractère "%", le type (en majuscule), l'adresse, le caractère ".", et le numéro d'équipement.



Figure 12 : La page web Accueil du serveur de données météo de 2iE



Figure 13 : La page web pour le choix de l'automate de la station souhaité

7) Problématique du projet

a) Notion de Bugs

Les stations météorologiques de 2iE notamment BF2, BF3 et BF4 sont équipés d'un modem de rapatriement des données météo. Cet automate nommé μ NPE est un produit de Sirea, partenaire de 2iE, essentiellement chargé de la transmission des données météo sur le serveur météo de 2iE.

Cependant cette console météo a rencontré des bugs ou dysfonctionnements tels que la non-communication entre la centrale d'acquisition des données et la console de rapatriement des données météo ; mais aussi les perturbations de la passerelle de transmission à distance des données. Ces bugs l'empêchent de jouer pleinement son rôle pour la collecte des données à distance. C'est dans ce but, détaillé dans la suite du projet, que nous allons travailler à détecter les bugs et les corriger.

b) Démarche, Méthodologie et solutions

Afin de travailler à améliorer le fonctionnement de cette console météo, nous avons décidé de faire d'abord des simulations sur celui-ci avant son installation sur la station. Ces simulations permettraient de gagner du temps précieux et de faire des économies sur les missions puisqu'elles nous évitent de nombreux déplacements sur les différents sites. Par ailleurs, elles nous aideront à agencer les bonnes techniques de résolution du problème (programmes électroniques et notices d'utilisations). Il est à noter qu'elle se fera sur un simulateur informatique en laboratoire et non sur site ; ainsi donc après résultats des tests nous pourrons nous rendre sur site pour installation.

8) Présentation des outils de simulation

a) Communication ModBus TCP/IP

Le type de communication est du type ModBus TCP/IP qui est une communication hiérarchisée entre un Maître (centrale d'acquisition des données) et un esclave (μ NPE). Vu donc l'importance d'établir un programme pour ce type de communication, un programme nous a été fourni par le constructeur (Sirea) des automates de collecte de données à distance. Le programme a été développé en langage Python « modbusserv.pyc » et ne fonctionne que sur la base d'un OS LINUX (nous avons utilisé Ubuntu).

Ce programme « **modbusserver.pyc** » aura donc pour mission d'établir une communication ModBus TCP/IP entre la centrale d'acquisition des données et notre automate de rapatriement des données (le μ NPE) : le PC sur lequel tourne le simulateur devient un serveur Modbus TCP/IP (en remplacement de la centrale d'acquisition).

b) Variables flottantes météo

La communication TCP/IP entre Maître-esclave ainsi établie il faut maintenant créer le script de simulation. Ce script « **test.py** » exploite le langage **python code 2.7** et sera défini sur la base d'un programme qui générera des valeurs météo tenant compte des variables météo « %IF » directement accessible depuis un modem de rapatriement des données météo à partir :

- ✓ d'un protocole: "modbus TCP/IP"
- ✓ d'une adresse: l'adresse IP du serveur sur lequel tourne le simulateur informatique.

```

1  import time, struct
2
3  def set_float (add, val):
4      val = float (val)
5      tmp = struct.pack ("f", val)
6      val1 = ord (tmp [1]) * 256 + ord (tmp [0])
7      val2 = ord (tmp [3]) * 256 + ord (tmp [2])
8      set ("%IW" + str (add), val1)
9      set ("%IW" + str (add + 1), val2)
10
11  v = 0
12
13  while True:
14      f = v * 0.1
15      set_float (0, f)
16      print ("%IF0 = " + str (f))
17
18      f = v * 0.3
19      set_float (2, f)
20      print ("%IF2 = " + str (f))
21
22      time.sleep (1)
23      v += 1
24

```

Figure 14 : Le script de variables flottantes "test.py"

Conclusion :

Tout au long de ce chapitre nous avons présenté brièvement le laboratoire solaire LESEE, puis justifier l'importance de l'installation de plusieurs stations météo dans différentes régions du Burkina Faso par 2iE. En effet pour un dimensionnement adéquat des équipements d'énergie solaire, il est nécessaire de connaître avec précision la ressource solaire mesurée sur site.

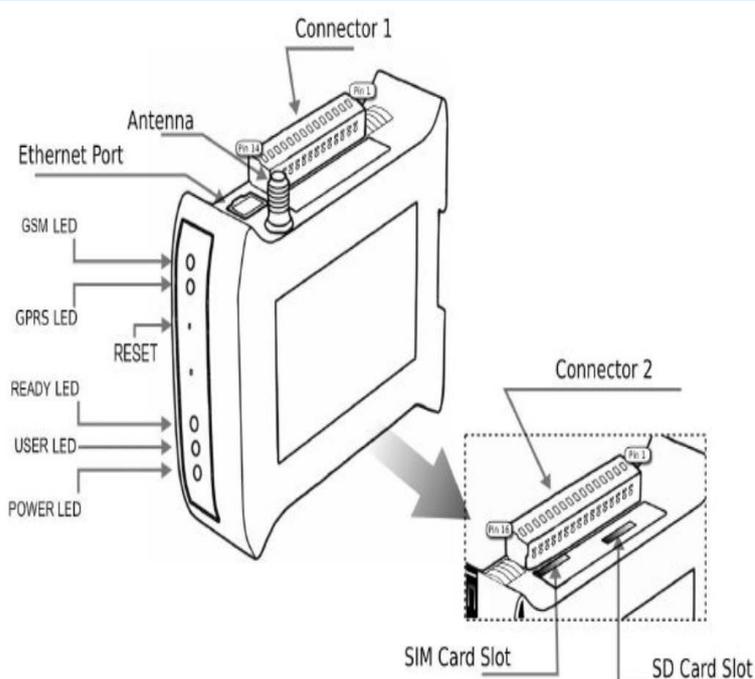
Nous avons proposé dans ce chapitre une démarche qui permet de résoudre les problèmes rencontrés dans la collecte à distance des données météo notamment les bugs inexplicables relevés sur la console météo de Sirea.

Chapitre 2 : Analyse des problèmes liés au μ NPE

Tout au long de ce chapitre, nous présenterons l'automate de rapatriement des données déjà installé sur les stations météo. Cette passerelle de communication, qui rencontre des bugs, est chargée de rapatrier les données météo à distance sur le serveur de données météo de 2iE. Il sera donc nécessaire de définir étape par étape la méthodologie utilisée et les différents outils à paramétrer au sein de l'automate météo, en vue de corriger le bug existant.

I- Présentation du μ NPE

Le μ NPE est un automate météo installé sur les stations météo de 2iE pour rapatrier à distance des données météo via le réseau GSM sur le serveur de données de 2iE.



Caractéristiques

- Double bande GSM 900/1800 MHz
- Vitesse d'envoi des données : 9600 Bauds
- Vocal, SMS, FAX, Informations
- Carte SIM – Airtel Burkina Faso
- Alimentation : 8V–30V ; 180 mA DC
- Antenne GSM
- Carte mémoire SD

Figure 15 : Aperçu physique du μ NPE (à gauche) et ses caractéristiques (à droite)

I- Définition technique et objectifs de la simulation

La simulation consistera à une série de test de fonctionnement du μ NPE ; on prendra en compte son débit total de transmission de paramètres météo mesurés par intervalle de temps (1 seconde par défaut). Une vérification de réception des données envoyées sur le serveur météo sera donc établie avec interprétation de la qualité de transmission. Cependant des outils de base sont indispensables à sa réalisation.

1) Préliminaires

Il faut noter que notre console μ NPE s'exécute sur le système d'exploitation LINUX UBUNTU.

L'on exploitera des modules tels que Python Code et une liste de commande sur le serveur UBUNTU pour simuler les capteurs (%IF) ; ceci depuis le chemin du répertoire du programme à insérer dans la ligne de commande. La commande qui nous permettra d'exécuter simultanément sous Linux Ubuntu le programme **Modbusserver** pour la communication ModBus TCP/IP et le script de mesures météo **test.py** est la suivante : « **sudo python2.7 modbusserver.pyc -s test.py** »

Après confirmation du mot de passe administrateur, la commande lance le simulateur et exécute le script « test.py » suivant :

```

1  import time, struct
2
3  def set_float (add, val):
4      val = float (val)
5      tmp = struct.pack ("f", val)
6      val1 = ord (tmp [1]) * 256 + ord (tmp [0])
7      val2 = ord (tmp [3]) * 256 + ord (tmp [2])
8      set ("%IW" + str (add), val1)
9      set ("%IW" + str (add + 1), val2)
10
11  v = 0
12
13  while True:
14      f = v * 0.1
15      set_float (0, f)
16      print "%IF0 = " + str (f)
17
18      f = v * 0.3
19      set_float (2, f)
20      print "%IF2 = " + str (f)
21
22      time.sleep (1)
23      v += 1
24

```

- Le PC sur lequel est installé le programme de simulation devient alors un serveur Modbus TCP/IP accessible depuis notre μ NPE.
- Le Protocole serait donc « Modbus » et l'adresse correspondrait à l'adresse IP du serveur du PC.
- La manipulation des valeurs flottantes de chaque variable « %IF » se fera en modifiant La fonction « **set_float** » située dans la boucle « **While True** ».

Figure 16 : Le script de valeurs flottantes "test.py" (à gauche) et les commentaires sur son exécution (à droite)

2) Equipements de la simulation

En résumé, nous utiliserons les équipements suivants pour les simulations.

- ✓ Un PC exécutant un système d'exploitation LINUX Ubuntu : OS requis par le modem μ NPE.
- ✓ Une carte SIM GSM préconfiguré à internet : le choix pour notre étude est Airtel Burkina.
- ✓ Un câble de communication Ethernet tout type (droit ou croisé).

3) Paramétrage du μ NPE

a) Etat des lieux du modem μ NPE

L'exploration des fichiers système du μ NPE (index, configurations internet, adresse IP, ...), s'effectue par l'utilisation de quelques logiciels tels que WinSCP, Puty et/ou FileZilla. Pour cela nous devons utiliser le PC serveur sous WINDOWS 7/8 afin de paramétrer la liaison Ethernet PC- μ NPE. Les paramétrages d'adressage IPV4 du PC simulateur s'établiront depuis les paramètres du « centre de réseau et partage ». Ceux du μ NPE sont définis par défaut.

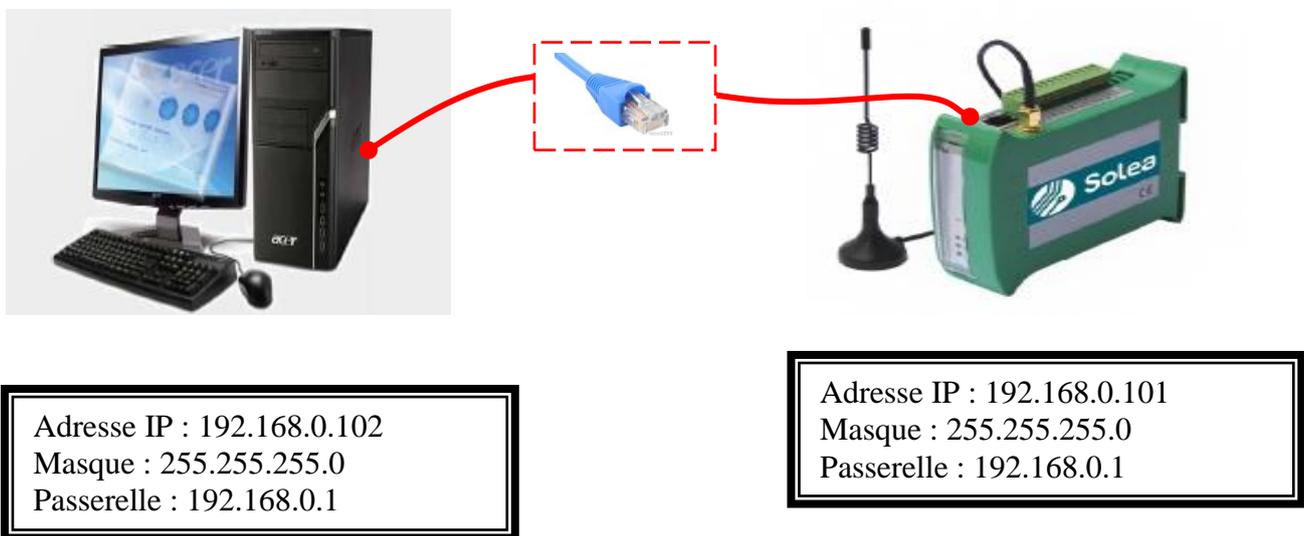


Figure 17 : Synoptique de la simulation du μ NPE

b) Anomalies constatées

L'exploration du μ NPE se fait via WinSCP par le client FTP (File Transfer Protocol) en utilisant l'adresse IP du μ NPE (192.168.0.101) et le port FTP (21).

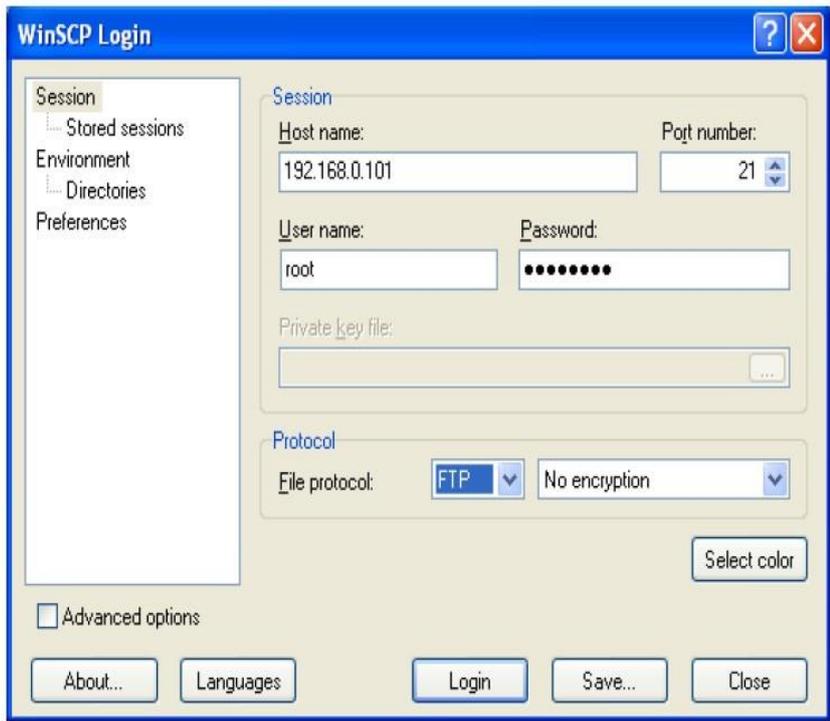


Figure 18 : Ouverture de session sur WinSCP

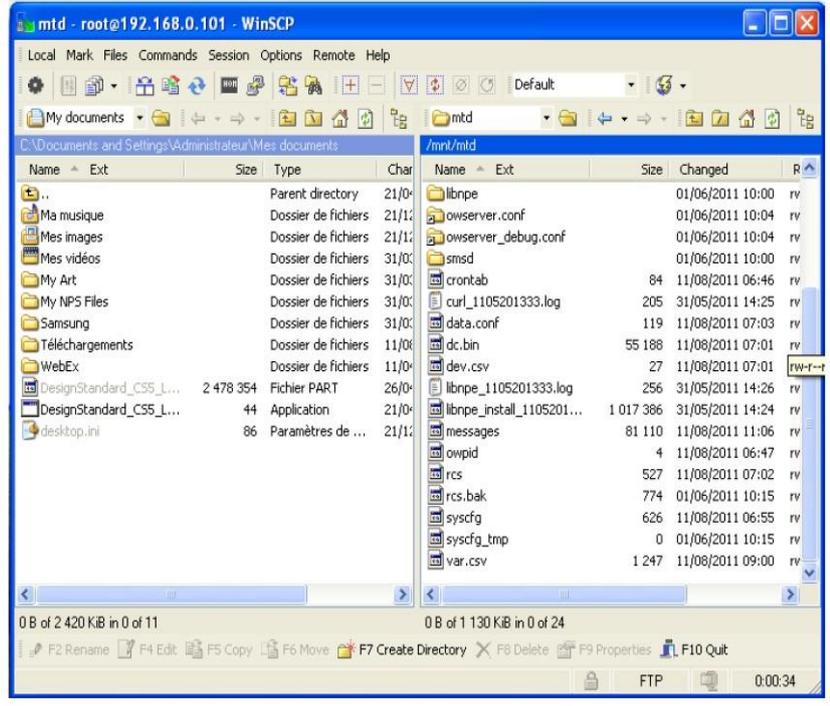


Figure 19 : Exploration du µNPE sur WinSCP

Les fichiers de configurations du μ NPE sont répertoriés depuis « root/mnt/mtd ».

- ✓ **Syscfg** : représente la configuration principale du modem. Il comprend le nom et l'adresse de l'hôte, les configurations GPRS de la carte SIM et les processus de gestion du modem. Les anomalies que nous avons pu constater sont :
 - ✓ Le processus de gestion « START_DHCP » qui permet la transmission des données en mode local : état activé « Y »
 - ✓ L'APN (Access Point Name) de la carte SIM incorrecte et obsolète.
 - ✓ L'adresse du serveur Web : <http://lesee.2ie-edu.xxxx/xxxx>

(Voir annexe 1 : structure du fichier syscfg)

- ✓ **Data.conf** : représente les paramètres d'identification du μ NPE composé de son index, de son nom, du type, du port de communication et l'adresse de l'hôte du serveur web. Après étude ce fichier présente une seule anomalie qu'est l'hôte ou l'adresse web du serveur de données météo (<http://lesee.2ie-edu.xxxx/xxxx>).

(Voir annexe 2 : structure du fichier data.conf)

En plus de l'exploration interne du μ NPE, d'autres anomalies sont à souligner :

- ✓ Les pertes de réseau GSM.
- ✓ L'inefficacité du Dual-Band GSM de l'opérateur : la sélection de la bande de fréquence se fait uniquement par l'opérateur.
- ✓ La mise à jour du serveur physique perturbe fortement le fonctionnement du μ NPE.
- ✓ Sur le serveur de données météo nous avons pu constater une absence de communication entre le μ NPE et la centrale d'acquisition des données météo ainsi qu'une absence de communication du μ NPE avec la télésurveillance.

c) Reconfigurations des fichiers systèmes

- ✓ Les reconfigurations auront pour but de paramétrer les fichiers présentant des anomalies, c'est donc une correction. Les paramétrages du fichier « **syscfg** » sont :
 - ✓ Le processus de gestion « START_DHCP » qui permet la transmission des données en mode local : état désactivé « N » car nous optons pour une transmission à distance.

- ✓ La modification de l'APN : internet après acquisition d'une puce GSM configuré à internet-illimité.
- ✓ La correction de l'adresse web du serveur : <http://lesee.2ie-edu.xxxx/xxxx>
- ✓ Une autre étape consistera à apporter des modifications au fichier système « **data.conf** »
 - ✓ Modification de l'hôte.
 - ✓ Modification de l'index de l'équipement : 1006 si nécessaire.

```

1 #
2 # Custom System configuration file
3 #
4 HOST_NAME=techbase
5 HOST_IP=192.168.0.101
6 GW_IP=192.168.0.1
7 NET_MASK=255.255.255.0
8 HOST_MAC=18:83:C4:04:26:91
9 ETH_DNS_1=8.8.8.8
10 RTC_RESTORE=Y
11 OUT_RESTORE=Y
12 START_CONSOLE=N
13 START_BLINK=N
14 START_DHCP=N
15 START_FTP=Y
16 START_TELNET=Y
17 START_SNMP=N
18 START_NPESRV=Y
19 START_INITSRV=Y
20 #
21 GSM_BAUD=115200
22 START_APACHE=Y
23 START_SMS=Y
24 GPRS_AUTOSTART=Y
25 DEFAULT_ROUTE=GPRS
26 GPRS_APN_NAME=internet
27 GPRS_RECONNECT=Y
28 GPRS_PING_IP_1=lesee.2ie-edu.org
29 GPRS_PING_IP_2=dnsaeria.dyndns.org
30 GPRS_AUTO_DNS=Y
31 GPRS_DNS_1=
32 GPRS_DNS_2=
33 GPRS_DNS_3=
34 GPRS_LOGIN=ppp
35 GPRS_PASSWORD=ppp
36 GPRS_PIN=1234
37 GPRS_DYNDNS=N
38 GPRS_MUX=Y
39

```

Figure 20 : Le fichier « syscfg » paramétré

```

1 HOST=lessee.2ie-edu.org →
2 PORT=13214
3 INDEX=1006
4 TYPE=MicroNPE
5 NAME=test ouaga
6 TIMEOUT=60

```

Figure 21 : Le fichier « data.conf » paramétré

4) Paramétrage du serveur de données météo

Après avoir effectué les paramétrages sur le μ NPE, il est essentiel de paramétrer aussi le serveur de données météo qui va se charger de communiquer avec ce modem et d'enregistrer les données. Cela consiste donc à créer un index qui permettrait au μ NPE d'être identifiable par le serveur 2iE. Cet index (1006) étant le même que celui existant ou attribué à l'automate (depuis le répertoire root/mnt/mtd/data.conf). Ensuite, il s'agira d'attribuer le nom, le type et le site de la station météo ; puis le délai de rafraichissement des données ou timeout (T=300s) ; Enfin une activation autonome de l'automate sera nécessaire pour qu'il puisse jouer pleinement son rôle à tout moment. Le tableau ci-dessous montre une vue d'ensemble de l'équipement 1006 sur le serveur de données météo après création.

Index	Type	Site	Code Postal	Ville	Sél.
99999	-	test	-	-	
1006	μ NPE	Test ouaga	-	Ouaga_Kamboinse	✓
1005	Centrale Météo	Centrale 1005	météo	-	
1004	μ NPE	Ouahigouya	-	-	
1003	μ NPE	μ NPE 1003	-	Dédougou	
1002	-	BF2_2iE_essakane	-	Essakane	
1001	μ NPE	GPRS Météo 1	-	-	
1	FOX	SUIVIPV- SOLARCUP	-	-	

Figure 22 : Vue d'ensemble de l'équipement 1006 sur le serveur de données météo

D'autres paramétrages sont nécessaires :

- ✓ Le canal de communication : nous y avons défini l'adresse IP du μ NPE (192.168.0.101).
- ✓ Le protocole de communication : Modbus.
- ✓ Le numéro d'esclave : 1.

Résultats

1) Analyses et interprétations des résultats

Après application et enregistrement des modifications effectuées depuis le μ NPE et le serveur de données météo, nous avons pu constater que les données sont rapatriées correctement. Cela se traduit par la collecte et l'enregistrement des données flottantes générées depuis le script « test.py » sur le serveur de données météo à l'instant t. Les données météo exécutées depuis ce script sont accessibles et directement envoyées via le réseau GPRS/internet de la carte SIM sur le serveur de données météo. Par conséquent le délai de communication entre la centrale d'acquisition et le μ NPE est nul ; ainsi que le délai de communication entre le μ NPE et le serveur de données météo.

Cat.	Adresse ▾	Libellé ▾	Valeur	Dernière variation	Sél.
	%DW1	Délai depuis dernière tentative de communication avec la télésurveillance (en secondes)	0 s	28/03/2014 14:02	<input type="checkbox"/>
	%DW2	Délai depuis dernière communication avec la télésurveillance OK (en secondes)	0 s	28/03/2014 14:37	<input type="checkbox"/>
	%DW0_1	Tps depuis dernière comm OK µNPE-Centrale	0	28/03/2014 14:25	<input type="checkbox"/>
	%IF0_1	Température de l'air	227.8 °C	28/03/2014 14:38	<input type="checkbox"/>
	%IF2_1	Température de rosée	683.7 °C	28/03/2014 14:38	<input type="checkbox"/>
	%IF4_1	Humidité relative	1140 %	28/03/2014 14:38	<input type="checkbox"/>
	%IF6_1	Pression atmosphérique	1596.7 hPa	28/03/2014 14:38	<input type="checkbox"/>
	%IF8_1	Précipitation	2053.8 mm	28/03/2014 14:38	<input type="checkbox"/>
	%IF10_1	Direction du vent	2511.3 °	28/03/2014 14:38	<input type="checkbox"/>
	%IF12_1	Vitesse du vent	2967.9 m/s	28/03/2014 14:38	<input type="checkbox"/>
	%IF14_1	Ensoleillement global (1)	3426 W/m2	28/03/2014 14:38	<input type="checkbox"/>
	%IF16_1	Ensoleillement diffus (2)	3862.4 W/m2	28/03/2014 14:38	<input type="checkbox"/>
	%IF18_1	Ensoleillement direct (3)	4318.7 W/m2	28/03/2014 14:38	<input type="checkbox"/>
	%IF20_1	Durée d'ensoleillement	4773.3 min	28/03/2014 14:38	<input type="checkbox"/>
	%IF22_1	Tension batterie interne	5230.2 V	28/03/2014 14:38	<input type="checkbox"/>
	%IF24_1	Durée de précipitation	5687.5 s	28/03/2014 14:38	<input type="checkbox"/>
	%IF26_1	Intensité de précipitation	6145.2 mm/h	28/03/2014 14:38	<input type="checkbox"/>

Figure 23 : Page web de rapatriement des données météo par le µNPE

2) Tests de robustesse

Le µNPE sera soumis à des tests de robustesse encore appelés tests de performance. Les tests de robustesse ont consisté en :

- ✓ La régression de la vitesse d'envoi en secondes des données météo flottantes : 1 ; 0,5 ; 0,25 ;...
- ✓ L'interruption de l'alimentation du µNPE pendant l'envoi des données et la réalimentation de celui-ci afin de s'assurer qu'il récupère et envoie les données non envoyées pendant l'interruption.
- ✓ L'interruption de la communication GPRS par retrait de la carte SIM ou de l'antenne GPRS pour s'assurer que celui-ci possède une mémoire tampon capable de récupérer les données non-envoyées pendant la perte de communication GPRS.

Les résultats de ces tests de robustesse appliqués au μ NPE s'organisent suivant un plan de forces et faiblesses :

■ Les forces :

- ✓ Sur le support physique le μ NPE possède des LED d'alimentation ce qui permet d'avoir des idées de notifications sur son alimentation et sa communication.
- ✓ Le modem est une technologie GPRS de classe 10 : le μ NPE supporte donc les régressions de vitesse d'envoi.
- ✓ Tentative permanente de reconnexion au réseau GPRS en cas de perte de communication.
- ✓ Le μ NPE possède une mémoire vive de 10.000 mesures en cas de perte de communication.

■ Les faiblesses :

- Le μ NPE est un équipement relativement dépassé qui possède des complexités de paramétrages et de mises à jour.
- Le μ NPE est vulnérable aux coupures intempestives d'alimentation : en cas de perte d'alimentation celui-ci est incapable de récupérer les données non-envoyées sur le serveur de données. En effet il ne peut pas effectuer une lecture sur la carte mémoire externe de la centrale d'acquisition.
- L'insuffisance de la mémoire vive : elle est limitée à 10.000 mesures soit un standby de 12 minutes.

Conclusion :

Ce chapitre a démontré en différentes étapes la méthodologie de correction des bugs rencontrés sur le μ NPE. Au terme des tests de simulation après les corrections et reconfigurations sur le μ NPE nous avons pu constater le rapatriement des données avec succès sur le serveur de données météo. Le μ NPE a subi les tests de robustesse avec succès. Les tests de simulation ont permis de tester l'équipement à des conditions limites de fonctionnement et à long terme afin de s'assurer qu'il fonctionnera parfaitement après installation sur les sites météorologiques.

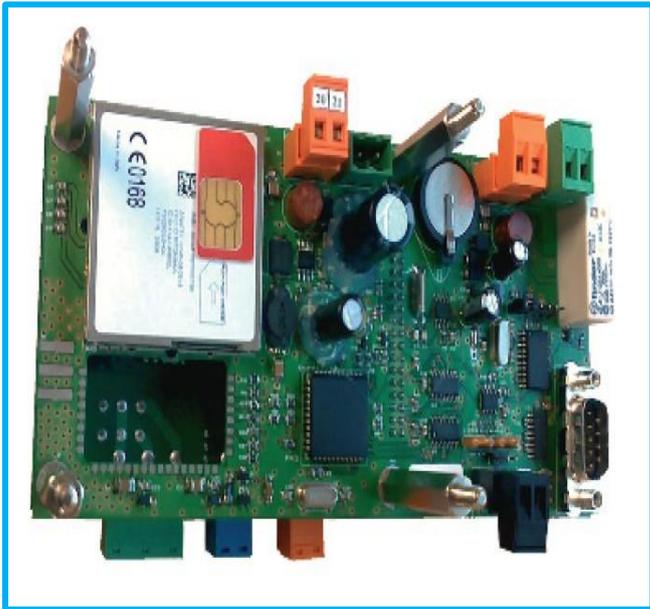
Ce chapitre porte essentiellement sur l'étude de compatibilité d'un nouvel automate proposé par Sirea en remplacement du μ NPE. Il comporte des programmes performants et des logiciels faciles d'utilisation ce qui le rend plus performant que le μ NPE. Pour s'assurer que le PicoFox fonctionnera normalement une fois monté sur la station météo il nous faut réaliser des tests de compatibilité avec la centrale d'acquisition. Ces études de compatibilité suivront les mêmes étapes de simulation appliquées au μ NPE étant donné que ces automates présentent les mêmes types de communication.

Dans un premier temps, nous présenterons le PicoFox, ensuite nous montrerons étape par étape les paramétrages nécessaires aux tests de simulation et enfin nous ferons une interprétation des résultats.

I- Présentation du PicoFox

Le PicoFox est un tout nouveau produit ou passerelle de communication conçu par Sirea pour remplacer les automates déjà installés. Le PicoFox est donc le successeur du μ NPE, mais n'est pas encore au point. Il est important de rappeler que ces automates, à l'origine étaient conçus pour la surveillance de systèmes photovoltaïques. Ils ont été par la suite adaptés à la collecte des données météo. Nous allons donc tout au long de ce chapitre étudier la compatibilité de ce prototype avec nos stations météo.

1) Propriétés techniques et électroniques



Caractéristiques

- Double bande GSM EGSM 900/1800 MHz
- Vocal, SMS, FAX, Informations
- Vitesse d'envoi des données : 9600Bauds
- Carte SIM – Airtel Burkina Faso
- Alimentation : 8V–30V ; 180 mA DC
- Antenne GSM
- Carte mémoire SD

Figure 26 : Aperçu Physique du PicoFox

2) Avantages du PicoFox

Le PicoFox possède des avantages qui le différencient du μ NPE :

- ✓ Le PicoFox contient un logiciel μ Server qui y tourne en embarqué ; c'est le même que celui se trouvant sur le serveur central VAISALA. Ce μ Server gère la communication Ethernet locale avec la centrale d'acquisition des données via une connexion TCP/IP distante avec le μ server central. Avec le PicoFox on peut se connecter de façon locale au serveur de données en tapant juste son adresse IP (192.168.0.101) dans la barre d'adresse d'un navigateur web. En principe cette manœuvre permettrait de savoir si le modem est bien paramétré ou s'il rencontre des problèmes de communication ; tout ceci à travers des alertes de communication.
- ✓ Le PicoFox contient aussi un paramètre modem « DEBUG » permettant de répertorier tous les bugs inhibant sa communication sur la centrale d'acquisition des données et sur le serveur web de données météo. Pour « DEBUG=0 » on aura une historisation des bugs sans détails et pour « DEBUG=1 » une historisation des bugs avec détails.
- ✓ Un programme « rpigw » gère la communication GPRS via le modem embarqué.

(Voir annexe 3 : contrôle du logiciel μ Server)

II- Tests de simulation du PicoFox

Une étude de compatibilité du PicoFox s'est effectuée et tiendra essentiellement compte des procédures de simulation précédentes dans le but de remplacer les modems déjà installés sur les stations météo. Ce nouveau système PicoFox devra communiquer avec le système d'acquisition.

1) Paramétrage du PicoFox

Pour l'exploration des fichiers système du PicoFox (index, configurations internet, Ports de communication, ...), nous avons utilisé :

- ✓ 02 logiciels tels que WinSCP et Putty
- ✓ 01 PC serveur sous WINDOWS 7/8 afin de paramétrer la liaison Ethernet PC-PicoFox.

Les paramétrages d'adressage IPV4 du PC simulateur ont été établis depuis les paramètres du « centre de réseau et partage ». Ceux du PicoFox sont définis par défaut.

(Voir annexe 4 :notice du PicoFox)

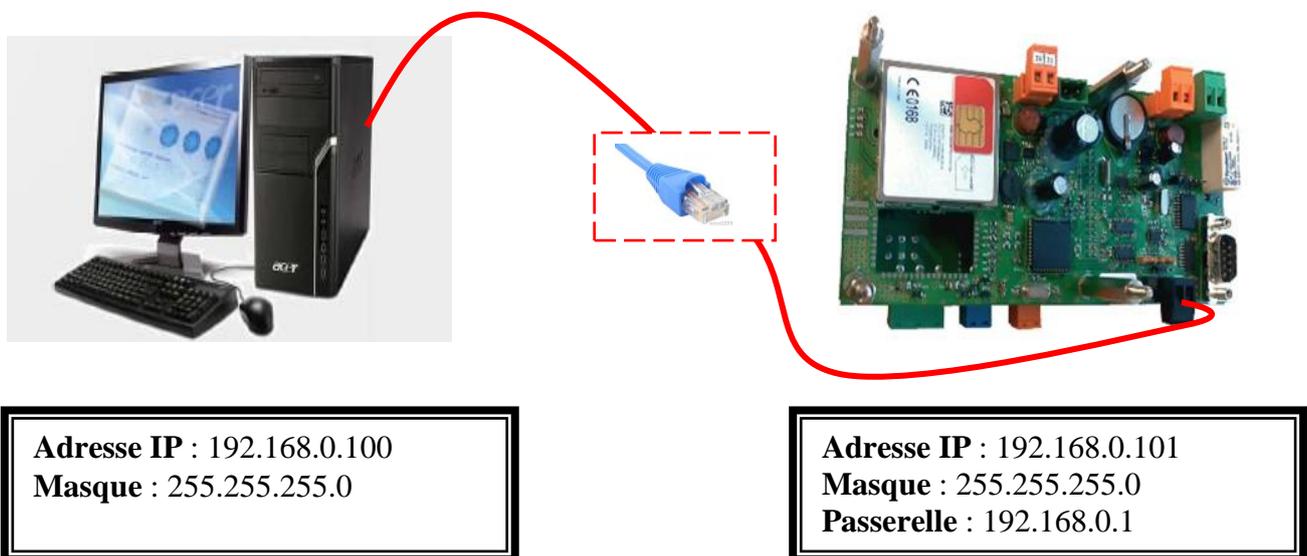


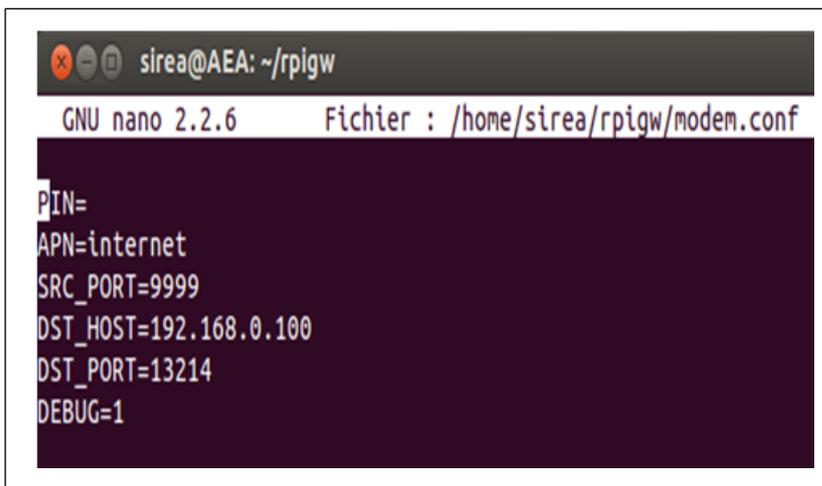
Figure 24 : Synoptique de la simulation du PicoFox

Le paramétrage du PicoFox comprend 02 fichiers systèmes :

a) Modem.conf

C'est le fichier de configuration du modem embarqué. Il se compose de paramétrages de la carte SIM GSM et des paramètres de communications du PicoFox tels que :

- ✓ **PIN** = qui définit le code PIN de la carte SIM. Pour notre étude nous avons désactivé le code PIN de la carte SIM
- ✓ **APN = internet** : Access Point Name, qui définit le nom du point d'accès.
- ✓ **DST_PORT = 13214** : qui est le port qui permet au PicoFox de se connecter sur le serveur de données météo.
- ✓ **SRC_PORT = 9999** : qui est le port de communication interne entre μ Server et le programme « **rpigw** » qui gère le pilotage du modem.
- ✓ **DST_HOST = lesee.2ie-edu.xxxx/xxxx** : qui est l'adresse du serveur.



```

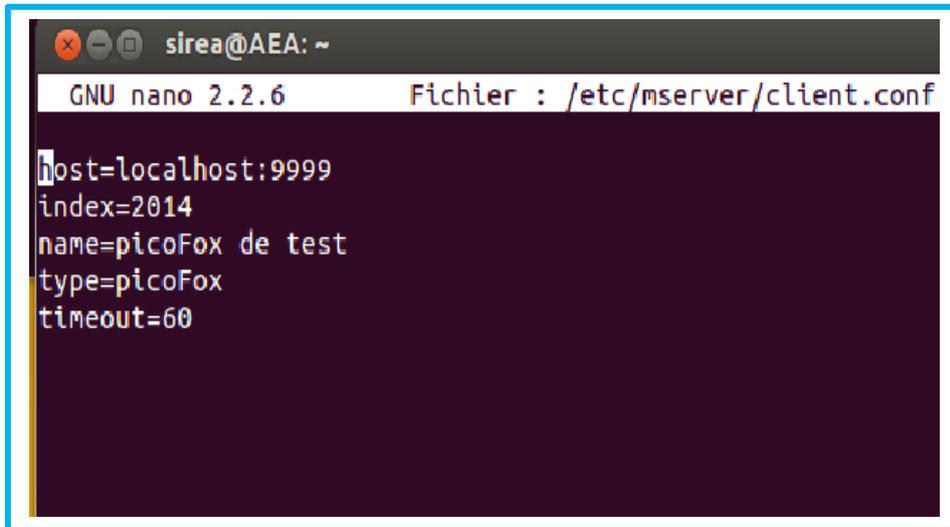
sirea@AEA: ~/rpigw
GNU nano 2.2.6   Fichier : /home/sirea/rpigw/modem.conf
PIN=
APN=internet
SRC_PORT=9999
DST_HOST=192.168.0.100
DST_PORT=13214
DEBUG=1
  
```

Figure 25 : Paramétrage du modem.conf

C'est le fichier de paramétrage propre à l'équipement PicoFox. Il comprend :

- ✓ **Host = localhost : 9999** : qui définit le port de pilotage du modem. Ce port a été choisi par défaut par Sirea du fait de sa disponibilité d'utilisation.
- ✓ **Index = 2014** : qui est l'identification du PicoFox. La valeur est arbitraire.
- ✓ **Name = PicoFox de test** : qui définit le nom de l'équipement.
- ✓ **Type = Picofox** : qui définit le type d'équipement.
- ✓ **Timeout = 300** : qui définit le délai de rafraichissement (300 secondes).

Remarque : le **DST_PORT** de client.conf (host = localhost) et le **SRC_PORT** de rpigw dans modem.conf doivent être identiques pour qu'il y'ait établissement de la communication TCP/IP.



```

sirea@AEA: ~
GNU nano 2.2.6      Fichier : /etc/mserver/client.conf
host=localhost:9999
index=2014
name=picoFox de test
type=picoFox
timeout=60
  
```

Figure 26 : Paramétrage du Client.conf

2) Vérifications sur le serveur de données météo

Après modification et enregistrement des paramètres du PicoFox depuis **client.conf** et **modem.conf**, l'étape suivante est la connexion sur le serveur de données météo.

Sur le serveur de données météo nous avons pu constater que le PicoFox a créé lui-même son index et envoyé ses paramètres météo automatiquement suivant les paramétrages manuels.

III- Résultats

1) Analyses et interprétations des résultats

Après application et enregistrement des modifications effectuées depuis le PicoFox et le serveur de données météo, nous avons pu constater que les données sont rapatriées correctement. Ce qui entraîne la collecte et l'enregistrement des données flottantes depuis le script « test.py » sur le serveur de données météo à l'instant t. Les données météo exécutées depuis ce script sont accessibles et directement envoyées via le réseau GPRS/internet de la carte SIM sur le serveur de données météo.

Le PicoFox se connecte au serveur de données météo et ne rapatrie les données que pendant des courts instants (environ 10 minutes) puis s'interrompt. Il est à noter essentiellement que cet équipement est un prototype et que seuls les tests de simulation et son installation avec un rapatriement autonome des données sur le serveur lui permettront d'être la parfaite console météo d'utilisation sur les stations météo de 2iE.

Cat.	Adresse ▾	Libellé ▾	Valeur	Dernière variation	Sél.
	%DW1	Délai depuis dernière tentative de communication avec la télésurveillance (en secondes)	0 s	29/04/2014 09:24	<input type="checkbox"/>
	%DW2	Délai depuis dernière communication avec la télésurveillance OK (en secondes)	0 s	29/04/2014 09:38	<input type="checkbox"/>
	%IF0_1	Température de l'air	102.4 °C	29/04/2014 09:39	<input type="checkbox"/>
	%IF2_1	Température de rosée	307.2 °C	29/04/2014 09:39	<input type="checkbox"/>
	%IF4_1	Humidité relative	512 %	29/04/2014 09:39	<input type="checkbox"/>
	%IF6_1	Pression atmosphérique	716.8 hPa	29/04/2014 09:39	<input type="checkbox"/>
	%IF8_1	Précipitation	94410 mm	29/04/2014 09:40	<input type="checkbox"/>
	%IF10_1	Direction du vent	1153.9 °	29/04/2014 09:40	<input type="checkbox"/>
	%IF12_1	Vitesse du vent	1331.2 m/s	29/04/2014 09:39	<input type="checkbox"/>
	%IF14_1	Ensoleillement global (1)	1536 W/m2	29/04/2014 09:39	<input type="checkbox"/>
	%IF16_1	Ensoleillement diffus (2)	1740.8 W/m2	29/04/2014 09:39	<input type="checkbox"/>
	%IF18_1	Ensoleillement direct (3)	1945.6 W/m2	29/04/2014 09:39	<input type="checkbox"/>
	%IF20_1	Durée d'ensoleillement	2150.4 min	29/04/2014 09:39	<input type="checkbox"/>
	%IF22_1	Tension batterie interne	2355.2 V	29/04/2014 09:39	<input type="checkbox"/>
	%IF24_1	Durée de précipitation	2622.5 s	29/04/2014 09:39	<input type="checkbox"/>
	%IF26_1	Intensité de précipitation	2764.8 mm/h	29/04/2014 09:39	<input type="checkbox"/>

Figure 27 : La page web de rapatriement des données météo par le PicoFox

2) Tests de robustesse

Le principe sera donc le même que celui du μ NPE. Le PicoFox sera soumis à des tests de performance à long terme et à des conditions extrêmes. Tout au long de ces tests, les processus effectués sont :

- ✓ La régression de la vitesse d'envoi en secondes des données météo flottantes : 1 ; 0,5 ; 0,25 ;...
- ✓ L'interruption de l'alimentation du PicoFox pendant l'envoi des données et la réalimentation de celui-ci afin de s'assurer qu'il récupèrera les données non envoyées pendant l'interruption pour les renvoyer.

- ✓ L'interruption de la communication GPRS par retrait de la carte SIM ou de l'antenne GPRS pour s'assurer que celui-ci possède une mémoire tampon capable de récupérer les données non-envoyées pendant la perte de communication GPRS.

Les résultats de ces tests de robustesse appliqués au PicoFox s'organisent suivant un plan de forces et faiblesses :

■ Les forces :

- ✓ La conception du PicoFox est récente et permet des améliorations sur d'autres systèmes bogués et anciens tels que le μ NPE.
- ✓ Le modem est une technologie GPRS de classe 10 : le PicoFox supporte donc les régressions de vitesse d'envoi.
- ✓ Tentative permanente de reconnexion au réseau GPRS en cas de perte de communication.
- ✓ Le PicoFox possède une mémoire vive de 10.000 mesures en cas de perte de communication.
- ✓ La visualisation locale des données du PicoFox de par le μ Server intégré est une force majeure.

■ Les faiblesses :

- ✓ Le PicoFox sur son support physique ne possède pas des LED d'alimentation ce qui nous empêche d'avoir des idées de notifications sur son alimentation et sa communication.
- Le PicoFox est vulnérable aux coupures intempestives d'alimentation : en cas de perte d'alimentation celui-ci est incapable de récupérer les données non-envoyées sur le serveur de données.
- L'insuffisance de la mémoire vive (10.000 mesures soit un standby de 12 minutes).



Conclusion :

Ce chapitre a démontré en différentes étapes la méthodologie de compatibilité du PicoFox avec nos stations météo. Le PicoFox a réussi à rapatrier les données météo que pendant des courts instants. Les résultats s'annoncent déjà bien ; les tests de robustesse ont permis d'améliorer la compréhension du fonctionnement des opérations, de modéliser les conditions variables rencontrées en fonctionnement réel et de diminuer les risques et les couts associés à toutes modifications du prototype. Il nous reste beaucoup de travail à mener sur ce prototype afin qu'il soit opérationnel avec nos stations météo. En outre, les tests de robustesse ont permis de tester l'équipement à des conditions limites de fonctionnement et à long terme.

Chapitre 4 : Installation des équipements sur les stations

Ce chapitre sera consacré à l'installation des équipements sur les stations météo. Il présentera les travaux entrepris sur le terrain lors de la mission effectuée sur l'installation des équipements testés et corrigés.

I- Objectifs des missions sur les stations météo

Les stations météo sont conçues de sorte à minimiser le déplacement des agents à 2iE. En effet 2iE a signé des accords de partenariats avec :

- ✓ Essakane SA pour la station météo installée sur le site de la mine d'or d'Essakane à 45 Km de Dori.
- ✓ SONABEL (Société Nationale d'électricité du Burkina) pour les stations de Dédougou et de Ouahigouya. Ces deux stations sont installées sur les sites de la SONABEL.

Les agents de ses partenaires sont chargés de l'entretien mais ils n'interviennent pas sur les aspects techniques ; les agents du 2iE font régulièrement des missions ponctuelles sur les sites (selon les besoins) en vue d'assurer leur maintenance et de remédier aux divers dysfonctionnements.

Dans le cadre de mon stage j'ai entrepris une mission avec 02 de mes encadreurs dans le but d'installer sur les 03 stations météo (BF2, BF3 et BF4) les automates de transmission des données météo :

- ✓ Le PicoFox sur la station météo d'Essakane.
- ✓ Le μ NPE sur les stations météo de Dédougou et de Ouahigouya.

II- Installation du PicoFox sur le site d'Essakane

1) Mise en route et résultats

Lors d'une mission sur le site d'Essakane nous avons eu à installer le PicoFox sur la station météo en vue de rapatriement des données. Les corrections des fichiers systèmes tels que « modem.conf » et « client.conf » ont été prises en compte avant sa connexion avec le serveur central de données météo.

Nous avons établi la connexion entre le serveur central de données météo et le PicoFox ; puis à partir du serveur Web de données météo, nous avons constaté que les mesures météo avaient été rapatriées avec succès sur le serveur de données météo de 2iE. Le branchement a été surveillé suffisamment longtemps pour s'assurer du bon fonctionnement du PicoFox. Après une durée de connexion de 10 minutes nous avons constaté que le rapatriement des données météo s'était interrompu. Le bug que rencontre ce prototype demeure inconnu.

Au nonobstant nous avons diminué le nombre de paramètres météo à envoyer qui est passé de 14 à 5 paramètres tout en gardant le même intervalle de transmission (1 seconde) ; nous avons constaté que le rapatriement des données météo dure plus de 10 minutes.

2) Corrections effectuées sur le site

Compte tenu de la perte de communication inconnue entre le PicoFox et le serveur web de données météo, nous avons décidé d'abandonner son installation. Etant donné que ce dernier est un prototype, beaucoup d'études de compatibilités restent encore à établir avant qu'il ne fonctionne à long terme sur les stations météo de 2iE.

III- Installation du μ NPE sur les trois sites météorologiques

1) Mise en route résultats

L'installation du PicoFox sur un des sites météo de 2iE a fonctionné pendant une courte durée. Compte tenu du fait que son fonctionnement ne peut être autonome sur le site météo, nous avons décidé de le déconnecter et de le remplacer par le modem μ NPE testé et corrigé. L'installation du μ NPE a été effective sur tous les 3 sites météo notamment BF2, BF3 et BF4.

2) Résultats

Après connexion entre le serveur central de données météo et le μ NPE nous avons pu constater que les mesures météo avaient été rapatriées sur le serveur de données météo de 2iE. Des vérifications de communication avec le serveur de données météo ont été faites. Nous avons pu constater au-delà de 02 jours que le μ NPE continue de rapatrier les données météo sur le serveur météo.

IV- Recommandations et Perspectives

Les recommandations et les perspectives à prendre en compte pour les prochaines stations sont les suivantes :

1) Programme logiciel des consoles météo

Les consoles météo sont vulnérables aux coupures intempestives d'alimentation. En effet en cas de perte d'alimentation, elles sont incapables de récupérer les données non-envoyées sur le serveur de données. Une amélioration sur la base de son programme logiciel de fonctionnement (software) lui permettrait d'effectuer une lecture sur la carte mémoire interne de la centrale d'acquisition des données VAISALA.

2) La mémoire vive

Présentement la capacité de la mémoire vive des consoles météo est limitée à 10.000 mesures soit un temps d'attente maximum de 12 minutes. Une augmentation de capacité de cette mémoire vive permettrait d'avoir un temps d'attente plus long. Ce temps devrait être estimé égal à la durée de perte de réseau dans la localité.

3) Le protocole de communication

Le protocole de communication des stations météo est celle ModBus **TCP/IP** entre un maître (Centrale d'acquisition des données) et un esclave (console météo installée). Le TCP/IP repose sur un dialogue via les adressages IP.

Un autre type de communication pourrait renforcer le dialogue entre le maître et les esclaves. Il s'agit de l'**UDP** (User Datagram Protocol). Le protocole UDP permet aux applications d'accéder directement à un service de transmission de datagrammes, tel que le service de transmission qu'offre l'IP. Le protocole **ModBus UDP** présente les avantages suivants :

- ✓ Les processus d'application de l'UDP sont caractérisés par les numéros de ports d'où la possibilité de modifier les programmes logiciels d'un système à distance.
- ✓ Plus rapide, plus simple, plus efficace que le TCP.
- ✓ L'UDP est orienté datagrammes (sans connexion) ce qui évite les problèmes liés à l'ouverture, au maintien et à la fermeture des connexions entre les équipements de la station météo.

- ✓ Ce protocole est très efficace pour les applications en diffusion/multidiffusion qui sont des applications satisfaisant à un modèle du type « interrogation-réponse ». la réponse étant utilisée comme étant un accusé réception positif à l'interrogation. L'application envoie une interrogation à intervalle de temps régulier tant qu'elle n'a pas encore reçu de réponse.
- ✓ Le protocole UDP peut vérifier l'intégrité des données avec un total de contrôle.

4) Le réseau sans fil

Le GPRS est la connectivité sans fil réseau utilisée comme passerelle de transmission des données sur le serveur de données météo. Le GPRS permet l'échange de données sans voix pour un débit maximum de 171 kO/s. Mais son tout autre avantage est la gratuité de sa licence.

Le réseau EDGE 2,75G (Enhanced Data Rate for GSM Evolution) est une évolution du réseau GPRS. Ce réseau offre un transfert des données très efficace et très rapide. En effet il empêche les redondances de données météo et le débit peut atteindre 384 kO/s soit plus de 2 fois le débit apporté par le réseau GPRS.

5) Le codeur analogique-numérique

Les capteurs envoient leurs données via une onde radio à 900/1800 Mhz à la centrale d'acquisition des données. Ces données sont de types analogiques. L'utilisation d'un CAN (convertisseur analogique-numérique) est donc indispensable pour que les données soient utilisables par les consoles météo qui ne travaillent qu'avec des valeurs numériques. En outre, cet outil électronique a une application software (logicielle) où pourront être cryptées les données météo mesurées ; ceci dans le but de protéger les données météo contre les éventuelles intrusions malveillantes (virus, pirateries, ...).

6) Etude de compatibilité de la station météo BF1

La console de rapatriement des données météo est compatible avec les stations météo BF2, BF3 et BF4 contrairement à la station BF1. En effet, les trois premières ont une configuration différente de celle de BF1.

- Les stations météo BF2, BF3, BF4 sont chacune constituées d'un multi-capteur tout en un du constructeur VAISALA, WXT-520 ; c'est ce seul multi-capteur qui récolte les 14 paramètres météo puis les transmet à la centrale d'acquisition des données.

- La station météo BF1 est constituée de capteurs indépendant tous reliés en parallèle à la centrale d'acquisition des données.

Etant donné que les consoles météo (μ NPE et PicoFox) sont compatibles avec les stations météo BF2, BF3, BF4 de par la carte DSE101 (protocole ModBus), nous suggérons de remplacer la carte électronique installée sur BF1 par une carte électronique identique à celle des 3 autres. L'investissement sur cette carte électronique serait plus rentable que tout autre modification à apporter sur cette station météo.

Conclusion :

Au terme de ce chapitre, nous pouvons souligner que l'installation des équipements sur site s'est effectuée après les résultats des tests de simulation et de l'étude de compatibilité.

Le PicoFox a été installé sur le site d'Essakane puis désinstallé du fait du dysfonctionnement (cause inconnue) survenu. Nous avons donc procédé à l'installation des μ NPE sur les trois sites météo, qui fonctionnent correctement maintenant. Plus tard nous procéderons à l'installation de la toute nouvelle console météo PicoFox après études de son amélioration électronique et la confirmation de son fonctionnement à long terme sur les stations météo.

Ce chapitre sera consacré à l'amélioration de la présentation des pages web du serveur de données météo de 2iE. Tout d'abord je présenterai le serveur de données météo et enfin, je présenterai les travaux entrepris sur l'amélioration de l'interface graphique du serveur de données météo de 2iE.

I- Présentation du serveur de données météo de 2iE

Le serveur de données météo de 2iE est un serveur dédié aux données des 3 stations météo de 2iE. Il est connecté sur le réseau 2iE et gère toutes les transactions de fichiers basées sur les accès, le partage, le stockage. En outre c'est un serveur internet qui contient des applicatifs nécessaires à la présence sur **worldwide web** : serveur FTP, HTTP et de messageries.

Le serveur de données météo de 2iE est un équipement aussi bien matériel (Hardware) que logiciel (Software). Afin d'apporter des améliorations graphiques à l'interface Web de données météo de 2iE, notre étude se focalisera essentiellement sur l'équipement logiciel : μ Server

1) Définition du μ Server

μ Server est un logiciel de télégestion et d'exploitation d'installations et d'équipements de tous types. Il permet le contrôle local ou à distance d'installations techniques (réseaux de capteurs, gestion technique centralisée....) pour répondre spécifiquement aux besoins de surveillance et de télé-contrôle d'installations techniques ou de systèmes instrumentalisés. μ Server est la solution idéale pour une exploitation simple et rapide depuis n'importe quel poste client équipé d'un navigateur internet. Parmi les nombreuses possibilités offertes par μ Server, on distingue plusieurs types d'applications standards :

- ✓ Le serveur central pour la télégestion d'un grand nombre d'équipements distants comme le μ NPE.
- ✓ Le logiciel de supervision sur site pour la gestion d'automates (Panel PC ou serveur Web seul).
- ✓ La passerelle de communication vers un serveur central.

2) les avantages du μ Server

L'équipement logiciel du μ Server offre plusieurs avantages tels que :

- ✓ La solution full-web ;
- ✓ La supervision en temps réel ;
- ✓ Des vues graphiques animées ;
- ✓ La visualisation et le forçage des variables ;
- ✓ La base de données MySQL ;
- ✓ Le gestionnaire d'alarmes et d'évènements ;
- ✓ Les reports d'alarmes par emails et par SMS ;
- ✓ Les affichages des courbes et tableaux.

3) Utilisation du logiciel

a) Connexion à l'interface Web

L'utilisation de μ Server s'effectue simplement au travers d'un navigateur Internet. Pour se connecter au μ Server, il suffit de taper l'adresse IP ou le nom de domaine du serveur : lesee.2ie-edu.xxx/XXX dans la barre d'adresse du navigateur (préinstallé avec un JavaScript) ou tout simplement en utilisant un "marque-page" suite à une première connexion.

b) Droits d'accès à l'interface Web

Lorsque l'on se connecte à μ Server, la première vue est une demande d'authentification. La gestion des accès à μ Server est basée sur la combinaison de "comptes utilisateurs" et de "profils utilisateurs". Un compte utilisateur doit être associé à un profil utilisateur unique. Plusieurs comptes utilisateurs peuvent être associés à un même profil utilisateur.

La session d'authentification est stockée temporairement par le navigateur web.

Les actions suivantes ferment la session d'authentification :

1. Un clic sur le bouton « **Se déconnecter** ».
2. La fermeture du navigateur (dépend du paramétrage du navigateur).
3. La suppression des sessions ou cookies dans le menu du navigateur.
4. La suppression du compte utilisateur en cours d'utilisation.

Une fois connecté, le nom du compte utilisateur apparaît en haut à droite dans le bandeau d'en-tête de μ Server. Ce bandeau fait également apparaître le nombre d'utilisateurs connectés.

Un clic sur cette zone permet d'accéder au « **journal des connexions** ».

La visualisation du nombre d'utilisateurs connectés et l'accès au « **journal des connexions** » sont soumis à un droit utilisateur spécifique.

4) Les équipements

Le μ Server assure la communication en permanence ou en différée, de manière locale ou distante, avec un seul ou un très grand nombre d'équipements.

Les équipements peuvent être :

- ✓ des plates-formes d'automatismes SIREA ;
- ✓ tout module d'automatisme incluant le protocole **modbus**, au travers d'une passerelle de type **μ NPE** ou **PicoFox** ;
- ✓ tout module d'automatisme incluant le protocole modbus et directement relié à la machine μ Server ;
- ✓ d'autres supervisions μ Server reliées par le réseau. Les équipements peuvent communiquer indirectement avec μ Server par le biais d'une hiérarchie de communication.

II- Amélioration de l'interface Web : les synoptiques

1) Définition

L'amélioration de l'interface Web du serveur de données météo de 2iE sera essentiellement basée sur les synoptiques. Les synoptiques sont des vues graphiques qui sont animées en fonction de l'état des variables dans μ Server. Sur le principe d'une supervision classique, les synoptiques permettent de créer des vues personnalisées représentant par exemple une installation d'automatisme.

Les synoptiques sont "dessinées" par un administrateur, mais peuvent être visualisées par des utilisateurs n'ayant pas les droits d'administration.

Un synoptique comprend une ou plusieurs pages. Chaque page comprend des objets graphiques. Les propriétés de ces objets peuvent être fixes ou dynamiques grâce à l'association avec des variables de μ Server.

Grâce à différents types d'objets, les synoptiques permettront, de manière dynamique :

- ✓ L'affichage de textes et de valeurs.
- ✓ L'affichage d'images.
- ✓ L'affichage de formes géométriques.
- ✓ L'affichage de jauges, de cadrans.
- ✓ La saisie de valeurs.
- ✓ L'envoi de commande aux équipements.
- ✓ La navigation entre les pages du synoptique, vers d'autres vues de μ Server ou d'un autre site Web.

2) Administration des synoptiques

L'administration des synoptiques sur le serveur de données météo s'articule selon la méthode suivante :

- ✚ Pour créer un nouveau synoptique :

Synoptiques → **Ajouter**

- ✚ Pour accéder à un synoptique :

Synoptiques → **Rechercher** → *Cliquer sur le synoptique*

- ✚ Pour éditer un synoptique :

Synoptiques → **Rechercher** → *Cliquer sur le synoptique* → **Modifier**

- ✚ Pour modifier les attributs d'un ou plusieurs synoptiques :

Synoptiques → **Rechercher** → *Cliquer sur le synoptique* → **Modifier**

Ou bien :

Synoptiques → **Rechercher** → *Sélectionner le/les synoptiques à modifier* → **Modifier**

- ✚ Pour copier un synoptique :

Synoptiques → **Rechercher** → *Cliquer sur le synoptique* → **Copier**

- ✚ Pour supprimer un ou plusieurs synoptiques :

Synoptiques → **Rechercher** → *Cliquer sur le synoptique* → **Supprimer**

Ou bien :

Synoptiques → **Rechercher** → *Sélectionner le/les synoptiques à supprimer* → **Supprimer**

- ✚ Pour exporter un synoptique :

Synoptiques → **Rechercher** → *Cliquer sur le synoptique* → **Exporter**

- ✚ Pour importer un synoptique :

Synoptiques → **Importer**

NB : les synoptiques seront éditées via l'éditeur en ligne : lesee.2ie-edu.xxx/XXXX

Voir annexe 5 : Espace rubrique des synoptiques du serveur de données météo

3) Création des synoptiques

a) Création de la synoptique des 4 stations météo de 2iE

Une vue d'ensemble des 4 stations météo de 2iE a été créée ; les éléments constitutifs du synoptique nommée « **synoptique de la carte météo de 2iE** » sont :

- ✓ Une carte satellitaire du Burkina Faso
- ✓ 4 boutons poussoirs pour la localisation des stations météo de 2iE notamment BF1 (Ouagadougou), BF2 (Dori), BF3 (Dédougou) et BF4 (Ouahigouya).
- ✓ Des images (téléchargées à la base) pour la représentation des boutons poussoirs.

Voir en Annexe 6 : Synoptique des stations météo de 2iE

Chaque bouton poussoir correspondant à une station météo de 2iE ; Il serait donc nécessaire d'associer chaque équipement météo (représenté par son index) qui se trouve enregistré sur le serveur de données météo à son bouton poussoir localisé sur la synoptique « **carte météo du Burkina Faso** » correspondant. Pour cela, nous avons attribué dans les paramètres des synoptiques correspondants, le code suivant:

- Valeur ON = %SCRIPT%=linkDevice(“index de l'équipement”).

Pour que le synoptique de la **station météo de Ouahigouya (BF4)** s'affiche sous l'interface web, on associera donc le code « **Valeur ON = %SCRIPT%=linkDevice(“1004”)** » au bouton poussoir correspondant sur le synoptique de « synoptique de la **carte météo de 2iE** ». On fera donc de même pour toutes les 3 autres stations restantes (BF1, BF2 et BF3).

Voir annexe 7 : création du bouton poussoir de Ouahigouya

b) Affichage des valeurs mesurées à chaque station météo

Afin de permettre l'affichage des valeurs météo mesurées propres à chaque équipement, nous allons effectuer :

- ✓ La création d'objets : des rectangles comme cases de valeurs correspondants aux mesures météo et aux délais de communication de chaque équipement.
- ✓ Le positionnement et le redimensionnement des rectangles.
- ✓ Le choix d'une photo de la station météo BF4 de Ouahigouya en arrière-plan.

Voir annexe 8 : Synoptique de la station météo BF4 de Ouahigouya

Afin de récupérer une variable dans le synoptique d'un équipement (représenté par son index), nous avons effectués des réglages en attribuant aux **propriétés textes** le code suivant :

`<=%Variable.Equipement>`

- Pour qu'un rectangle choisi affiche la mesure météo d'humidité relative de la station **BF4 (Ouahigouya)** on attribuera aux **propriétés textes** le code suivant :

`<=%IF4_1.1004>`

Voir en Annexe 9 : paramètres d'attribution des variables météo de la station météo BF4 de Ouahigouya

Conclusion :

Au terme de ce chapitre, nous pouvons souligner que les simplifications d'accès à travers la création de synoptiques sur le serveur de données météo de 2iE ont nettement amélioré l'exploration, la consultation et l'archivage des données météo : la navigation entre les pages web est plus conviviale. Ainsi une page web montre la localisation géographique de toutes les stations météo de 2iE sur une carte du Burkina Faso. Un simple clic sur le bouton (dans la carte) correspondant à une station donnée permet d'accéder à la page la présentant.

CONCLUSION

Dans le cadre de notre étude, nous avons décelé et corrigé les bugs sur les systèmes de collecte des données des stations météo de 2iE. Les consoles météo (le μ NPE et le PicoFox) qui assurent la collecte des données ont d'abord été analysées, simulées puis les bugs ont été décelés. Le μ NPE a été installé avec succès sur les stations météo et permet encore jusqu'aujourd'hui de rapatrier les données météo sur le serveur de données météo. Le PicoFox proposé par Sirea pour remplacer le μ NPE a été soumis à des études de compatibilité. Son installation sur site a fonctionné que pendant une dizaine de minutes. Des tests et des corrections restent encore à réaliser sur ce prototype pour qu'il soit opérationnel sur nos stations météo.

Afin d'améliorer le fonctionnement des prochaines stations météo, des perspectives et recommandations ont été proposé comme suit :

- une optimisation du programme logiciel des consoles météo qui assure leur autonomisation;
- l'augmentation de la mémoire vive des consoles météo ;
- l'application d'un protocole de communication plus efficace : remplacement du protocole Modbus TCP/IP par le protocole Modbus UDP ;
- l'utilisation d'un réseau sans fil plus évolué et plus rapide que le GPRS : Le réseau EDGE (Enhanced Data Rate for GSM Evolution) ;
- l'installation d'un codeur analogique-numérique pour le cryptage et le renforcement d'envoi/réception des données météo ;
- Etablir une étude de compatibilité de la station météo BF1 avec les consoles météo : installation de la carte électronique DSE 101 de communication Modbus TCP/IP.

Ce stage de fin d'études m'a permis de prendre un premier vrai contact avec le monde du travail et de tester mes possibilités d'adaptation personnelles. J'ai eu l'occasion de mettre en pratique les connaissances apprises au cours de mon cursus de **MASTER ENERGIE** option **Energétique**.



TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Structure du fichier syscfg.....	62
Annexe 2: Structure du fichier data.conf	63
Annexe 3: Contrôle du logiciel µServer	64
Annexe 4 : Notice du PicoFox	65
Annexe 5 : Espace rubrique des synoptiques du serveur de données météo	68
Annexe 6 : synoptiques des stations météo de 2iE	69
Annexe 7 : Création du bouton poussoir de Ouahigouya	70
Annexe 8: Synoptique de la station météo BF4 de Ouahigouya.....	70
Annexe 9 : paramètres d'attribution des variables météo de la station météo BF4 de Ouahigouya..	71

Annexe 1 : Structure du fichier syscfg

STRUCTURE DU FICHIER : SYSCFG

→ spécification MicroNPE, définition des paramètres de communication GPRS / ETHERNET...

NOTA : Seules les lignes en rouges sont ou seraient à modifier selon les projets et spécifications des réseaux Ethernet ou GPRS... :

→

#

Configuration de la communication / réseaux

#

HOST_NAME=NPE1234

RTC_RESTORE=Y
OUT_RESTORE=Y
DEFAULT_ROUTE=GPRS

GW_IP=192.168.0.1
NET_MASK=255.255.255.0
HOST_IP=192.168.0.101
HOST_MAC=18:83:c4:04:20:42

→ # = reseau ethernet
→ # = reseau ethernet
→ # = reseau ethernet

START_CONSOLE=N
START_BLINK=N
START_DHCP=N
START_FTP=Y
START_TELNET=Y
START_SNMP=N
START_NPESRV=N

GSM_BAUD=230400
GPRS_PIN=
GPRS_APN_NAME=orange.m2m
GPRS_MUX=Y
GPRS_AUTOSTART=Y
GPRS_DNS=AUTO
GPRS_RECONNECT=Y
GPRS_PING_IP_1=208.67.222.222
GPRS_PING_IP_2=208.67.220.220

→ # = exemple paramètres Orange

#

GPRS_AUTO_DNS=Y
GPRS_DNS_1=211.138.151.161
GPRS_DNS_2=202.101.103.55
GPRS_DNS_3=8.8.8.8
GPRS_LOGIN=orange
GPRS_PASSWORD=orange
GPRS_DYNDNS= Y ou N suivant option (+ renseigner et enregistrer inadynd.conf dans /mnt/mtd/gprs/etc/inadynd.conf)

Annexe 2: Structure du fichier data.conf

STRUCTURE DU FICHIER : DATA.CONF =

→ spécification MicroNPE, définition des paramètres « équipements ↔ serveur SIREA », adresse serveur SIREA, type d'équipement, mises à l'échelle...

exemple :

```
HOST = www.monserveur.org           # = adresse du serveur (Adresse IP ou nom d'hôte)
PORT = 13214
INDEX=1001                           # = spécifique à chaque équipement installé ...
TYPE =MicroNPE                       # = suivant catégorie équipements Mserver...
NAME=Site n°1                        # = spécifique à chaque projet ou dénomination...
TIMEOUT=120                          # = Délai avant réinitialisation de la connexion serveur en cas de coupure réglable selon
besoin...
```

NOTA : pour enregistrer un nouvel équipement sur le serveur mServer, seul l'index / le type et le Name sont à modifier.

Les index disponibles sont à vérifier suivant équipements déclarés dans mServer...

Les caractéristiques Host, port, timeout sont directement liées au serveur cible.

Annexe 3: Contrôle du logiciel μ Server

1.1 Contrôle du logiciel

1.1.1 Lancement/Arrêt de μ Server

μ Server est automatiquement lancé au démarrage de la picoFox.

L'exécution de μ Server peut être contrôlée manuellement en ligne de commande :

<code>\$ sudo service mserver start</code>	lance μ Server
<code>\$ sudo service mserver stop</code>	arrête μ Server
<code>\$ sudo service mserver restart</code>	redémarre μ Server

1.1.2 Sauvegarde, import et export d'un projet μ Server

Export/Sauvegarde

L'export ou la sauvegarde d'un projet μ Server se fait en ligne de commande :

```
$ sudo mserver dump nom_du_fichier.db
```

Cette commande génère un fichier ".db" dans le répertoire courant.

Ce fichier contient uniquement les données "projet" de l'application, mais pas les données de d'exploitation. C'est à dire que la sauvegarde inclut les équipements et leur variables, les comptes et profils utilisateurs, les synoptiques avec leurs images, procédures, etc... En revanche, elle n'inclut pas les données telles que la valeur en cours des variables, les historiques d'alarmes, d'événements ou courbes, etc...

Pour sauvegarder l'intégralité des données (projet + exploitation), il faut sauvegarder la base de données (via outil MySQL) plus le répertoire qui contient les images des synoptiques (`/var/lib/mserver/log`).

Import

Pour importer un projet :

- 1) Transférer le fichier ".db" dans le répertoire courant
- 2) Arrêter μ Server
- 3) Taper la commande : `$ sudo mserver init nom_du_fichier.db`
- 4) Relancer μ Server

Attention : Ceci écrase le projet en cours. Toutes les données sont perdues.

Lors de l'importation, toutes les variables sont initialisées avec la valeur 'null'.

picoFox Quick Start guide

1 DEFAULT VALUES

IP address : 192.168.0.101
Linux login : sirea
Linux password: sirea

2 CONNECTION TO MSERVER

Set the webbrowser address field to "192.168.0.101"

3 CONNECTION TO PICOFOX EMBEDDED LINUX

From a Linux PC :

Enter command : `ssh sirea@192.168.0.101`

From Windows PC :

- 1) Install Putty (free software)
- 2) Run Putty
- 3) Set :
 1. type of connection : "SSH"
 2. host : "192.168.0.101"
- 4) Connect

4 COMMUNICATION WITH DEVICE

4.1 Create device

Connect to μ Server and create one or several new devices with the following settings

Refresh delay :

"0" (for real time refresh)

Timeout

"30" (for communication alarm 30s timeout)

Communication protocol :

"modbus" if standard modbus PLC

"sirea" if SIREA PLC

Communication channel :

"localhost:10000" if RS232 (modbus-RTU)

"localhost:10001" if RS485 (modbus-RTU)

Device IP address if Ethernet (modbus-TCP). Example : "192.168.0.102"

Slave number :

slave number of the device. Example : "1"

4.2 Create variable

Connect to μ Server and create all variables you want to read from the device.

4.3 Set serial port configuration

Ethernet

No settings

RS232

- 1) Connect to picoFox embedded Linux
- 2) Edit file "com0.conf" :
 1. Open file with command `nano /home/sirea/rpigw/com0.conf`
 2. Set parameters

PORT=10000	always 10000
SPEED=38400	serial baudrate
FORMAT=8N1	serial format
TIMEOUT=1000	always 1000
DEBUG=0	always 0
 3. Save file and quit

You need to reboot picoFox in case of RS232 settings change.

RS485

- 1) Connect to picoFox embedded Linux
- 2) Edit file "com1.conf" :
 1. Open file with command `nano /home/sirea/rpigw/com1.conf`
 2. Set parameters

PORT=10001	always 10001
SPEED=38400	serial baudrate
FORMAT=8N1	serial format
TIMEOUT=1000	always 1000
DEBUG=0	always 0
 3. Save file and quit

You need to reboot picoFox in case of RS485 settings change.

5 COMMUNICATION WITH SERVER

5.1 Client setting

Edit file "client.conf"

- 1) Open file with command `sudo nano /etc/mserver/client.conf`
- 2) Set parameters

index=N	where N is picofox index into the server
host=localhost:9999	"localhost:9999" if GPRS. "server IP address" if Ethernet
name=text	where text is picofox name into the server
type=text	where text is picofox type into the server
timeout=60	for 60 second automatic reconnection in case of server connection loss.
- 3) Save file and quit

Each picoFox must have a unique index.

You need to reboot picoFox in case of client settings change.

5.2 GPRS modem setting and server address

Edit file "modem.conf"

1) Open file with command `nano /home/sirea/rpigw/modem.conf`

2) Set parameters

SRC_PORT=9999 always 9999

DST_HOST=server IP address of server

DST_PORT=13214 TCP port of server. Default is 13214. Change only if port needs

forwarding

APN=apn SIM card APN (depends on provider)

PIN= xxxx SIM card PIN code – leave blank if no PIN authentication

DEBUG=0 always 0

3) Save file and quit

You need to reboot picoFox in case of client settings change.

Annexe 5 : Espace rubrique des synoptiques du serveur de données météo



Serveur de données



← Précédent
11/09/2014 09:43
Un utilisateur connecté
Utilisateur: lesee_web

Accueil

Se déconnecter

Équipements

Variables

Comptes utilisateurs

Profils utilisateurs

Procédures

Synoptiques

Reports

Alarmes

Événements

Synoptiques

+ Ajouter
📄 Importer

Intitulé

Commentaire

Rechercher

10 éléments trouvés.

Modifier
Supprimer

Intitulé	Commentaire	Sél.
Station météo BF2	Station météo de Essakane à Dori	<input type="checkbox"/>
Carte du Burkina Faso (2)	Synoptique des 3 stations météo de 2iE	<input type="checkbox"/>
Carte du Burkina Faso	Synoptique des 3 stations météo de 2iE	<input type="checkbox"/>
ouagougoua synoptique	synoptique station ouagougoua	<input type="checkbox"/>
carte des stations meteo	vue globale des stations météorologique	<input type="checkbox"/>
Station_Dédougou_photo		<input type="checkbox"/>
Station météo 2iE_Essakane SA sans détails (2)		<input type="checkbox"/>
Copie de synoptique pour test		<input type="checkbox"/>
Station météo 2iE_BF2_Essakane SA sans détails		<input type="checkbox"/>
Station météo 2iE_BF2_Essakane SA		<input type="checkbox"/>

Annexe 6 : synoptiques des stations météo de 2iE



The screenshot displays the 'Serveur de données' interface for Sirea AFRIQUE. The header includes the Sirea AFRIQUE logo on the left and the 2iE logo on the right. The main content area features a navigation menu with buttons for 'Accueil', 'Se déconnecter', 'Équipements', 'Variables', 'Comptes utilisateurs', 'Profils utilisateurs', 'Procédures', 'Synoptiques', 'Reports', 'Alarmes', and 'Événements'. The current page is titled 'carte des stations meteo'. A map of Burkina Faso is shown with four weather stations marked: ESSAKANE, OUAHIGOUYA, DEDOUGOU, and OUAGADOUGOU. Below the map are buttons for 'Copier', 'Modifier', 'Supprimer', and 'Exporter'. The footer contains the URL 'see.2ie-edu.org/data/edit_view.php?db=SuiviPV&id=8' and navigation options for 'Précédent' and 'Impression'.

Annexe 7 : Création du bouton poussoir de Ouahigouya

Accueil Se déconnecter Équipements Variables Comptes utilisateurs Profils utilisateurs Procédures Synoptiques Reports Alarmes Événements

Type	Texte
Abscisse	145
Ordonnée	77
Largeur	60
Hauteur	16
Variable principale	
Couleur du texte	#000000
Épaisseur du cadre	1
Couleur du cadre	#FFFFFF
Couleur du fond	#FFFFFF
Alignement	Centre
Police	8
Texte	<=%IF0_1.1004>

Couches d'affichage

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Annuler Enregistrer

Annexe 8 : Synoptique de la station météo BF4 de Ouahigouya

Délai depuis dernière tentative de communication avec la télésurveillance (en secondes)		0 s
Délai depuis dernière communication avec la télésurveillance OK (en secondes)		0 s
Tps depuis dernière comm OK µNPE-Centrale		0
Tension batterie		14.69 V

Température de l'air	24.1 °C
Température rosée	20.04 °C
humidité relative	87.2 %
Pression atmosphérique	974.4 hPa
Précipitation	0 mm
Direction du Vent	172.91 °
Vitesse du Vent	2.92 m/s
Ensoleillement global (1)	575.83
Ensoleillement Diffus (2)	366.78
Ensoleillement Direct (3)	87.55
Durée d'ensoleillement	60 min
Durée de précipitation	0 s
Intensité de précipitation	0 mm/h



STATION METEO 2iE BF4 OUAHIGOUYA

Acquisition de données:

- ✓ Ensoleillement Global, Direct, Diffus
- ✓ Durée d'Ensoleillement
- ✓ Pluviométrie (Hauteur, Durée, Intensité)
- ✓ Température & Humidité relative
- ✓ Vitesse & Direction du vent
- ✓ Pression atmosphérique

Financement:

Annexe 9 : paramètres d'attribution des variables météo de la station météo BF4 de Ouahigouya

Accueil	Se déconnecter	Équipements	Variables	Comptes utilisateurs	Profils utilisateurs	Procédures	Synoptiques	Reports	Alarmes	Événements
---------	----------------	-------------	-----------	----------------------	----------------------	------------	-------------	---------	---------	------------

Type	Texte
Abscisse	145
Ordonnée	77
Largeur	60
Hauteur	16
Variable principale	
Couleur du texte	#000000
Épaisseur du cadre	1
Couleur du cadre	#FFFFFF
Couleur du fond	#FFFFFF
Alignement	Centre
Police	8
Texte	<=%\iF0_1.1004>

Couches d'affichage										
<input checked="" type="checkbox"/>										

Annuler	Enregistrer
---------	-------------

BIBLIOGRAPHIE

- [1] P. G. Fontolliet, "*Systèmes de télécommunication*", Volume XVIII des Traités d'Electricité, Cours de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, édition Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- [2] M. Rabin. "*Decidability of second-order theories and automata on infinite trees*". In Trans. Amer. Math. Soc, 1969, volume 141, pages 1-35.
- [3] Edmund Clarke, Daniel Kroening, and Flavio Lerda. "*A tool for checking ANSI-C programs*". In Kurt Jensen and Andreas Podelski, editors, Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems (TACAS 2004), volume 2988 of Lecture Notes in Computer Science, pages 168-176. Springer, 2004.
- [4] César Macchi, Jean-François Guilbert et 13 coauteurs "*Téléinformatique, transport et traitement de l'information dans les réseaux et systèmes téléinformatiques et télématiques*", Edition Dunod, 1987.
- [5] Claude Servin, *De la transmission à l'architecture des réseaux. Télécoms 1*, 2^{ème} édition, Edition Dunod, 2000.
- [6] Siréa Solutions en Electricité et Automatismes, "*Logiciel μ SERVER – Notice d'utilisation*", Notice μ SERVER Version 1.0