



■ Conception optimale des unités énergétiques autonomes pour un large accès à l'énergie: les armoires hybrides KYA-Energy Box®.

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER GENIE ELECTRIQUE ENERGETIQUE
OPTION : GENIE ELECTRIQUE

Présenté et soutenu publiquement le [Date] par

Néçon Arnould Charlemagne OUATTARA

**Travaux dirigés par : Prof. Yao K. AZOUMAH
DG SIREA-Afrique**

**Ing. Henri KOTTIN
Enseignant Chercheur**

Laboratoire Energie Solaire et Economie d'Energie(LESEE),
2iE, Ouagadougou, Burkina Faso

Jury d'évaluation du stage :

Président : Prénom NOM

Membres et correcteurs : Prénom NOM
Prénom NOM
Prénom NOM

Promotion [2014/2015]

Dédicaces

A tous ceux qui ont cru en moi :

Mes parents

Qui m'ont accordé toute l'aide et le soutien voulu, qui m'ont garanti un amour que nul n'oublie et m'ont guidé avec leurs conseils intangibles dans la conception de ma personnalité.

A mes frères et sœurs

Auxquels je dois du fond du cœur, une profonde gratitude, de m'avoir encouragé et m'avoir tendu mains fortes.

A la famille ZOUNGRANA

Qui m'a accueillie dans leur famille comme un de leur fils. Que Dieu dans son immense bonté leur rende au centuple tous leurs bienfaits.

Remerciements

Il m'est agréable de m'acquitter d'une dette de reconnaissance auprès de toute personne dont l'intervention au cours de ce projet a favorisé son aboutissement.

En premier lieu, je tiens à remercier particulièrement mon maître de stage, le Prof. Yao K. AZOUMAH, DG de SIREA-Afrique, pour m'avoir permis d'effectuer ses six mois de stage au sein de l'entreprise. Vous n'avez jamais hésité à donner de votre temps et de votre énergie pour le bon déroulement de ce stage. Votre confiance, votre patience ainsi que vos conseils m'ont permis de mener à bien ce travail.

Ma reconnaissance et mes remerciements à Mr. Sakir TRAORE de SIREA-Afrique qui m'a encadré d'une manière permanente jusqu'à la fin de ce mémoire et m'a donné le temps suffisant et les conseils favorisant (tant côté professionnel que la vie de tous les jours) afin de mener à bien le travail.

Je tiens à remercier également toute l'équipe d'ingénieurs, de techniciens et administratifs de SIREA Afrique, en particulier Kadija SIMBORO et Mintou SIDIBE, qui se sont toujours montrées disponibles pour répondre à mes questions. Elles m'ont apporté de nombreuses connaissances dans leur domaine de compétence.

J'exprime ma profonde gratitude à mon encadrant à 2iE Mr. Henri KOTTIN qui m'a guidé pour la réalisation de ce travail, je lui adresse mes vifs remerciements pour toute l'attention qu'il m'a accordé pour l'aboutissement de ce projet.

Je n'oublie pas de remercier tous mes camarades stagiaires avec qui j'ai eu la chance de passer six merveilleux mois à SIREA Afrique. Mes remerciements vont particulièrement à l'endroit de Cheick SAWADOGO, Rock Aimar DAKE, Gildas ZANGO, Vincent OUEDRAOGO et Amadou TRAORE qui ont partagé avec moi les difficultés de l'expérimentation et avec qui j'ai également beaucoup appris.

Que les membres du jury trouvent ici l'expression de ma profonde estime et ma gratitude pour avoir accepté de juger mon travail.

Que tous ceux qui m'auront soutenu de près ou de loin trouvent en ces quelques mots, l'expression de mes sincères remerciements.

RESUME

L'accès aux services énergétiques par les réseaux de transport et de distribution d'électricité se fait avec beaucoup de difficultés. Cela est lié aux coûts de revient onéreux de l'électricité produite et du faible pouvoir d'achat de la population africaine en général. Toutes ses raisons ont inspiré l'entreprise SIREA-Afrique SA à proposer un système de production d'énergie décentralisé. Ce système de production est basé sur l'énergie solaire photovoltaïque à laquelle on peut adjoindre l'énergie du réseau national (SONABEL) ou d'un groupe électrogène. Il s'agit d'armoires énergétiques hybrides et mobiles nommées KYA-Energy Box. Dans la volonté d'optimiser le fonctionnement de ses armoires hybrides, SIREA Afrique les a dotées de deux modules supplémentaires. Il s'agit d'un module de gestion des sources et d'un autre module de gestion des charges. Le module de gestion des sources permet une gestion efficace des sources de production (solaire, réseau et/ou un groupe électrogène). Il permet d'assurer la continuité du service en assurant une bonne gestion des sources. Après avoir défini le principe de fonctionnement du module de gestion des sources, nous avons analysé les différentes possibilités de réalisation du module. Il a été réalisé grâce à l'usage de contacteurs tétrapolaires 2 NO et 2 NC. Le contacteur est protégé par deux disjoncteurs monophasés au niveau des entrées du contacteur et un disjoncteur monophasé à sa sortie vers les charges électriques. Cependant, le module de gestion des charges permet de délester certaines charges du système solaire en fonction du niveau de décharge des batteries (de les connecter sur une autre source au besoin) et de les reconnecter en période de recharge des batteries. Le principe de fonctionnement du module nous a conduit vers les microcontrôleurs précisément la carte arduino uno r3. Certains composants comme les résistances, les régulateurs de tensions et le relais s'associent à la carte arduino uno r3 pour constituer le module de gestion des charges. Ces éléments lui permettent de mesurer le niveau de tension des batteries, de donner des ordres pour le fonctionnement du relais et également d'alimenter la carte arduino uno r3.

Mots Clés : KYA Energy Box, systèmes hybrides décentralisées, carte arduino uno r3, SIREA Afrique.

ABSTRACT

Access to energy services by transmission and distribution lines is done with many difficulties. These difficulties are related to the expensive costs of produced electricity and the weak purchasing power of the populations in general. All these reasons inspired SIREA-Afrique to propose a stand-alone system for electricity production fed by photovoltaic solar energy and/or other energy sources (public grid, gensets or biogas...). In fact, SIREA-Afrique is assembling electrical cabinets which are hybrids and mobiles which are named after KYA-Energy Box®. To optimize the operation of these hybrid cabinets, two additional modules have been considered (sources management unit and loads management unit).

The main objective of this study is to design these two different units. The sources management module allows an effective management of production's sources such as solar, public grid, and or a genset. It ensures the continuity of the service by a good management of the sources. After having defined the principle of the source management module operation, various design possibilities of this module were analyzed thanks to the use of switches 2 NO and 2 NC. Switches protected by two circuit breakers single-phase. However loads management module enables to optimize the electricity supply to loads according to the level of batteries discharge. The principle of operation of the module led us towards the microcontrollers precisely the board arduino uno r3. Components like resistances, voltages regulators and the relays join at the board arduino uno r3 compose the loads management module. These elements help to measure the level of the batteries voltage, in order to give orders for the operation of the relays and also to feed the board arduino uno r3.

Keywords: KYA Energy Box, Decentralized hybrid systems, board arduino uno r3, SIREA Afrique.

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE: Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement.

SIREA: Solution Ingénierie Réalisation Electricité automatisme

LCD: Liquid Crystal Display

EEPROM: Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory

SRAM: Static Random Access Memory.

PWM: Pulse Width Modulation

LED: Light Emitting Diode

PCB : Printed Circuit Board (circuit imprimé)

BTS : Base Transceiver Station

AC : Alternatif Current

DC : Direct Current

NO : Normaly Open

NC : Normaly Close

DG : Directeur Général

SOMMAIRE

DEDICACES	I
REMERCIEMENTS	II
RESUME	III
ABSTRACT	IV
LISTE DES ABREVIATIONS	V
SOMMAIRE	6
LISTE DES TABLEAUX	8
LISTE DES FIGURES	9
I. INTRODUCTION.....	10
I.1 PRESENTATION DU SUJET.....	10
I.1.1 Contexte d'étude	10
I.1.2 Objectifs du stage.....	11
I.2 PRESENTATION DE L'ENTREPRISE SIREA AFRIQUE	11
I.2.1 Historique	11
I.2.2 Domaines d'activités	11
I.2.3 Organisation de SIREA-Afrique.....	12
II. PRESENTATION DES ARMOIRES HYBRIDES KYA-ENERGY BOX	13
II.1 INTRODUCTION.....	14
II.2 LES TYPES D'ARMOIRES HYBRIDES KYA ENERGY BOX	15
II.3 FONCTIONNEMENT DE L'ARMOIRE HYBRIDE.....	15
II.4 ROLE DES COMPOSANTS DE L'ARMOIRE HYBRIDE	16
II.4.1 Sécurité de l'armoire hybride et des personnes.....	17
II.5 SCHEMAS DES KYA ENERGY BOX	18
II.6 LES LIMITES D'UTILISATION DES ARMOIRES KYA ENERGY BOX.....	19
II.7 SOLUTIONS PROPOSEES POUR QUELQUES LIMITES.....	19
II.8 CONCLUSION	20
III. CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE DE MODULE DE GESTION DES SOURCES.....	21
III.1 INTRODUCTION.....	22
III.2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU SYSTEME ATTENDU	22
III.3 GENERALITES SUR LES INVERSEURS DE SOURCE	23
III.3.1 Possibilités de conception du module de gestion des sources.....	24
III.3.2 Solution retenue pour la conception du module	25
III.3.3 Matériel nécessaire pour la réalisation de l'inverseur de source	26
III.4 CONCLUSION.....	29
IV. CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE D'UN MODULE POUR LA GESTION DES CHARGES.....	30
IV.1 INTRODUCTION.....	31
IV.1.1 Principe de fonctionnement du module	32
IV.2 ANALYSE DES POSSIBILITES POUR LA CONCEPTION DU MODULE DE GESTION DES CHARGES	33
IV.3 SOLUTION RETENUE POUR LA MISE EN ŒUVRE DU MODULE	37

Conception optimale des unités énergétiques autonomes pour un large accès à l'énergie : les armoires hybrides KYA-Energy Box®

IV.4	PRESENTATION DE LA CARTE ARDUINO UNO R3	37
IV.4.1	<i>Caractéristiques techniques de la carte arduino uno r3</i>	38
IV.4.2	<i>L'alimentation de la carte arduino</i>	39
IV.4.3	<i>Programmation de la carte Arduino uno r3</i>	40
IV.4.4	<i>Explication du programme</i>	40
IV.4.5	<i>Les logiciels</i>	41
IV.5	REALISATION DU MODULE DE GESTION DES CHARGES.....	42
IV.5.1	<i>Matériel utilisé</i>	42
IV.5.2	<i>Simulation sur ISIS</i>	46
IV.5.3	<i>Calcul de la précision du CAN (Convertisseur Analogique numérique)</i>	48
IV.5.4	<i>Synoptique du montage</i>	49
IV.5.5	<i>Unifilaire du schéma réalisé avec Isis</i>	50
IV.6	LA REALISATION DU PCB (PRINTED CIRCUIT BOARD).....	51
IV.7	CONCLUSION.....	51
	CONCLUSION GENERALE	52
	RECOMMANDATIONS-PERSPECTIVES	53
	BIBLIOGRAPHIE	54
	ANNEXES	I

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Descriptif des armoires hybrides KYA-Energy Box.....	15
Tableau 2: Inverseur de source manuel HAGER [9]	23
Tableau 3: Inverseur de source automatique AIGER [10]	24
Tableau 4: Avantages et inconvénients de chaque type d'inverseur de source	24
Tableau 5: Composants pour chaque module de gestion de source	26
Tableau 6: Proposition de charges et valeur de tension pour activation et désactivation de groupe de charges.....	31
Tableau 7: Analyse de possibilités de conception du module de gestion des charges.....	34
Tableau 8: Les caractéristiques spécifiques de la carte arduino uno r3	38

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme de SIREA-Afrique	12
Figure 2: Images des armoires hybrides KYA Energy Box	14
Figure 3: Synoptique générale des armoires	17
Figure 4: Synoptique d'une armoire KYA Energy Box 5 kVA Standard	18
Figure 5: Schéma unifilaire des KYA-Energy Box 5kVA Standard.....	19
Figure 6: Principe de fonctionnement des sources	22
Figure 7: Inverseur de source manuel HAGER	23
Figure 8: Inverseur de source automatique AIGER	24
Figure 9: Schéma unifilaire du module de gestion automatique de sources	27
Figure 10: Circuit de commande du module de gestion automatique de sources	27
Figure 11: Circuit de puissance du module de gestion automatique de sources	27
Figure 12: Intégration du module de gestion des sources dans l'armoire	28
Figure 13: Principe de fonctionnement du module	32
Figure 14: Schéma de la carte arduino uno [11]	38
Figure 15: Alimentation de la carte arduino uno r3	40
Figure 16: Régulateur de tension	42
Figure 17: L'emplacement des condensateurs sur le régulateur de tension.....	43
Figure 18: Présentation de l'AOP	43
Figure 19: Carte relais de 5V	44
Figure 20: Alimentation de l'AOP et de la carte arduino	46
Figure 21: Comportement des relais suite à une tension appliquée de 60 V	47
Figure 22: Comportement des relais suite à une tension appliquée de 48 V	47
Figure 23: Comportement des relais suite à une tension appliquée de 45 V	48

I. Introduction

I.1 Présentation du sujet

I.1.1 Contexte d'étude

L'accès aux services énergétiques, surtout des populations les plus démunies, demeure un problème majeur dans bon nombre de pays de l'Afrique Sub-saharienne qui présentent les taux d'électrification les plus faibles au monde soit 13% [1]. Toutefois, l'électrification de ces régions par une extension du réseau électrique reste très onéreuse. Selon la Banque Mondiale, le coût pour l'extension du réseau électrique est de 7000 euros (4 585 000 FCFA) pour un kilomètre au Sénégal et de 15000 euros (9 825 000 FCFA) pour un kilomètre au Mali [2]. En plus de cela, il y a la raréfaction des énergies fossiles annoncée pour les prochaines décennies [3]. Toutes ces raisons ont conduit à un engouement de plus en plus croissant vers les énergies renouvelables dont l'énergie solaire. D'où un avantage pour l'Afrique Sub-saharienne qui dispose d'un fort potentiel solaire allant de 4 à 6 kWh/m²/j peu ou presque pas exploité [4].

SIREA-Afrique, une entreprise œuvrant également dans les énergies renouvelables a conçu des armoires hybrides dénommées KYA-Energy Box. SIREA-Afrique s'est inspirée du succès de la téléphonie mobile pour mettre en place ses applications énergétiques. En analysant le succès spectaculaire de la téléphonie mobile en Afrique subsaharienne jugée pourtant comme l'une des régions les plus pauvres du monde, nous avons compris le rôle primordial du BTS (antenne relais de télécommunication) qui est une composante standardisée et utilisable partout dans le monde avec une certaine portée [5]. La téléphonie est donc passée d'une utilisation filaire et élitiste à une utilisation sans fil, personnalisée qu'on peut posséder pour soi-même ou en offrir à un tiers. En appliquant ce procédé pour l'accès aux services énergétiques, on comprend aisément qu'il faille délaisser la distribution de l'électricité par les réseaux filaires et aller vers des moyens de production décentralisés et standardisés pour répondre aux besoins spécifiques des ménages.

C'est dans la même lancée de la téléphonie mobile que SIREA Afrique veut propulser ses armoires. Les armoires étant déjà standardisées, SIREA-Afrique continue de travailler sur ces prototypes pour les rendre encore plus performants. C'est dans cette optique que s'inscrit le thème de notre mémoire dont l'intitulé est : la conception optimale des unités énergétiques autonomes pour un large accès à l'énergie: les armoires hybrides KYA-Energy Box.

Notre travail portera sur trois parties. La description générale des armoires hybrides KYA-Energy Box, puis la conception et la mise en œuvre d'un module de gestion des sources et enfin la conception et la mise en œuvre d'un module de gestion optimale des charges.

I.1.2 Objectifs du stage

L'objectif global de cette étude est d'optimiser le fonctionnement général des armoires KYA-Energy Box par une gestion efficace de l'énergie produite.

Pour l'atteinte de l'objectif global, deux objectifs spécifiques ont été énumérés ci-dessous. Il s'agit de :

- La conception d'unité de gestion optimale des sources,
- L'optimisation de la gestion des charges.

I.2 Présentation de l'entreprise SIREA Afrique

I.2.1 Historique

Créée depuis 2012, SIREA-Afrique, développe des solutions adaptées au contexte africain. L'électricité, l'automatisme, la supervision et les énergies renouvelables constituent ses domaines de compétences. SIREA-Afrique produit et assemble des systèmes et/ou composants de gestion, contrôle et suivi (à distance et en local) des installations dans les domaines de l'énergie, de l'eau, de l'environnement, des mines et la télécommunication ainsi que leur commercialisation auprès des sociétés africaines.

I.2.2 Domaines d'activités

Dans un souci de répondre à un besoin pressant dans la sous-région, SIREA-Afrique œuvre dans divers domaines d'activités tels que :

- Le développement et l'assemblage des armoires hybrides KYA-Energy Box pour la production d'électricité en mode autonome et/ou en mode secours,
- Audits, Expertises, Assistance et Conseil,
- Bureau d'études et Ingénierie pour les systèmes photovoltaïques, bioénergies et hybrides,
- Développe des solutions innovantes en électricité, l'automatisme, la supervision et les énergies renouvelables,
- Renforcement de capacités.

I.2.3 Organisation de SIREA-Afrique

SIREA-Afrique compte de nos jours (10/04/2016) sept employés permanents et quatre stagiaires. Comme employé, il y a le Directeur général, l'assistante de direction, quatre ingénieurs de conception et d'un ingénieur des travaux publics. Il arrive très souvent que l'entreprise fasse appel à des consultants pour l'exécution de certains projets.

SIREA-Afrique est organisée en services comme suit (voir l'organigramme de la figure 1) :

- Le Service des Opérations,
- Le Service Marketing et Développement des Affaires,
- L'Unité de Recherche et de Développement, c'est au sein de cette unité que j'ai effectué mon stage.

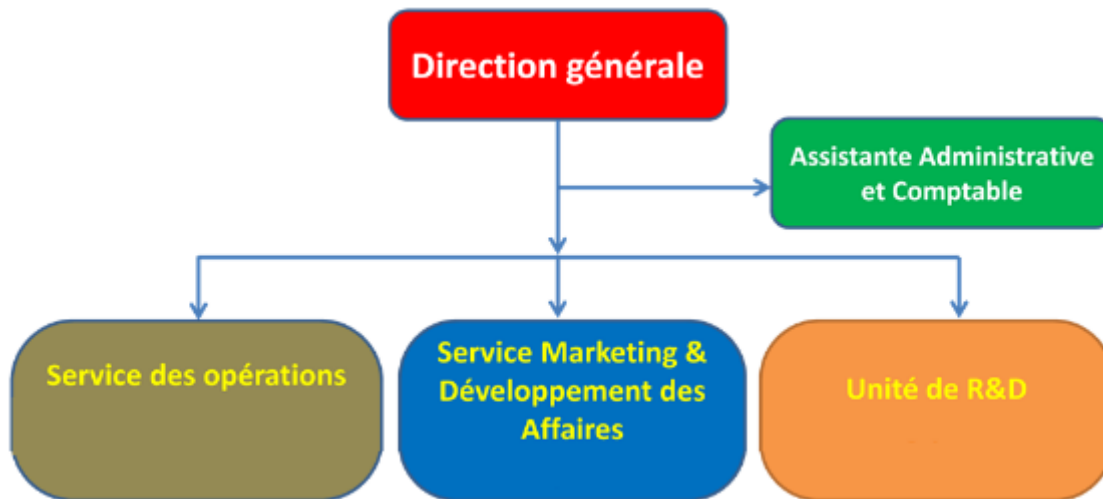


Figure 1: Organigramme de SIREA-Afrique

II. Présentation des armoires hybrides KYA-Energy Box

II.1 Introduction

Inspiré de la croissance rapide et du succès de la téléphonie mobile, SIREA-Afrique a conçu des armoires hybrides KYA-Energy Box. Actuellement, elles existent en trois gammes. Il s'agit du 1 kVA ; 3 kVA et 5 kVA. L'ensemble des composants intervenant dans l'installation des systèmes solaires (mini ou micro-réseau) se retrouvent dans cette armoire. Ces armoires étant standardisées, elles sont généralement composées d'un onduleur hybride, des batteries et des éléments de protection. Elles offrent plusieurs avantages liés à leur forme mais aussi à leur fonctionnement technique. Elles sont mobiles, de tailles différentes imposées par la puissance donnée à l'armoire. Elles sont assemblées localement avec une main d'œuvre qualifiée. Elles sont hybrides et constituées d'un châssis métallique. La composition interne des éléments de l'armoire, la taille de l'armoire, varie en fonction de la puissance en entrée et la puissance maximale de livrable par l'onduleur.



Figure 2: Images des armoires hybrides KYA Energy Box

II.2 Les types d'armoires hybrides KYA Energy Box

Le tableau 1 ci-dessous donne les composants par catégorie d'armoire.

Tableau 1: Descriptif des armoires hybrides KYA-Energy Box

Les types d'armoires hybrides « KYA-Energy-Box)	Composition de chaque type d'armoire
KYA-Energy Box 5 kVA – 6 kWh	1 onduleur hybride (5 kVA, 48 V) 4 batteries (200 Ah, 12 V) capacité de stockage 6 kWh 6 modules PV 245 Wc
KYA-Energy Box 3 kVA – 3 kWh	1 onduleur hybride (3 kVA, 24 V) 2 batteries (200 Ah, 12 V) capacité de stockage 3 kWh 3 modules PV 245 Wc
KYA-Energy Box 1 kVA – 1,5 kWh	1 onduleur hybride (1 kVA, 12 V) 2 batteries (100 Ah, 12 V) capacité de stockage 1,5 kWh 2 modules 150 Wc

II.3 Fonctionnement de l'armoire hybride

Le fonctionnement de l'armoire hybride ne varie pas en fonction de la puissance de l'armoire. Il reste identique malgré les composants des armoires hybrides qui diffèrent en fonction de leur taille. Trois types de configurations possibles existent pour le fonctionnement de l'armoire hybride. Lorsque l'armoire hybride est configurée pour fonctionner en mode :

- Solaire en priorité

L'énergie solaire alimente les charges électriques comme source principale. Si l'énergie solaire est insuffisante pour alimenter toutes les charges connectées, alors l'énergie stockée dans les batteries vient en support pour combler le déficit. Cependant, il arrive que le réseau électrique fournisse du courant alternatif aux charges électriques lorsqu'il y a au moins absence de production solaire ou le niveau de tension des batteries est critique (valeur réglable dans l'onduleur au niveau du programme).

- Réseau électrique en priorité

Il fournit du courant alternatif aux charges électriques comme source prioritaire. Lorsqu'il y a absence du réseau électrique, l'énergie solaire et le parc de batterie alimentent les charges électriques.

- Solaire et réseau électrique en priorité

L'énergie solaire alimente les charges électriques comme source principale. Si l'énergie solaire est insuffisante pour alimenter toutes les charges connectées alors l'énergie stockée dans les batteries vient en support pour combler le déficit. Le réseau électrique procure la puissance aux charges électriques uniquement lorsque la tension de la batterie chute à une valeur critique. Cette valeur est réglable dans l'onduleur au niveau du programme.

Vu les modes de fonctionnement détaillés ci-dessus, l'armoire hybride est réglée en fonction du besoin.

II.4 Rôle des composants de l'armoire hybride

Chaque élément présent dans l'armoire hybride joue un rôle bien précis. Ci-dessous le rôle de chacun des éléments.

- Définition d'un système hybride

Un système hybride à sources d'énergies renouvelables est un système électrique, comprenant plus d'une source d'énergie, parmi lesquelles une au moins est renouvelables [6]. Dans notre cas la source renouvelable sera l'énergie solaire provenant des modules photovoltaïques.

- L'onduleur hybride

L'onduleur permet d'orienter l'énergie renouvelable, l'énergie du réseau et celle du stockage en fonction de la consommation [7]. C'est le composant qui gère les différentes sources, impose la tension du parc batterie pour son fonctionnement, limite la puissance du champ PV. Il suffit de régler certains paramètres au niveau de l'onduleur pour imposer le fonctionnement de l'armoire hybride. Cependant, l'onduleur dispose de trois configurations possibles pour alimenter les charges électriques.

- Les Batteries

Elles assurent le rôle de stockage dans l'armoire hybride. Elles restituent l'énergie stockée lors d'un mauvais ensoleillement, la nuit, ou en absence du réseau électrique.

- Les protections

Conception optimale des unités énergétiques autonomes pour un large accès à l'énergie : les armoires hybrides KYA-Energy Box®

Pour l'armoire hybride, il y'a deux types de protections utilisées :

- Les protections cotés DC, assurées principalement par :
 - Un sectionnaire porte fusible, mis entre le parc de batteries et l'onduleur.
 - Un disjoncteur bipolaire, mis entre le champ PV et l'onduleur.
- Les protections cotés AC, assurées principalement par des disjoncteurs monophasés, nous trouvons :
 - Un disjoncteur monophasé, mis au niveau de la sortie AC de l'onduleur.
 - Un disjoncteur monophasé, positionné entre la source électrique externe et l'entrée AC de l'onduleur.

Nous tenons à préciser que chaque protection est adaptée en fonction de la puissance de l'armoire hybride.

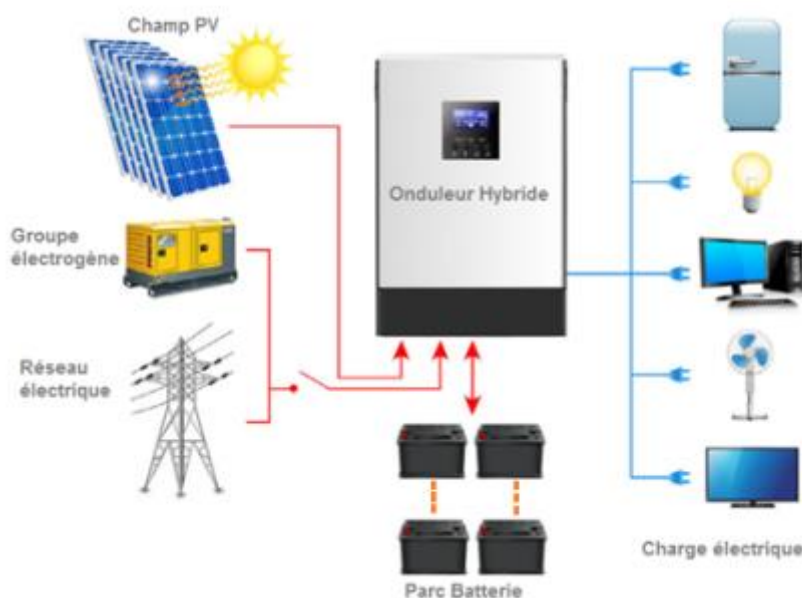


Figure 3: Synoptique générale des armoires

II.4.1 Sécurité de l'armoire hybride et des personnes

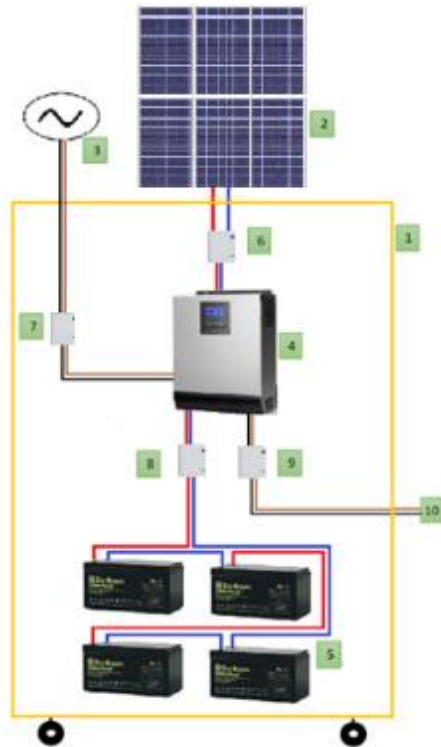
Pour assurer la sécurité des intervenants au niveau de l'armoire hybride et des appareils présents dans l'armoire, des mesures de sécurité ont été prises. Il s'agit :

- Les goulottes sont utilisées pour plusieurs raisons :
 - Eviter les contacts directs et indirects entre le châssis et les conducteurs, entre les conducteurs et ceux étant en contact avec l'armoire hybride.
 - Esthétiques.
- En ce qui concerne le schéma de liaison de la terre, les armoires hybrides KYA Energy Box ont été conçues en respectant le régime TNS. Il s'agit du neutre de

l'onduleur qui est relié à la masse de l'armoire hybride et toutes les masses sont reliées et mises à la terre.

II.5 Schémas des KYA Energy Box

Vous trouverez ci-dessous la Figure 4 qui est un synoptique recensant les éléments intervenant dans l'armoire hybride 5 kVA.

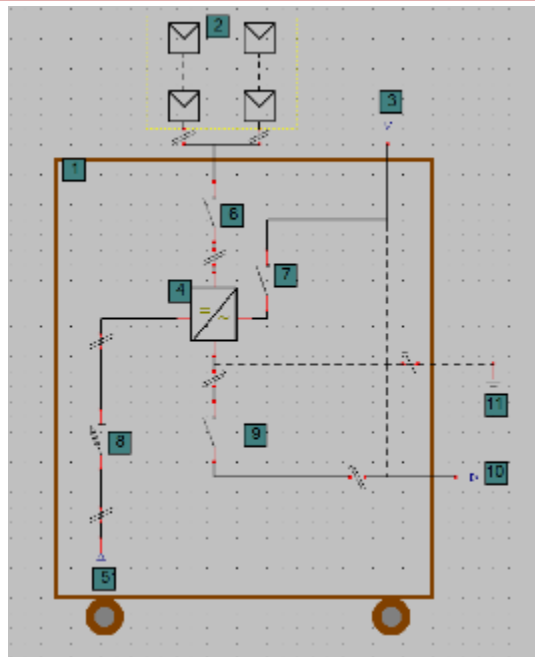


Légende_Figure 4 :

- 1- Châssis
- 2- Champs PV
- 3- Réseau électrique ou Groupe électrogène
- 4- Onduleur Hybride
- 5- Batteries
- 6, 7, 8, 9 - Éléments de protection
- 10- Charge électrique

Figure 4: Synoptique d'une armoire KYA Energy Box 5 kVA Standard

La Figure 5 ci-dessous nous montre le câblage des composants de l'armoire hybride KYA Energy Box 5 kVA.



Légende Figure 5:

- 1- Châssis
- 2- Champs PV
- 3- Réseau électrique ou Groupe électrogène
- 4- Onduleur Hybride
- 5- Batteries
- 6, 7, 8, 9 Élément de protection
- 10- Charge électrique
- 11- Mise à la terre

Figure 5: Schéma unifilaire des KYA-Energy Box 5kVA Standard

II.6 Les limites d'utilisation des armoires KYA Energy box

Dans le souci d'améliorer l'utilisation des armoires, certaines limites ont été constatées. Il y'a plusieurs facteurs qui peuvent influencer et/ou contribuer à améliorer le bon fonctionnement des armoires. Il s'agit :

- Les limites de l'utilisation du système en mode énergie solaire et réseau électrique en prioritaire (assurer la continuité du service électrique en cas de panne de l'onduleur ou pour des raisons de maintenance).
- Absence de gestion automatique des charges en fonction du niveau des batteries.
- Un système de télégestion pour l'activation et la désactivation des charges à distance, envoyer également des alertes par message au technicien en cas de dysfonctionnement du système.

II.7 Solutions proposées pour quelques limites

L'armoire étant hybride, elle sera souvent alimentée par une source externe. Pour la nécessité d'assurer la continuité du service, il sera conçu un module de gestion des sources. Ce module permettra de basculer sur la deuxième source en cas de maintenance ou de panne de l'armoire hybride.

Le deuxième module qui sera mis en place permettra de gérer les charges en fonction du niveau de la tension du parc de batteries. En délestant par exemple les charges non prioritaires et en les réenclenchant automatiquement si les batteries se chargent. Ce module sera appelé module de gestion des charges.

II.8 Conclusion

Cette première partie s'est focalisée sur la présentation des armoires hybrides KYA Energy Box de SIREA Afrique, le principe de fonctionnement de l'armoire hybride, la présentation des composants internes de l'armoire et leur rôle.

Dans le travail qui va suivre, il sera question d'aborder premièrement la conception du module de gestion des sources et enfin la conception du module de gestion des charges.

III. Conception et mise en œuvre de module de gestion des sources

III.1 Introduction

Les armoires hybrides KYA Energy Box peuvent être associées à une source électrique externe. Cette source viendra en appoint en cas de défaillance de production solaire ou de panne de l'onduleur pour assurer la continuité du service. Afin d'assurer une gestion efficace des sources, il a été ajouté en option un module de gestion des sources.

Les armoires hybrides KYA-Energy Box standards de SIREA Afrique ne sont pas commercialisées avec un module de gestion de sources. Toutefois, ces modules sont disponibles en option à la demande du client et peuvent être câblés sur toutes les gammes d'armoires hybrides KYA-Energy Box.

Le module de gestion de source à mettre en place doit permettre de basculer d'une source prioritaire (solaire) à une source secondaire (réseau national) voir tertiaire (groupe électrogène). Cela doit avoir lieu sans interrompre le fonctionnement des appareils électriques en marche (temps de basculement court). Des voyants lumineux permettront d'indiquer à tout moment la source énergétique en fonctionnement.

III.2 Principe de fonctionnement du système attendu

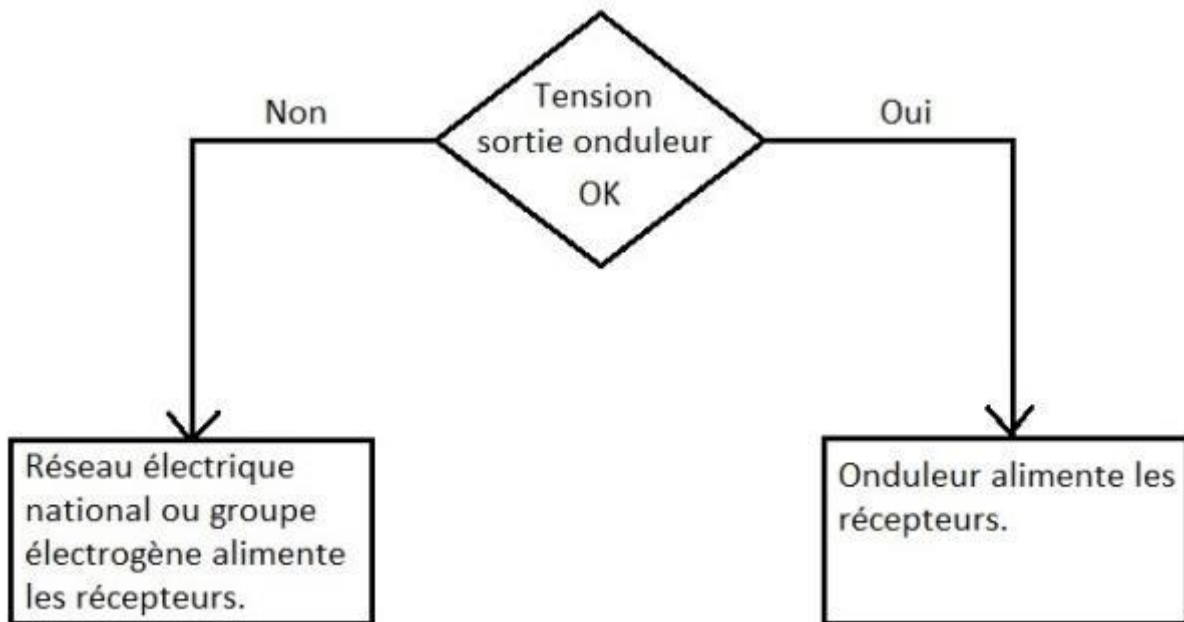


Figure 6: Principe de fonctionnement des sources

La Figure 6 explique le fonctionnement attendu pour le module de gestion des sources. Lorsque l'onduleur débite du courant électrique, il alimente directement les charges électriques et dès que l'onduleur cesse d'alimenter les charges électriques, la source

secondaire prend la relève automatique pour alimenter les charges électriques. Le basculement est si rapide qu'il n'est pas perceptible par l'œil humain.

III.3 Généralités sur les inverseurs de source

Un inverseur de source est un dispositif électrique permettant la commutation entre une source d'alimentation principale et une source d'alimentation secondaire [8]. Il existe des inverseurs de source pré-câblés et disponibles sur le marché.

La Figure 7 illustre un inverseur de source manuel du constructeur HAGER. Le Tableau 2 recense quelques modèles d'inverseurs de source et leur prix d'acquisition.

HIM 402-20 correspond à un inverseur de source de 20 A.



Figure 7: Inverseur de source manuel HAGER

Tableau 2: Inverseur de source manuel HAGER [9]

Inverseur de source manuel normal/secours du constructeur HAGER	Prix TVA
HIM 402-20A	240 699 FCFA
HIM 404-40A	318 255 FCFA
HIM 406-63A	408 323 FCFA

La Figure 8 montre un exemple d'inverseur de source automatique du constructeur AIGER. Le Tableau 3 recense quelques modèles d'inverseurs de source AIGER et leur prix d'acquisition.

AIGISAGEMONO-16A correspond à un inverseur de source de 16 A.



Figure 8: Inverseur de source automatique AIGER

Tableau 3: Inverseur de source automatique AIGER [10]

Inverseur de source automatique normal/secours du constructeur AIGER	Prix avec TVA
AIGISAGEMONO-16A	190 133FCFA
AIGISAGEMONO 25A	230 942 FCFA
AIGISAGEMONO 40A	305 140 FCFA
AIGISAGEMONO 63A	425 713 FCFA

III.3.1 Possibilités de conception du module de gestion des sources

Le Tableau 4 montre les détails à travers les avantages et les inconvénients des combinaisons pour la réalisation de ce module de gestion des sources.

Tableau 4: Avantages et inconvénients de chaque type d'inverseur de source

Matériels	Avantages	Inconvénients
2 contacteurs tripolaires sans contacts auxiliaires et d'un relais électromécanique	Peut supporter de forts courants selon les marques, La commande de la bobine s'effectue en courant alternatif 230 V, Idéal pour les installations industrielles.	Nécessité d'utiliser un relais électromécanique, Trop encombrant.
2 contacteurs tripolaires avec contacts auxiliaires et d'un relais	Peut supporter de forts courants selon les marques, La commande de la bobine	Trop encombrant, Nécessité d'utiliser un relais électromécanique.

**Conception optimale des unités énergétiques autonomes pour un large accès à l'énergie :
les armoires hybrides KYA-Energy Box®**

électromécanique	s'effectue en courant alternatif 230 V. Idéal pour les installations industrielles.	
1 relais contacteur	Mise en œuvre facile, Idéal pour les installations utilisant un faible courant, La commande de la bobine s'effectue en courant alternatif 230 V, Encombrement réduit.	Difficulté d'acquisition sur le marché national, Ses contacts ne supportent pas de forts courants, Utilisable que pour les installations monophasées, Ne possède pas de pouvoir de coupure.
1 contacteur tétra polaire possédant 2 contacts Normalement Fermé (NC) et 2 contacts Normalement Ouvert (NO)	Mise en œuvre facile, Peut supporter de fort courant, La commande de la bobine s'effectue en courant alternatif 230 V, Encombrement réduit.	Utilisable que pour les installations monophasées.
1 contacteur bipolaire 2 contacts Normalement Fermé (NC) et 1 contacteur bipolaire 2 contacts Normalement Ouvert (NO)	Mise en œuvre facile, Peut supporter de fort courant, La commande de la bobine s'effectue en courant alternatif 230 V, Encombrement réduit.	Utilisable que pour les installations monophasées.

III.3.2 Solution retenue pour la conception du module

Après analyse du Tableau 4, l'inverseur de source automatique répondant le plus à la demande de SIREA Afrique et adapté à l'armoire hybride est le contacteur tétra polaire 2NO/2NC. Cependant, il faut veiller à ce que le contacteur choisi puisse supporter les valeurs de courant désirées en sortie de l'onduleur et en entrée de la source secondaire AC.

III.3.3 Matériel nécessaire pour la réalisation de l'inverseur de source

Le Tableau 5 présente deux possibilités avec les composants nécessaires pour la réalisation de deux différents types de module de gestion des sources.

Tableau 5: Composants pour chaque module de gestion de source

Module de gestion automatique des sources		Nombres	Composants nécessaires
Possibilité 1	1 contacteur tétra polaire possédant 2 contacts Normalement Fermé (NC) et 2 contacts Normalement Ouvert (NO)	1	Contacteur tétra polaire
		3	Disjoncteur monophasé
		1	Répartiteur de 20 A
		1	Lampe
		1	Bornier
Possibilité 2	1 contacteur bipolaire 2 contacts Normalement Fermé (NC) et 1 contacteur bipolaire 2 contacts Normalement Ouvert (NO)	1	Contacteur bipolaire 2NC
		1	Contacteur bipolaire 2NO
		3	Disjoncteur monophasé
		1	Répartiteur de 20 A
		1	Lampe
		1	Bornier

III.3.3.1 Explication de la conception du module de gestion des sources

Le module de gestion des sources est conçu principalement à partir d'un contacteur tétra-polaire 2NO/2NC (disposant de 2 contacts Normalement Fermé (NC) et de 2 contacts Normalement Ouvert (NO)). Il sera associé au contacteur 3 disjoncteurs monophasés. Le premier disjoncteur monophasé aura pour rôle de protéger l'entrée principale du contacteur qui est alimenté par l'onduleur, la seconde entrée du contacteur est protégée également par un disjoncteur qui est alimenté par la source secondaire. Les charges électriques en sortie du contacteur seront également protégées par un disjoncteur. Ces mesures de protection ont pour but de protéger le contacteur.

Dans la Figure 9, lorsque la lampe s'allume, elle montre que les charges électriques sont alimentées par la source secondaire. Dans ce cas la source secondaire est le réseau électrique. Le bornier est utilisé pour relier la masse.

Conception optimale des unités énergétiques autonomes pour un large accès à l'énergie : les armoires hybrides KYA-Energy Box®

La Figure 9 montre le schéma unifilaire du module de gestion des sources.

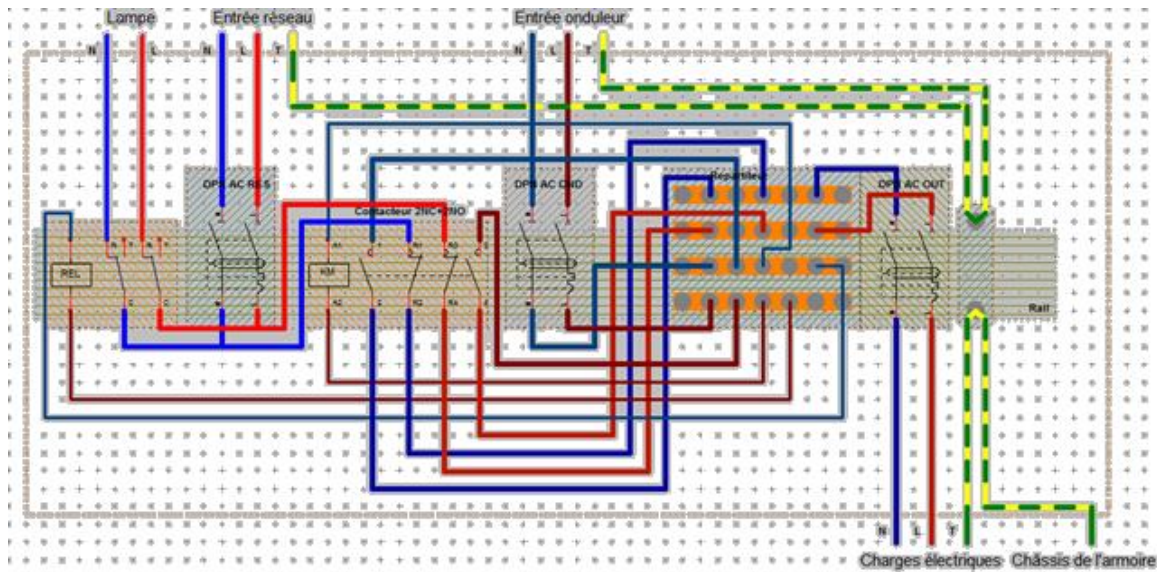


Figure 9: Schéma unifilaire du module de gestion automatique de sources

La Figure 10 et la Figure 11 montrent le circuit de commande et de puissance du module de gestion automatique de sources.

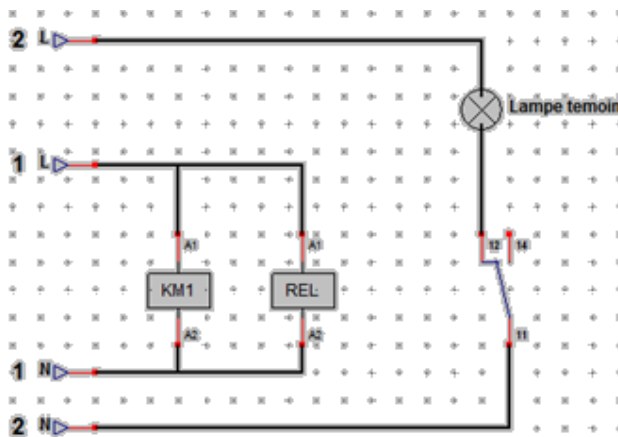


Figure 10: Circuit de commande du module de gestion automatique de sources

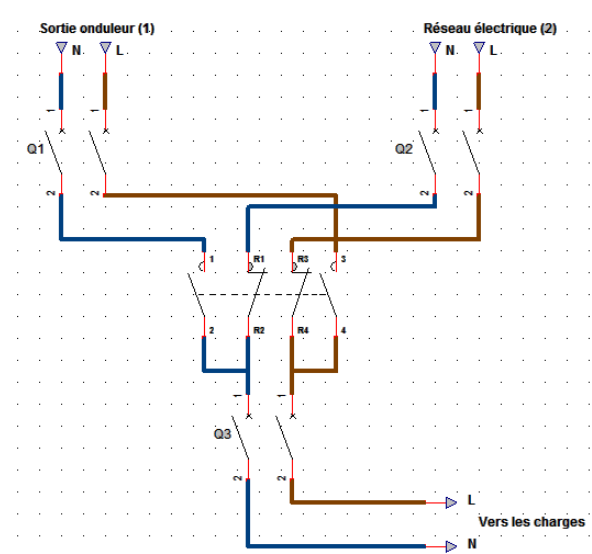


Figure 11: Circuit de puissance du module de gestion automatique de sources

III.3.3.2 *Principe de fonctionnement du module de gestion des sources*

La Figure 9 nous montre la source principale qui est le photovoltaïque (via l'onduleur) et la source secondaire (réseau électrique national ou le groupe électrogène). Lorsque l'onduleur débite le courant alternatif, la bobine KM1 du contacteur est excitée entraînant simultanément la fermeture des contacts NO [(1-2) ; (3-4)] et l'ouverture des contacts NC [(R1-R2) ; (R3-R4)]. La sortie de l'onduleur étant reliée aux contacts [(1-2) ; (3-4)], les charges électriques se retrouvent ainsi alimenter par la production venant du champ photovoltaïque. Lorsque l'onduleur ne débite plus, les contacts NO [(1-2) ; (3-4)] s'ouvrent et les contacts NC [(R1-R2) ; (R3-R4)] se referment automatiquement. Ainsi, les charges sont désormais alimentées par la source secondaire. Dès que l'onduleur débite à nouveau, il reprend la priorité et alimente les charges électriques.

Pour montrer la commutation des sources, il a été intégré aux armoires KYA Energy Box une lampe témoin. La Lampe témoin permet de connaitre quelle source (photovoltaïque ou réseau électrique) alimente les charges électriques. Dans notre cas, lorsqu'elle s'allume cela indique l'alimentation des charges électriques par le réseau électrique.

La Figure 12 représente le module de gestion des sources intégré dans l'armoire hybride KYA Energy Box. Le module a été intégré dans une armoire hybride KYA Energy Box (5 kVA, 6 kWh).



Figure 12: Intégration du module de gestion des sources dans l'armoire

III.4 Conclusion

Tout au long de cette partie, il a été question de la conception d'un module de gestion des sources. Celui-ci a été réalisé en utilisant principalement des contacteurs tétra polaires associés à des éléments de protections et une lampe montrant le fonctionnement d'une source donnée.

Le module de gestion des sources n'est pas intégré dans les KYA-Energy Box. Il est proposé en option. En effet, ce module n'est pas important pour une armoire ne disposant pas d'une source secondaire. En fonction des besoins du client, il pourra être ajouté à l'armoire hybride.

Dans la partie suivante, il sera abordé la conception et la mise en œuvre du module de gestion des charges. Pour cela, une étude sera réalisée pour définir le matériel à choisir. A la suite de quelques simulations, le matériel sera acquis pour la phase de réalisation.

IV. Conception et mise en œuvre d'un module pour la gestion des charges

IV.1 Introduction

Les armoires hybrides KYA Energy Box alimentent les charges électriques toute fois que les batteries débitent du courant continu. L'armoire hybride cesse d'alimenter les charges électriques lorsque le niveau de tension des batteries est inférieur à 43 V et qu'elles ne sont pas alimentées par une source secondaire. Pour optimiser l'utilisation des armoires par ses clients, SIREA-Afrique a entrepris le développement d'un module de gestion des charges.

Ce module de gestion de charge va permettre d'alimenter les charges en fonction du niveau de tension des batteries. Les charges seront séparées conformément au Tableau 6 et chaque ensemble de charges sera activé ou désactivé en fonction du niveau de tension des batteries.

Pour cela, il a été décidé de séparer les charges en trois catégories. Le Tableau 6 présente la répartition des charges en fonction du niveau de tension des batteries. Pour le premier prototype, il a été utilisé l'armoire hybride KYA-Energy Box de 5 kVA-6 kWh avec une tension nominale de 48 V pour le parc de batterie.

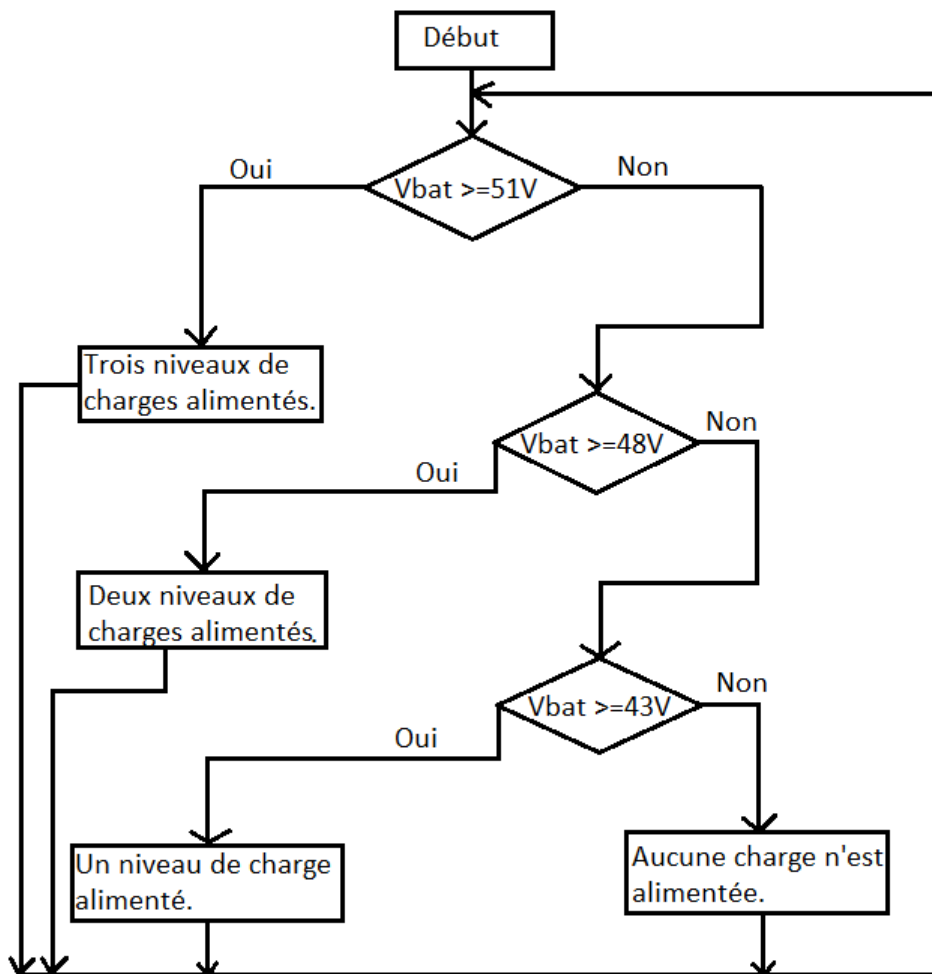
Tableau 6: Proposition de charges et valeur de tension pour activation et désactivation de groupe de charges

Niveau de tension des batteries	Charges activées en fonction des batteries
$51 < V_{bat} < 60$	N1 (climatiseurs, fers à repasser...) N2 (Congélateur et/ou réfrigérateurs...) N3 (Brasseurs, lampes ...)
$48 < V_{bat} \leq 51$	N2 (Congélateur et/ou réfrigérateurs...) N3 (Brasseurs, lampes ...)
$43 \leq V_{bat} \leq 48$	N3 (Brasseurs, lampes ...)

V_{bat} = tension batterie

Les armoires hybrides KYA-Energy Box standard de SIREA Afrique ne sont pas commercialisées avec le module de gestion des charges. Le module de gestion des charges est disponible en option à la demande du client et peut être câblé sur toutes les gammes d'armoires hybrides KYA-Energy Box.

IV.1.1 Principe de fonctionnement du module



V_{bat} = tension batterie

Figure 13: Principe de fonctionnement du module

La Figure 13 explique le fonctionnement du module de gestion des charges en fonction du niveau de tension des batteries. Le niveau de tension des batteries impose l'activation ou la désactivation de certaines charges. Il est observé différents comportements des charges lorsque la tension fluctue :

- Pour une tension comprise entre $[51V - 60V]$, toutes les charges sont alimentées.
- Pour une tension comprise entre $[48V - 51V [$, deux niveaux de charges sont activés.
- Lorsque la tension est inférieure à $48V$, il y a qu'un seul niveau de charge activé.

Le module fonctionne de la même manière lorsque les batteries se chargent ou se déchargent.

IV.2 Analyse des possibilités pour la conception du module de gestion des charges

Suite aux recherches, plusieurs possibilités se présentent pour la conception du module de gestion des charges. Le tableau ci-dessous nous fournira quelques avantages et inconvénients des différentes solutions possibles. Cela aura pour rôle de faciliter et orienter le choix sur la meilleure solution à analyser.

Tableau 7: Analyse de possibilités de conception du module de gestion des charges

Possibilités à analyser	Avantages	Inconvénients
Carte arduino uno r3	<ul style="list-style-type: none"> *Plateforme toute prête (Carte électronique complète contenant déjà le microcontrôleur pour l'uno r3) *Prix abordable, 150 000 FCFA y compris la location d'un laboratoire électronique, *Il dispose de son propre environnement de programmation où la programmation est facile tout en étant flexible, *Matériel Open source et extensible *Déjà utilisé dans certains systèmes solaires, *Ne nécessite pas une grande connaissance technique en électronique, *Pas besoin d'un programmeur pour insérer le programme dans la carte arduino. *Possibilité d'augmenter son activité en ajoutant d'autres cartes qui joueront un rôle précis. *Possibilité de changer le programme de la carte arduino 	Difficilement trouvable sur le marché local

Conception optimale des unités énergétiques autonomes pour un large accès à l'énergie : les armoires hybrides KYA-Energy Box®

	uno r3 en la branchant simplement sur l'ordinateur	
PIC 24 FXXXX, PIC 18 FXXXX, PIC 16 FXXXX,	*L'ensemble des éléments est assemblé par l'intéressé pour la conception du module électronique,	<p>*Nécessité d'avoir des connaissances plus approfondies en électronique pour la création et le développement de la carte électronique ainsi que pour l'assemblage de tous les éléments par l'intéressé car le PICofox est juste un microcontrôleur,</p> <p>*Onéreux 250 000 FCFA y compris la location d'un laboratoire électronique,</p> <p>*Travail fastidieux, nécessite d'avoir un programmeur,</p> <p>*Pour reprogrammer le PIC, il faut l'enlever, le placer dans le programmeur, le programmer et le remettre sur la platine. Tout ceci est fastidieux et nécessite l'achat du programmeur.</p>
Automate ARM7 A5 associé à :	*Facile à implémenter,	*Onéreux 650 000 FCFA [11]

Conception optimale des unités énergétiques autonomes pour un large accès à l'énergie : les armoires hybrides KYA-Energy Box®

<p>Transducteur solea DC</p> <p>Contacteur tétra polaire</p> <p>Relais électromécanique de 24 V</p> <p>Disjoncteur monophasé</p> <p>Boitier d'alimentation</p>	<p>*Programmable en ladder,</p> <p>*Court délais de mise en œuvre,</p> <p>*Déjà tester et fiable,</p> <p>*Bien pour les applications complexes.</p>	
<p>Disjoncteur de délestage de consommation tripolaire LEGRAND avec bobine DC de 48V</p>	<p>*Un seul niveau de délestage,</p>	<p>*Coûteux 102 000 FCFA l'unité [12],</p> <p>*Nécessité de disposer de trois de ses disjoncteurs pour trois niveaux de charges.</p>
<p>Contacteur de délestage monophasé CDS 15908 de Schneider</p>	<p>*Trois niveaux de délestage,</p> <p>*Il coupe l'alimentation des circuits considérés comme non prioritaires dès que le courant total absorbé dépasse un seuil qui est préréglé.</p>	<p>*Coûteux 175 000 FCFA [10],</p> <p>*Ne réponds pas à nos attentes.</p>

IV.3 Solution retenue pour la mise en œuvre du module

Pour la mise en œuvre du module, plusieurs critères ont guidé le choix du matériel à utiliser. Ces critères sont entre autres :

- le coût d'acquisition,
- la disponibilité du produit,
- une prise en main rapide de la carte arduino uno r3,
- la possibilité d'associer d'autres cartes aux produits.

Au regard de ces conditions, les microcontrôleurs ATMEGA des cartes arduino sont les mieux indiqués. Ils ont une très forte communauté internet, en pleine expansion facilitant ainsi le développement et possède beaucoup d'autres avantages comme énoncés dans le Tableau 7.

Le choix du système pour la conception du module de gestion de charge se reposera sur la carte arduino uno r3.

IV.4 Présentation de la carte arduino uno r3

La carte arduino uno r3 gère la fonction principale de la partie commande grâce à un microcontrôleur ATMEGA du constructeur ATMEL qui lui intègre le programme. Les microcontrôleurs sont des circuits intégrés qui rassemblent dans un seul boîtier un processeur et tous les circuits d'interface (mémoire morte pour le programme, mémoire vive pour les données, unités périphériques, unités d'entrées-sorties numériques et analogiques pour certains). Ils sont faciles à mettre en œuvre car nécessite peu de circuits (alimentation seulement dans certains cas). Ils sont miniaturisés, ils sont bien adaptés aux petits systèmes embarqués comme les armoires hybrides KYA-Energy Box dont l'entreprise aspire à réduire encore les tailles.



Figure 14: Schéma de la carte arduino uno [11]

IV.4.1 Caractéristiques techniques de la carte arduino uno r3

Le microcontrôleur Atmega 328P de la carte arduino uno r3 possède plusieurs caractéristiques comme énumérées dans le Tableau 8.

Tableau 8: Les caractéristiques spécifiques de la carte arduino uno r3

Microcontrôleur	Atmega 328P
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée recommandée	7-12V
Tension d'entrée limite	6-20V
Broches E/S numériques	14
Broches E/S PWM	6
Broches d'entrées analogiques	6 (utilisables en broches E/S numériques)
Intensité DC maxi disponible par broche E/S (5V)	40 mA
Intensité DC maxi disponible pour la sortie de 3,3V	50 mA
Mémoire programme flash	32 kB (Atmega328P)
Mémoire flash pour Bootloader	0,5 kB

Mémoire SRAM (mémoire volatile)	2 kB (Atmega328P)
Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)	1 kB (Atmega328P)
Vitesse de l'horloge (quartz cristal)	16 MHz
Température de fonctionnement	-40 – 85°C

IV.4.2 L'alimentation de la carte arduino

La carte arduino uno r3 dispose de quatre entrées pour son alimentation. Chaque entrée dispose d'une plage de tension admissible qu'il ne faut pas dépasser sinon risque de destruction de la carte (cf. annexe 11).

Pour ce projet l'entrée 4 est utilisée, il joue deux rôles. Elle peut être utilisée pour alimenter la carte arduino uno r3 ou pour alimenter d'autres cartes. Elle supporte une tension comprise entre [6-20]. Cependant, il est conseillé d'utiliser cette entrée à une plage de tension [7-12]. C'est ce qui nous a amené à choisir une tension d'alimentation de 9 V pour la carte arduino uno r3. Il est très important d'observer les mesures de sécurité en fonction de la source utilisée. Lorsque la carte arduino uno r3 est alimentée par la batterie (ce qui est notre cas), il est très important de relier correctement les bornes de la batterie à la carte arduino uno r3. Il y a des protections intrinsèques sur la carte, l'inversion de polarité peut causer des dommages irréparables à la carte [12].

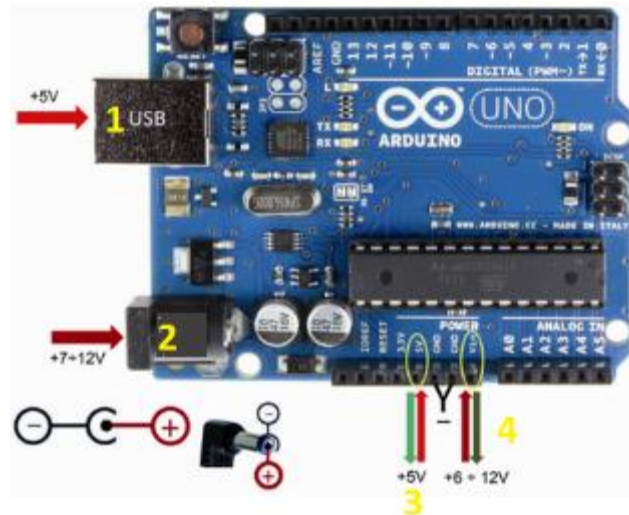


Figure 15: Alimentation de la carte arduino uno r3

IV.4.3 Programmation de la carte Arduino uno r3

La programmation est un code qui va dicter des ordres au microcontrôleur, on l'envoie dans ce dernier pour qu'il puisse suivre les consignes dictées par le programme. Pour ce faire on a utilisé un environnement de programmation propre aux cartes arduino qui permet de vérifier et de compiler plusieurs programmes. L'avantage est de pouvoir vérifier le programme édité avant de le compiler vers le microcontrôleur.

Ce programme est codé en langage C, c'est un langage de programmation impératif pour la carte. Son avantage est qu'il intègre des fonctions préinstallées dans une seule ligne de code grâce à des bibliothèques.

IV.4.3.1 Programme

Le programme a été écrit avec le langage C (cf. annexe 12).

IV.4.4 Explication du programme

A la suite des tests réalisés à SIREA-Afrique, le module fonctionne avec des problèmes. Il est constaté une fluctuation très rapide de la tension du parc de batteries. Cela entraîne l'activation d'un groupe de charges juste pendant quelques minutes et rebascule sur le groupe de charges précédents. Pour pallier ce problème, nous avons pensé à ajouter au programme un temps de 5 minutes et jouer sur les plages de commutations appelées hystérésis. Ci-dessous le but et l'importance du temps et de l'hystérésis.

- Le temps :

Pour éviter que les groupes de charges fluctuent en tout temps due à une petite variation de tension, nous avons ajouté 5 minutes à la fin de chaque plage. Cela va amener le programme à attendre 5 minutes avant de basculer vers la plage supérieure ou la plage inférieure.

- Hystérésis

Si nous prenons le cas de la deuxième plage de tension qui est située entre [48 – 51[V, lorsque la tension varie entre 47,8 V et 51,2 V sur cette plage de tension, le relais ne va pas basculer. Les charges de la deuxième plage resteront toujours activées. Elle quittera la deuxième plage si la tension est supérieure à 51,2 V ou inférieure à 47,8 V.

IV.4.5 Les logiciels

Nous présentons ci-dessous l'ensemble des logiciels utilisés durant le travail effectué.

- ISIS

C'est un logiciel professionnel utilisé en électronique pour simuler les circuits et créer des typons. Actuellement (14/02/2016), il n'existe pas tous les shields possibles de la carte arduino uno r3 sur l'environnement ISIS. Cependant, pour nos simulations, nous avons cette possibilité de les faire grâce à l'existence de la carte arduino uno r3 dans la bibliothèque d'ISIS.

L'utilisation d'ISIS permet de visualiser le bon déroulement du système ainsi que d'avoir une idée claire sur la partie matérielle, la conception des circuits imprimés et d'anticiper sur les problèmes qui auraient pu apparaître lors du test réel.

- ARES

C'est un logiciel permettant le routage des cartes électroniques en mode automatique ou manuel. Ce logiciel est inclus dans le logiciel ISIS. Dans notre cas, nous générerons le typon à partir du schéma réalisé sur ISIS.

- Fritzing

C'est un logiciel qui sera utilisé pour la réalisation des schémas synoptiques. Il est utilisé à cause de son rendu esthétique.

- L'environnement de programmation arduino (IDE)

Il offre une interface pour développer un programme pour les cartes arduino. Il est doté d'un éditeur de code. On retrouve une barre de menu plus classique qui est utilisée pour accéder aux fonctions avancées de l'IDE.

IV.5 Réalisation du module de gestion des charges

IV.5.1 Matériel utilisé

- Des résistances
- La carte arduino uno r3
- Le câble USB
- Un écran LCD
- Un régulateur de tension de types 7815 et 7809
- Une carte relais de 5V
- Un AOP de type $\mu A741C$

IV.5.1.1 Les régulateurs de tension LM78XX

Un régulateur de tension est un circuit intégré qui à partir d'une tension à son entrée fournit une tension stable à sa sortie. Pour le projet deux types de régulateurs seront utilisés ; à savoir le 7815 et le 7809 (cf. Annexe 5 et Annexe 6).

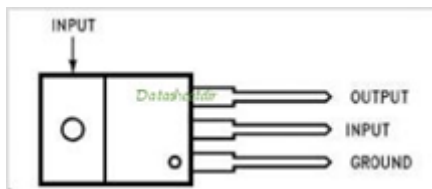


Figure 16: Régulateur de tension

IV.5.1.2 Les condensateurs

Le condensateur joue un rôle très important dans le fonctionnement du système. Il est utilisé pour diverses raisons comme pour ses rôles de filtre, de stockage, de temporisateur, d'antiparasite et de protection.

Cependant, dans le projet, son principal rôle est de stabiliser la tension en sortie du régulateur de tension

Les régulateurs de tension utilisés dans le projet imposent le choix des condensateurs à utiliser à savoir du 0,33 μF et 0,1 μF pour chaque type.

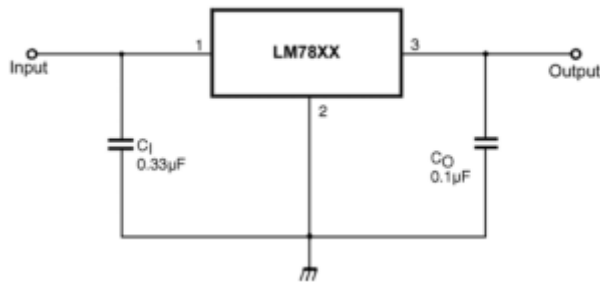


Figure 17: L'emplacement des condensateurs sur le régulateur de tension

C_1 = est nécessaire si le régulateur est situé à une distance appréciable du filtre d'alimentation

C_0 = améliore la stabilité et la réponse transitoire

IV.5.1.3 Un AOP de type $\mu A741C$

L'amplificateur opérationnel de type $\mu A741c$ est utilisé comme suiveur. Il limite les parasites et permet de reproduire la valeur exacte de la tension analogique sur la carte arduino uno r3. Le choix s'est porté sur ce type d'AOP car il se trouve facilement sur le marché local et est alimenté par une tension stable fournie par le régulateur de tension 7815 (cf. Annexe 2).

Pour ne pas détruire l'AOP, il faut veiller à ce que la tension d'entrée dans l'AOP ne soit pas supérieure à sa tension d'alimentation.

La Figure 18 présente l'AOP.

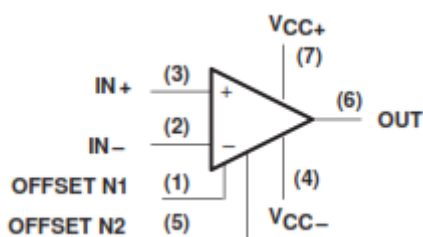


Figure 18: Présentation de l'AOP

IV.5.1.4 La carte relais de 5V

La Figure 19 montre le relais de 5 V à 4 canaux qui est utilisé pour le projet. Il est utilisé seulement trois des canaux pour ce projet. Chaque bobine du relais est excitée par une sortie numérique de la carte arduino uno r3.



Figure 19: Carte relais de 5V

IV.5.1.4.1 Principe de fonctionnement

Un relais électronique est un interrupteur qui se commande avec une tension continue de faible puissance. C'est un commutateur électrique qui permet de commander un second circuit utilisant généralement une tension et un courant bien supérieur à ce que la carte arduino uno r3 pourrait accepter. La partie interruptrice sert à piloter généralement les charges du secteur.

Pour la gestion des charges, nous utiliserons le relais SPDT. Il est plus adapté pour le projet (cf. Annexe 8).

IV.5.1.5 Calcul des résistances du pont diviseur de tension pour (l'entrée analogique de l'arduino et l'alimentation de la carte arduino)

Ci-dessous les différentes valeurs de tension sont fixées pour le calcul du pont diviseur de tension pour l'entrée analogique et l'alimentation de la carte arduino uno r3.

La tension minimale du parc de batterie est $Ub_{inf} = 43 V$

La tension maximale du parc de batterie est $Ub_{sup} = 60 V$

La tension minimale de la carte arduino est $Uard_{inf} 0 V$

La tension maximale de la carte arduino est $Uard_{sup} 4 V$

Intensité de la carte arduino $I_{ard} = 40 mA$

IV.5.1.5.1 Calcul des résistances du pont diviseur de tension pour l'entrée analogique de la carte arduino uno r3

L'entrée analogique A0 sera utilisée pour ce projet. Toutes les entrées de la carte arduino uno r3 supportent au maximum une tension de 5 V à son entrée. Pour limiter les risques de destruction de la carte arduino uno r3, la tension d'entrée maximale de la carte arduino uno r3a été fixée à 4 V.

Pour le calcul des résistances du pont diviseur de tension, des variables ont été fixées. Il s'agit :

- $R2 = 10 \text{ k}\Omega$
- La tension maximale de la carte arduino soit $U_{ard_{sup}} = 4 \text{ V}$

Les résistances utilisées sont des résistances de la famille E12 qui ont une tolérance de +/- 10%.

$$R1 = R2 * \left(\frac{U_{b_{sup}}}{U_{ard_{sup}}} \right) - R2 \quad 1$$

AN :

$$R1 = 10000 * \left(\frac{60}{4} \right) - 10000$$

$R1 = 140 \text{ k}\Omega$

La valeur de la résistance retenue est de $150 \text{ k}\Omega$ pour le R1 car le $140 \text{ k}\Omega$ est absent de la norme E12.

IV.5.1.5.2 Calcul des résistances du pont diviseur de tension pour l'alimentation de la carte arduino et de l'AOP

Pour son fonctionnement, la carte arduino uno r3 a besoin d'être alimentée ainsi que l'AOP. Pour cela, la carte arduino uno r3 est alimentée par une tension stable de 9 V provenant du parc de batterie. Pour obtenir cette tension stable de 9 V, un pont diviseur de tension a été utilisé pour réduire la tension des batteries venant dans la carte arduino. Après le pont diviseur de tension, des régulateurs de tensions ont permis de fournir une tension stabilisée à la carte arduino ainsi qu'à l'AOP.

Le premier régulateur de tension utilisé est le 7815 pour alimenter l'AOP. Ensuite, a suivi le 7809 pour alimenter la carte arduino uno r3.

- Calcul des résistances

Pour le calcul des résistances du pont diviseur de tension, les critères ci-dessous énumérés sont considérés :

- La tension maximale d'entrée est de 60 V et la tension minimale considérée de 43 V.

- Le premier régulateur de tension utilisé est celui de 7815 qui admet comme plage de tension d'entrée [17-30] V.

Pour déterminer les résistances de ce pont diviseur de tension, il faut tenir compte de la tension maximale que peut supporter le régulateur de tension 7815. Si la valeur à l'entrée du régulateur de tension ne se trouve pas dans la tranche que peut supporter le régulateur 7815, la carte arduino uno r3 ne sera pas alimentée. Pour une valeur supérieure à la tranche, le régulateur de tension sera détruit.

Pour réduire la tension d'entrée de moitié, deux résistances de même valeur sont utilisées. Les résistances choisies sont : $R1=R2=150\ \Omega$. La tension maximale des batteries étant de 60 V, après le pont diviseur, cette valeur se retrouve à moitié 30 V.

Après simulations, la tension obtenue est supérieure à 30 V. Les résistances utilisées ont une tolérance de +/-10%. Nous montrons ce cas en rouge ci-dessous.

$R1=150\ \Omega$; $R2=150\ \Omega$; $V_{out} = 30\ V$

$R1=135\ \Omega$; $R2=165\ \Omega$; $V_{out} = 32,3\ V$

Ces résistances n'étant pas opérationnelles, il est maintenu la résistance $R1=150\ \Omega$ et celle de $R2$ est diminuée à la valeur normalisée la plus proche. Il s'agit donc de $R2=120\ \Omega$.

En simulant à nouveau, les résultats suivant sont obtenus :

- la tension de sortie maximale obtenue est 29,66 V
- la tension de sortie minimale obtenue est 23,74 V

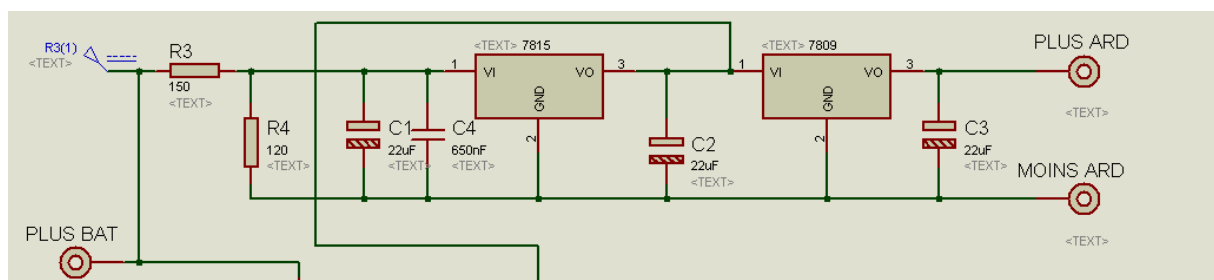


Figure 20: Alimentation de l'AOP et de la carte arduino

IV.5.2 Simulation sur ISIS

Pour la réalisation des simulations sur ISIS, il a été utilisé un transistor et un relais. Le logiciel ISIS ne possède pas l'ensemble carte relais 5 V 4 canaux.

Conception optimale des unités énergétiques autonomes pour un large accès à l'énergie : les armoires hybrides KYA-Energy Box®

Ci-dessous, il est représenté un ensemble de simulations montrant l'activation des relais en fonction de la tension appliquée.

La Figure 21 montre les trois relais activés car il a été appliqué une tension de 60 V au niveau du microcontrôleur. Par contre la Figure 22 n'affiche que deux relais activés. Cela s'explique par le fait qu'il est appliqué à ses bornes une tension de 48 V. Enfin la Figure 23 présente un seul relais activé car il est soumis à une tension de 45 V.

Cet ensemble de tests réagit conformément aux programmes.

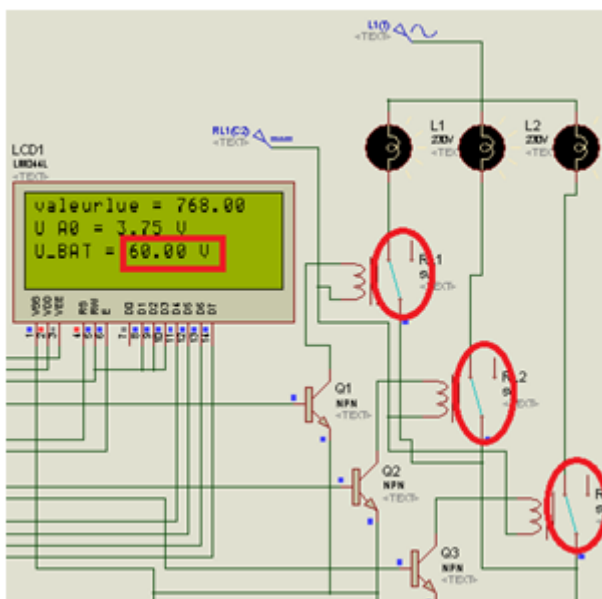


Figure 21: Comportement des relais suite à une tension appliquée de 60 V

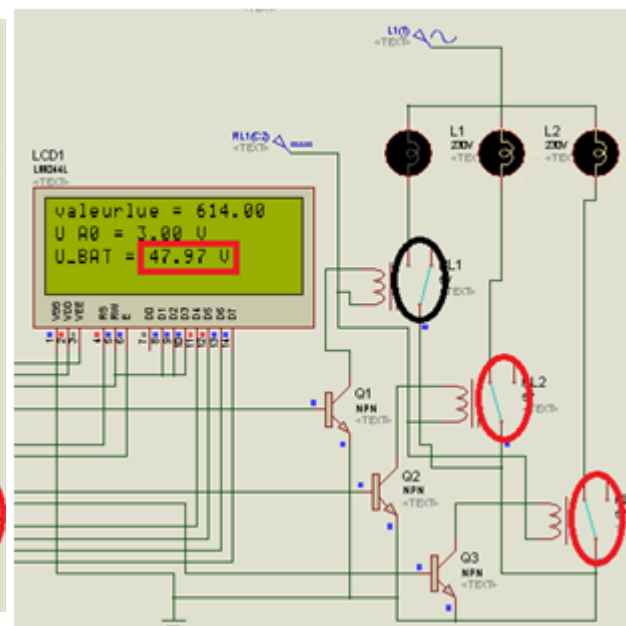


Figure 22: Comportement des relais suite à une tension appliquée de 48 V

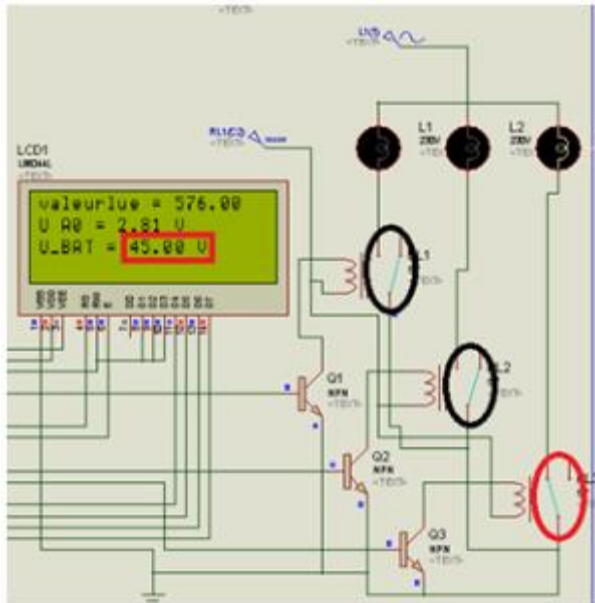


Figure 23: Comportement des relais suite à une tension appliquée de 45 V

IV.5.3 Calcul de la précision du CAN (Convertisseur Analogique numérique)

Le convertisseur a une tension de référence de 5 V. Son nombre de bits est de 10, il peut lire 2^{10} valeurs pour une seule tension. La précision du CAN se calcule de la sorte :

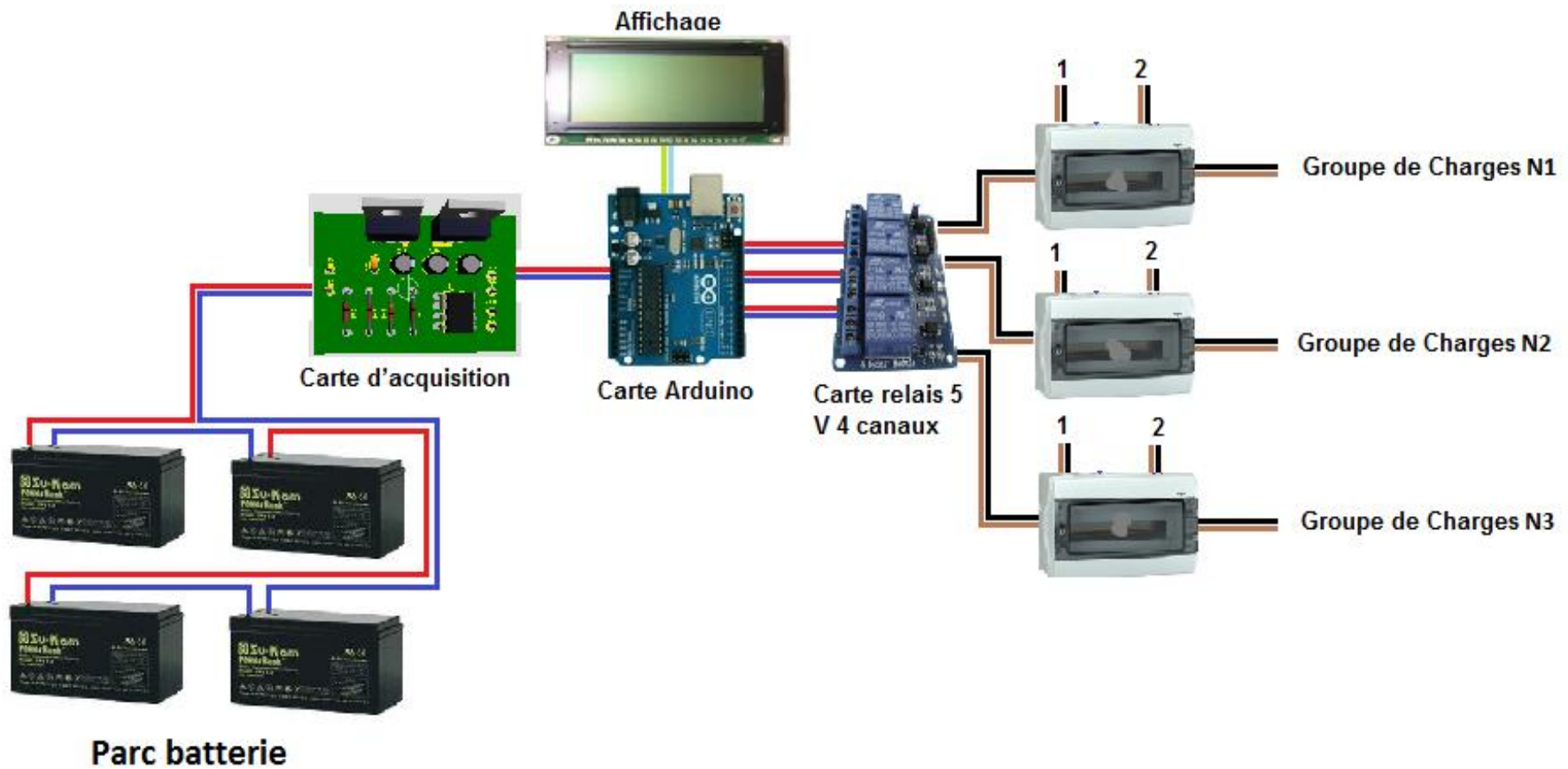
$$P = \frac{V_{ref}}{2^N} \quad 2$$

V^{ref} : tension de référence du convertisseur

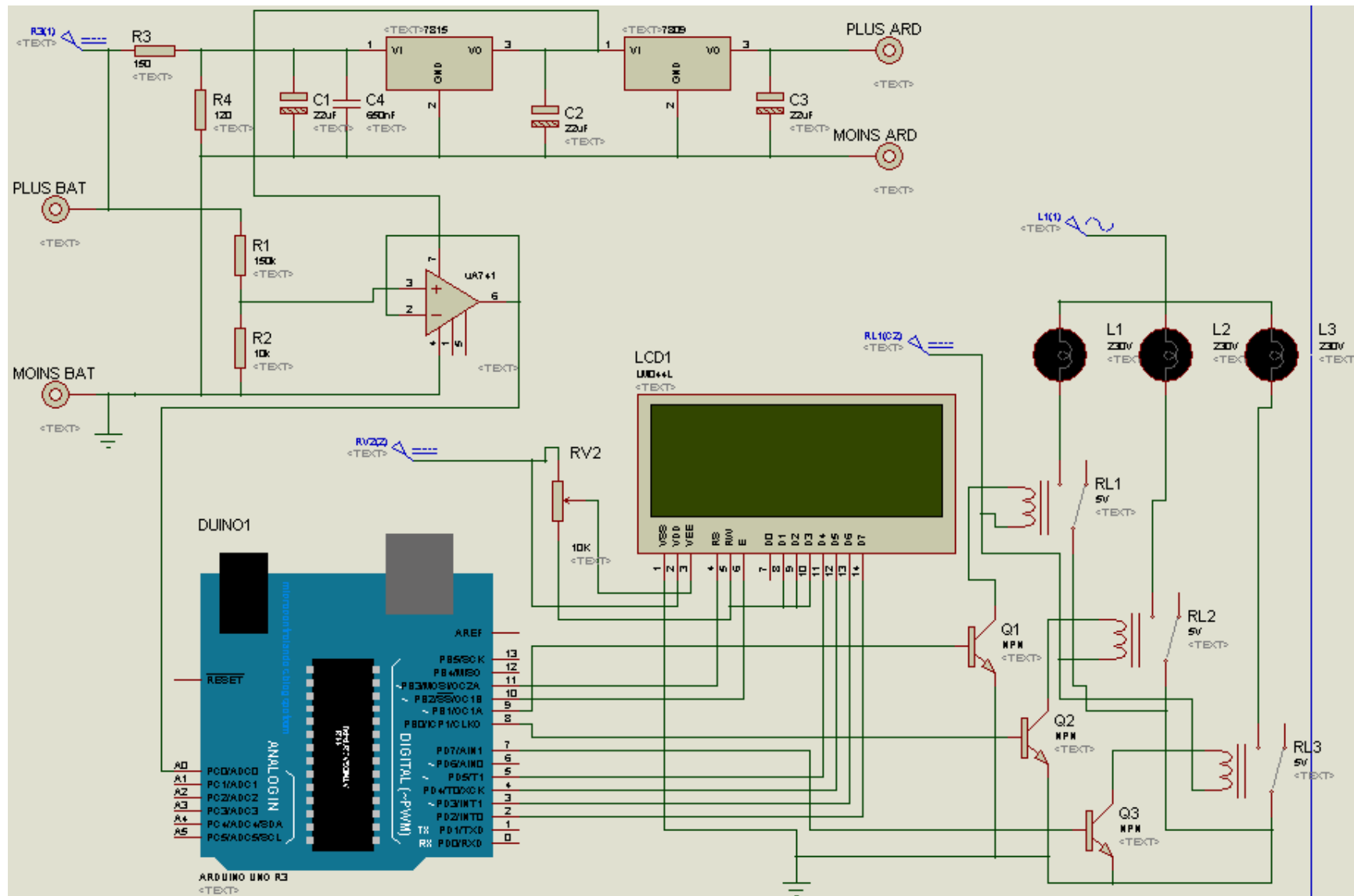
N : nombre de bit du convertisseur

$P = \frac{5}{2^{10}} = 4,883 \text{ mV}$, correspond au pas de calcul c'est-à-dire à la tension minimale que le convertisseur peut lire. Une tension de 2 mV sur son entrée analogique ne sera pas lue par la carte arduino uno r3, le convertisseur sera incapable de la lire et donnera un résultat égal à 0 V. Pour ce projet, de grandes valeurs de tension sont utilisées, il n'y aura pas de problèmes de précision.

IV.5.4 Synoptique du montage



IV.5.5 Unifilaire du schéma réalisé avec Isis



IV.6 La réalisation du PCB (Printed Circuit Board)

Le PCB (Printed Circuit Board ou circuit imprimé) est un support permettant une connexion électrique entre les composants d'un schéma. Il est constitué d'une fine couche de cuivre séparée par un isolant (du verre, époxy, bakélite ou du plastique). La réalisation du PCB passe par plusieurs étapes (cf. Annexe 13).

C'est sur la carte imprimée que les composants seront soudés. Cette carte permettra d'alimenter en 9 V la carte arduino uno r3 pour son fonctionnement, fournira une tension à l'entrée analogique de la carte arduino uno r3 et assurera également l'alimentation de l'AOP.

IV.7 Conclusion

Cette partie était consacrée à la conception d'un module de gestion des charges. Ce module doit permettre d'activer et de désactiver les charges en fonction du niveau de tension des batteries. Dès que, nous avons défini le principe de fonctionnement du module, il a été question d'analyser et de prospecter le marché pour avoir un appareil pouvant satisfaire nos attentes. Cette prospection a orienté les recherches vers les microcontrôleurs. Après analyses sur les microcontrôleurs existants plusieurs critères ont orienté le choix vers la carte arduino uno r3. En effet, ce microcontrôleur est programmable en C/C++ et offre plusieurs avantages. Des simulations ont été réalisées sur le logiciel ISIS. La prochaine étape a constitué à la mise en œuvre du module.

Il a été réalisé un circuit imprimé comportant des composants électroniques tels que les résistances, l'AOP et les condensateurs.

Comme le module de gestion des charges n'est pas intégré dans les gammes standardisées des armoires hybrides KYA-Energy Box®, il est proposé en option aux clients.

CONCLUSION GENERALE

Le stage effectué à SIREA-Afrique dans le cadre de mon mémoire de fin d'étude visait à concevoir deux modules. Il s'agit du module de gestion des sources et du module de gestion des charges. Nous avons pu réaliser ces modules qui sont proposés en option pour intégration dans les armoires hybrides KYA-Energy Box®.

Ce travail de mémoire sur la conception du module de gestion de charge et du module de gestion des sources nous a permis d'approfondir nos connaissances sur les systèmes solaires hybrides, l'automatisme etc. Nous avons pu revoir et découvrir certaines notions issues de disciplines connexes telles que la programmation, l'électronique et les microcontrôleurs. Cela a énormément contribué à élargir notre champ de vision.

RECOMMANDATIONS-PERSPECTIVES

Nos recommandations vont surtout à l'endroit de l'équipe électronique que j'ai côtoyée au cours du stage. Il s'agit notamment :

- L'utilisation d'autres microcontrôleurs pour la réalisation du module de gestion des charges, notamment les PICs, qui nécessitent des connaissances plus poussées en électronique.
- Toujours dans le souci de réduire le coût d'acquisition, il sera intéressant qu'il conçoive leur propre relais.
- La mise en place d'un système de télégestion va permettre d'activer ou de désactiver les charges à distance. Il est possible d'associer le raspberry Pi 3 ou le shield GSM de l'arduino.

Bibliographie

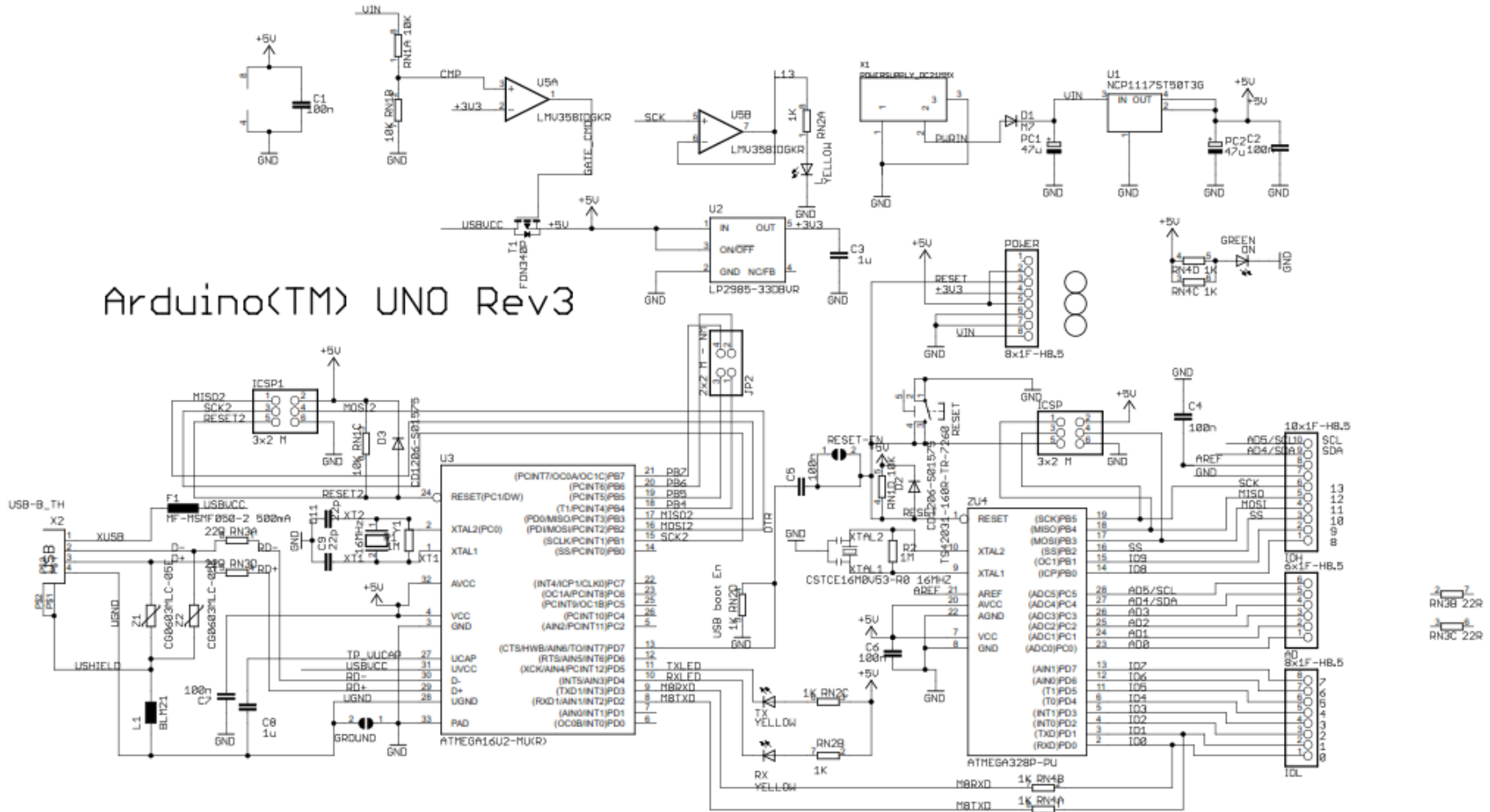
- [1] "IEA, World Energy Outlook," 2012.
- [2] NRECA Int. Ltd World Bank Energy Sect. Manag. Assist. Program ESMAP A.R Inversin, "Reducing the cost of grid extension for rural electrification," February 2000.
- [3] P. A. AYOUB, U. Laval and Quebec-CANADA, ""Les réserves pétrolières: entre l'épuisement physique et l'épuisement économique "; Colloque sur les défis énergétiques du XXI siècle à Chambrey-France; 30 Novembre au 02 Decembre".
- [4] D. Y. e. al, ", Experiemental study of electricity generation by solar PV/diesel systems without battery storage for off grid areas," 2011.
- [5] M. W. M. O. PS. REDL, "An introduction to GSM-Artech Hoose Publishers-1995".
- [6] L. Stoyanov, "Etude de différentes structures de systèmes hybrides à sources d'énergie renouvelable," 2011.
- [7] [Online]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Onduleur_hybride. [Accessed 20 Mars 2016].
- [8] "http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=3138," [Online]. [Accessed 08 02 2016].
- [9] [Online]. Available: <http://www.hager.fr/professionnels/produits/distribution-d-energie/appareillage-de-tete/inverseurs-de-source/inverseurs-de-source-manuels-20-a-125-a/18213.htm>. [Accessed 02 Avril 2016].
- [10] [Online]. Available: <http://www.elec-boutique.fr/contacteurdelesteur-monophasé-2-voies-cds-modulaire-240-v.html>. [Accessed 24 02 2016].
- [11] [Online]. Available: <http://sireagroup/produits/automates>. [Accessed 21 01 2016].
- [12] [Online]. Available: <https://www.electdirect.fr/disjoncteur-legrand>. [Accessed 28 11 2015].
- [13] "https://store.arduino.cc/index.php?main_page=product_info&products_code=GBX00066)," [Online]. [Accessed 21 Octobre 2015].
- [14] "http://www.open-electronics.org/the-power-of-arduino-this-unknown/?utm_content=buffer550d&utm_medium=social&utm_source=facebook.com&utm_campaign=buffer)," [Online]. [Accessed 08 11 2015].

- [15] G. MONTUSCHI, "Apprendre l'électronique en partant de zero niveau 2," *NUOVA ELETTRONICA*, vol. 219, no. 35.
- [16] "LES OBJECTIFS DU MILLENAIRE POUR LE DEVELOPPEMENT, TROISIEME RAPPORT NATIONAL," GABON, Septembre 2010.
- [17] J. C. a. M. I. M. Aker, "Mobile Phones and Economic Development in Africa (June 1, 2010). Center for Global Development Working Paper No. 211. (Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1693963> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1693963>)".
- [18] "W.E Outlook, The IEA World Energy Outlook 2014. World Energy Outlook," 2014.
- [19] X. HINAULT, "http://www.mon-club-elec.fr/pmwiki_reference_arduino/pmwiki.php?n=Main.ApprendreMemoire," 17 10 2010. [Online]. [Accessed 27 01 2016].
- [20] "<http://www.bing.com/images/search?q=single+pole+single+throw&view=detailv2&id=3DFAB142EEFD6DF8C06C7AC26D75E0C1CFBF8C1F&selectedIndex=182&ccid=Xn97qEpl&simid=608005028814848789&thid=OIP.M5e7f7ba84a6577f4a8cd85a4a3e799e7o0&ajaxhist=0>," [Online]. [Accessed 27 01 2016].
- [21] "http://a110a.free.fr/SPIP172/article.php3?id_article=65," [Online]. [Accessed 03 02 2016].
- [22] "http://xizard.chez.com/Truc_et_astuces/Realisation_CI.htm," [Online]. [Accessed 03 02 2016].
- [23] "<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoISP>," [Online]. [Accessed 15 01 2016].
- [24] "<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>," [Online]. [Accessed 10 01 2016].
- [25] "<http://forums.futura-science.com/electronique/146777-disjoncteur.html>," [Online]. [Accessed 08 02 2016].
- [26] "<http://m.futura-sciences.com/magazines/high-tech/infos/dico/d/high-tech-repartiteur-3938>," [Online]. [Accessed 08 02 2016].
- [27] [Online]. Available: <http://www.aiger.fr/fr/inverseurs-sources-automatiques/inverseur-source-normal-secours-25a.html>. [Accessed 02 Avril 2016].
- [28] D. Y. e. al, "Experimental study of electricity generation by solar PV/diesel system without storage for off grid areas," 2011.

Annexes

Annexe 1 : Structure interne de la carte arduino uno r3	ii
Annexe 2: Caractéristiques de l'AOP μA741C.....	iii
Annexe 3: Liste du matériel et prix pour la réalisation du module de gestion des charges	iv
Annexe 4: Liste du matériel et prix pour la réalisation du module d'inversion de source.....	v
Annexe 5: Caractéristiques du régulateur de tension 7815	vi
Annexe 6: Caractéristiques du régulateur de tension 7809	vii
Annexe 7: Capture d'écran de la carte d'acquisition sur ISIS.....	viii
Annexe 8: Les différents types de relais.....	ix
Annexe 9: Explication sur les régulateurs de tension	x
Annexe 10: Contacteur tétra polaire 25A 2NO + 2NC.....	xi
Annexe 11: Les possibilités d'alimentation de la carte arduino uno r3	xii
Annexe 12: Programme	xiii
Annexe 13: Réalisation de la carte imprimée	xiv

Annexe 1 : Structure interne de la carte arduino uno r3



Annexe 2: Caractéristiques de l'AOP μA741C

electrical characteristics at specified free-air temperature, $V_{CC\pm} = \pm 15\text{ V}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_A †	μA741C			$\mu\text{A741I}, \mu\text{A741M}$			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_{IO} Input offset voltage	$V_O = 0$	25°C	1		6	1		5	mV
		Full range			7.5			6	
$\Delta V_{IO}(\text{adj})$ Offset voltage adjust range	$V_O = 0$	25°C	± 15		± 15				mV
I_{IO} Input offset current	$V_O = 0$	25°C	20		200	20		200	nA
		Full range			300			500	
I_{IB} Input bias current	$V_O = 0$	25°C	80		500	80		500	nA
		Full range			800			1500	
V_{ICR} Common-mode input voltage range		25°C	± 12	± 13		± 12	± 13		V
		Full range	± 12			± 12			
V_{OM} Maximum peak output voltage swing	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	± 12	± 14		± 12	± 14		V
	$R_L \geq 10\text{ k}\Omega$	Full range	± 12			± 12			
	$R_L = 2\text{ k}\Omega$	25°C	± 10	± 13		± 10	± 13		
	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	Full range	± 10			± 10			
A_{VD} Large-signal differential voltage amplification	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	25°C	20	200		50	200		V/mV
	$V_O = \pm 10\text{ V}$	Full range	15			25			
r_i Input resistance		25°C	0.3	2		0.3	2		M Ω
r_o Output resistance	$V_O = 0$, See Note 5	25°C	75			75			Ω
C_i Input capacitance		25°C	1.4			1.4			pF
CMRR Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICRmin}$	25°C	70	90		70	90		dB
		Full range	70			70			
k_{SVS} Supply voltage sensitivity ($\Delta V_{IO}/\Delta V_{CC}$)	$V_{CC} = \pm 9\text{ V to } \pm 15\text{ V}$	25°C	30	150		30	150		$\mu\text{V/V}$
		Full range			150			150	
I_{OS} Short-circuit output current		25°C	± 25	± 40		± 25	± 40		mA
I_{CC} Supply current	$V_O = 0$, No load	25°C	1.7		2.8	1.7		2.8	mA
		Full range			3.3			3.3	
P_D Total power dissipation	$V_O = 0$, No load	25°C	50		85	50		85	mW
		Full range			100			100	

† All characteristics are measured under open-loop conditions with zero common-mode input voltage unless otherwise specified. Full range for the μA741C is 0°C to 70°C, the μA741I is -40°C to 85°C, and the μA741M is -55°C to 125°C.

NOTE 5: This typical value applies only at frequencies above a few hundred hertz because of the effects of drift and thermal feedback.

operating characteristics, $V_{CC\pm} = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	μA741C			$\mu\text{A741I}, \mu\text{A741M}$			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
t_r Rise time	$V_i = 20\text{ mV}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$	0.3			0.3			μs
	$C_L = 100\text{ pF}$, See Figure 1	5%			5%			
SR Slew rate at unity gain	$V_i = 10\text{ V}$, $C_L = 100\text{ pF}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, See Figure 1	0.5			0.5			V/ μs

Annexe 3: Liste du matériel et prix pour la réalisation du module de gestion des charges

Matériel	Unité	Quantité
Carte arduino uno r3	U	1
Réalisation de la carte d'acquisition (carte époxy, achat de produits tel que le révélateur utilisé, papier calque	Ens	1
Coffret	U	1
Une carte relais de 5V	U	1
Un AOP de type μ A741C	U	1
Ensemble (résistances, Régulateurs de tensions	Ens	Ens
*7815	U	1
*7809	U	1

Annexe 4: Liste du matériel et prix pour la réalisation du module d'inversion de source

Matériel	Unité	Quantité
Contacteur tétra polaire 2NC, 2NO 25 A	U	1
Disjoncteur monophasé de 16 A	U	3
Coffret de 16 modules	U	1
Relais électromécanique de 10 A	U	1
Répartiteur de 20A	U	1
Lampe	U	1

Annexe 5: Caractéristiques du régulateur de tension 7815

Electrical Characteristics (LM7815)

(Refer to the test circuits. $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 23\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	14.4	15.0	15.6	V	
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 17.5\text{V to } 30\text{V}$	14.25	15.0	15.75		
Line Regulation (Note 14)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 17.5\text{V to } 30\text{V}$	–	11.0	300	mV
			$V_I = 20\text{V to } 28\text{V}$	–	3.0	150	
Load Regulation (Note 14)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	12.0	300	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	4.0	150	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.2	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$	–	–	0.5	mA	
		$V_I = 17.5\text{V to } 30\text{V}$	–	–	1.0		
Output Voltage Drift (Note 15)	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–1.0	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	90.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 15)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $V_I = 18.5\text{V to } 28.5\text{V}$	54.0	70.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 15)	r_O	$f = 1\text{kHz}$	–	19.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	250	–	mA	
Peak Current (Note 15)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 14: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 15: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Annexe 6: Caractéristiques du régulateur de tension 7809

Electrical Characteristics (LM7809)

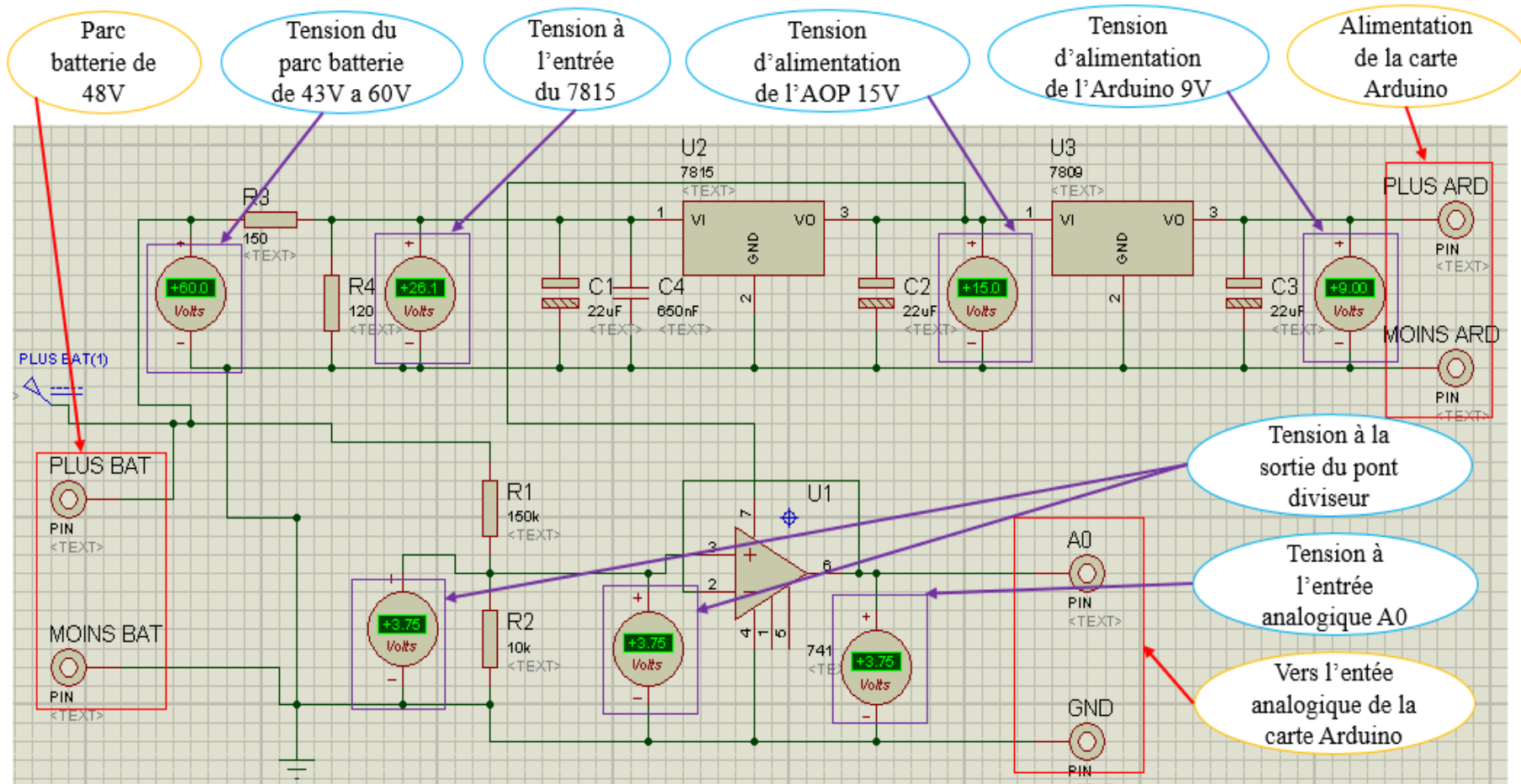
(Refer to the test circuits. $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 15\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	8.65	9.0	9.35	V	
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 11.5\text{V to } 24\text{V}$	8.6	9.0	9.4		
Line Regulation (Note 8)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 11.5\text{V to } 25\text{V}$	–	6.0	180	mV
			$V_I = 12\text{V to } 17\text{V}$	–	2.0	90.0	
Load Regulation (Note 8)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	12.0	180	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	4.0	90.0	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$ $V_I = 11.5\text{V to } 26\text{V}$	–	–	0.5	mA	
			–	–	1.3		
Output Voltage Drift (Note 9)	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–1.0	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	58.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 9)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $V_O = 13\text{V to } 23\text{V}$	56.0	71.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 9)	r_O	$f = 1\text{kHz}$	–	17.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	250	–	mA	
Peak Current (Note 9)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 8: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 9: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

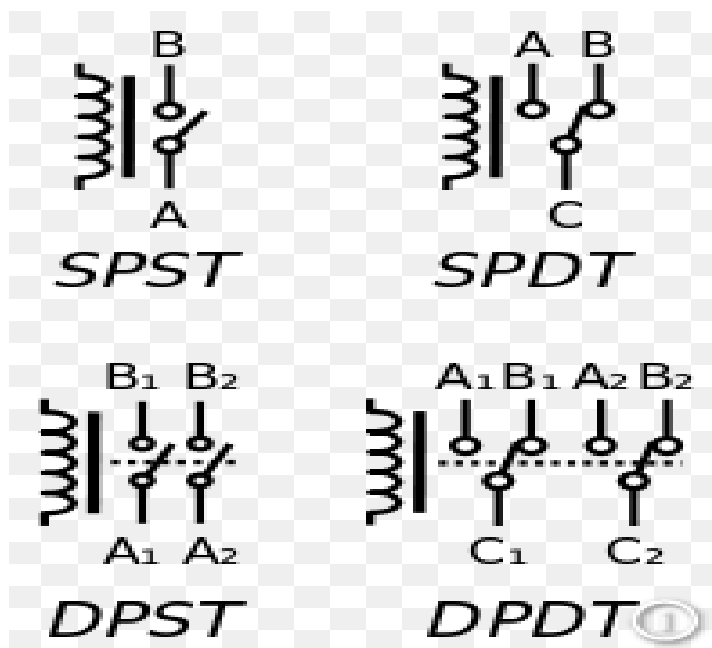
Annexe 7: Capture d'écran de la carte d'acquisition sur ISIS



Annexe 8: Les différents types de relais

Il existe 4 grandes familles de relais. Celle-ci est fonction des contacts, à savoir les relais :

- SPST : Single Pole Single Throw. Ce type de relais possède 4 broches au total ; 2 pour les contacts et 2 pour la bobine .Il ne peut commuter qu'une seule voie.
- SPDT : Single Pole Double throw. Ce relais possède un seul contact mais avec une borne commune comportant un contact normalement ouvert et un contact normalement fermé. Lorsque la bobine est excitée, nous entendons un petit bruit du genre « CLIC », la borne commune va se connecter sur le contact normalement ouvert qui se ferme et le contact normalement fermé s'ouvre. Dès que la bobine n'est plus excitée, le même bruit se produit et le relais revient à son état de repos. Il possède 5 broches au total ; 2 pour la bobine et 3 pour les contacts.
- DPST: Double Pole Single Throw. Ce relais est équivalent à 2 relais SPST qui fonctionnent ensemble pilotés par la même bobine. Nous pouvons par exemple commuter 2 circuits indépendants en même temps par la même action. Il possède 6 broches au total ; 2x2 pour les contacts, 2 pour la bobine.
- DPDT : Double Pole Double Throw. Ce relais est équivalent à 2 relais SPDT qui fonctionnent ensemble pilotés par la même bobine. Il possède 8 broches au total ; 2x3 pour les contacts et 2 pour la bobine.



Annexe 9: Explication sur les régulateurs de tension

Ils existent deux grandes familles des régulateurs de tensions LMXX. A savoir les régulateurs de tension 78 et 79. Cependant ceux dont la référence commence par 78 servent à stabiliser des tensions positives et les 79 les tensions négatives. Pour notre projet, nous allons nous focaliser sur le 78. Les lettres qui précèdent ces chiffres, à savoir LM, indiquent le constructeur. Les deux chiffres qui suivent les deux premiers, par exemple le 09 ou le 15, indiquent la valeur de la tension que le circuit intégré stabilise. [13]

Nous avons décidé d'alimenter notre carte arduino uno r3 avec une tension stable de 9 V et l'AOP de type μ A741 avec une tension stable de 15 V.

Pour ces raisons, nous utilisons deux types différents types de régulateur de tension : à savoir le 7815 et le 7809.

Les chutes de tension étant faibles, la carte imprimée n'aura pas de problème de surchauffe. En effet la dissipation de puissance est proportionnelle à la différence entre la tension d'entrée au niveau du régulateur de tension et sa tension de sortie. En outre, plus grande est la puissance dissipée, plus rapide la température maximale sera atteinte. Cela influencera de façon importante la tension à la sortie du régulateur.

Pour ces diverses raisons, nous utilisons deux types différents types de régulateur de tension. Il s'agit du régulateur de tension 7815 qui admet à son entrée une tension comprise entre [17-30] V, sortira une tension plus ou moins stable de 15V. Celui de 7809 qui a une tension d'entrée comprise entre [11,5-25] V, sortira une tension stable de 9V. De cette manière la puissance à dissiper sera répartie en deux. Les risques de brulures de notre régulateur de tension seront limités et aura peu d'influence sur la stabilité de la tension de sortie. A la sortie du régulateur de tension, la tension de sortie tant à être au maximum stable, Lorsque ce dernier délivre à sa sortie une tension qui n'est pas stable, grâce à son condensateur, cette erreur sera corrigée. Les régulateurs de tension utilisés dans le projet imposent des valeurs de condensateurs pour la fourniture d'une tension stable.

Annexe 10: Contacteur tétra polaire 25A 2NO + 2NC

Fiche produit Caractéristiques

A9C20838

Acti9, ICT contacteur 25A 2NO+2NF 220...240
50Hz



Principales

Application du contacteur	Allumage-chauffage-moteur
Gamme de produits	ICT
Type de produit ou de composant	Contacteur
Nom abrégé d'appareil	ICT
Description des pôles	4P
Composition des pôles	2F+2O
Type de réseau	C.A.
Catégorie d'emploi	AC-1 conformément à EN 60947-4-1 AC-3 conformément à EN 60947-4-1 AC-5A conformément à EN 60947-4-1 AC-5B conformément à EN 60947-4-1 AC-7A conformément à EN 61095 AC-7A conformément à IEC 1095 AC-7B conformément à EN 61095 AC-7B conformément à IEC 1095
Type de commande	Contrôle à distance
Tension circuit de commande	220/240 V c.a. 50 Hz

Complémentaires

[Ie] courant assigné d'emploi	25 A AC-7A 8.5 A AC-7B
Fréquence réseau	50/60 Hz
[Ue] tension assignée d'emploi	400 V c.a. 50 Hz
Puissance maximum	3.5 kW AC-7A: AC 50/60 Hz
[Ui] tension assignée d'isolement	500 V CA 50/60 Hz
[Uimp] tension assignée de tenue aux chocs	4 kV 4 kV
Type de signal de commande	Maintenu
Signalisation locale	Indicateur d'action
Mode d'installation	Fixe
Support de montage	Rail DIN symétrique 35 mm
Pas de 9 mm	4
Hauteur	81 mm
Largeur	36 mm
Profondeur	60 mm
Durée de vie électrique	200000 cycles c.a. 50/60 Hz conformément à EN 61095 200000 cycles c.a. 50/60 Hz conformément à IEC 1095
Mode de raccordement	Circuit de puissance: 2 bornes type tunnel 2,5 mm ² pour souple câble(s) Circuit de puissance: 1 bornes type tunnel 6 mm ² pour rigide câble(s) Télécommande: 2 bornes type tunnel 2,5 mm ² pour souple câble(s) Télécommande: 2 bornes type tunnel 1,5 mm ² pour rigide câble(s)
Couple de serrage	0.8 N.m control circuit: 1.2 N.m circuit de puissance:
Compatibilité produit	IACTc IACTp IACTs IATEI

Environnement

Normes	EN 61095 IEC 1095
Intensité du signal sonore	30 dB
Dissipation thermique	1,6 W
Degré de protection IP	IP40
Niveau de pollution	3
Tropicalisation	2 conformément à EN 60947-4-1 2 conformément à EN 61095 2 conformément à IEC 1095
Humidité relative	55 °C
Altitude de fonctionnement	2000 m
Température de fonctionnement	-5...60 °C
Température ambiante pour le stockage	-40...70 °C

Annexe 11: Les possibilités d'alimentation de la carte arduino uno r3

<p>Entrée 1 : A cette entrée, différentes tensions ne sont pas autorisées. Elle doit être exclusivement alimentée par une tension de 5V provenant d'un câble USB. En général, l'alimentation par le câble USB fournit un courant compris entre 250-500 mA soit résolu. Cette entrée est utilisée pour téléverser le programme dans la carte arduino uno r3.</p>	<p>Entrée 2 : La tension d'alimentation de cette entrée varie entre 6 – 20 V, cependant l'alimentation recommandée par le fabricant est 7 – 12 V. Pour cette raison, le choix d'alimentation choisi est de 9 V.</p>
<p>Entrée 3 : Cette entrée permet d'alimenter directement un circuit externe à la carte arduino uno r3 par une tension stable de 5 V.</p>	<p>Entrée 4 : L'entrée Vin joue deux rôles.</p> <ul style="list-style-type: none">• Pour l'alimentation interne de la carte,• Pour l'alimentation externe de la carte. Elle utilise la tension provenant de l'entrée 2.

Annexe 12: Programme

```
2
3 #include <LiquidCrystal.h>
4
5 int etat = -1;
6 const int N1 = 7;
7 const int N2 = 8;
8 const int N3 = 9;
9
10 float Bat1;
11 float Bat2;
12 float tension = 0.0;
13 float mesure = 0.0;
14 float TensionBat = 0.0;
15
16 LiquidCrystal lcd(11,10,5,4,3,2);
17
18 void setup() {
19   // put your setup code here, to run once:
20   pinMode(N1, OUTPUT) ;
21   digitalWrite(N1,HIGH);
22   pinMode(N2, OUTPUT) ;
23   digitalWrite(N2,HIGH);
24   pinMode(N3, OUTPUT) ;
25   digitalWrite(N3,HIGH);
26
27   Serial.begin(9600);
28   lcd.begin(20,4);
29 }
30
```



Annexe 13: Réalisation de la carte imprimée

