

REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO
ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET UNIVERSITAIRE
UNIVERSITE DE KINSHASA



**FACULTE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE ET INFORMATIQUE
B.P.243 KINSHASA XI**

***CONCEPTION ET REALISATION D'UN SYSTEME ELECTRIQUE AUTONOME
CONNECTE A UNE APPLICATION MOBILE, INDIQUANT LA QUANTITE D'EAU
CONTENUE DANS UN RESERVOIR A USAGE DOMESTIQUE***

Par :
NTWALI MUTAONA Samuel

Travail de fin de cycle présenté en
Vue de l'obtention du titre de
Gradué en Sciences Appliquées

Directeur : Prof. Dr. Ir. BEYA KAMBA Jean-Marie

Année Académique 2020-2021

EPIGRAPHE

« *L'innovation, c'est ce qui distingue un leader d'un suiveur* »

(Steve jobs)



DEDICACE

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents, ma maman MOGOLI NAMEGABE Jeannette et mon père MUTAONA KATARAKA Denis, mes frères BYEBI Daniel, LUKOGO Pascal, KOKO Guillaume et AGISHA Roland et à mon unique sœur ARHUSIMA Marie.

REMERCIEMENT

Avant tout, nos profonds remerciements s'adressent à l'Eternel Dieu Tout Puissant qui continue de nous donner le courage, la patience et la force d'évoluer dans notre parcours académique malgré les différentes formes de découragement auxquelles nous faisons face.

Nous tenons à exprimer notre remerciement et notre gratitude à notre directeur : Professeur Docteur Ingénieur BEYA KAMBA Jean-Marie qui non seulement constitue un modèle de discipline dans le travail mais aussi une personne très dévouée au service de la jeunesse qui par ses multiples conseils ne cesse de nous encourager et de nous pousser vers les horizons de recherches scientifiques dans le but de résoudre les problèmes liés à l'ingénierie dans notre vie quotidienne.

Mes remerciements s'adressent aussi à mes parents pour les efforts consentis jour pour jour de m'offrir les bonnes conditions qui me permettent de bien évoluer dans mes études et plus particulièrement à ma maman qui a grandement contribué à ma mise en route sur le chemin de la connaissance depuis les bas âges (école primaire et maternelle) par des multiples encadrements.

De manière particulière nous remercions aussi l'Ingénieur MAZUBA Lionnel pour sa participation indirecte à l'aboutissement de ce travail.

Que nos ami(e)s MUGANGU Josué, ISHARA Elié, KATUMBI Jospin, BALIAHAMWABO Bonheur, SANGWA David, DEMUNGA Alpha, AKONKWA Jonathan, CUBAKA Fabrice, RHUSIMANE Christine, BANINGI Odilon, TSATSA Lionnel reçoivent ici nos remerciements pour leur précieux accompagnement affectif.

Que toutes les personnes qui ne sont pas citées, ne se sentent pas oublier pour leurs apports de tout genre. Qu'ils trouvent ici l'expression de nos profondes gratitude.

TABLE DES MATIERES

EPIGRAPHE	I
DEDICACE	II
REMERCIMENT	III
TABLE DES MATIERES	IV
TABLE DES FIGURES	VII
LISTE DES TABLEAUX	VIII
ABREVIATIONS	IX
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I. GENERALITES SUR L'INTERNET DES OBJETS ET LES PETITS SYSTEMES PHOTOVOLTAIQUES	3
I.1 Internet des objets :	3
I.1.1 Introduction	3
I.1.2 Objet connecté	3
I.1.3 Internet des objets définition	4
I.1.4 Etapes et technologies dans l'écosystème de l'IdO	5
I.1.5 Architecture de l'IdO	6
I.1.6 Applications	7
I.2 Petits systèmes photovoltaïques :	7
I.2.1 Introduction	7
I.2.2 Energie photovoltaïque définition	8
I.2.3 Description et fonctionnement d'un petit système photovoltaïque classique	8
I.2.4 Domaines d'application de petits systèmes photovoltaïques	9
CHAPITRE II. PRESENTATION DU SYSTEME ET CHOIX DES ELEMENTS CONSTITUTIFS	10
II.1 Introduction	10
II.2 Système photovoltaïque	11
II.2.1 Panneau solaire	11
II.2.1.1 Fonctionnement des panneaux photovoltaïques	11
II.2.1.2 Types des panneaux solaires	12
II.2.1.3 Paramètres électriques d'un module photovoltaïque	12
II.2.1.4 Courbe caractéristique d'un module photovoltaïque	12

II.2.2	Régulateur de charge.....	13
II.2.2.1	Types de régulateurs PWM :	14
II.2.2.2	Paramètres qui définissent un régulateur	14
II.2.3	Stockage par batterie	14
II.2.3.1	Types des batteries	15
II.2.3.2	Fonctionnement d'une batterie.....	15
II.2.3.3	Paramètres de la batterie	15
II.3	Système électronique	16
II.3.1	Alimentation stabilisée 5V DC	16
II.3.1.1	Un circuit intégré 7805	16
II.3.1.2	Les Condensateurs	17
II.3.1.3	Schéma général de l'alimentation stabilisée	17
II.3.2	Microcontrôleur et module wifi	18
II.3.2.1	Présentation.....	18
II.3.2.1.1	Espressif Systems.....	18
II.3.2.1.2	ESP32 Espressif	18
II.3.2.2	Les Caractéristiques techniques de ESP32.....	19
II.3.2.3	Architecture	19
II.3.3	Capteur de niveau d'eau.....	20
II.3.3.1	Capteur ultrason HC-SR04	20
II.3.3.2	Caractéristiques du capteur HC-SR04	21
II.3.3.3	Principe de fonctionnement du détecteur HC- SR04.....	21
II.3.4	Module relais	22
II.3.4.1	Présentation d'un Relais	22
II.3.4.2	Principe de fonctionnement	22
II.3.5	Electrovanne	23
II.3.5.1	Présentation et constitution d'une électrovanne à action directe	23
II.3.5.2	Caractéristiques	24
II.3.5.3	Spécifications	24
II.4	Partie Informatique	25
II.4.1	Service Firebase	25
II.4.1.1	Avantages et inconvénients de Firebase	26
II.4.1.1.1	Avantages	26
II.4.1.1.2	Inconvénient de Firebase	27
II.4.1.2	Services et caractéristiques de firebase.....	27
II.4.1.3	Realtime database de firebase	28
II.4.1.3.1	Capacités clés du Realtime database de firebase	28
II.4.1.3.2	Fonctionnement du Realtime database de firebase	30
II.4.2	Application Mobile	31
II.4.2.1	Application native	31
II.4.2.1.1	Technologies utilisées dans les applications natives	31
II.4.2.1.2	Application native avec flutter	32
II.4.2.1.2.1	Les avantages pour le développement des applications	32
II.4.2.1.2.2	Les limites de la technologie Flutter	32
CHAPITRE III.	IMPLEMENTATION DU SYSTEME ET REALISATION DU PROTOTYPE A PETITE ECHELLE	34
III.1	Dimensionnement du petit système photovoltaïque et de l'alimentation stabilisée	34
III.1.1	Alimentation stabilisée.....	34

III.1.1.1	Evaluation de la charge totale à alimenter et choix du régulateur.....	34
III.1.1.2	Calcul de la puissance dissipée dans le régulateur 7805 et la diode de protection.....	34
III.1.1.3	Puissance totale de l'alimentation stabilisée et choix des éléments de protection	35
III.1.1.4	Schéma détaillé de l'alimentation stabilisée	35
III.1.2	Système photovoltaïque	36
III.1.2.1	Calcul du rayonnement solaire	36
III.1.2.2	Estimation de la consommation	38
III.1.2.3	Dimensionnement	39
III.1.2.4	Dispositifs de protection	40
III.2	Configuration de la base de données temps réels sur firebase	41
III.3	Programmation du microcontrôleur et du module wifi	42
III.4	Implémentation de l'application mobile et des connexions entre le NodeMCU, le Realtime database et l'application	42
III.4.1	Implémentation de l'interface utilisateur de l'application	43
III.4.2	Implémentation de la connexion entre l'application et le Realtime database	43
III.4.3	Implémentation de la connexion entre le NodeMCU ESP32s avec le Realtime database	45
III.5	Montage du prototype à petite Échelle	46
III.5.1	Schéma général du circuit électrique du prototype.....	46
III.5.2	Test et résultats.....	46
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....		48
BIBLIOGRAPHIE.....		49
WEBOGRAPHIE.....		49
ANNEXES		51

TABLE DES FIGURES

FIGURE I.1 ASPECTS DE L'INTERNET DES OBJETS	5
FIGURE I.2 ETAPES ET TECHNOLOGIES DANS L'ECOSYSTEME DE L'INTERNET DES OBJETS	6
FIGURE I.3 ARCHITECTURE DE L'INTERNET DES OBJETS	7
FIGURE I.4 EXEMPLE D'UN PETIT SYSTEME PHOTOVOLTAÏQUE	9
FIGURE II.1 ARCHITECTURE PRINCIPALE DU SYSTEME (SCHEMA SYNOPTIQUE)	10
FIGURE II.2 PANNEAU SOLAIRE MONOCRISTALLIN ET POLYCRYSTALLIN	11
FIGURE II.3 COURBE TENSION- COURANT EN TENANT COMPTE DE LA TEMPERATURE	13
FIGURE II.4 COURBE TENSION- COURANT	13
FIGURE II.5 REGULATEUR DE CHARGE PWM CLASSIQUE	13
FIGURE II.6 REGULATEUR DE CHARGE PWM VICTRON	13
FIGURE II.7 BATTERIE GEL VICTRON 12V	14
FIGURE II.8 CIRCUIT INTEGRE REGULATEUR DE TENSION LM7805	16
FIGURE II.9 TYPES DE CONDENSATEURS UTILISES EN ELECTRONIQUE	17
FIGURE II.10 MONTAGE CLASSIQUE D'UN REGULATEUR DE TENSION	17
FIGURE II.11 MODULE NODEMCUESP32S	18
FIGURE II.12 ARCHITECTURE INTERNE DU MODULE NODEMCUESP32S.....	20
FIGURE II.13 CAPTEUR ULTRASONIQUE HC-SR04	21
TABLEAU II.1 CARACTERISTIQUES DU CAPTEUR HC-SR04	21
FIGURE II.14 ILLUSTRATION DU PRINCIPE DE DETECTION PAR UN CAPTEUR ULTRASONIQUE HC-SR04	22
FIGURE II.15 SCHEMA ELECTRIQUE DU MODULE RELAIS	23
FIGURE II.16 MODULE RELAIS	23
FIGURE II.17 ELECTROVANNE A COURANT CONTINUE 12V DC	25
FIGURE II.18 INTERFACE DU SERVICE FIREBASE DE GOOGLE	26
TABLEAU II.2 SERVICES ET CARACTERISTIQUES DE FIREBASE	28
FIGURE II.19 PRODUITS ET FONCTIONNALITES DE FIREBASE.....	28
FIGURE II.20 ACCES TEMPS REEL AUX CLIENTS	29
FIGURE II.21 PLATES FORMES COMPATIBLES AVEC FIREBASE	29
FIGURE II.22 FONCTIONNEMENT DU REALTIME DATABASE	30
FIGURE III.1 SCHEMA DETAILLE DE L'ALIMENTATION STABILISEE	36
FIGURE III.2 PRESENTATION DE L' APPLICATION PVGIS	36
FIGURE III.3 PRESENTATION DU SITE DE LA FACULTE POLYTECHNIQUE DE L' UNIVERSITE DE KINSHASA.....	37
FIGURE III.4 RESULTATS DES IRRADIATIONS MENSUELLES POUR UNE PERIODE D' UNE ANNEE	38
TABLEAU III.1ESTIMATION DE LA CONSOMMATION	38
FIGURE III.5 RESULTAT DE LA CONFIGURATION DE LA BASE DE DONNEES FIREBASE REALTIME	41
FIGURE III.6 ALGORITHME IMPLEMENTE DANS LA CATEC ELECTRONIQUE PRINCIPALE DU SYSTEME (NODEMCU ESP32S).....	42
FIGURE III.7 IMPLEMENTATION DE L'INTERFACE UTILISATEUR DE L'APPLICATION	43
FIGURE III.8 RESULTAT DE CONNEXION DE L'APPLICATION MOBILE AVEC LE REALTIME DATABASE DE FIREBASE.....	44
FIGURE III.9 CONNECTION ENTRE LE REALTIME DATABASE ET LA CARTE ELECTRONIQUE NODEMCUESP32S.....	45
FIGURE III.10 SCHEMA GENERAL DU CIRCUIT ELECTRIQUE DU PROTOTYPE	46

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU II.1 CARACTERISTIQUES DU CAPTEUR HC-SR04	21
TABLEAU II.2 SERVICES ET CARACTERISTIQUES DE FIREBASE.....	28
TABLEAU III.1ESTIMATION DE LA CONSOMMATION	38

ABREVIATIONS

IoT :	Internet of Things
IdO :	Internet des objets
OC :	Objet connecté
OCE :	Objet connecté enrichi
Wi-Fi:	Wireless Fidelity
TCP/IP:	TCP (Transmission Control Protocol) et IP (Internet Protocol)
HTTP:	HyperText Transfer Protocol
Web:	www (World Wide Web)
ID:	Identifiant
MIT:	Massachusetts Institute of Technology
IP :	Internet Protocol
EPV :	Énergie photovoltaïque
AC/DC :	Alternating Current/Direct Current
CI :	Circuit intégré
PWM:	Pulse Width Modulation
TCMC:	Taiwan Semiconductor Manufacturing Company
PHP:	Hypertext Preprocessor
RTDB:	Realtime Database
SD:	Secure Digital
GPIO:	General Purpose Input/Output
API:	Application programming interface
NoSQL:	Not only SQL
JSON:	JavaScript Object Notation
SDK:	Software Development Kit
BD :	Base de données
UA :	Interface utilisateur

INTRODUCTION GENERALE

1. Problématique

Nous pouvons vivre sans abri ou vêtements pendant des mois, sans manger pendant des jours, mais sans eau, la vie est une question d'heures et de minutes¹. Ainsi l'accès à l'eau potable aujourd'hui comme dans l'ancien temps demeure l'un des besoins les plus importants pour l'épanouissement de l'homme.

Bien qu'étant très indispensable pour l'homme, l'accès à l'eau n'est pas très facile à avoir car il y a plusieurs facteurs qui entrent en jeu notamment :

- Le fait que la plupart des usages de l'eau par l'humain nécessitent d'abord que cette dernière passe par des systèmes de traitements pour qu'elle soit sans danger pour l'homme et cela implique la mise en place des grandes infrastructures, couteuses en termes des moyens pour cette fin.
- La disponibilité de cette dernière en quantité suffisante dans un milieu donné car il y a des endroits où la nature n'offre pas la possibilité d'accéder facilement à l'eau potable (les milieux désertiques).

Départ ces deux raisons évoquées ci-haut nous voyons donc combien il est indispensable de bien gérer l'utilisation de l'eau car bien qu'étant disponible en grande quantité dans l'univers, la rendre utile nécessite beaucoup d'efforts en termes des moyens financiers, technologiques,

...

Ainsi dans le souci de rendre cet accès effectif certaines personnes qui connaissent des difficultés à accéder d'une manière permanente à l'eau potable, recourent au stockage en faisant usage des réservoirs d'eau domestiques et là vient se poser maintenant un autre problème d'une gestion efficace de cette dernière (surveiller le niveau d'eau dans le réservoir, ...), pour ne pas se retrouver à court d'eau ; ce qui serait désagréable vue l'importance de l'eau dans l'accomplissement de nos tâches quotidiennes et pour notre survie.

2. Hypothèse

Pour arriver à gérer d'une manière efficace l'approvisionnement en eau potable, quand on utilise le réservoir de stockage pour palier contre la fourniture non continue de l'eau ; durant ce travail nous avons mis en place un système basé sur les nouvelles technologies et ayant des particularités suivantes :

- Un système à faible consommation autonome en énergie électrique et écologique (Energie photovoltaïque)

¹ <http://www.rbc.com/aproposderbc/bulletin/pdf/mars1950.pdf>

- Un système temps réel basé sur les nouvelles technologies (Internet of Things IOT) utilisant des plateformes Google(firebase) fiables et très sécurisées.
- Un système utilisant un capteur de niveau d'eau acoustique et donc limitant toutes les contraintes mécaniques qui peuvent perturber la détection de niveau de l'eau et toutes les contraintes chimiques qui peuvent influencer les propriétés de l'eau du réservoir.

3. Objectif du travail

Dans un premier temps ce travail se limitera à atteindre 3 grands objectifs :

- Connaître en temps réel à distance via une application mobile la quantité d'eau restante dans un réservoir à usage domestique dans le but d'assurer une gestion rationnelle de cette dernière dans les régions où l'approvisionnement en eau est difficile.
- Disponibiliser un système automatique permettant d'éviter le trop-plein d'un réservoir d'eau à usage domestique par action sur l'électrovanne d'alimentation du réservoir.
- Capitaliser l'énergie offerte par le soleil pour un usage spécifique répondant à un problème de gestion d'approvisionnement d'eau.

Chapitre I. GENERALITES SUR L'INTERNET DES OBJETS ET LES PETITS SYSTEMES PHOTOVOLTAIQUES

I.1 INTERNET DES OBJETS :

I.1.1 Introduction :

Internet en général et le web en particulier n'ont cessé d'évoluer : du web des informations au web des objets individualisés, via divers objets connectés grâce à la miniaturisation et le développement technologique, qui permet un double aspect : être connecté et communicant en permanence sans contrainte pour l'espace et le temps afin de répondre aux exigences et aux besoins de l'usager au niveau des services, de la communication et de l'information². Internet se transforme progressivement en un HyperRéseau, comme un réseau formé par des multitudes de connexions entre des Artefacts (physiques, documentaires), des acteurs (biologiques, algorithmiques), des écritures et des concepts (linked data, Meta data, ontologies, folksonomie), appelé « Internet of Things (IoT) Internet des objets (IdO) », connectant des milliards d'êtres humains mais aussi des milliards d'objets. Il devient l'outil le plus puissant jamais inventé par l'homme pour créer, modifier et partager les informations. Cette transformation montre l'évolution du réseau d'internet : d'un réseau de calculateurs vers un réseau d'ordinateurs personnels, puis vers un réseau nomade intégrant les technologies des communications³. Les développements des technologies Machine-to-Machine (M2M) pour le contrôle de machine à distance et aussi l'apparition dans l'année 2000 d'IP (Internet Protocole) sur les réseaux mobiles cellulaires ont accéléré l'évolution de M2M vers l'Ido

I.1.2 Objet connecté

Avant de définir les concepts d'Ido, il est important de définir l'objet connecté qui est un dispositif dont la finalité première n'est pas d'être un système informatique ni une interface d'accès au web, exemple, un objet tel qu'une machine à café ou un réservoir d'eau à usage domestique était conçue sans intégration de systèmes informatiques ni connexion à Internet. L'intégration d'une connexion Internet à un OC permet de l'enrichir en termes de fonctionnalités, d'interaction avec son environnement, il devient un OC Enrichi (OCE), par exemple, l'intégration d'une connexion internet à un réservoir d'eau à usage

² ROXIN, I., BOUCHEREAU A., « *Ecosystème de l'Internet des Objets* », dans Bouhai N. et Saleh I., (dir.) « *Internet des objets : Evolutions et Innovations* », ISTE Editions Londres, Mais 2017

³ CHALLAL Y., « *Sécurité de l'internet des objets : vers une approche cognitive et systématique* », HDR, Juin 2012, UTC.

domestique le rendant accessible à distance. Un OC peut interagir avec le monde physique de manière indépendante sans intervention humaine. Il possède plusieurs contraintes telles que la mémoire, la bande passante ou la consommation d'énergie, etc. Il doit être adopté à un usage, il a une certaine forme d'intelligence, une capacité de recevoir, de transmettre des données avec des logiciels grâce aux capteurs embarqués [4].

I.1.3 Internet des objets définition

Kevin Ahston, le cofondateur de l'Auto-ID Center du MIT a employé le terme « Internet Of Things (Internet des Objets) » en 1999. IdO a été prononcé dans le cadre d'une présentation pour l'entreprise Procter & Gamble (P&G). Ce terme convoque, le monde d'objets et d'appareils et de capteurs qui sont interconnectés par internet [4].

Le CERP-IdO « Cluster des projets européens de recherche sur l'Internet des objets » définit l'internet des objets comme : « *Une infrastructure dynamique d'un réseau global. Ce réseau global a des capacités d'autoconfiguration basée sur des standards et des protocoles de communication interopérables. Dans ce réseau, les objets physiques et virtuels ont des identités, des attributs physiques, des personnalités virtuelles et des interfaces intelligentes, et ils sont intégrés au réseau d'une façon transparente* »⁴.

Cette définition montre les deux aspects de l'IdO : temporel et spatial qui permettent aux personnes de se connecter de n'importe où à n'importe quel moment à travers des objets connectés [1] (**Figure I.1**) (Smartphone, tablettes, capteurs, cameras de surveillances, ...) L'internet des objets doit être pensé pour un usage facile et une manipulation sécurisée pour éviter des menaces et risques potentiels, tout en masquant la complexité technologique sous-jacente.

⁴ Cluster of European Research Projects on the Internet of Things, *Vision and Challenges for Realising the Internet of Things*, March 2010

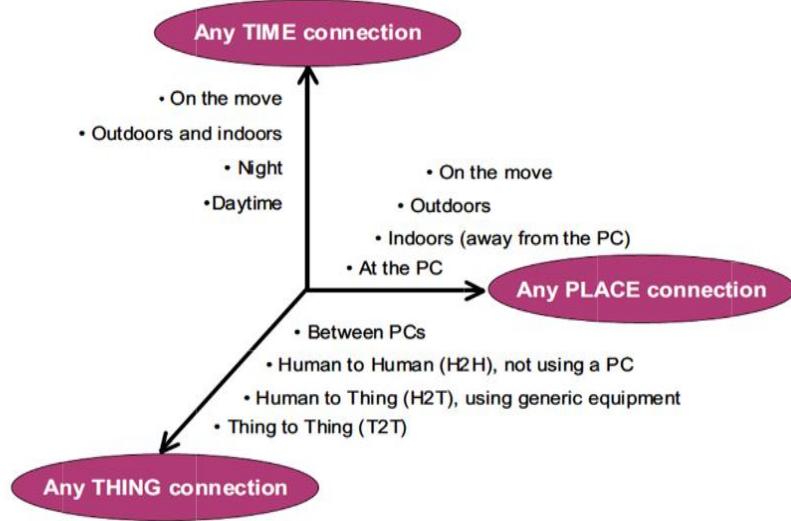


Figure I.2 Aspects de l'internet des objets (Source [3] tirée de [1]).

I.1.4 Etapes et technologies dans l'écosystème de l'IdO

Les OC sont au cœur de l'IdO, mais il est important de pouvoir connecter l'ensemble de ces objets, les faire échanger des informations et interagir, au sein d'un même environnement. La mise en place l'IdO passe par les étapes suivantes : *L'identification, l'installation de capteurs, la connexion des objets entre eux, l'intégration et la connexion à un réseau*. Tableau 1 présente les étapes et les protocoles éventuels [4].

Identifier	Capter	Connecter	Intégrer	Mettre en réseaux
Rendre possible l'identification de chaque élément connecté.	Mise en place de dispositifs nous rapprochant du monde réel. Les fonctions de base des objets (le capteur de température pour le thermomètre par exemple).	Établir une connexion entre tous les objets afin qu'ils puissent dialoguer et s'échanger des données.	Disposer d'un moyen de communication rattachant les objets au monde virtuel.	Relier les objets et leurs données au monde informatique via un réseau (Internet par exemple).
IPv4, IPv6, 6LoWPAN	MEMS, RF MEMS, NEMS	SigFox, LoRa	RFID, NFC, Bluetooth, Bluetooth LE, ZigBee, WiFi, réseaux cellulaires	CoAP, MQTT, AllJoyn, REST HTTP

Figure I.3 Etapes et technologies dans l'écosystème de l'Internet des objets tiré de [4, p. 73]

I.1.5 Architecture de l'IdO

Vu le développement rapide de l'IdO, il devenait nécessaire d'avoir une architecture de référence qui permettrait d'uniformiser la conception des systèmes et favoriseraient l'interopérabilité⁷ et la communication entre les différents écosystèmes de l'IdO (**Figure I.4** présente la chaîne de valeur IdO /M2M). Par exemple, un objet de marque X devra pouvoir envoyer des informations à une plateformes Y via le réseau Z. L'interopérabilité peut être vue sous deux angles, soit « fermée » au sein de grands écosystèmes qui partagent les mêmes standards, soit « native » basée sur des standards plus globaux, exemple, le v1 de l'internet avec IP ou HTTP.

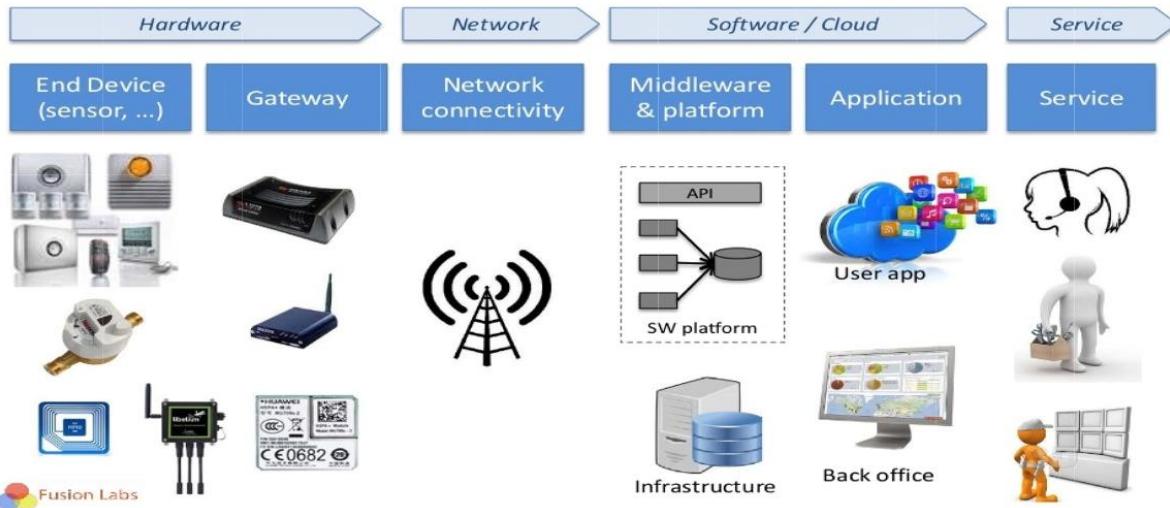


Figure I.5 Architecture de l'internet des objets (Tirée de la présentation de Stéphane Monteil (Janvier 2016))

I.1.6 Applications

Les applications de l'IdO touchent pratiquement aujourd'hui toute la vie quotidienne :

- La santé et les systèmes de télésurveillance pour aider les personnes.
- L'agriculture connecté pour optimiser l'usage de l'eau.
- Les véhicules connectés aident à optimiser la gestion du trafic urbain.
- Les appareils électroménagers connectés aident à optimiser la connexion et la distribution de l'énergie électrique.
- Les arts numériques
- Etc.

I.2 PETITS SYSTEMES PHOTOVOLTAÏQUES :

I.2.1 Introduction

Le soleil est une grande source d'énergie, avec un flux radiant de 3.8×10^{26} W, équivalente à une densité de 62.5MW par chaque mètre carré de superficie solaire.

De cette énorme quantité d'énergie radiante, seulement une petite partie parvient à notre planète. Néanmoins, cette quantité représente une très grande quantité en comparaison avec l'énergie nécessaire pour maintenir notre civilisation technologique.

Le problème n'est pas la quantité d'énergie totale disponible mais les difficultés pour son profit. L'énergie solaire est dispersée sur toute la superficie de la terre et les océans. En moyenne la quantité d'énergie qui est appelée par notre atmosphère extérieure équivaut à une puissance de 1.4 kW par chaque m^2 , quantité qui se réduit jusqu'approximativement 1 kW/ m^2

quand il traverse l'atmosphère et arrive au sol. En fait, la quantité d'énergie utile qui se peut générer à partir de la quantité d'énergie incidente totale, est décrite par l'équation suivante :

$$E = \eta A G_{dm} (\beta)$$

Où η désigne le rendement de l'installation photovoltaïque (qui dépend de la qualité des modules, des câbles d'interconnections, etc.), A est la surface des modules et G_{dm} est la radiation globale incidente qui dépend l'inclinaison du module.

Et donc il est impératif de capitaliser cette énergie pour diverses besoins c'est pourquoi il existe de nos jours une multitude des moyens pour capter cette énergie et la transformer en énergie utile pour l'homme.⁵ Dans le cadre de ce travail les petits systèmes photovoltaïques jouent ce rôle comme nous aurons à le démontrer dans les lignes qui suivent.

I.2.2 Energie photovoltaïque définition

L'**énergie solaire photovoltaïque** (ou **énergie photovoltaïque** ou **EPV**) est une énergie électrique produite à partir du rayonnement solaire grâce à des panneaux solaires photovoltaïques

Elle est dite renouvelable, car sa source (le Soleil) est considérée comme inépuisable à l'échelle du temps humain. En fin de vie, le panneau photovoltaïque aura produit 19 à 38 fois l'énergie nécessaire à sa fabrication et à son recyclage. La cellule photovoltaïque, composant électronique de base du système, utilise l'effet photoélectrique pour convertir en électricité les ondes électromagnétiques (rayonnement) émises par le Soleil. Plusieurs cellules reliées entre elles forment un module ou capteur solaire photovoltaïque et ces modules regroupés entre eux forment une installation solaire. L'électricité est consommée ou stockée sur place, ou transportée par le réseau de distribution et de transport électrique⁵

I.2.3 Description et fonctionnement d'un petit système photovoltaïque classique

Les systèmes solaires photovoltaïques fonctionnent comme suit :

La lumière solaire entre par la surface des modules photovoltaïques, où elle est convertie en énergie électrique de courant continu (générateur photovoltaïque). Plus tard, cette énergie est collectée et conduite au système de régulation de charge (régulateur) dont la fonction est d'envoyer cette énergie de manière totale ou partielle au système de cumul (batterie), où elle est stockée avec la précaution de ne pas excéder les limites de surcharge et de décharge profondes. Cette énergie stockée est utilisée pour le ravitaillement des charges pendant la nuit, en jours de faible ensoleillement ou lorsque le système photovoltaïque est incapable de satisfaire la demande lui-même. Quand les charges à alimenter sont de courant continu, elles s'alimentent de manière directe.⁵ Quand les charges sont de courant alternatif, l'énergie s'envoie à un inverseur de courant où elle est convertie en courant alternatif (onduleur). Ainsi,

⁵ <https://www.xpair.com/lexique/definition/photovoltaïque.htm>

les éléments d'un système solaire photovoltaïque sont indiqués dans la *Figure I.6* et énoncés ci-dessous :

- Générateur photovoltaïque
- Batterie
- Régulateur

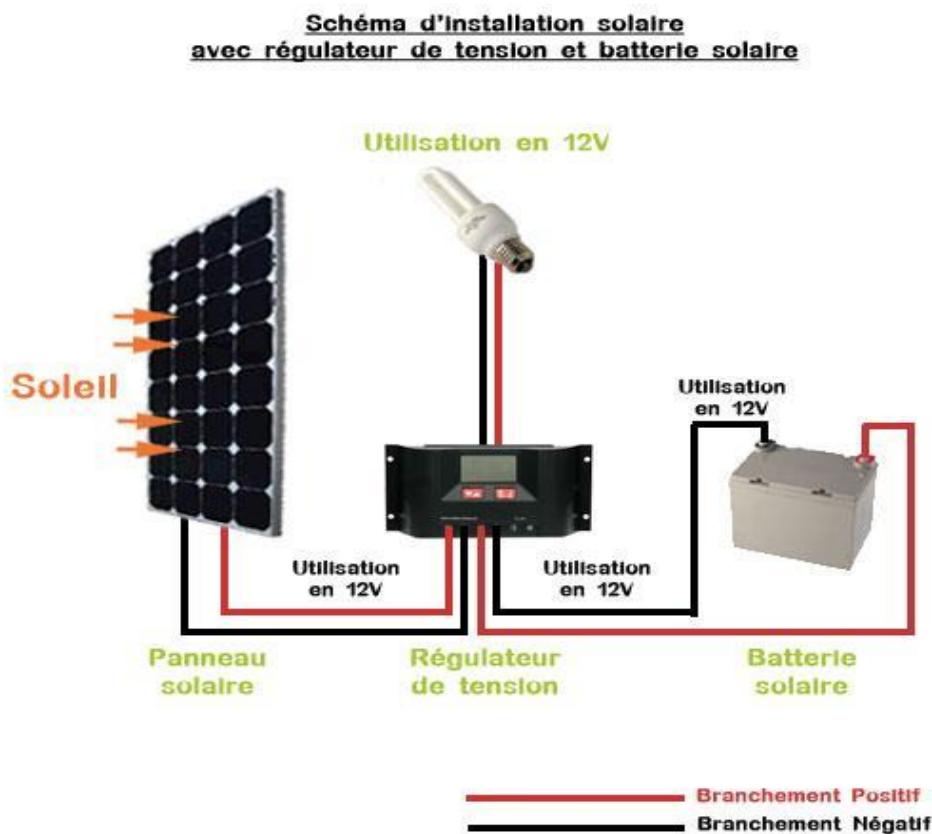


Figure I.7 Exemple d'un petit système photovoltaïque

I.2.4 Domaines d'application de petits systèmes photovoltaïques

- L'éclairage public avec les lampadaires
- Petites installations domestiques
- Alimentation des petites stations météos en énergie
- Alimentation des petits systèmes embarqués et temps réels (Les objets connecté).

Chapitre II. PRESENTATION DU SYSTEME ET CHOIX DES ELEMENTS CONSTITUTIFS

II.1 INTRODUCTION

Il s'agit d'un système constitué de 3 grandes parties(sous-systèmes) :

- Un petit système photovoltaïque avec stockage qui produit l'énergie nécessaire pour faire fonctionner l'ensemble du système (Assurant donc son autonomie).
- Un système électronique constitué d'un microcontrôleur, d'un capteur de niveau d'eau et d'un relais de faible puissance permettant d'actionner une électrovanne à courant continu de faible tension(12V).
- Un système constitué d'une application mobile native (Android, IOS et web) développée en langage Dart côté frontend sur le Framework flutter de google et d'une base de données temp réelle offerte par le service firebase de google et qui implémente automatiquement la partie backend de l'application flutter et offre en plus plusieurs plugin pour différents usages au sein de l'application (authentification par mail, Hosting, Notification, ...).

Architecture du système

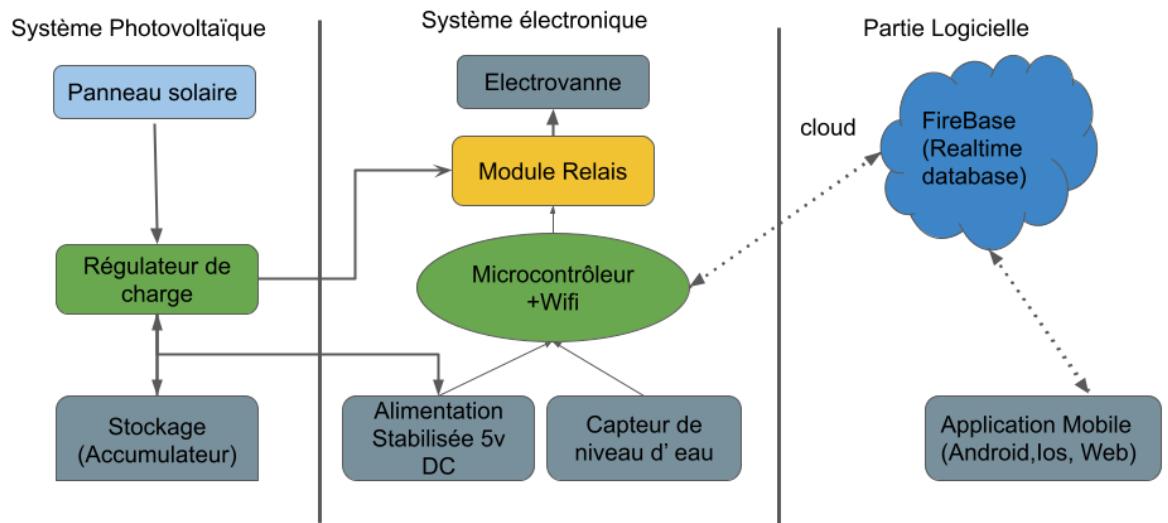


Figure II.1 Architecture principale du système (Schéma synoptique)

II.2 SYSTEME PHOTOVOLTAÏQUE

II.2.1 Panneau solaire

Le module photovoltaïque converti directement la lumière du soleil en courant électrique continu par le biais des cellules solaires

II.2.1.1 Fonctionnement des panneaux photovoltaïques

Le fonctionnement des panneaux photovoltaïques se base sur l'effet photovoltaïque, quand l'ensemble photovoltaïque s'expose au rayonnement solaire, les photons contenus dans la lumière transmettent leur énergie aux électrons des matériaux semi-conducteurs. Ces électrons peuvent alors franchir la barrière de potentiel de l'union de P-N et sortir du matériau semi-conducteur à travers un circuit extérieur, donnant lieu à un courant électrique.

Le module le plus petit d'un matériau semi-conducteur avec une union P-N (et, par conséquent, avec la capacité de produire de l'électricité) est dénommé cellule photovoltaïque. Ces cellules photovoltaïques se combinent de manières spécifiques pour obtenir la puissance et la tension souhaitée. L'ensemble de cellules situé sur un support approprié et recouvert de matériaux qui le protègent d'une façon efficace contre les agents atmosphériques s'appelle panneau photovoltaïque⁶



Figure II.2 Panneau solaire monocristallin et polycristallin

⁶ Manuelle de formation pour l'installation et la maintenance des petits systèmes photovoltaïques

II.2.1.2 Types des panneaux solaires

Il existe trois grandes familles de panneaux solaires :

- **Module au silicium monocristallin** : Cellules de couleur bleu de nuit, uniforme par un monocristallin avec un meilleur rendement. Le rendement maximal obtenu au laboratoire pour ce type de panneaux est de 24 % et de 16% dans les modules commerciaux
- **Module au silicium polycristallin** : Cellules de couleur bleu avec des motifs, et formé par plusieurs cristaux avec un rendement meilleur. Ils sont très reconnaissables visuellement parce que leur surface présente un aspect granulé. Le rendement obtenu avec ces modules est inférieur à celui des modules monocristallins (19,8% dans le laboratoire et 14 % dans les modules commercialisés), et leur prix est aussi plus bas
- **Module au silicium amorphe** : Ils sont aussi à la base de silicium, mais contrairement aux modules précédents, ce matériau n'a pas de structure cristalline. Son rendement maximal obtenu dans le laboratoire est de 13%, et de 8% pour les modules commercialisés. Ils sont moins utilisés. (Ils s'appellent aussi modules à couche mince)

II.2.1.3 Paramètres électriques d'un module photovoltaïque

Les paramètres les plus importants d'un module photovoltaïque sont :

- Courant de court-circuit (I_{cc}) : C'est l'intensité de courant maximal fournie par le panneau. Il s'agit du courant qui se produit lors de la connexion directe des deux pôles. I_{cc} est généralement autour de 3A.
- Tension de circuit ouvert (U_{co}) : C'est la tension maximale fournie par le panneau. Elle se produit quand les pôles se trouvent « en plein air ». U_{co} est généralement inférieur à 22V dans les modules qui fonctionnent avec 12V.
- Point de puissance maximale : Il existe un point de fonctionnement (I_{pmax} , V_{pmax}) où la puissance fournie est maximale ($P_{max}=I_{pmax} \cdot V_{pmax}$). C'est le point de puissance maximale du panneau. Il est indiqué en watts (W). La puissance maximale fournie par le module est indiquée en watt crête (W_c).
- Facteur de forme FF : Il s'agit de la relation entre la puissance maximale fournie par le panneau et le produit $I_{sc} \cdot V_{oc}$. Il présente une notion sur la qualité du panneau et sa valeur se trouve normalement entre 0,7 et 0,8.
- Efficacité ou rendement η : C'est le ratio entre la puissance électrique maximale que le panneau peut transmettre à la charge et la puissance du rayonnement solaire (P_I) frappant le panneau. Il se trouve normalement autour de 10%.

II.2.1.4 Courbe caractéristique d'un module photovoltaïque :

Le fonctionnement électrique d'un module est représenté par sa courbe caractéristique. Cette courbe indique le courant fourni par le module en fonction de sa tension **Figure II.3** et la

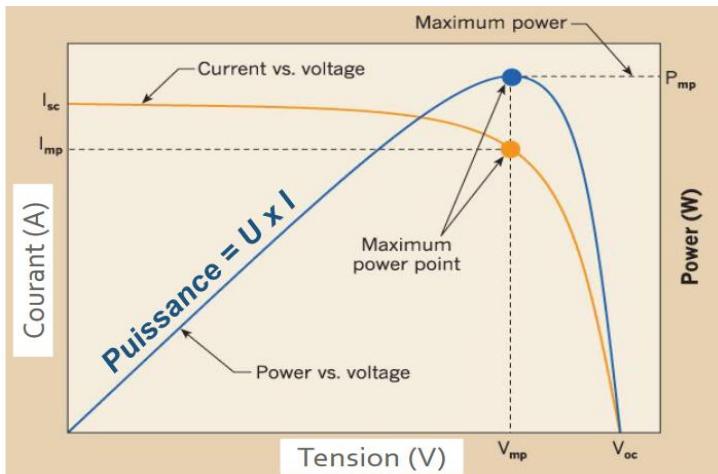


Figure II.6 Courbe tension- courant

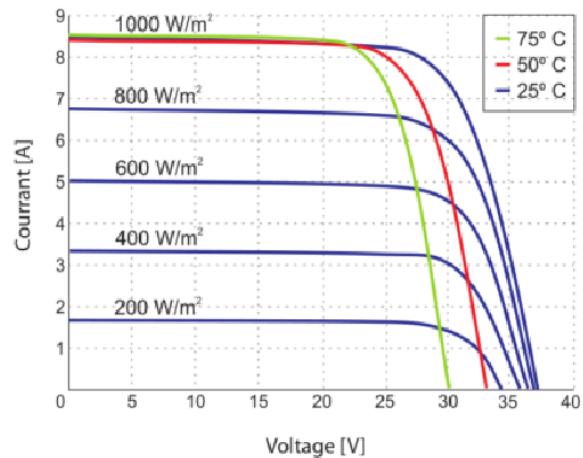


Figure II.5 Courbe tension- courant en tenant compte de la température

Figure II.4 montre les possibles valeurs de tension et de courant qui dépendent surtout de la température et du rayonnement solaire reçu par les cellules du module.⁷

II.2.2 Régulateur de charge

Il implique une vigilance continue pour éviter les surcharges et les décharges profondes que la batterie peut subir. Et donc ce dernier protège la batterie contre les situations extrêmes afin de ne pas l'endommager.

Fonctionnement :

Ce dernier prend l'information sur l'état de charge du système et comparer avec les valeurs maximales et minimales admissibles pour que la batterie n'endure pas des surcharges ou des décharges extrêmes.



Figure II.8 Régulateur de charge PWM
Victron

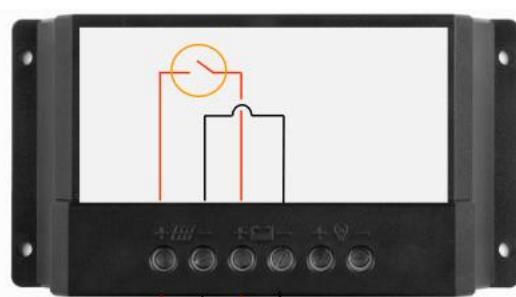


Figure II.7 Régulateur de charge PWM
Classique

⁷ <https://www.victronenergy.fr>

II.2.2.1 Types de régulateurs PWM :

- **Régulateur parallèle** : Il régularise la surcharge. Il est indiqué pour des petites installations solaires photovoltaïques.
- **Régulateur série** : Il régularise la surcharge et la décharge son interrupteur peut être électromécanique ou statique. Il peut incorporer des autres fonctions (alarme, interruption nocturne, etc.)

II.2.2.2 Paramètres qui définissent un régulateur

Tension de travail : 12,24 ou 48 V

Intensité maximale : Elle doit être supérieure au courant maximal du générateur photovoltaïque.

II.2.3 Stockage par batterie

La batterie a pour fonction , le stockage d'une partie de l'énergie produite par les panneaux (C'est-à- dire, la portion d'énergie qui n'est pas immédiatement consommée) afin qu'elle soit disponible dans des périodes où le rayonnement solaire est faible ou inexistant. Le stockage se fait sous la forme d'énergie électrique à travers l'usage de batteries, normalement de plomb-acide.⁸

Une batterie est composée par l'association en série de plusieurs « éléments » ou « cellules », chacun d'eux comprenant deux électrodes de plomb dans une dissolution électrolytique. Entre les deux électrodes, une différence de potentiel de près de deux volts est établie, et la valeur instantanée dépend de l'état de charge de la batterie. Les batteries les plus utilisées pour les applications photovoltaïques sont de 12 ou 24 volts de tension nominale.



Figure II.9 Batterie GEL Victron 12V

⁸ Manuelle de formation pour l'installation et la maintenance des petits systèmes photovoltaïques page 49

II.2.3.1 Types des batteries

Nickel-cadmium

Plomb-Acide

Ion-Lithium

Les batteries de Nickel-Cadmium sont les plus recommandées à cause de leur haute fiabilité et

résistance, mais leur prix élevé fait pencher la balance en faveur des batteries de plomb-acide. Cependant, il y a quelques pays où ces batteries sont difficiles à trouver où leur prix peut être très haut (soient locales ou soient importées), et pour cette raison, les batteries utilisées sont celles offertes par le marché, notamment celles destinées au marché des automobiles. En plus, l'Union Européenne a interdit l'usage des batteries de Nickel-Cadmum à cause de la toxicité du Cadmium

II.2.3.2 Fonctionnement d'une batterie

La batterie répète de façon cyclique un processus d'accumulation d'énergie (charge) et fourniture d'énergie (décharge) en fonction de la présence ou de l'absence du soleil. Dans ce fonctionnement normal de la batterie on peut trouver deux pôles :

- **Surcharge** : La batterie atteint sa pleine capacité de charge. Si elle continue à recevoir de l'énergie, l'eau de la dissolution commence à se décomposer, en produisant de l'oxygène et de l'hydrogène (processus de gazéification)
- **Sur décharge** : Il existe aussi une limite pour le processus de décharge, après lequel la batterie se détériore notamment.
C'est le régulateur qui doit prévenir l'entrée d'énergie au-dessus de la surcharge permise et aussi la consommation de plus d'énergie que celle prévue par la sur décharge.

II.2.3.3 Paramètres de la batterie

- **Tension nominale** : Elle est normalement de 12V pour les petits systèmes photovoltaïques.
- **Capacité nominale** : Elle est la quantité maximale d'énergie qui peut être retirée de la batterie. Elle s'indique en ampères heure (Ah) ou en wattheures (Wh). Puisque la quantité d'énergie qui peut être retirée dépend aussi du temps nécessaire pour le processus d'extraction (plus le processus est long, plus on pourra obtenir d'énergie), la capacité est souvent indiquée en fonction du temps de décharge. Dans le cas des applications photovoltaïques, ce temps doit être égal ou supérieur à 100 heures.

- **Profondeur maximale de décharge** : Elle est la valeur (indiquée en pourcentage) extraite d'une batterie totalement chargée dans une décharge. La profondeur est limitée par les régulateurs, qui sont habituellement calibrés pour qu'ils puissent permettre des profondeurs de décharge de la batterie d'environ 65 %. En fonction de la profondeur maximale de décharge permise, la batterie peut avoir plus ou moins des cycles de charge et décharge pendant toute sa durée d'utilisation. Le fabricant doit fournir des graphes où la relation entre la quantité des cycles et la durée de la batterie puisse être vue.

II.3 SYSTEME ELECTRONIQUE

II.3.1 Alimentation stabilisée 5V DC

Dans le cadre de ce travail il s'agit essentiellement d'un convertisseur DC- DC qui converti le 12V DC provenant de l'ensemble du système photovoltaïque en 5V DC stabilisée, nécessaire pour alimenter le circuit électronique du système.

Il est constitué de 2 principaux éléments :

II.3.1.1 Un circuit intégré 7805

C'est un **régulateur de tension** linéaire fixe de la série 78xx de circuits intégrés régulateurs de tension. Le xx présent dans 78xx représente la valeur de la tension de sortie fixe fournie par le CI en question. Pour le 7805 IC, il s'agit d'une alimentation régulée en + 5V DC. Ce régulateur IC ajoute également une disposition pour un dissipateur thermique. La tension d'entrée de ce régulateur de tension peut aller jusqu'à 35V, et ce circuit intégré peut donner une valeur

Constante de 5V pour toute valeur d'entrée inférieure ou égale à 35V, qui est la limite seuil.⁹

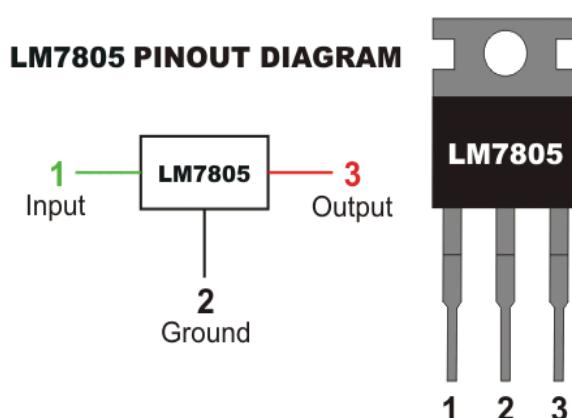


Figure II.10 Circuit intégré régulateur de tension LM7805

⁹ https://www.sonelec-musique.com/electronique_theorie_reg_tension.html

II.3.1.2 Les Condensateurs

Le **condensateur** est un composant électronique élémentaire, constitué de deux armatures conductrices (appelées « électrodes ») en influence totale et séparées par un isolant polarisable (ou « diélectrique »). Sa propriété principale est de pouvoir stocker des charges électriques opposées sur ses armatures. La valeur absolue de ces charges est proportionnelle à la valeur absolue de la tension qui lui est appliquée.¹⁰

Le condensateur est utilisé principalement pour :

- Stabiliser une alimentation électrique (il se décharge lors des chutes de tension et se charge lors des pics de tension) ;
- Traiter des signaux périodiques (filtrage...) ;
- Séparer le courant alternatif du courant continu, ce dernier étant bloqué par le condensateur ;
- Stocker de l'énergie, auquel cas on parle de supercondensateur.



Figure II.11 Types de condensateurs utilisés en électronique

II.3.1.3 Schéma général de l'alimentation stabilisée

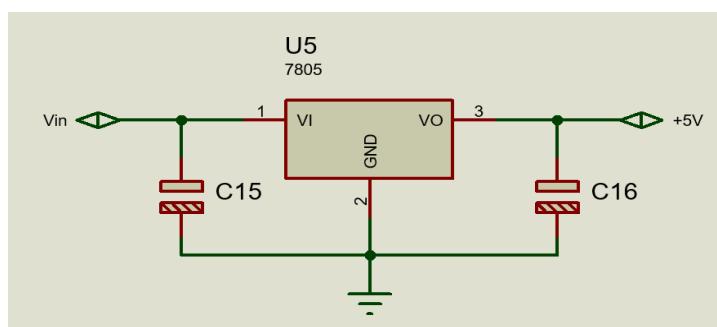


Figure II.12 Montage classique d'un régulateur de tension

¹⁰ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Condensateur>

II.3.2 Microcontrôleur et module wifi

Dans le cadre de ce travail nous avons utilisé la carte électronique programmable NodeMCU ESP32s qui intègre à son sein plusieurs fonctionnalités (Wifi, Bluetooth, PWM, ...)

II.3.2.1 Présentation

II.3.2.1.1 Espressif Systems

Espressif Systems est une multinationale publique de semi-conducteurs sans usine créée en 2008, dont le siège social est à Shanghai avec des bureaux en Chine, à Singapour, en Inde, en République Tchèque et au Brésil. L'équipe est constituée de passionnées, d'ingénieurs et de scientifiques du monde entier, concentrés sur le développement de solutions IoT de pointe Wifi et Bluetooth à faible consommation d'énergie. Ils ont créé les célèbres séries de puces, modules et cartes de développement ESP8266, ESP32 et ESP32-S. En tirant parti de l'informatique sans fil, ils proposent des chipsets écologiques, polyvalents et économiques. Ils se sont toujours engagés à offrir des solutions IoT sécurisées, robustes et écoénergétiques. Leur vision est de permettre aux développeurs d'utiliser la technologie d'Espressif dans le monde entier et de créer des appareils connectés intelligents¹¹.

II.3.2.1.2 ESP32 Espressif

ESP32 est une série de systèmes à faible coût et à faible consommation d'énergie sur des microcontrôleurs à puce avec Wi-Fi intégré et Bluetooth double mode. La série ESP32 utilise un microprocesseur Tensilica Xtensa LX6 dont les variantes double cœur et monocœur et comprend des commutateurs d'antenne intégrés, un balun RF, un amplificateur de puissance, un amplificateur de réception à faible bruit, des filtres et des modules de gestion de l'alimentation. Fabriqué par TSMC en utilisant leur procédé 40 nm, on peut le considérer comme un successeur du microcontrôleur ESP8266.

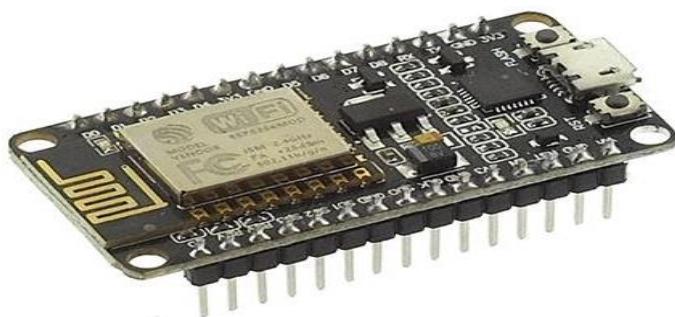


Figure II.13 Module NodeMCUESP32s

¹¹ <https://fr.wikipedia.org/wiki/ESP32>

II.3.2.2 Les Caractéristiques techniques de ESP32

Processeur : microprocesseur Xtensa double cœur (ou monocœur) LX6 32 bits, fonctionnant à 160 ou 240 MHz et fonctionnant jusqu'à 600 DMIPS Coprocesseur ultra faible puissance (ULP)

Mémoire : 520 KiB SRAM

Wi-Fi : 802.11 b / g / n

Bluetooth : v4.2 BR / EDR et BLE (partage la radio avec le Wi-Fi)

Interfaces périphériques :

ADC SAR 12 bits jusqu'à 18 canaux

2 × DAC 8 bits

10 × capteurs tactiles (GPIO à détection capacitive) 4 × SPI , 2 × interfaces I²S, 2 × interfaces I²C, 3 × UART

Contrôleur hôte SD / SDIO / CE-ATA / MMC / eMMC

Contrôleur esclave SDIO / SPI

Interface MAC Ethernet avec prise en charge du protocole DMA dédié et IEEE 1588

Precision Time

Bus CAN 2.0

Télécommande infrarouge (TX / RX, jusqu'à 8 canaux)

Capteur à effet Hall

Préamplificateur analogique ultra faible puissance

Gestion de l'alimentation :

Régulateur interne à faible décrochage

Domaine de puissance individuel pour RTC

Courant de sommeil profond de 5uA

Réveil après interruption GPIO, minuterie, mesures ADC, interruption du capteur tactile capacitif

II.3.2.3 Architecture

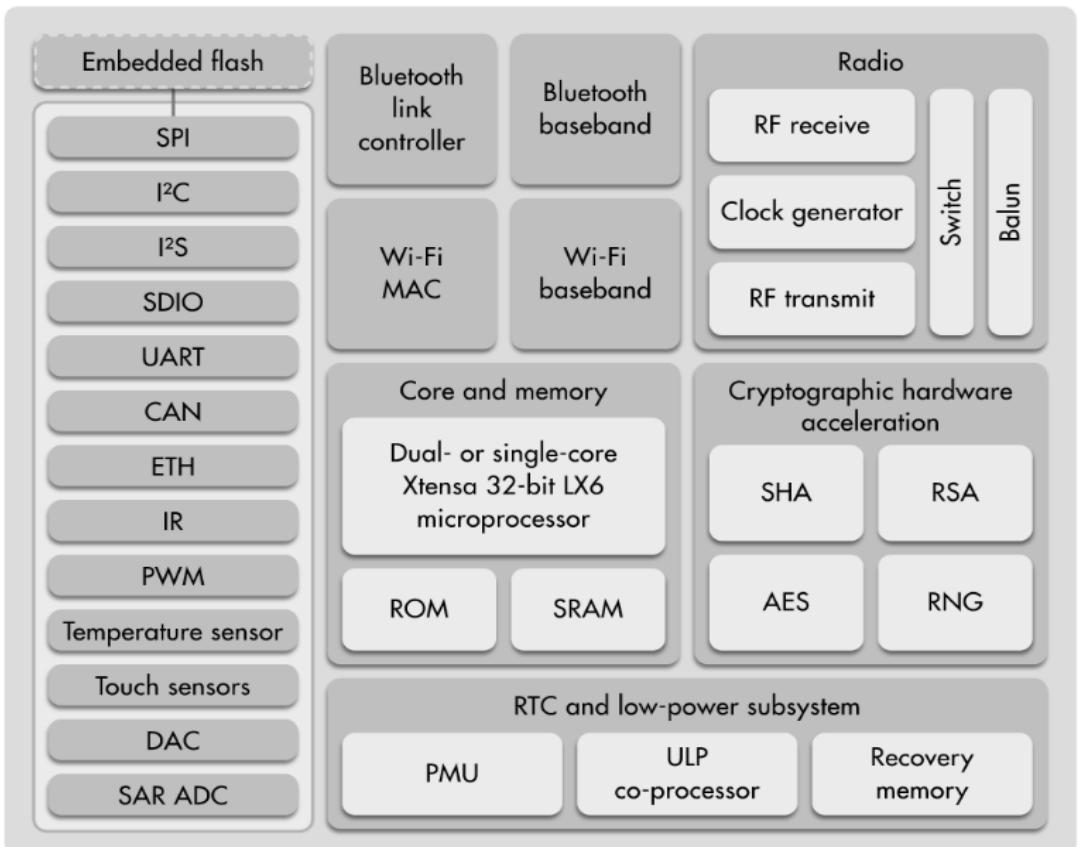


Figure II.14 Architecture interne du Module NodeMCUESP32s

II.3.3 Capteur de niveau d'eau

Dans ce système nous avons utilisé un capteur de niveau d'eau acoustique permettant de limiter toutes les contraintes mécaniques qui peuvent perturber la détection de niveau de l'eau et toutes les contraintes chimiques qui peuvent influencer les propriétés de l'eau du réservoir ; Il s'agit du capteur ultrasonique HC-SR04.

II.3.3.1 Capteur ultrason HC-SR04

Le HC-SR04 est un capteur qui utilise les ultrasons pour déterminer la distance d'un objet. Il offre une excellente plage de détection sans contact (une distance entre 3 cm et 3 m), avec des mesures de haute précision et stables. Son fonctionnement n'est pas influencé par la lumière du soleil ou des matériaux sombres, bien que des matériaux comme les vêtements puissent être difficiles à détecter.



Figure II.15 Capteur ultrasonique HC-SR04

II.3.3.2 Caractéristiques du capteur HC-SR04

Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques fondamentales du capteur HC-SR04

Alimentation	5Vcc
Consommation	15mA
Fréquence	40kHz
Portée	De 2cm à 4m
Résolution de la mesure	0.3 cm
Angle de mesure efficace	15°
Déclenchement	Impulsion TTL positive de 10 µS
Dimensions	45 x 21 x 18 mm

Tableau II.1 Caractéristiques du capteur HC-SR04

II.3.3.3 Principe de fonctionnement du détecteur HC-SR04

Le principe de fonctionnement du capteur est entièrement basé sur la vitesse du son et la prise de mesure qui se passe comme suit :

- On envoie une impulsion HIGH de 10uS sur la broche TRIGGER du capteur ;
- Le capteur envoie alors une série d'impulsions ultrasoniques à 40 kHz ;
- Les ultrasons se propagent dans l'air jusqu'à toucher un obstacle et retournent dans l'autre sens vers le capteur ;
- Afin de clôturer la prise de mesure, le capteur doit détecter l'écho.
- Le signal sur la broche ECHO du capteur reste à HIGH durant les étapes 3 et 4, ce qui permet de mesurer la durée de l'aller-retour des ultrasons et donc de déterminer la distance.

Il est à noter qu'il y a toujours un silence de durée fixe après l'émission des ultrasons pour éviter de recevoir prématûrement un écho en provenance directement du capteur.

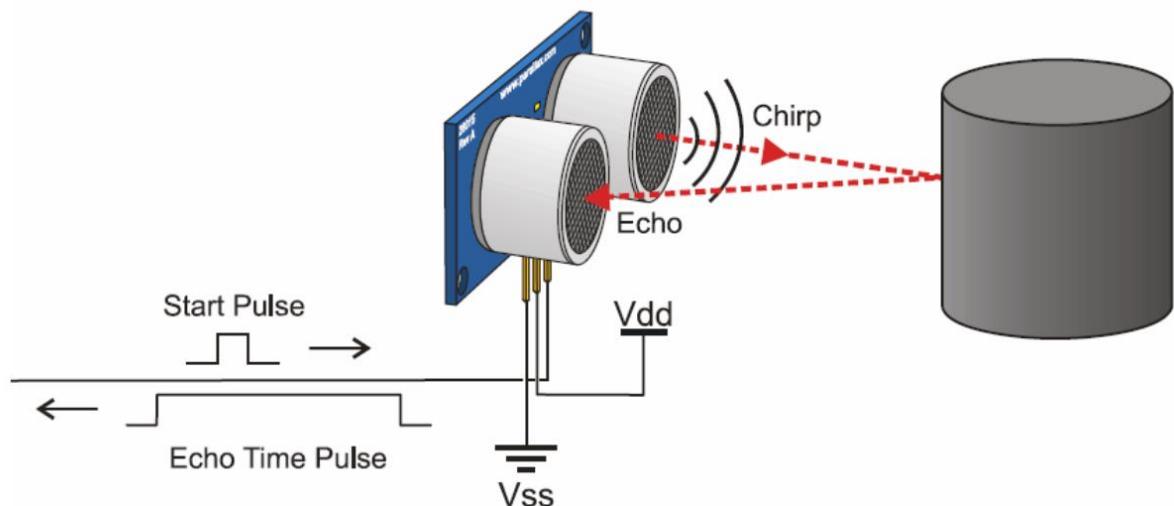


Figure II.16 Illustration du principe de détection par un capteur ultrasonique HC-SR04

II.3.4 Module relais

II.3.4.1 Présentation d'un Relais

Le relais est un interrupteur pilotable qui permet d'isoler la partie commande de la partie puissance. C'est un composant très utilisé lorsqu'on veut faire le lien entre l'électronique et l'électricité. Il permet d'ouvrir ou fermer un contacteur sur un circuit de puissance en fonction d'un signal entre 0 et 5V.

II.3.4.2 Principe de fonctionnement

Le relais est constitué d'un électroaimant et d'un contacteur mécanique. Lorsque le courant est suffisamment important sur la borne d'entrée, le solénoïde se magnétise ce qui force le contacteur à fermer le circuit de puissance. Comme il n'y a pas de liaison mécanique entre le

circuit de commande et le circuit de puissance (actionnement magnétique), il y a une isolation galvanique entre les deux circuits ; ce qui permet de protéger le circuit de commande.

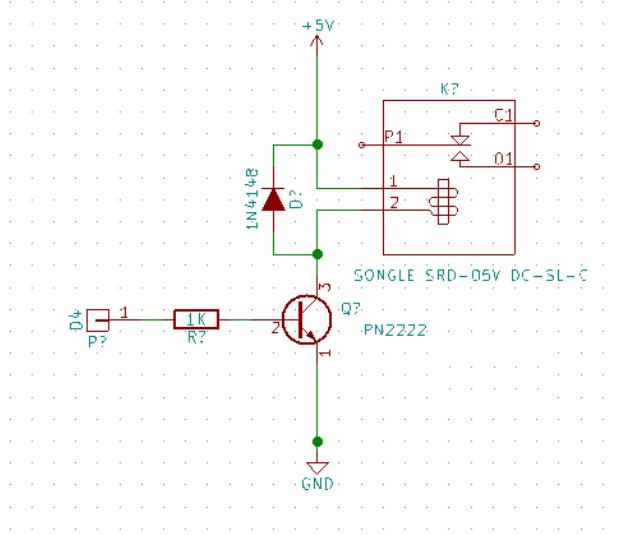


Figure II.17 Schéma électrique du module Relais



Figure II.18 Module relais

II.3.5 Electrovanne

Une **electrovanne** ou **électrovalve** est une vanne commandée électriquement. Grâce à cet organe, il est possible d'agir sur le débit d'un fluide dans un circuit par un signal électrique.¹² Dans le cadre dans ce travail il s'agira d'une Électrovanne 12V DC 1/2 ", vanne électrique normalement fermée pour eau, Air, gaz, corps en alliage de Zinc.

II.3.5.1 Présentation et constitution d'une electrovanne à action directe

- **Bobine** : Souvent en cuivre émaillé qui concentre l'effet du champ magnétique qui se produit lorsque le courant passe dans un conducteur.
- **Plongeur** : Masse de précision qui réagit sous l'influence du champ magnétique créé par la bobine lorsque le courant est envoyé.
- **Ressort** : Le ressort vient généralement s'appuyer contre la bobine pour renvoyer le plongeur en position normale lorsque cette dernière n'est pas alimentée.
- **Tube de guidage** : Tube de précision dans lequel se déplace le plongeur.
- **Entrefer et bouchon** : Les surfaces polaires du bouchon et du plongeur doivent respecter des exigences très strictes en termes de régularité, de planéité et de profondeur d'aplanissement pour obtenir une force de maintien sans vibrations aussi élevée que possible. Un vaste entrefer entre les pôles réduit considérablement la force de maintien car la conductivité magnétique de l'air est nettement inférieure à celle du fer.

¹²<https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89lectrovanne>

II.3.5.2 Caractéristiques

- Il s'agit d'une électrovanne électrique de type normalement fermé, allumer pour l'ouvrir et éteindre pour le fermer.
- Elle nécessite une tension de 12V DC et un courant d'entrée supérieur à 2A pour assurer une performance stable.
- Le corps de valve en alliage de zinc de haute qualité peut contenir une pression jusqu'à 0,8mpa et une température du liquide de -5 ° à 100 °.
- Elle convient pour une utilisation avec des pipelines dans l'eau, l'air, le gaz et les applications de fluides non corrosifs à faible viscosité.
- Cette Électrovanne est conçue pour être installé à l'intérieur horizontalement dans un Environnement sec. Si elle est utilisée à l'extérieur, La partie de la Bobine doit être bien protégée de l'eau.
- Elle est mieux adaptée pour un travail intermittent de courte durée, Le temps de mise sous tension continue unique est mieux d'être inférieur à 30 minutes.
- Il y a un signe de flèche sur la valve montrant la direction du flux, qu'on doit nécessairement suivre pour connecter les tuyaux.

II.3.5.3 Spécifications

Corps de Valve : alliage de Zinc

Tension d'entrée : DC12VCourant d'entrée : >2AType : NC (normalement fermé)

Pression : 0-0.8Mpa

Taille du filetage : 1/2 "bspf (DN15)

Orifice d'écoulement : 16mm

Température du liquide : -5 ° ~ 100 °

Convient pour : huile Non corrosive, eau, gaz, etc.



Figure II.19 Electrovanne à courant continu 12V DC

II.4 PARTIE INFORMATIQUE

Dans cette partie, il s'agit d'un système constitué d'une application mobile native (Android, IOS et web) développée en langage Dart côté frontend sur le Framework flutter de google et d'une base de données temps réelle offerte par le service firebase de google

II.4.1 Service Firebase

Firebase est un ensemble de services d'hébergement pour n'importe quel type d'application (Android, iOS, Javascript, Node.js, Java, Unity, PHP, C++ ...). Il propose d'héberger en NoSQL et en temps réel des bases de données, du contenu, de l'authentification sociale (Google, Facebook, Twitter et GitHub), et des notifications, ou encore des services, tel que par exemple un serveur de communication temps réel. Lancé en %62011 sous le nom d'Envole, par Andrew Lee et par James Templin, le service est racheté par Google en octobre 2014. Il appartient aujourd'hui à la maison mère de Google : Alphabet.

Toute l'implémentation et la gestion serveur de Firebase est à la charge exclusive de la société Alphabet. Les applications qui utilisent Firebase intègrent une bibliothèque qui permet les diverses interactions possibles.¹³

¹³ <https://blog.back4app.com/fr/quest-ce-que-firebase/>

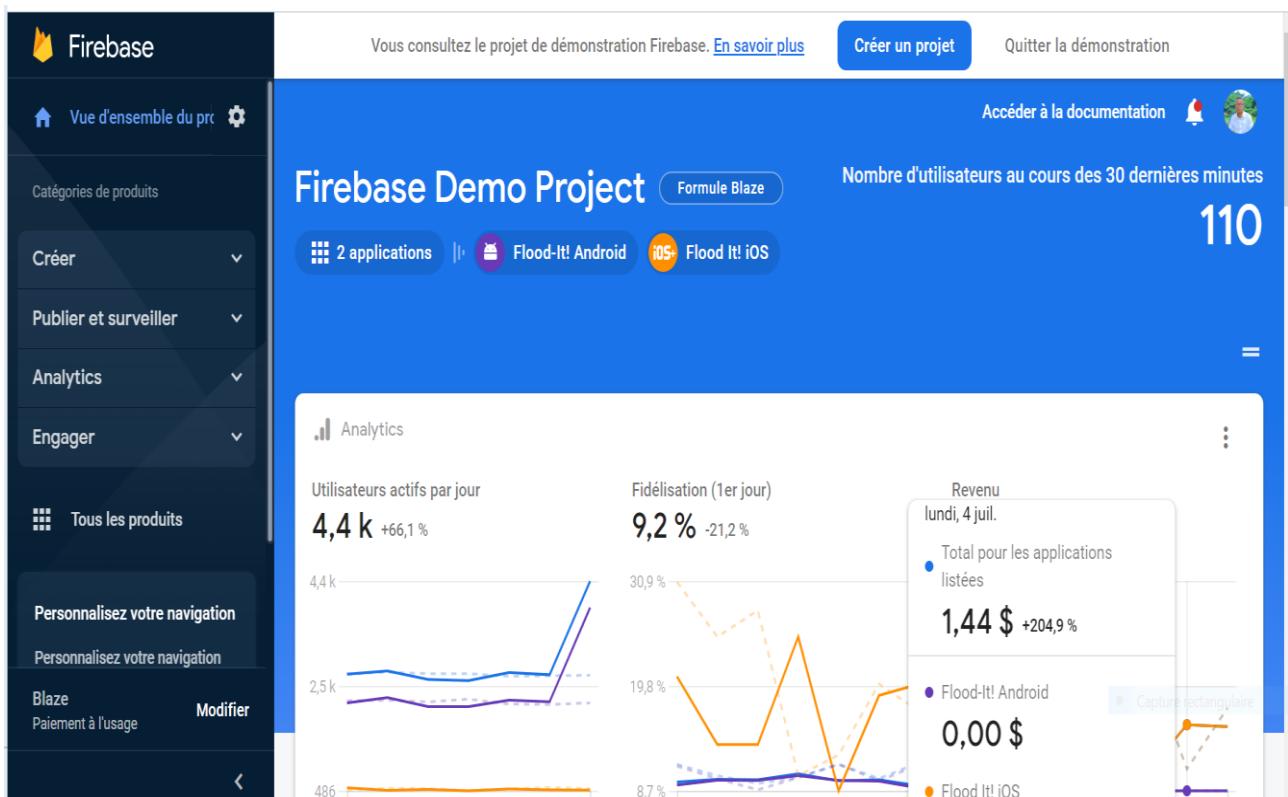


Figure II.20 Interface du service firebase de google

II.4.1.1 Avantages et inconvénients de Firebase

II.4.1.1.1 Avantages

Voici les dix principaux avantages de l'utilisation de Firebase.

1. Démarrage gratuit
2. Vitesse de développement
3. Plate-forme de développement d'applications de bout en bout
4. Proposé par Google
5. Les développeurs peuvent se concentrer sur le développement frontend
6. Il n'y a pas de serveur
7. Il offre des capacités d'apprentissage automatique
8. Génère du trafic vers vos applications
9. Contrôle des erreurs
10. Sécurité

II.4.1.1.2 Inconvénient de Firebase

Bien que ce soit une plate-forme fantastique, Firebase a aussi quelques inconvénients.

1. Il n'est pas Open-Souce
2. Verrouillage du fournisseur
3. Firebase ne fonctionne pas dans de nombreux pays
4. Seules les bases de données NoSQL sont disponibles
5. Requêtes lentes
6. Tous les services ne sont pas gratuits au départ
7. Ce n'est pas donné et les prix sont difficiles à prévoir
8. Fonctionne uniquement sur Google Cloud
9. Les serveurs dédiés et le soutien aux entreprises ne sont pas une option
10. Ne fournit pas d'API GraphQL

II.4.1.2 Services et caractéristiques de firebase

Firebase dispose d'un large éventail de fonctionnalités avancées pour les besoins des développeurs. (**17** Fonctionnalités)

Ses principales caractéristiques peuvent être classées en trois catégories : Construire, Publier et Surveiller et Engager. Ils sont tous utilisés à différents stades du développement des applications mobiles.

Catégorie	Fonctionnalités
Construire	<ul style="list-style-type: none">➤ Bases de données (Firestore+RTDB)➤ Apprentissage automatique➤ Fonctions cloud➤ Authentification➤ FCM➤ Hébergement➤ Stockage
Publier et Surveiller	<ul style="list-style-type: none">➤ CrashLytics➤ Analytique➤ Suivi des performances➤ Laboratoire de test➤ Distributions d'applications

Engager	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Configuration à distance ➤ Prédictions ➤ Test A/B ➤ Liens dynamiques ➤ Messagerie interne à l'application
----------------	---

Tableau II.2 Services et caractéristiques de firebase

Figure II.21 Produits et fonctionnalités de firebase

II.4.1.3 Realtime database de firebase

La base de données Firebase Realtime est une base de données hébergée dans le cloud. Les données sont stockées au format JSON et synchronisées en temps réel avec chaque client connecté. Lorsqu'on crée des applications multiplateformes avec les plates-formes Apple, Android et les SDK JavaScript, tous les clients partagent une instance de base de données en temps réel et reçoivent automatiquement des mises à jour avec les données les plus récentes.¹⁴

II.4.1.3.1 Capacités clés du Realtime database de firebase

- **Temps réel** : Au lieu des requêtes HTTP typiques, la base de données en temps réel Firebase utilise la synchronisation des données : chaque fois que les données changent, tout appareil connecté reçoit cette mise à jour en quelques millisecondes.

¹⁴ <https://firebase.google.com/docs/database?hl=fr&authuser=0>

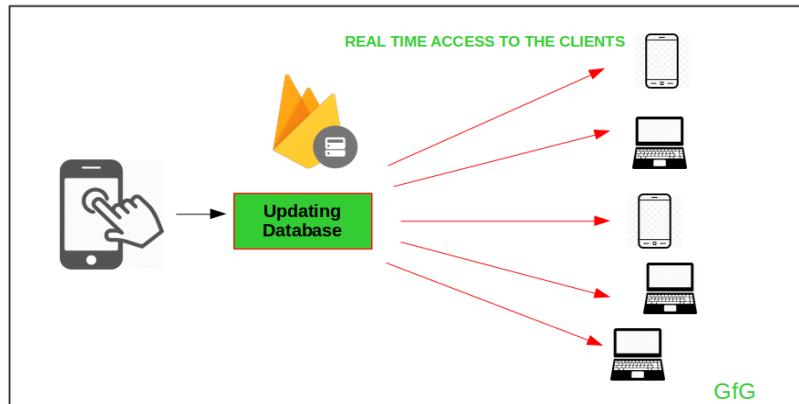


Figure II.22 Accès temps réel aux clients

- **Hors ligne :** Les applications Firebase restent réactives même lorsqu'elles sont hors ligne, car le SDK Firebase Realtime Database conserve les données sur le disque. Une fois la connectivité rétablie, l'appareil client reçoit toutes les modifications qu'il a manquées, en les synchronisant avec l'état actuel du serveur.
- **Accessible à partir des appareils clients et sur plusieurs plateformes :** La base de données en temps réel Firebase est accessible directement à partir d'un appareil mobile ou d'un navigateur Web ; il n'y a pas besoin d'un serveur d'application. La sécurité et la validation des données sont disponibles via les règles de sécurité de la base de données en temps réel Firebase, des règles basées sur des expressions qui sont exécutées lorsque des données sont lues ou écrites.

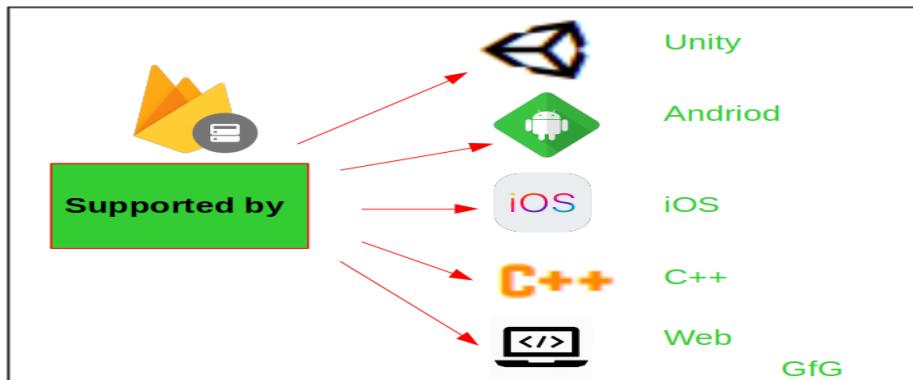


Figure II.23 Plates formes compatibles avec firebase

- **Évolue sur plusieurs bases de données :** Avec Firebase Realtime Database sur le plan tarifaire Blaze, Nous pouvons prendre en charge les besoins en données de notre application à grande échelle en répartissant nos données sur plusieurs instances de base de données dans le même projet Firebase. Rationalisez l'authentification avec Firebase Authentication sur votre projet et authentifiez les utilisateurs sur nos instances de base de données. Contrôlez l'accès aux données de chaque base de

données avec des règles de base de données en temps réel Firebase personnalisées pour chaque instance de base de données.

II.4.1.3.2 Fonctionnement du Realtime database de firebase

La base de données en temps réel Firebase permet de créer des applications collaboratives riches en permettant un accès sécurisé à la base de données directement à partir du code côté client. Les données sont conservées localement, et même hors ligne, les événements en temps réel continuent de se déclencher, offrant à l'utilisateur final une expérience réactive. Lorsque l'appareil retrouve la connexion, la base de données en temps réel synchronise les modifications des données locales avec les mises à jour à distance qui se sont produites lorsque le client était hors ligne, fusionnant automatiquement tous les conflits.

La base de données en temps réel fournit un langage de règles flexible basé sur des expressions, appelé règles de sécurité de la base de données en temps réel Firebase, pour définir comment les données doivent être structurées et quand les données peuvent être lues ou écrites. Lorsqu'il est intégré à Firebase Authentication, les développeurs peuvent définir qui a accès à quelles données et comment ils peuvent y accéder.

La base de données en temps réel est une base de données NoSQL et, en tant que telle, a des optimisations et des fonctionnalités différentes par rapport à une base de données relationnelle. L'API de base de données en temps réel est conçue pour autoriser uniquement les opérations pouvant être exécutées rapidement. Cela vous permet de créer une excellente expérience en temps réel qui peut servir des millions d'utilisateurs sans compromettre la réactivité. Pour cette raison, il est important de réfléchir à la manière dont les utilisateurs doivent accéder aux données, puis de les structurer en conséquence .

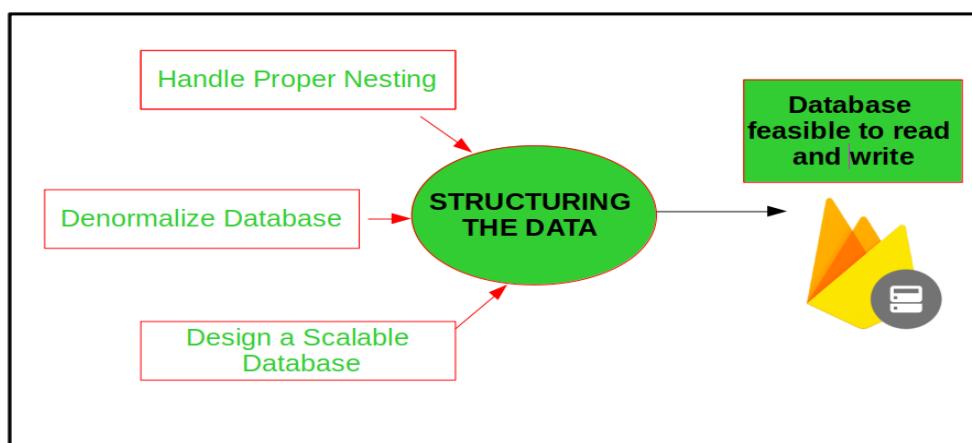


Figure II.24 Fonctionnement du Realtime database

II.4.2 Application Mobile

Une **application mobile** est un logiciel applicatif développé pour un appareil électronique mobile, tel qu'un assistant personnel, un téléphone portable, un smartphone, un baladeur numérique, une tablette tactile.¹⁵

Elles sont pour la plupart distribuées depuis des plateformes de téléchargement (parfois elles-mêmes contrôlées par les fabricants de smartphones) telles que l'App Store (plateforme d'Apple), le Google Play (plateforme de Google / Android), ou encore le Microsoft Store (plateforme de Microsoft pour Windows 10 Mobile). Mais des applications peuvent aussi être installées sur un ordinateur, grâce par exemple au logiciel iTunes distribué par Apple pour ses appareils. Les applications distribuées à partir des magasins d'applications sont soit payantes, soit gratuites mais généralement avec des publicités.

II.4.2.1 Application native

Applications mobiles natives fait référence à un logiciel d'application conçu pour fonctionner sur un appareil ou une plate-forme particulière. Comme il est conçu pour fonctionner sur un appareil mobile spécifique et son système d'exploitation, il utilise des logiciels et du matériel spécifiques à l'appareil. Les applications natives sont les applications mobiles téléchargées depuis Google Play ou App Store.

Ces applications offrent des performances améliorées et tirent parti des technologies les plus avancées, telles que le traitement d'images, etc. Il existe deux plates-formes de système d'exploitation mobile Android de Google et iOS d'Apple. Par exemple, les développeurs codent applications iOS en utilisant Objective-C ou Swift alors qu'ils codent des applications natives Android à l'aide de Java. Les applications mobiles natives ont un haut degré de précision et une exécution rapide. En plus d'être plus rapides, ils permettent également aux utilisateurs d'accéder à toutes les dispositions et commandes de l'interface utilisateur native.

Mais une application formulée pour iOS ne fonctionnera pas sur Android, et inversement. Cela indique que vous devez produire individuellement pour chaque plateforme, ce qui nécessiterait un budget plus important et une taille d'équipe plus importante si vous souhaitez lancer votre application sur les deux, **Android** et **iOS**.

II.4.2.1.1 Technologies utilisées dans les applications natives

Le développement d'applications natives sous iOS et Android nécessite différents Framework.

Pour iOS :

➤ **Objectif-C**

Objective-C est un langage de programmation avec diverses bibliothèques disponibles et possède une expérience de développement remarquable. Ce langage est également compatible avec d'autres technologies de programmation.

➤ **Rapide**

¹⁵ https://fr.wikipedia.org/wiki/Application_mobile

Swift est le dernier langage de programmation d'Apple et remplace Objective-C. Il a également une performance plus fiable et meilleure qu'Objective-C. Swift a été largement utilisé aujourd'hui, pour sa puissance et son expérience utilisateur plus fluide.

Pour Android :

- Java

Ce langage n'est pas seulement limité à une utilisation pour les applications mobiles, mais est également utilisé pour le développement Web. Il donne aux développeurs l'accès à une bibliothèque attrayante, pour accéder à différentes fonctionnalités du système d'exploitation Android.

- Kotlin

Kotlin est un langage de programmation spécialement développé pour fonctionner avec Java pour Android. Google prend en charge Kotlin pour le développement Android et le propose comme alternative à Java. Kotlin minimise également le temps requis pour la programmation dans le développement d'applications.

II.4.2.1.2 Application native avec flutter

Dans le cadre de ce travail nous avons développé notre application native mobile sur flutter. C'est une boîte à outils open source développée par Google. Elle permet de créer des applications natives compilées pour iOS et Android, ainsi que des sites web et des applications de bureau. Flutter permet de développer une application plus rapidement utilisant Dart comme langage de programmation ; langage qui est également développé par Google. Google s'est inspiré de React pour créer le Framework Flutter, dont ils ont sorti la première version fin 2018.

II.4.2.1.2.1 Les avantages pour le développement des applications

Flutter permet de développer les applications à partir d'une seule base de code qui peut être ensuite déployée sur iOS, Android, le web et le desktop (Mac, Windows). Cela permet de ne pas devoir redévelopper tout le code de l'application pour chaque plateforme différente avec des langages différents.

Le Framework est facile à prendre en main car la plupart des widgets existent déjà. Ce sont des composants réutilisables partout dans votre projet, qui ont pour but de rendre le travail plus rapide. Il y a des widgets qui permettent de créer une liste ou une barre de navigation, il y en a qui sont là pour aider à placer des éléments sur la page ou encore à créer un formulaire en seulement quelques lignes. Après un peu de pratique, le langage Dart devient assez intuitif et permet de bien exploiter le potentiel des widgets.¹⁶

Avec Flutter il est très simple de voir en temps réel les modifications que l'on fait dans son code car il est muni d'un hot reload performant. Lorsque l'on sauvegarde son code, les changements effectués sont affichés après quelques secondes sur l'appareil et il n'y pas besoin de relancer l'application entièrement.

II.4.2.1.2.2 Les limites de la technologie Flutter

¹⁶ <https://apptitude.ch/developpement/a-la-decouverte-de-flutter-pour-le-developpement-mobile-web-et-desktop/>

Comme il s'agit d'une technologie plutôt récente, tout n'est pas encore optimal. Flutter n'est pas très adapté pour des gros projets. Les fichiers prennent beaucoup de place ce qui a une conséquence sur l'application finale car elle devient moins rapide au démarrage. Au niveau de la documentation, il y a un manque sur certains aspects, même si souvent des solutions sont trouvables sur internet pour la plupart des cas.

Chapitre III. IMPLEMENTATION DU SYSTEME ET REALISATION DU PROTOTYPE A PETITE ECHELLE

III.1 DIMENSIONNEMENT DU PETIT SYSTEME PHOTOVOLTAÏQUE ET DE L'ALIMENTATION STABILISEE

III.1.1 Alimentation stabilisée

III.1.1.1 *Evaluation de la charge totale à alimenter et choix du régulateur*

Cette alimentation étant destinée à fournir l'énergie au circuit électronique de notre système ce dernier constitue donc la charge de notre alimentation. Cette charge est constituée par l'énergie consommée par la carte NodeMCU32s, le module relais et le capteur ultrasonique. Comme le module relais et le capteur ultrasonique sont alimentés par la Carte NodeMCU, Nous allons dimensionner en fonction de la puissance maximale que la carte NodeMCU peut consommer lorsqu'elle fonctionne en conditions normales c'est à dire quand elle absorbe son courant nominal de 80 mA .Pour plus de sécurité et de disponibilité des régulateurs sur le marché nous avons opté pour dimensionner en supposant un courant max de 1A dans le circuit de régulation en choisissant le régulateur 7805 qui délivre une tension positive stabilisée de 5V DC sous un courant maximal de 1 A.

Et donc l'alimentation fournira à la charge une puissance de :

$$P_f = U * I = 5V * 1A = 5W$$
 Avec : U tension aux bornes de la charge et
I le courant Max que peut délivrer l'alimentation sans s'échauffer

III.1.1.2 *Calcul de la puissance dissipée dans le régulateur 7805 et la diode de protection*

- Pour connaître la puissance dissipée dans la diode de protection il est primordial de connaître la tension à l'entrée et à la sortie de ce dernier et le courant maximal qui peut la traverser sans s'échauffer.

Pour notre système ces grandeurs sont données par :

- Tension d'entrée (tension délivrée par le régulateur de charge de la partie PV) : 10,5V - 12,7 V
- Tension à la sortie de la diode : 9,8V – 12V
- Courant Maximal 1A

Puissance dissipée dans la diode :

$$P_d = (U_e - U_S) * I = (10,5V - 9,8V) * 1A = (12,7V - 12V) * 1A = 0,7W$$

- Pour connaitre la puissance dissipée dans le régulateur 7805, il est primordial comme pour la diode de protection de connaitre la tension à l'entrée et à la sortie de ce dernier et le courant max qui peut la traverser sans s'échauffer.

Pour notre système ces grandeurs sont données par :

- Tension d'entrée (tension délivrée par le régulateur de charge de la partie PV) : 9,8V - 12 V
- Tension stabilisée de sortie du régulateur : 5V DC
- Courant Maximal 1A

Puissance dissipée dans la diode :

$$P_{dmin} = (U_e - U_S) * I = (9,8V - 5V) * 1A = 4,8W$$

$$P_{dmax} = (U_e - U_S) * I = (12V - 5V) * 1A = 7W$$

D'où la puissance totale dissipée par le circuit de régulation vaut : $P_{dtot} = 7W + 0,7W = 7,7W$

III.1.1.3 Puissance totale de l'alimentation stabilisée et choix des éléments de protection

La puissance totale que peut absorber notre alimentation stabilisée est :

$$P = P_{dtot} + P_f = 7,7W + 5W = 12,7W$$

Le courant max choisis qui circule dans notre alimentation étant de 1A :

Pour la protection contre les défauts dû à l'inversion de polarité au sein du circuit électronique nous avons utilisé **une diode 1N4007 de 1A** en série avec l'alimentation stabilisé.

Pour la protection contre les surintensités du généralement aux courts-circuits et autres nous avons utilisé **un fusible à cartouche de calibre 1A** en série avec l'ensemble de l'alimentation stabilisée.

Pour la protection contre les bruits et les signaux parasites qui perturbent de fois le fonctionnement des équipements branchés sur l'alimentation stabilisée nous avons placé un condensateur de 0,33µF à l'entrée et un condensateur de 0,1µF à la sortie du régulateur de tension.

III.1.1.4 Schéma détaillé de l'alimentation stabilisée

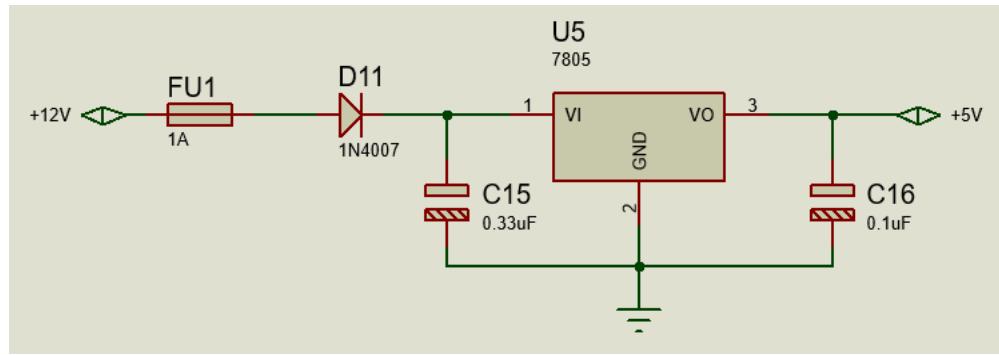


Figure III.1 Schéma détaillé de l'alimentation stabilisée

III.1.2 Système photovoltaïque

III.1.2.1 Calcul du rayonnement solaire

Pour calculer l'irradiation solaire de ce système nous avons utilisé l'application PVgis (Photovoltaic Geographical information system) accessible à travers un site internet, elle permet de calculer l'irradiation sur un plan incliné d'un panneau ou champ photovoltaïque.

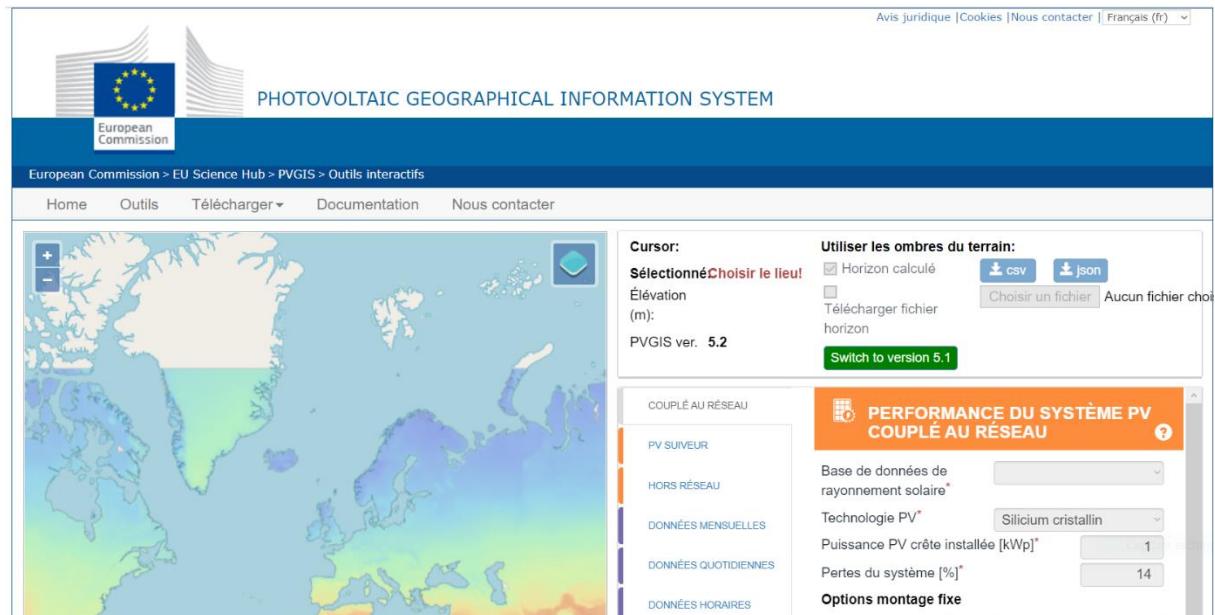


Figure III.2 Présentation de l'application PVgis

Dans le cadre de ce travail, l'un des objectifs étant de résoudre un problème lié à la gestion rationnelle de l'eau fréquent sur le plan local (à KINSHASA) ; Pour la réalisation du prototype de ce système, le dimensionnement du petit système photovoltaïque dans un premier temps tiendra seulement compte des conditions locales c'est à dire nous allons nous servir de la valeur de l'irradiation local (Irradiation solaire à la faculté polytechnique de l'université de Kinshasa à KINSHASA).

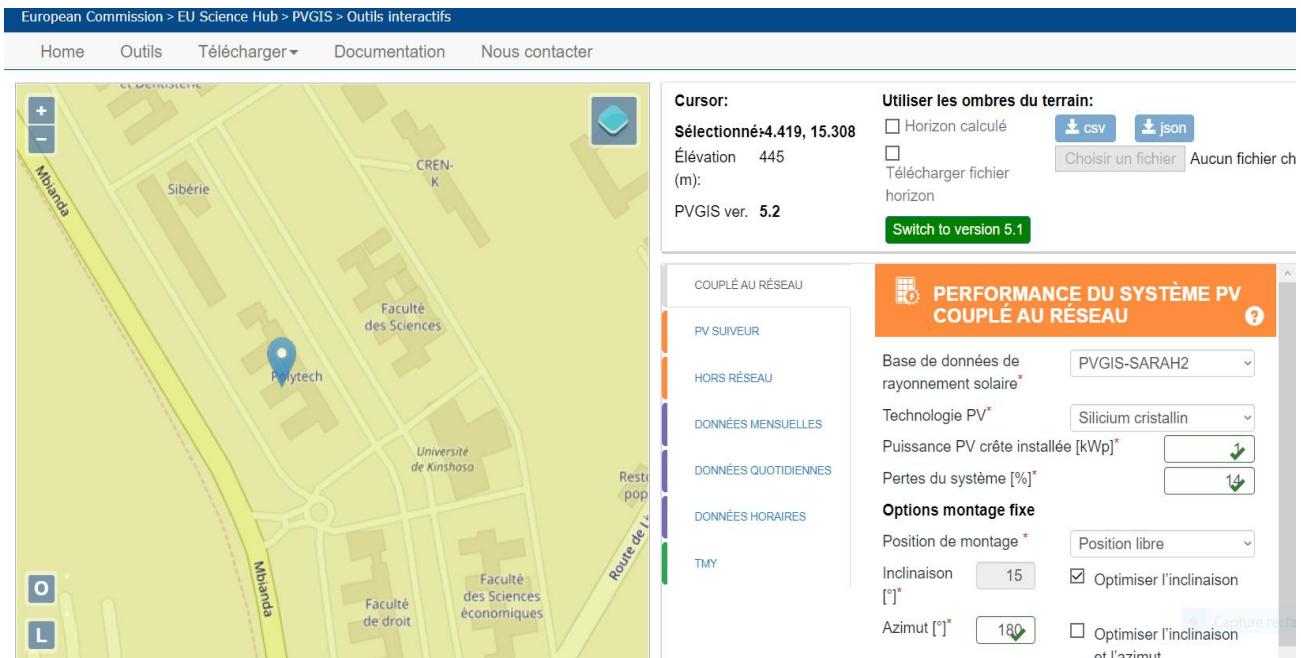


Figure III.3 Présentation du site de la faculté polytechnique de l'université de Kinshasa

Pour obtenir cette irradiation sur le site de PVgis, On commence par repérer l'emplacement de la faculté polytechnique sur la carte du monde présent sur le site, on récupère ainsi les coordonnées géographiques de cette dernière (Longitude et latitude). NB : Si on connaît les coordonnées du lieu on peut les introduire manuellement au lieu de passer par la carte.

Ensuite le logiciel étant interactif avec plusieurs façons de dimensionner et cela en fonction de différents types de systèmes photovoltaïques (Couplé au réseau, hors réseau). Comme ce qui nous intéresse est la détermination de l'irradiation nous avons juste choisis un type de système au hasard parmi les types à panneau fixe car l'irradiation reste la même pour une position fixe donnée puis dans la suite de la configuration du système choisis nous avons laissé une puissance de base de calcul de 1Kwp, Nous avons choisis une technologie des cellules au Silicium cristallin et pour la partie la plus importante concernant le positionnement du panneau nous avons choisis un angle d'inclinaison optimisé du panneau de 15° et l'Azimut de 180° car la faculté polytechnique de l'université se trouve dans l'hémisphère Sud du Globe terrestre et non loin de l'équateur et enfin nous avons visualiser le résultat pour obtenir l'irradiation mensuelle.

Dans le dimensionnement nous avons utilisé la plus basse valeur d'irradiation obtenue au mois de juin

Irradiation mensuelle la plus basse : **134,92KWh/m²**

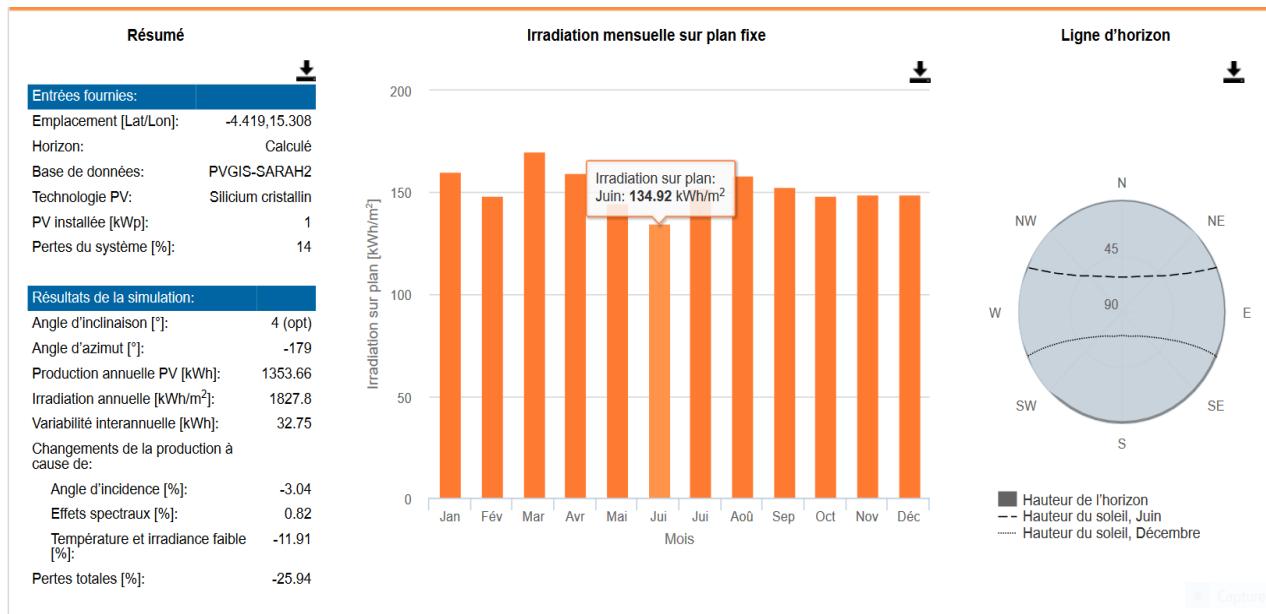


Figure III.4 Résultats des irradiations mensuelles pour une période d'une année

Irradiation journalière la plus basse : $\frac{134,92 \times 1000}{30} = 4497,33333 \text{ Wh/m}^2/\text{j}$

III.1.2.2 Estimation de la consommation

Charge	Puissance (W)	Courant (A)	h/jour	Ah/jour	Consommation EcWh/jour
Electrovanne	36	3	12	36	432
Alimentation Stabilisée	12,7	1	24	24	288
Total	48,7	4			720

Tableau III.1 Estimation de la consommation

Par conséquent :

- Puissance maximale totale $P_{max} = 48,7\text{W}$
- Intensité totale maximale $I_{max} = 4 \text{ A}$
- Energie calculée après le régulateur $E_c = 720\text{Wh/jour}$ (à 12V)

Calcul du taux des pertes totales de l'installation K_T .¹⁷

- K_A : Pour la décharge naturelle quotidienne de la batterie, à 20° C. Nous allons prendre $K_A = 0,005$ qu'on utilise dans le cas de l'absence de données du fabricant.
- K_B : Issue de la performance de la batterie. (K_B : généralement 0,05 et 0,1 pour les vieux accumulateurs, pour des fortes décharges ou des températures basses).
- K_R : Pour la performance du régulateur utilisé. (Avec les valeurs compris entre 0,1 à 0,01($90 \div 99\%$ de η)
- K_x : Pour les autres pertes pas soulevées (pertes joules, chute de tension, etc.), on prend normalement la valeur de 0,15 quand on connaît les puissances théoriques ; 0,1 de manière générale, sans connaître les performances, si on a tenu compte des performances de chaque charge installée on peut le réduire jusqu'à 0,05. Pour notre cas nous allons prendre 0,05 car nous avons tenu compte de la performance de chaque charge à alimenter.
- N_{jaut} : Jours d'autonomie avec une insolation basse ou nulle, nous avons pris 2 jours d'autonomie pour notre système.
- P_d : Profondeur de décharge de la batterie en pourcentage, nous allons prendre une profondeur de décharge de 60%
- Le taux de pertes totales K_T est donné par :

$$K_T = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] * [1 - \frac{(K_A * N_{jaut})}{P_d}]$$

$$K_T = [1 - (0,05 + 0 + 0,1 + 0,15)] * \left[1 - \frac{(0,005 * 2)}{0,6}\right] = 0,6883333333$$

La consommation maximale que doit apporter le panneau, C_{max} , sera :

$$C_{max} = U_n / K_T = 720 / 0,6883333333 = 1046,004843 \text{ Wh/jour}$$

III.1.2.3 Dimensionnement

➤ Panneau solaire :

La puissance crête du panneau solaire à utiliser est donnée par :

$$P_c = \frac{1000 * C_{max}}{I_r} = \frac{1000 * 1046,004843}{4497,3333} = 232,5833W$$

Avec :

- $P_c(W)$: La puissance crête du panneau solaire
- $C_{max}(Wh/j)$: La consommation du système en tenant compte des facteurs qui influencent son rendement
- $I_r(Wh/m^2/J)$: Irradiation journalière du milieu (Faculté polytechnique de l'université de Kinshasa)

¹⁷ Manuelle de formation pour l'installation et la maintenance des petits systèmes photovoltaïques page 48.

Dans la série normalisée il convient donc de choisir un panneau solaire de 235W, pour notre cas nous avons opté pour le panneau Sunways Monocristallin 235Wc 100% Allemand ayant un Isc (Courant de court-circuit) de 8,6A (plus de détails sur la fiche technique dans les annexes)

➤ Batterie :

La capacité utile de la batterie du système en (Ah) est donnée par :

$$C_u = \frac{C_{max} * N_{jaut}}{U_{cc}} = \frac{1046,004843 * 2}{12} = 174,3341 \text{ Ah}$$

Avec :

- $C_{max}(Wh/j)$: La consommation du système en tenant compte des facteurs qui influence son rendement
- N_{jaut} : Nombre de jours d'autonomie du système.
- $U_{cc}(V)$: Tension de court du système pour les petits système cette tension est assimilée à la tension de l'installation.
- $C_u(Ah)$: Capacité utile de la batterie du stockage du système.

Dans la série normalisée il convient donc de choisir une batterie de 175Ah, pour notre cas nous avons opté pour une batterie cyclique plomb pur (CHF1089) sans entretien de 12 V 181Ah de dimensions 560*125*320 mm et de masse 58Kg.

➤ Régulateur de charge :

La régulation de charge est dimensionnée pour une installation sous une tension de charge U et un courant $I_{max} = P_c/U (A)$

▪ Les critères pour choisir un régulateur solaire :

Pour choisir notre régulateur solaire, nous avons pris en considération 3 éléments principaux

- La tension maximum en circuit ouvert du panneau : Les régulateurs acceptent des plages de tension plus ou moins larges.
- La tension minimum pour charger la batterie
- Le courant maximum du régulateur : Le courant du régulateur (exprimé en ampères) doit être supérieur à l'intensité du courant de court-circuit du panneau solaire sur lequel il est relié. Cette donnée est indiquée sur la notice de chaque panneau. Il est préférable de prendre en plus une marge de sécurité de 10% à 20%.

Pour notre cas nous avons choisis un régulateur PWM Victron de 10A/ 12V car notre panneau a un courant de court-circuit de 8,6A(détail sur la fiche technique dans les annexes).

III.1.2.4 Dispositifs de protection

➤ Disjoncteur

Pour la protection de l'installation nous avons utilisé un disjoncteur DC unipolaire de calibre 6A de la série normalisée.

Car Imax = 4 A.

➤ Mise à la terre

Il est également nécessaire de mettre à la terre les différentes parties du panneau et son support, et cela consiste à relier à une prise de terre, par un fil conducteur, les masses métalliques des équipements qui risquent d'être mises accidentellement en contact avec le courant. D'une part la masse à terre permet d'écouler les courants de fuite sans danger et protègera ainsi le régulateur solaire.

III.2 CONFIGURATION DE LA BASE DE DONNEES TEMPS REELS SUR FIREBASE

La configuration de la base de données temps réel sur firebase se passe en 4 grandes étapes :

1. Ouverture de Firebase-Google dans le navigateur puis on choisit « Aller à la console » dans le coin supérieur droit de la page (on doit s'assurer aussi que nous devons nous connecter via notre compte Google dans Firebase) puis on clique sur « Ajouter un projet ».
2. On donne un nom à notre projet et puis on clique sur ‘Continuer’.
3. Après avoir créé avec succès le projet, un écran apparaîtra et il y aura beaucoup d'options sur le côté gauche de la page fournie par firebase, puis on sélectionne l'option Base de données en temps réel parmi celles-ci.
4. Et puis on appuie sur le bouton « Créer une base de données », on sélectionne n'importe quel emplacement où la BD sera conservée, puis on clique sur « Suivant » et on sélectionne l'option de mode de test qui donne accès à la lecture et à l'écriture des données dans la base de données et on appuie sur « Activer ».

Après cela, la configuration de la base de données Firebase Realtime est effectuée avec succès l'écran suivant Apparaît :

The screenshot shows the Firebase Realtime Database configuration screen. At the top, there's a navigation bar with the project name "GestionEauDB" and links for "Accéder à la documentation" and a user profile icon. Below the navigation bar, the title "Realtime Database" is displayed, along with tabs for "Données", "Règles", "Sauvegardes", and "Utilisation". The main area shows a list of database URLs. The first URL is "https://gestioneaudb-default.firebaseio.com", followed by a collapsed node "GestionDeau". There are also icons for "Copier", "Supprimer", and "Détails" next to each URL entry.

Figure III.5 Résultat de la configuration de la base de données Firebase Realtime

III.3 PROGRAMMATION DU MICROCONTROLEUR ET DU MODULE WIFI

Ces deux modules étant embarqué sur une même carte électronique le NodeMCUESP32s ; ils utilisent donc un même programme pour assurer leurs fonctions au sein du système.

La programmation de ces éléments a consisté en l'implémentation de l'algorithme suivant :

NB : Le code source écrit en C/C++ est succinctement présenté dans les annexes de ce travail

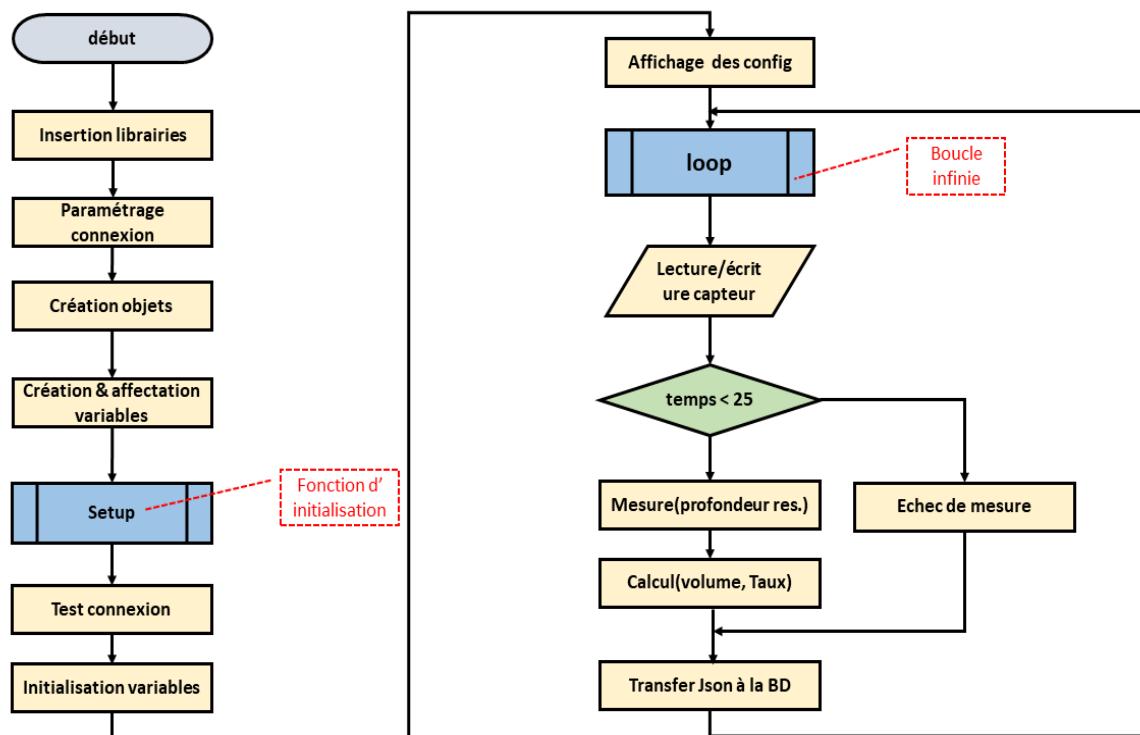


Figure III.6 Algorithme implémenté dans la Carte électronique principale du système (NodeMCU ESP32s)

III.4 IMPLEMENTATION DE L'APPLICATION MOBILE ET DES CONNEXIONS ENTRE LE NODEMCU, LE REALTIME DATABASE ET L'APPLICATION

III.4.1 Implémentation de l'interface utilisateur de l'application

L'implémentation de l'interface utilisateur a été fait avec le langage Dart sur le Framework flutter de google à travers l'éditeur de code VScode comme le montre la figure suivante :

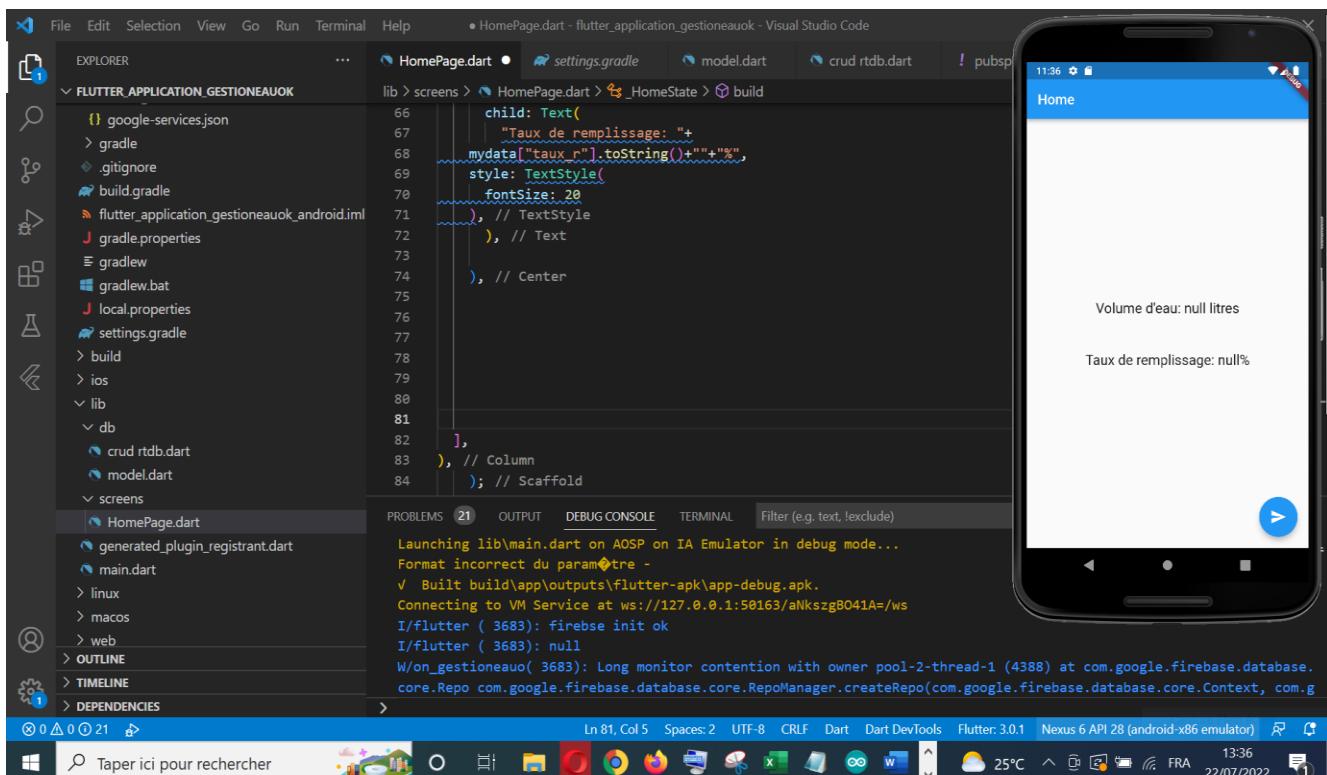


Figure III.7 Implémentation de l'interface utilisateur de l'application

III.4.2 Implémentation de la connexion entre l'application et le Realtime database

Après avoir créé l'application et configurer la base de données la connexion entre ces dernières s'implémente suivant les étapes suivantes :

Pour commencer nous avons besoin du **nom du package Android** de l'application, on le trouve dans le **fichier XML** suivant de l'application Flutter :

Android/app/src/main/AndroidManifest.xml

Dans la première balise `<manifest>` on trouve sa valeur dans l'attribut `package` :XML

Une fois récupéré, on l'insère dans le champ “**Android package name**” puis on entre le **nom** de l'application dans le champ vide au niveau de la console de firebase.

Puis on clique ensuite sur “**Register app**” pour enregistrer l’application et générer le fichier de configuration.

On télécharge ensuite le fichier de configuration dans le sous dossier **android/app/** de l’application flutter

En revanche, il est recommandé de suivre certaines des **étapes** suivantes, pour commencer,
On se rend dans le **fichier** : *android/app/build.gradle*

On modifie la configuration minimale de l’SDK **Android à 21** (certains **plugins Firebase** ne fonctionnant pas avec les versions inférieures) :

```
defaultConfig {  
    ...  
    minSdkVersion 21  
    ...  
}
```

Ensuite et toujours dans le même fichier, on ajoute la **ligne de code** suivante à la fin du fichier :

```
apply plugin: 'com.google.gms.google-services'
```

Cela donne accès au **plugin** Android Google Services Gradle qui permettra de lire notre **fichier de configuration** Firebase.

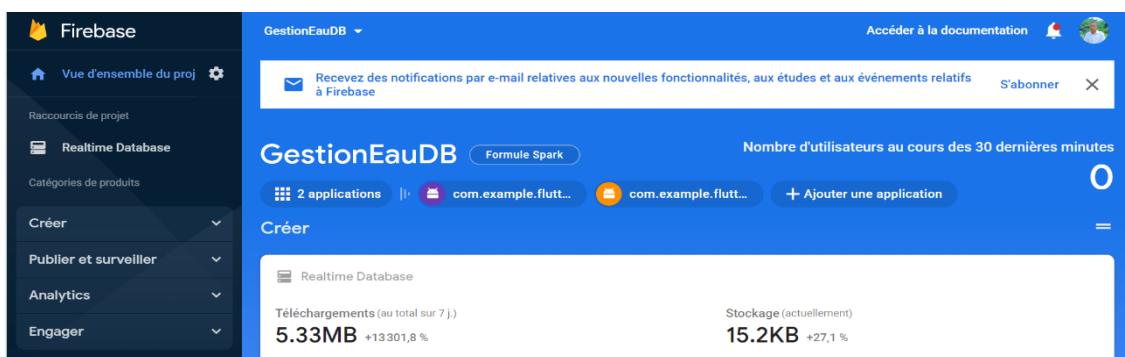
Pour finir, on se rend dans le **deuxième fichier** Android à modifier :

```
android/build.gradle
```

Et puis on ajoute la nouvelle **dépendance** de notre plugin dans la balise buildscript :

```
buildscript {  
    repositories {  
        // ...  
    }  
  
    dependencies {  
        // ...  
        classpath 'com.google.gms:google-services:4.3.3'  
    }  
}
```

La figure suivante montre l’application déjà ajoutée à notre base de données



III.4.3 Implémentation de la connexion entre le NodeMCU ESP32s avec le Realtime database

L'implémentation de la connexion entre ces 2 éléments a été fait dans le programme embarqué dans la carte NodeMCU ESP32s grâce à l'utilisation des bibliothèques écrit en C++ assurant ainsi une connexion Internet entre eux. Il s'agit des bibliothèques *WiFi.h* et *FirebaseESP32.h* comme le montre la figure suivante avec plus de détails sur les paramètres de configuration de cette connexion.

CodeTFC_Nod_

```
1 |
2
3 //librairies nécessaires
4
5 #include <WiFi.h>
6 #include <FirebaseESP32.h>
7
8 //Parametres de connection de la carte
9 #define FIREBASE_HOST "gestioneaudb-default-rtdb.firebaseio.com"
10 #define FIREBASE_AUTH "NDS1Dv3zV5ryBZtqazRrgKFPEL9YtyBnNIzDKuuc"
11 #define WIFI_SSID "Sam"
12 #define WIFI_PASSWORD "3265samm"
13
14
15 //Definition de l' objet FirebaseESP32 data
16 FirebaseData firebaseData;
17
18 FirebaseJson json;
19
```

Figure III.9 Connection entre le Realtime database et la carte électronique NodeMCUESP32s

III.5 MONTAGE DU PROTOTYPE A PETITE ÉCHELLE

III.5.1 Schéma général du circuit électrique du prototype

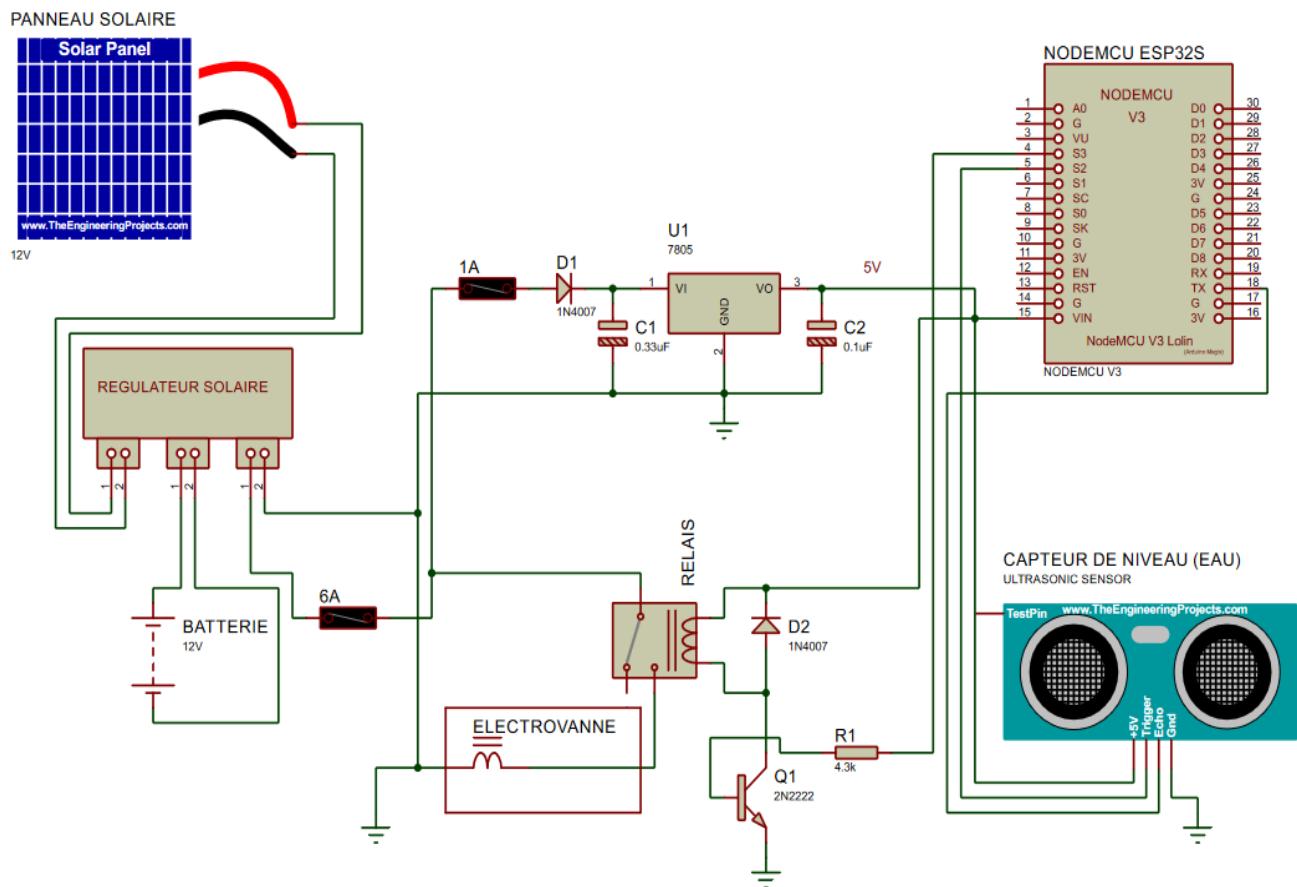


Figure III.10 Schéma général du circuit électrique du prototype

III.5.2 Test et résultats

Cette étape consiste à la présentation du fonctionnement réel de notre système comme le montre les images ci-dessous, où la première représente le prototype de démonstration à l'échelle du laboratoire et la seconde le résultat obtenu au niveau de l'interface utilisateur et donc avec notre système une fois installé sur un réservoir d'eau à usage domestique, nous parviendrons à voir en temps réel à travers l'application la quantité d'eau contenue dans le réservoir et le taux de remplissage de ce dernier.



Figure III.11 : Prototype à petite échelle dans le laboratoire



Figure III.12 Résultat obtenue au niveau de l'application mobile

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous voici au terme de ce travail durant lequel nous avons présenté de manière succincte les technologies utilisées, les étapes suivis et les méthodes utilisées pour mettre en place notre système qui permet de gérer l'eau d'une manière efficace en donnant la possibilité de connaître en temps réel via une application mobile la quantité d'eau contenue dans un réservoir domestique et le taux de remplissage de ce dernier dont la connaissance nous permet d'éviter le trop plein au sein du réservoir et aussi ce système départ son caractère autonome en énergie, constitue un moyen palpable de capitalisation de l'énergie gratuite offerte par le soleil dans le secteur de l'approvisionnement en eau potable.

Ce travail a été non seulement une opportunité pour nous d'approfondir nos recherches dans les nouvelles technologies mais bien une œuvre qui nous a permis de nous rendre compte de la responsabilité que nous avons au sein de la société, celle de résoudre les problèmes technologiques liés à notre environnement.

Ainsi nous restons donc déterminés à poursuivre cet œuvre, à l'améliorer de jour en jour et cela en restant ouvert à toute forme de contribution ou critique qui nous aidera à l'améliorer encore d'avantage.

A part les 3 principaux objectifs déjà atteint, dans un premier temps les prochaines améliorations consisteront à :

- Élargir ce système pour qu'il soit utilisable pour le système de puits de forage en utilisant un capteur de niveau d'eau approprié.
- Rendre ce système hybride c'est à dire l'alimenter soit par une source photovoltaïque ou soit par le courant du secteur.
- Améliorer le UA en ajoutant une page d'authentification dans le but de personnaliser l'application et garantir un certain niveau de sécurité côté utilisateur.
- Implémenter un système d'alerte et de notifications au sein de l'application à certains niveaux de remplissage du réservoir d'eau
- Inclure la possibilité d'introduire les paramètres de différents réservoirs d'eau normalisés au niveau du UA.

Bibliographie

- [1] CHALLAL Y., « Sécurité de l'internet des objets : vers une approche cognitive et systématique », HDR, Juin 2012, UTC.
- [2] Cluster of European Research Projects on the Internet of Things, *Vision and Challenges for Realising the Internet of Things*, March 2010
- [3] International Telecommunication Union, « Ubiquitous Network Societies: their impact on the telecommunication industry », ITU Workshop on Ubiquitous Network Societies, April 2005.
- [4] ROXIN, I., BOUCHEREAU A., « Ecosystème de l'Internet des Objets », dans Bouhai N. et Saleh I., (dir.) « Internet des objets : Evolutions et Innovations », ISTE Editions Londres, Mais 2017
- [5] SALEH, I., 2017. « Les enjeux et les défis de l'internet des Objets (IdO) », revue Internet des objets 1. DOI :10.21494/ISTE.OP.2017.0133

Webographie

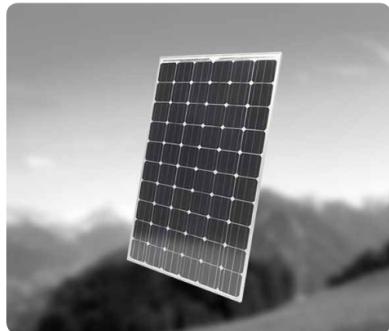
- [6] https://fr.wikipedia.org/wiki/Internet_des_objets 19/06/2022 1h 6min
- [7] https://fr.wikipedia.org/wiki/Système_temps_réel
- [8] <https://www.xpair.com/lexique/definition/photovoltaïque.htm>
- [9] <https://www.google.com/search?client=opera&q=système+photovoltaïque+wikmédia&souceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8>
- [10] https://www.sonelec-musique.com/electronique_theorie_reg_tension.html
- [11] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Condensateur>
- [12] <https://fr.wikipedia.org/wiki/ESP32>
- [13] <http://www.infoconsult.tn/maquettes/86dd7765f9988ddc274d9ce3c19b9a06.pdf>
- [14] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Électrovanne>
- [15] <https://blog.back4app.com/fr/quest-ce-que-firebase/>
- [16] <https://firebase.google.com/docs/database?hl=fr&authuser=0>
- [17] https://fr.aliexpress.com/item/32817454701.html?aff_fcid=59adf86ae58846a8bad36a04a787684d-1657204615226-07010-_dYkk1qz&aff_fsk=_dYkk1qz&aff_platform=link-c-tool&sk=_dYkk1qz&aff_trace_key=59adf86ae58846a8bad36a04a787684d-1657204615226-07010-_dYkk1qz&terminal_id=214cdaadd214e548cf8ce4ab7948c5e&afSmartRedirect=y
- [18] https://fr.wikipedia.org/wiki/Application_mobile
- [19] <https://apptitude.ch/developpement/a-la-decouverte-de-flutter-pour-le-developpement-mobile-web-et-desktop/>

- [20]https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/fr/tools.html#PVP
- [21]<http://robert.cireddu.free.fr/SI/Cours%20sur%20les%20algorigrammes.pdf>
- [22]<http://www.victronenergy.fr> 16/07/2022 20h 38 min
- [23]https://www.myshop-solaire.com/comment-choisir-son-panneau-solaire-victron-energy--r_80_a_565.html
- [24]<https://fr.wikihow.com/déterminer-l'intensité-d'un-disjoncteur>
<https://www.lucidchart.com/pages/fr/algorigramme#:~:text=Un%20algorigramme%2C%20aussi%20appelé%20organigramme,rigoureuses%20propre%20à%20un%20calcul.>
- [25] <https://www.isosolar.ch/wp-content/uploads/liste-batterie-complete.pdf>

Annexes

1. Annexe1

Module photovoltaïque Sunways Monocristallin 235 Wc **100% Allemand**



Les performances électriques des modules Elysun permettent d'obtenir un rendement optimal. Ces modules sont applicables aux systèmes solaires photovoltaïques dans chaque gamme d'exécution.

Données techniques	235 Wc
Puissance nominale Pmpp (W)	235 W
Tension Umpp (V)	29,3 V
Courant Impp (A)	8,03 A
Tension à vide Voc (V)	36,9 V
Courant de court-circuit Isc (A)	8,6 A
Courant de retour admissible (A)	17,2 A
Tension du système maximale (V)	1000 V
Coefficient de température Pmpp (% / K)	-0,48 % / K
Coefficient de température Isc (% / K)	0,01 % / K
Coefficient de température Uoc (% / K)	-0,37 % / K
Température admissible des modules	-40°C ... +85°C
Charge de neige	5400 Pa (550 kg / m²)
Charge de vent	130 km/h (800 Pa), facteur 3
Essai à la grêle	Ø 25 mm, vitesse : 23 m/s
Classe d'application	A
Caractéristiques du produit	
Qualification et certificats	IEC 61265, IEC 61730, CE, TÜV
Dimensions des modules L x l x h (mm)	1680 x 990 x 50
Surface	1,66 m²
Poids	24
Cellules	60

Les Solar Modules SM 215M de Sunways sont, grâce à leurs dimensions, particulièrement adaptés à la mise en œuvre efficiente et économique en ressources d'installations photovoltaïques de grande envergure.

La puissante combinaison de cellules monocristallines et de la nouvelle technologie à 3 barres collectrices permet d'obtenir un gain de puissance et de rendement de jusqu'à 5 %.

PerformancesPlus+
La puissance réelle est supérieure à la puissance nominale indiquée (0 à 5 W)

SolidPlus+
Verre solaire de sécurité de 4 mm, perméabilité maximale à la lumière, cadre en aluminium robuste pour garantir la stabilité et la longévité

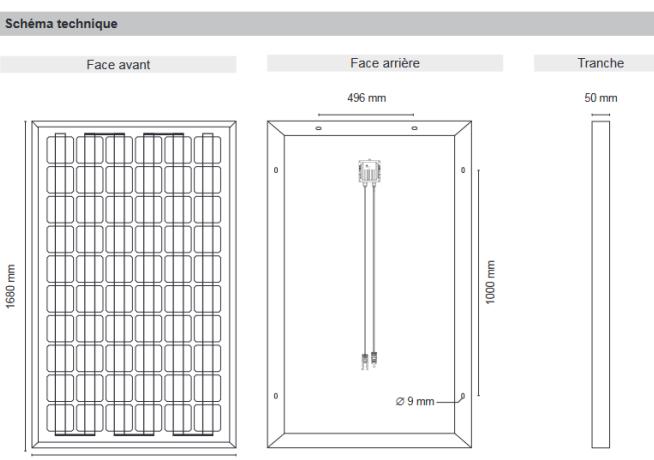
Efficacité élevée des modules
Puissante technologie à 3 barres collectrices – fabriquée en Allemagne

Rendements élevés
Rendements élevés et minimisation des variations des modules grâce à un tri sévère des cellules et des modules

Garanties & Certificats
12 ans de garantie pour un rendement de 90%
25 ans de garantie pour un rendement de 80%
5 ans de garantie matérielle
IEC 61215, IEC 61730, TÜV, CE

Structure face avant	ESG verre de 4 mm, transparent
Structure face arrière	PVF-Film multicouche polyester
Cadre	Aluminium anodisé
Boîtier de connexion	Tyco Solarlok avec 3 voyants de portage
Connecteurs et câbles	Tyco Solarlok, 2 x 1 m, section de câble 4 mm²

Les données électriques sont fournies selon les conditions standards de test (STC): ensoleillement de 1000 W/m², température de cellule de 25°C, spectre AM=1,5.

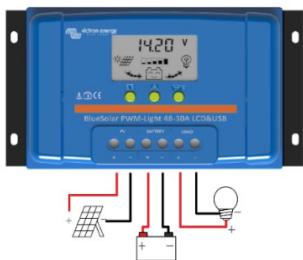


Besoin de plus d'informations ?
Contactez-nous dès maintenant !

2. Annexe 2



Contrôleurs de charge BlueSolar
LCD et USB 12/24-5/10/20



BlueSolar PWM Contrôleur de charge	12/24-5	12/24-10	12/24-20	12/24-30	48-10	48-20	48-30														
Tension de batterie	12/24 V avec détection automatique de la tension du système				48 V																
Courant de charge nominal	5 A	10 A	20 A	30 A	10 A	20 A	30 A														
Déconnexion de charge automatique	Oui																				
Tension solaire maximale	28 V/55 V (1)				100 V (1)																
Autoconsommation	< 10 mA																				
Sortie de la charge	Contrôle manuel + déconnexion en cas de tension faible + programmeur																				
Protection	Polarité inversée de batterie (fusible)		Court-circuit de sortie	Surchauffe																	
Protection contre la surcharge	Arrêt au bout de 60 s en cas de charge à 130 %																				
	Arrêt au bout de 5 s en cas de charge à 160 %																				
	Court-circuit : arrêt immédiat																				
Mise à la terre	Pôle positif commun																				
Plage de température d'exploitation	-35 °C à +60 °C (charge pleine)																				
Humidité (sans condensation)	Maxi 95 %																				
BATTERIE																					
Tension de charge																					

3. Annexe3 :

CodeTFC_Nod_

```

4
5 #include <WiFi.h>
6 #include <FirebaseESP32.h>
7
8 //Parametres de connection de la carte
9 #define FIREBASE_HOST "gestioneaudb-default.firebaseio.com"
10 #define FIREBASE_AUTH "NDS1Dv3zV5ryBZtqazRrgKFPEL9YtyBnNIZDKuuc"
11 #define WIFI_SSID "Sam"
12 #define WIFI_PASSWORD "3265samm"
13
14 //Definition de l' objet FirebaseESP32 data
15 FirebaseData firebaseData;
16
17 FirebaseJson json;
18
19 void printResult(FirebaseData &data);
20 //Création des variables des capteurs
21 const int pinTrig = 5;
22 const int pinEcho = 18;
23 long temps;
24 double hauteurTotReservoir = 20.0; //en décimetre
25 double hauteurVideMin = 1.0;
26 double hauteurVide; // en décimetre
27 double SectionMoyen = 78.5; //en décimetre carré
28

```

```

25 double hauteurTotReservoir = 20.0; //en décimetre
26 double hauteurVideMin = 1.0;
27 double hauteurVide; // en décimetre
28 double SectionMoyen = 78.5; //en décimetre carré
29 double VolumeEau;
30 double TauxRamp;
31 double CapaciteRese = hauteurTotReservoir*SectionMoyen; //en litres
32
33 int Relais = 4;
34 void setup()
35 {
36
37 Serial.begin(115200);
38
39 WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
40 Serial.print("Connecting to Wi-Fi");
41 while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
42 {
43 Serial.print(".");
44 delay(300);
45 }
46 Serial.println();
47 Serial.print("Connected with IP: ");
48 Serial.println(WiFi.localIP());
49 Serial.println();

```

```

52     Firebase.reconnectWiFi(true);
53     Firebase.setReadTimeout(firebaseData, 1000 * 60);
54     Firebase.setWriteSizeLimit(firebaseData, "tiny");
55
56
57     String path = "/Test";
58
59     Serial.println("-----");
60     Serial.println("Set double test...");
61
62     for (uint8_t i = 0; i < 10; i++)
63     {
64         //Also can use Firebase.set instead of Firebase.setDouble
65         if (Firebase.setDouble(firebaseData, path + "/Double/Data" + (i + 1), ((i + 1) * 10) + 0.123456789))
66         {
67             Serial.println("PASSED");
68             Serial.println("PATH: " + firebaseData.dataPath());
69             Serial.println("TYPE: " + firebaseData.dataType());
70             Serial.println("ETag: " + firebaseData.ETag());
71             Serial.print("VALUE: ");
72             printResult(firebaseData);
73             Serial.println("-----");
74             Serial.println();
75         }
76     }
77     else
78     {
79         Serial.println("FAILED");
80         Serial.println("REASON: " + firebaseData.errorReason());
81         Serial.println("-----");
82         Serial.println();
83     }
84
85     Serial.println("-----");
86     Serial.println("Get double test...");
87
88     for (uint8_t i = 0; i < 10; i++)
89     {
90         //Also can use Firebase.get instead of Firebase.setInt
91         if (Firebase.getInt(firebaseData, path + "/Double/Data" + (i + 1)))
92         {
93             Serial.println("PASSED");
94             Serial.println("PATH: " + firebaseData.dataPath());
95             Serial.println("TYPE: " + firebaseData.dataType());
96             Serial.println("ETag: " + firebaseData.ETag());
97             Serial.print("VALUE: ");
98             printResult(firebaseData);
99             Serial.println("-----");
100            Serial.println();

```

```

101     }
102     else
103     {
104         Serial.println("FAILED");
105         Serial.println("REASON: " + firebaseData.errorReason());
106         Serial.println("-----");
107         Serial.println();
108     }
109 }
110
111 Serial.println("-----");
112 Serial.println("Push integer test...");
113
114 for (uint8_t i = 0; i < 5; i++)
115 {
116     //Also can use Firebase.push instead of Firebase.pushInt
117     if (Firebase.pushInt(firebaseData, path + "/Push/Int", (i + 1)))
118     {
119         Serial.println("PASSED");
120         Serial.println("PATH: " + firebaseData.dataPath());
121         Serial.print("PUSH NAME: ");
122         Serial.println(firebaseData.pushName());
123         Serial.println("ETag: " + firebaseData.ETag());
124         Serial.println("-----");
125         Serial.println();
126     }
127     else
128     {
129         Serial.println("FAILED");
130         Serial.println("REASON: " + firebaseData.errorReason());
131         Serial.println("-----");
132         Serial.println();
133     }
134 }
135
136 Serial.println("-----");
137 Serial.println("Push JSON test...");
138
139 for (uint8_t i = 5; i < 10; i++)
140 {
141
142     json.clear().add("Data" + String(i + 1), i + 1);
143
144     //Also can use Firebase.push instead of Firebase.pushJSON
145     //Json string is not support in v 2.6.0 and later, only FirebaseJson object is supported.
146     if (Firebase.pushJSON(firebaseData, path + "/Push/Int", json))
147     {
148         Serial.println("PASSED");
149         Serial.println("PATH: " + firebaseData.dataPath());

```

```

150
151     Serial.print("PUSH NAME: ");
152     Serial.println(firebaseData.pushName());
153     Serial.println("ETag: " + firebaseData.ETag());
154     Serial.println("-----");
155     | Serial.println();
156   }
157
158   else
159   {
160     Serial.println("FAILED");
161     Serial.println("REASON: " + firebaseData.errorReason());
162     Serial.println("-----");
163     Serial.println();
164   }
165
166   Serial.println("-----");
167   Serial.println("Update test...");
168
169   for (uint8_t i = 0; i < 5; i++)
170   {
171     json.set("Data" + String(i + 1), i + 5.5);
172
173     if (Firebase.updateNode(firebaseData, path + "/float", json))
174
175     {
176       Serial.println("PASSED");
177       Serial.println("PATH: " + firebaseData.dataPath());
178       Serial.println("TYPE: " + firebaseData.dataType());
179       //No ETag available
180       Serial.print("VALUE: ");
181       printResult(firebaseData);
182       Serial.println("-----");
183       Serial.println();
184     }
185   }
186   else
187   {
188     Serial.println("FAILED");
189     Serial.println("REASON: " + firebaseData.errorReason());
190     Serial.println("-----");
191     Serial.println();
192   }
193
194   //initialisation des pins du capteur
195   pinMode(pinTrig, OUTPUT);
196   pinMode(pinEcho, INPUT);
197   pinMode(Relais, OUTPUT);
198
199
200
201
202 void printResult(FirebaseData &data)
203 {
204
205   if (data.dataType() == "int")
206     Serial.println(data.intData());
207   else if (data.dataType() == "float")
208     Serial.println(data.floatData(), 5);
209   else if (data.dataType() == "double")
210     printf("%.9lf\n", data.doubleData());
211   else if (data.dataType() == "boolean")
212     Serial.println(data.boolData() == 1 ? "true" : "false");
213   else if (data.dataType() == "string")
214     Serial.println(data.stringData());
215   else if (data.dataType() == "json")
216   {
217     Serial.println();
218     FirebaseJson &json = data.jsonObject();
219     //Print all object data
220     Serial.println("Pretty printed JSON data:");
221     String jsonStr;
222
223     json.toString(jsonStr, true);
224     Serial.println(jsonStr);
225     Serial.println();
226     Serial.println("Iterate JSON data:");
227     Serial.println();
228     size_t len = json.iteratorBegin();
229     String key, value = "";
230     int type = 0;
231     for (size_t i = 0; i < len; i++)
232     {
233       json.iteratorGet(i, type, key, value);
234       Serial.print(i);
235       Serial.print(", ");
236       Serial.print("Type: ");
237       Serial.print(type == FirebaseJson::JSON_OBJECT ? "object" : "array");
238       if (type == FirebaseJson::JSON_OBJECT)
239       {
240         Serial.print(", Key: ");
241         Serial.print(key);
242       }
243       Serial.print(", Value: ");
244       Serial.println(value);
245     }
246     json.iteratorEnd();
247   }

```

```

246 }
247 else if (data.dataType() == "array")
248 {
249     Serial.println();
250     //get array data from FirebaseDatabase using FirebaseJsonArray object
251     FirebaseJsonArray &arr = data.jsonArray();
252     //Print all array values
253     Serial.println("Pretty printed Array:");
254     String arrStr;
255     arr.toString(arrStr, true);
256     Serial.println(arrStr);
257     Serial.println();
258     Serial.println("Iterate array values:");
259     Serial.println();
260     for (size_t i = 0; i < arr.size(); i++)
261     {
262         Serial.print(i);
263         Serial.print(", Value: ");
264
265         FirebaseDatabase &jsonData = data.jsonData();
266         //Get the result data from FirebaseJsonArray object
267         arr.get(jsonData, i);
268         if (jsonData.typeNum == FirebaseJson::JSON_BOOL)
269             Serial.println(jsonData.boolValue ? "true" : "false");
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283 void loop()
284 {
285
286     digitalWrite(pinTrig, LOW);
287     delayMicroseconds(2);
288     // Sets the trigPin on HIGH state for 10 micro seconds
289     digitalWrite(pinTrig, HIGH);
290     delayMicroseconds(10);
291     digitalWrite(pinTrig, LOW);
292
293
294 temps = pulseIn(pinEcho,HIGH);
295 if(temps > 25000 ){
296     Serial.println("Echec de la mesure");
297 }
298 else {
299     temps = temps/2;
300     hauteurVide = ( temps*343.4)/100000.0;
301     Serial.print(" hauteurVide:");
302     Serial.print(hauteurVide);
303     Serial.println("dm");
304     VolumeEau = SectionMoyen*(hauteurTotReservoir-haut);
305     Serial.print(" Volume de l' eau du réservoir");
306     Serial.print(VolumeEau);
307     Serial.println("Litres");
308     TauxRamp = (VolumeEau/CapaciteRese)*100;
309     Serial.print(" Taux de remplissage du réservoir");
310     Serial.print(TauxRamp);
311     Serial.println("%");
312 }
313
314 //transfert de données vers la base de données
315
316 delay(10);
317 json.set("/volumeDeau", VolumeEau );
318 json.set("/tauxDeRemplissage", TauxRamp );
319 FirebaseDatabase.updateNode(firebaseData,"/GestionEau/Test2",json);
320 //Firebase.updateNode(firebaseData,"/rtty",json);
321 //Commande de l' électrovanne d' alimentation du réservoir
322 if( hauteurVide <= hauteurVideMin){
323     digitalWrite(Relais,HIGH);
324 }
325 }
```

