

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : Electrotechnique
Option : Energies renouvelables

Réf:.....

**Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme :**

MASTER

Thème

**Conception d'un système photovoltaïque hybride
Pour le standard de la FST – université de Biskra**

**Présenté par :
Merabti Youcef
Soutenu le : 31 Juin 2016**

Devant le jury composé de :

MrCHERIET Ahmed...

MrBENMEDDOUR Mostefa

MmeLAALA Widad

Pr

MCB

MAA

Président

Encadreur

Examineur

Année universitaire : 2015 / 2016

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : Electrotechnique
Option : Energies renouvelables

Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme:

MASTER

Thème

Conception d'un système photovoltaïque hybride
Pour le standard de la FST – Université de Biskra

Présenté par :

Merabti Youcef

Avis favorable de l'encadreur :

BENMEDDOUR Mostefa

Signature

Avis favorable du Président du Jury

Pr. CHERIET Ahmed

Signature

Cachet et signature

1-1 Introduction

Dans ce chapitre on s'intéresse à l'énergie photovoltaïque et ces différents systèmes qu'on va détailler par la suite.

On va expliquer les principaux constituants d'un système photovoltaïque, le fonctionnement de chacun avec ses caractéristiques et les critères de choix.

Nous allons citer les différentes applications des systèmes photovoltaïques et parmi eux on va sélectionner une application dite : application d'un système hybride autonome avec une charge AC.

1-2 Principe de la conversion PV

La conversion de la lumière en électricité, appelée **effet photovoltaïque**, a été découverte par E. Becquerel en 1839. Cette conversion d'énergie peut s'effectuer par le biais d'un capteur constitué de matériaux sensibles à l'énergie contenue dans les photons [3].

Ce capteur se présente à l'échelle élémentaire sous forme d'une cellule nommée cellule photovoltaïque (PV).

La quantité d'énergie Électrique ainsi générée peut varier en fonction du matériau utilisé, des paramètres géométriques du capteur et de sa capacité à collecter les électrons avant qu'ils ne se recombinent dans le matériau.

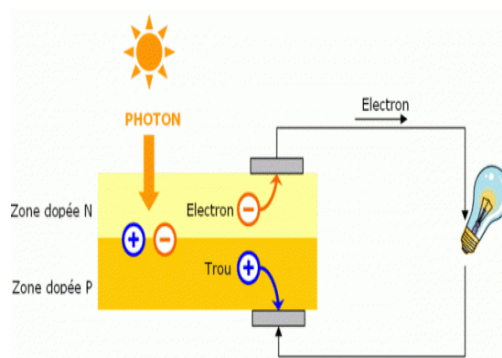


Fig. 1-1 principe de l'effet photo voltaïque [3].

L'association possible de plusieurs cellules PV en série/parallèle permet d'adapter théoriquement la production d'énergie photovoltaïque à la demande.

Ces associations constituent un générateur photovoltaïque (GPV) avec des caractéristiques courant-tension $I(V)$ spécifiques, non-linéaires et présentant des points de puissance maximale (PPM) dépendant du niveau d'éclairement, de la température de la cellule ainsi que du vieillissement de l'ensemble. Pour pouvoir « récolter » et utiliser cette énergie, la

connexion à une charge est nécessaire. Il en résulte un point de fonctionnement correspondant au point d'intersection des caractéristiques électriques du GPV et de la charge.

1-3 Domaines d'application de l'énergie photovoltaïque

L'énergie photovoltaïque est exploitée dans une large gamme d'applications :

- ✓ électrification rurale (éclairage, réfrigération...),
- ✓ télécommunications (relais hertzien, relais T.V., relais radiotéléphone...),
- ✓ pompage,
- ✓ signalisation (routière, aérienne, maritime...),
- ✓ détection,
- ✓ protection (commandes de vannes de sécurité, système d'alarme...),
- ✓ stations de mesures (stations automatiques météorologiques, mesures de débit, de niveau, comptage de trafic),... [4]

1-4 Modes d'exploitation d'un système photovoltaïque

On distingue trois modes d'exploitation d'un système PV : autonome, connecté au réseau et hybride.

1-4-1 Mode autonome

En mode autonome, le générateur photovoltaïque représente la seule source d'énergie électrique pour alimenter des récepteurs. Ce mode est adopté lorsque le réseau n'est pas disponible ou lorsque le fonctionnement des récepteurs dépend uniquement du fil de soleil (pompage, éclairage, climatisation, chauffage, etc.). La figure suivante explique ce mode. [4]

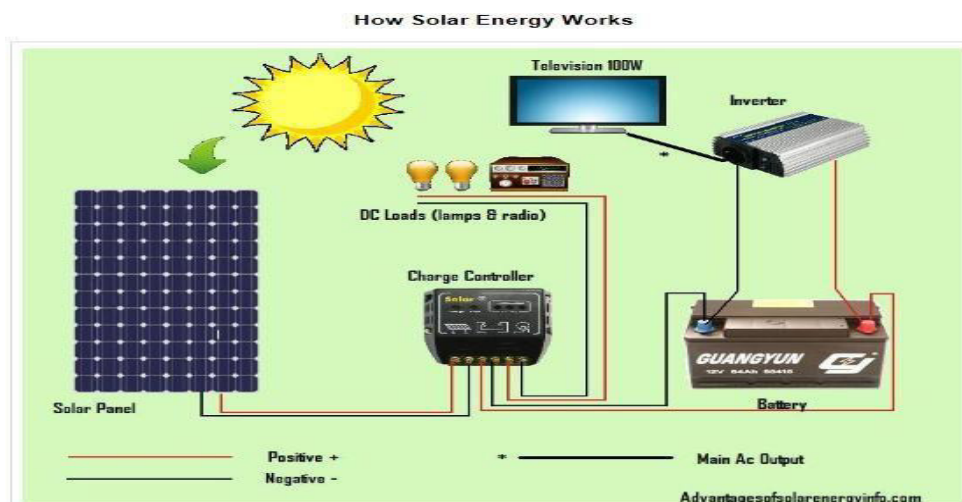


Fig. 1-2 schéma d'un système photovoltaïque en mode autonome

a- Pompage de l'eau

Dans ce cas d'application, le fonctionnement se fait généralement au fil du soleil. Ainsi, le panneau PV alimente directement une pompe à travers un onduleur ; et ce tant que la puissance de sortie du panneau est capable de faire fonctionner la pompe.

Ce mode est plus efficace lorsqu'un stockage de l'eau est toujours possible. Un système de pompage d'eau peut être représenté par la figure ci-contre. [3]

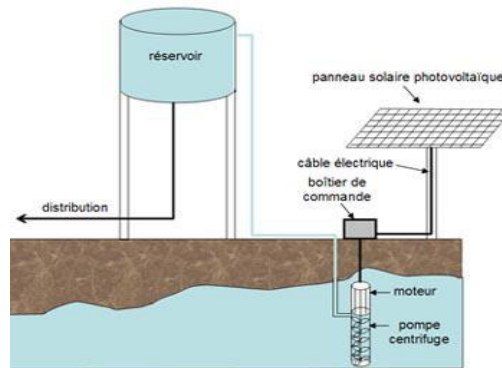


Fig. 1-3 schéma d'un système photovoltaïque en mode autonome (pompage)

b- Centrales photovoltaïques

Une centrale photovoltaïque est un ensemble de panneaux photovoltaïques connectés en séries ou en parallèles en vue de délivrer une puissance élevée.

Ce type de centrales est généralement utilisé pour **l'électrification** des régions éloignées du réseau et avec le minimum de coût. L'énergie offerte par les panneaux photovoltaïques passe par un étage hacheur et MPPT pour tirer le maximum d'énergie, un filtre et un onduleur ce qui garantit une énergie délivrée en continue et en alternatif. La figure suivante donne le principe de ces centrales.



Fig. 1-4 schéma d'un système photovoltaïque en mode autonome (centrales)

1-4-2 Mode connecté au réseau

Dans ce mode, le panneau PV est connecté au réseau électrique. Le système photovoltaïque est muni de convertisseurs de puissance pour adapter l'énergie produite par les panneaux PV. Ces convertisseurs sont composés d'un hacheur muni d'un MPPT, d'un filtre, d'un onduleur et d'une électronique appropriée pour assurer l'adaptation en amplitude et en fréquence avec le réseau (accrochage au réseau) comme le montre la figure suivante. [4]

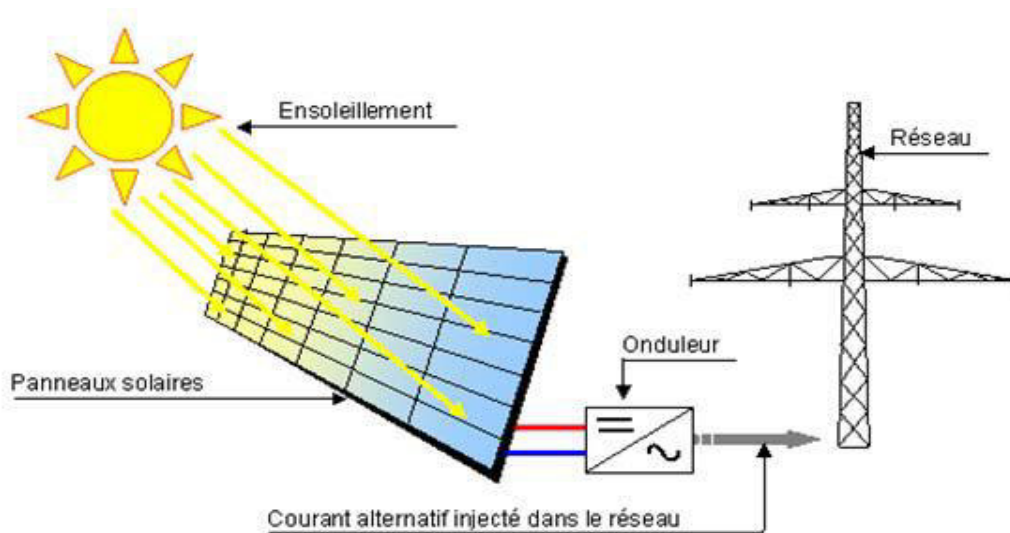


Fig. 1-5 mode d'exploitation d'un système photovoltaïque (connecté au réseau)

1-4-3 Mode hybride

Un système d'énergie hybride comporte plus qu'une source d'électricité tel que les panneaux photovoltaïques, les piles à combustibles, les générateurs éoliens, les batteries de stockage, les groupes électrogènes...etc. Ce type d'installation est utilisé pour l'électrification des régions loin du réseau.

Il existe plusieurs configurations de ces systèmes :

- PV/thermique,
- PV/batterie,
- PV/piles à combustibles,
- PV/éolienne/batterie,
- PV/éolienne,
- PV/groupe électrogène.

Le choix se base essentiellement selon les caractéristiques météorologiques du site d'implantation. Les systèmes hybrides connectés au réseau ont pour but de renforcer la source principale d'électricité alimentant le réseau. Ils sont généralement à base de sources d'énergie renouvelables tel que : les panneaux photovoltaïques, les éoliennes, les piles à combustibles, les batteries de stockage, les groupes électrogènes (figure ci-dessous). [3]

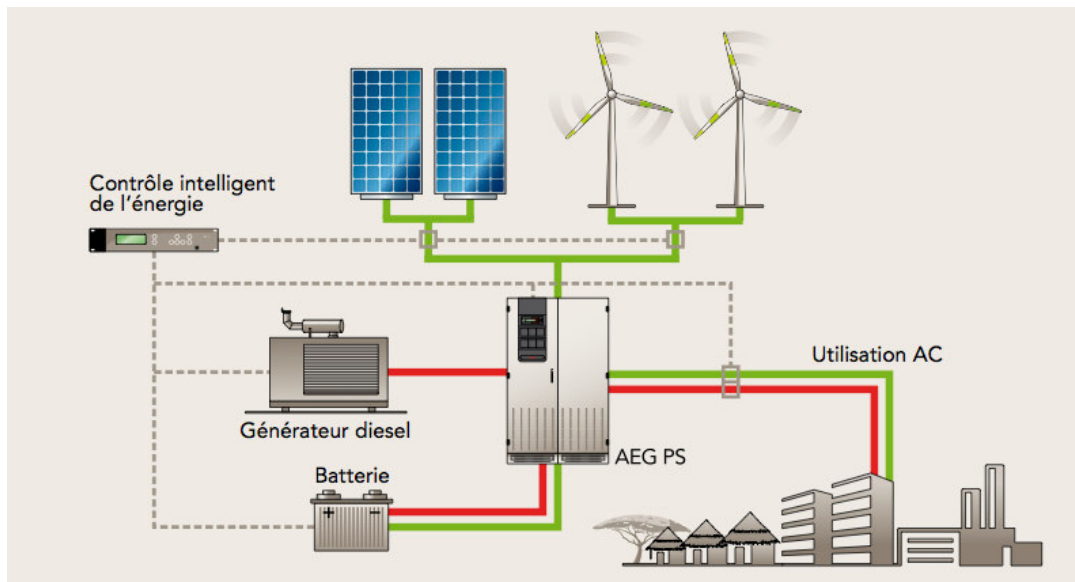


Fig. 1-6 mode d'exploitation d'un système photovoltaïque (hybride)

1-5 Constitution d'un système photovoltaïque

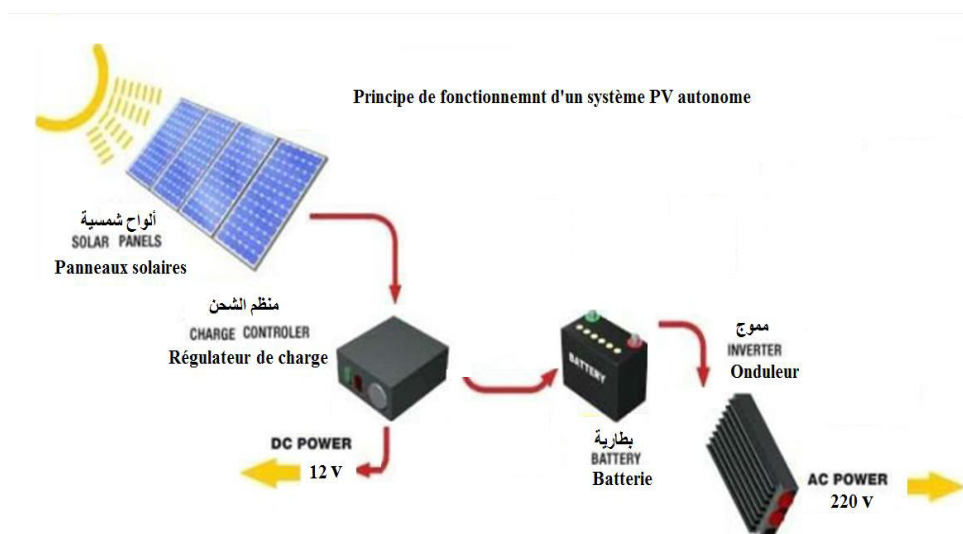


Fig. 1-7 Principe de fonctionnement d'un système photovoltaïque (model A)

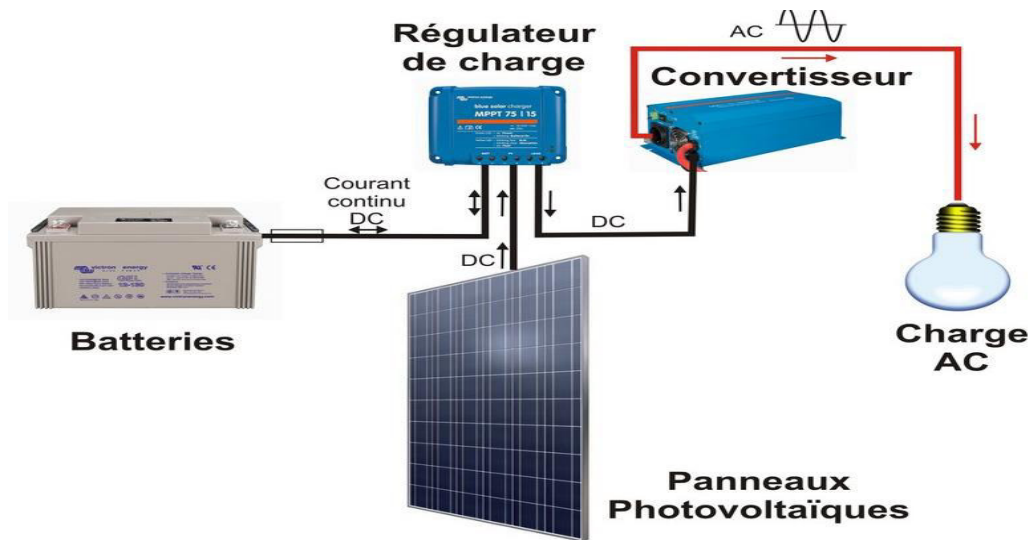


Fig. 1-8 Principe de fonctionnement d'un système photovoltaïque (model B)

D'après les schémas ci-dessus on constate que n'importe quel système solaire autonome doit être composé des éléments nécessaires suivants :

- Panneaux solaires
- Batteries
- Onduleur
- Régulateur de charge
- Charge DC ou AC

1-5-1 Panneaux solaire photovoltaïque

Le panneau solaire est un dispositif qui produit de l'électricité contenu à travers les rayonnement de lumière qu'il a absorbé.

La structure des panneaux solaires photovoltaïques est la même : une couche de cellules de silicium est placée entre une plaque de verre trempé et un film polymère.

1-5-1-1 Type des panneaux solaires

Selon la nature de leurs cellules de silicium, on distingue trois types de panneaux solaires photovoltaïques.

a- Panneaux à cellules monocristallines :

On appelle cellule monocristalline une cellule issue d'un bloc de silicium cristallisé en un seul cristal. Ce genre de cellule est rond, parfois presque carré, et possède une couleur uniforme (figure 3-9).

Les panneaux à cellules monocristallines offrent un rendement de **14 à 18%**, Leur méthode de production restant complexe et **coûteuse** (il faut beaucoup d'énergie pour obtenir du cristal de silicium pur), ces panneaux sont donc **chers**.



Fig. 1-9 cellules monocristallines..

b- Panneaux à cellules poly cristallines :

Les cellules poly cristallines sont issues d'un bloc de silicium cristallisé en cristaux multiples. Elles ont souvent un aspect rectangulaire (Fig. 3-10).

Les panneaux solaires à cellules poly cristallines ont un rendement plus faible que ceux à cellules monocristallines (**de 11 à 15%**).

Leur coût de production étant **moins élevé**, elles offrent le meilleur rapport **qualité/prix**.



Fig. 1-10 cellules poly cristallines..

c- Panneaux à silicium amorphe :

Les cellules photovoltaïques amorphes sont produites à partir d'un « gaz de silicium », qui est projeté sur du verre, du plastique souple ou du métal, par un procédé de vaporisation sous vide. Cette technique permet d'utiliser des couches très minces de silicium. (Fig. 3-11)

Les cellules photovoltaïques amorphes sont **moins coûteuses** à produire que les précédentes, mais leur rendement n'est que de **7 à 9%**. [5]



Fig. 1-11 cellules amorphe

1-5-1-2 Caractéristiques des panneaux solaires

Chaque panneau solaire a des caractéristiques qui sont fournies par le fabricant ; sur leur dessous, normalement, une étiquette les rappelle. Les caractéristiques qui nous intéressent sont (abrégée en Anglais) :

- **la tension nominale** (nominal voltage) : de 12 V ou 24 V.
- **la puissance nominale** (nominal potential power - WP) : c'est la puissance maximum qu'il peut fournir à la tension nominale ; c'est celle qui est indiquée sur les brochures.
- **l'intensité de court-circuit** (short-circuit current - I_{sc}) : c'est l'intensité maximum du courant délivré par le panneau ; elle permet de dimensionner le régulateur.
- **la tension maximum ou de charge** (maximum power voltage - V_{pm}) : c'est la tension qui permet de délivrer la puissance maximum réelle ; en éclairage maximum, c'est cette tension qui est en entrée du régulateur.

- **l'intensité maximum ou de charge** (maximum power current - I_{pm}) c'est l'intensité observée à la tension de charge ; en éclaircissement maximum, c'est ce courant qui est en entrée du régulateur.
- **les dimensions du panneau solaire : longueur et largeur**
- **le rendement des cellules** ; 15% est une bonne valeur
- **la section des fils de raccordement** : dépend des paramètres d'utilisation.

1-5-2 Régulateur solaire

Le régulateur est le cœur du système photovoltaïque : il contrôle les flux d'énergie. Il sert à protéger la batterie contre les surcharges (solaires), les décharges profondes (utilisateur) et le court-circuit. De cette façon, le régulateur prolonge la durée de vie de la batterie. Il doit également assurer la surveillance et la sécurité de l'installation (alarmes, fusibles, inversions de polarité). Dans les systèmes plus élaborés, il peut aussi commander la recharge par d'autres sources d'énergie (génératrice d'appoint). Dans certains cas, il peut réaliser un conditionnement de puissance (recherche du point de puissance maximum, MPPT). [6]

Fonctionnalités avancées :

- Possibilité de connexion à un ordinateur
- Déclenchement d'alarmes (signal sonore, e-mail ou même SMS)
- Enregistrement de données
- Choix du mode de charge (recharge rapide, veille...)
- Déclenchement automatique de sources d'énergie complémentaires : groupe électrogène ou réseau électrique.

Les différentes technologies pour les régulateurs

Il existe 3 grandes sortes de régulateurs :

- **Le régulateur shunt** : il court-circuite les panneaux en cas de surcharge de la batterie et convient aux **petites installations**
- **Le régulateur série** : il ouvre le circuit en cas de surcharge et est adapté aux installations photovoltaïques de **grande taille**
- **Le régulateur MPPT** (Maximum Power Point Tracking, soit recherche du point de puissance maximum) : cette technologie récente permet d'accroître la rentabilité du photovoltaïque en produisant 15% à 30% d'énergie. L'intérêt de ce régulateur tient également dans le fait qu'il prolonge davantage la durée de vie de la batterie.

Choix du régulateur solaire

Une fois la technologie la plus adaptée identifiée, il faut s'attacher au dimensionnement du régulateur photovoltaïque. Celui-ci dépend de 2 critères principaux :

- **La tension nominale** doit correspondre à celle qui existe entre les panneaux et la batterie photovoltaïque : 12, 24 ou 48 Volts
- **L'intensité maximale admissible** par le circuit d'entrée du régulateur doit être supérieure à l'intensité du courant produit par les panneaux solaires. Cela vaut également pour le circuit de sortie.

Ainsi, une fois tous ces aspects techniques pris en compte, il ne restera qu'à comparer les offres pour trouver le meilleur prix pour un régulateur photovoltaïque.

1-5-3 Batterie solaire

Pour faire fonctionner un système (maison, machine...) uniquement à l'énergie solaire, il est indispensable de s'équiper d'une batterie photovoltaïque. Il faut en effet pouvoir stocker de l'énergie pour la nuit ou les périodes **moins ensoleillées**. Les batteries solaires sont obligatoires pour une installation **autonome**.

1-5-3-1 Type des batteries solaires

On distingue généralement trois types de batteries solaires

a- Batterie à plomb ou liquide



Fig. 1-12 Batterie à plomb ou liquide

b- Batterie à Gel ou AGM



Fig. 1-13 Batterie à Gel ou AGM

c- Batterie au lithium ion

**Fig. 1-14 Batterie au lithium ion****1-5-3-2 Principales caractéristiques des batteries solaires**

Les batteries utilisées pour les installations photovoltaïques sont appelées batteries stationnaires ou à décharge profonde. Ce sont des batteries au plomb qui utilisent comme conducteur une solution d'acide sulfurique aussi appelée électrolyte. [6]

Elles sont capables d'injecter un courant stable pendant de longues périodes (comme la nuit par exemple) et peuvent se décharger et se recharger très fréquemment (c'est ce qu'on appelle des cycles) sans se détériorer. Leur durée de vie est général supérieure à 8 ans.

Pour les installations photovoltaïques, il est recommandé d'utiliser des batteries correspondant aux critères suivants :

Profondeur de décharge de 60 à 80% et Minimum de 400 cycles

Batteries à électrolyte liquide, aussi appelées batteries AGM ou à électrolyte gélifié, ou batteries GEL

. Comparaison entre les batteries GEL et AGM

Les batteries **AGM** ont une intensité maximale légèrement supérieure aux batteries **GEL** car les électrons se déplacent plus facilement en milieu liquide.

Le rendement d'une batterie photovoltaïque AGM sera donc légèrement meilleur que celui d'une batterie GEL. De plus, elles sont en principe plus tolérantes aux erreurs de manipulation.

Les batteries GEL, quant à elles, ont l'avantage d'éviter tout risque d'écoulement et demandent moins d'efforts de maintenance.

Concernant le prix des batteries photovoltaïques, celui-ci est assez élevé. Les échelles sont à peu près les mêmes selon que l'on choisisse une batterie GEL ou AGM. Le prix augmente en fonction de l'autonomie souhaitée, indiquée en AH (ampères-heures).

Grâce à une batterie solaire et si l'ensoleillement est suffisant, l'installation photovoltaïque pourra être autonome. En revanche, si l'installation est connectée au réseau de distribution d'électricité, il est économiquement plus avantageux de se passer d'une batterie et de vendre les surplus d'électricité aux réseaux électriques.

1-5-3-3 Raccordement de batteries

Dans les systèmes photovoltaïques on utilise trois types de raccordement des batteries

a- Raccordement série

Dans ce type on doit augmenter la tension des batteries afin d'obtenir la tension voulu 12, 24 ou 48V mais la capacité reste telle quelle est.

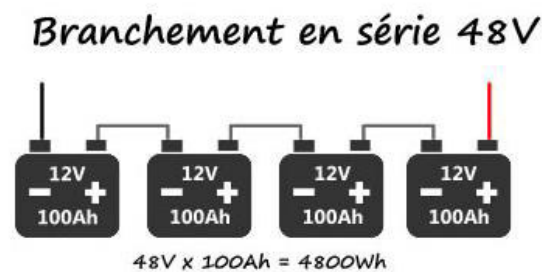
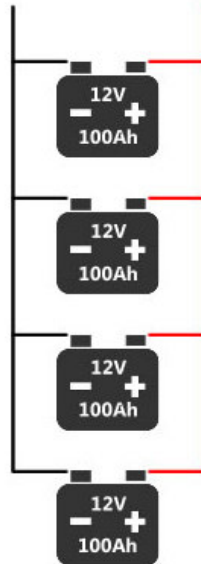


Fig. 1-15 raccordements des batteries en série

b-Raccordement parallèle

Le cas contraire ici on veut augmenter la capacité des batteries tandis que et la tension ne change plus.

Branchement en parallèle 12V



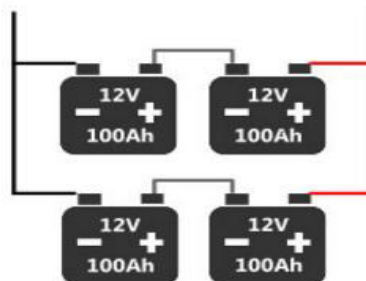
$$12V \times 400 \text{ Ah} = 4800\text{Wh}$$

Fig. 1-16 raccordement des batteries en

b- Raccordement mixte ou (série parallèle)

Dans ce cas on joue sur les deux grandeurs tension et capacité selon les besoins alors on va raccorder un ensemble en série pour avoir une telle tension (24V ou 48V par exemple) et le même autre ensemble en parallèle pour augmenter la capacité (Ah). [6]

Branchement en série et parallèle 24V



$$(24V \times 100\text{Ah}) \times 2 = 4800\text{Wh}$$

Fig. 1-17 raccordement des batteries en mixte ou sérié/parallèle

1-5-4 Onduleur solaire

Un onduleur est un dispositif d'électronique de puissance permettant de fournir des tensions alternatif avec une fréquence fixe ou ajustable à partir d'une source d'énergie électrique de tension contenu. Avec même puissance presque, L'onduleur est un convertisseur statique de type continu/alternatif.

1-5-4-1 Type d'onduleur solaire

On peut distinguer deux types d'onduleurs utilisés dans les énergies renouvelables, onduleurs autonomes et les onduleurs connectés au réseau, Il existe aussi les onduleurs hybrides ou intelligents

- a- Onduleurs autonomes** : il fournit une tension alternative à partir d'une source contenu (batterie ou panneau).
- b- Onduleurs non autonomes (connecté au réseau)** : il doit être connecté au réseau et à la source contenue pour délivrer une tension alternative et possibilité de l'injecter au réseau électrique [5]
- c- Onduleurs hybrides ou intelligents (onduleur solaire)** : est une nouvelle génération dédiée aux applications d'énergie renouvelable pour l'autoconsommation et en particulier pour les panneaux solaires photovoltaïques (onduleur solaire). L'énergie des panneaux solaires photovoltaïques est active seulement pendant la journée et essentiellement lorsque le Soleil est au zénith, Ce type est conseillé pour le pompage.

1-5-4-2 Caractéristiques d'onduleur solaire

Un onduleur solaire se caractérise généralement par :

- ✓ Puissance nominale
- ✓ Puissance au pic (puissance au démarrage qui doit être plus)
- ✓ Forme d'onde (purement sinusoïdale ou carrée)
- ✓ Tension d'entrée
- ✓ Tension de sortie
- ✓ Plage de tension d'entrée
- ✓ Protection contre : Court-circuit, surcharge, température élevée, baisse tension de batterie
- ✓ Température de fonctionnement

1-5-4-3 Critères de choix d'un onduleur solaire

On a plusieurs critères pour choisir un onduleur solaire certains sont indispensables et d'autres sont optionnelles

Les critères indispensables sont :

- Puissance électrique
- Tension d'entrée
- Tension de sortie
- Forme d'onde

Les critères optionnels sont généralement :

- Puissance de pic
- Plage de tension d'entrée
- Protection contre le court-circuit
- Protection contre la surcharge
- Protection contre la baisse tension d'entre
- Protection contre la température élevée
- Incorporation d'un régulateur de charge (pompage photovoltaïque)

Le prix de l'onduleur est fonction de tous ces critères

Conclusion

Dans ce chapitre on présenter la théorie concernant les systèmes photovoltaïques et ces applications ainsi que les éléments nécessaires d'un système photovoltaïque autonome.

Le chapitre suivant fera l'objet de l'étude théorique du système PV autonome.

2.1 Introduction

Dans Ce chapitre on va entamer une étude théorique de l'alimentation hybride de notre charge (standard Téléphonique).

Hybride veut dire qu'on a trois sources de tensions et qu'il faut déterminer les paramètres de chacune de ces sources :

- a) réseau électrique nationale (220V - 50Hz)
- b) groupe électrogène (220V -50Hz)
- c) onduleur solaire (220V -50Hz)

Pour relier ces trois sources on a besoin d'utiliser deux armoires

- ❖ l'une dite **armoire solaire** pour délivrer une source de tension 220V 50Hz à partir d'un système solaire (panneaux, batteries, régulateur et onduleur).
- ❖ La deuxième dite **armoire de commutation** contenant des éléments de commutation (contacteurs, contacteurs auxiliaires et photo cellules) pour raccorder la charge normalement à une des sources.

Alors on commence par les détails de la charge, sa puissance et sa durée de fonctionnement pour déterminer les éléments de notre **armoire solaire** concernant le type et le nombre de **panneaux solaires**, le type et le nombre de **batteries** le type et les caractéristiques du **régulateur** ainsi que le type et les caractéristiques **de l'onduleur**.

Donc on a besoin de dimensionner notre système photo voltaïque afin de réaliser cette armoire solaire ou bien cette source de tension. Pour cela on a besoin de détailler la procédure de dimensionnement à partir de nos données (besoins énergétiques) pour obtenir des résultats précis.

Ensuite on va aborder une étude approfondi sur l'armoire de commutation par le circuit de puissance et de commande, qui va Contrôler les trois sources d'une manière automatique ou manuelle sans aucune erreur de faire fonctionner deux ou trois source en parallèles.

Finalement il faut aussi schématiser nos deux armoires afin d'expliquer le principe de fonctionnement de chacune.

2.2 Dimensionnement du système

Le dimensionnement du système photovoltaïque ou de l'armoire solaire suit une démarche par étapes que l'on peut résumer comme suit :

-Etape 1 : **Détermination des besoins de l'utilisateur**

- Puissance nominale des appareils
- Durée d'utilisation pour chaque appareil

-Etape 2 : **Energie solaire récupérable selon l'emplacement et la situation Géographique.**

- ◆ Latitude
- ◆ Longitude
- ◆ L'altitude
- ◆ L'angle d'inclinaison
- ◆ L'orientation

-Etape 3 : **Dimensionnement du générateur solaire**

- Tension de fonctionnement du système
- Puissance crête à installer
- Panneaux solaires à utiliser (caractéristiques et nombres)

-Etape 5 : **choix du régulateur**

- ◆ Choix technico-économique
- ◆ Technologie utilisé

-Etape 6 : **Détermination des batteries**

-Etape 7 : **Choix de l'onduleur**

-Etape 8 : **Choix des câbles**

-Etape 9 : **Protection du system photovoltaïque**

Ces étapes de dimensionnement sont résumées par l'organigramme suivant :

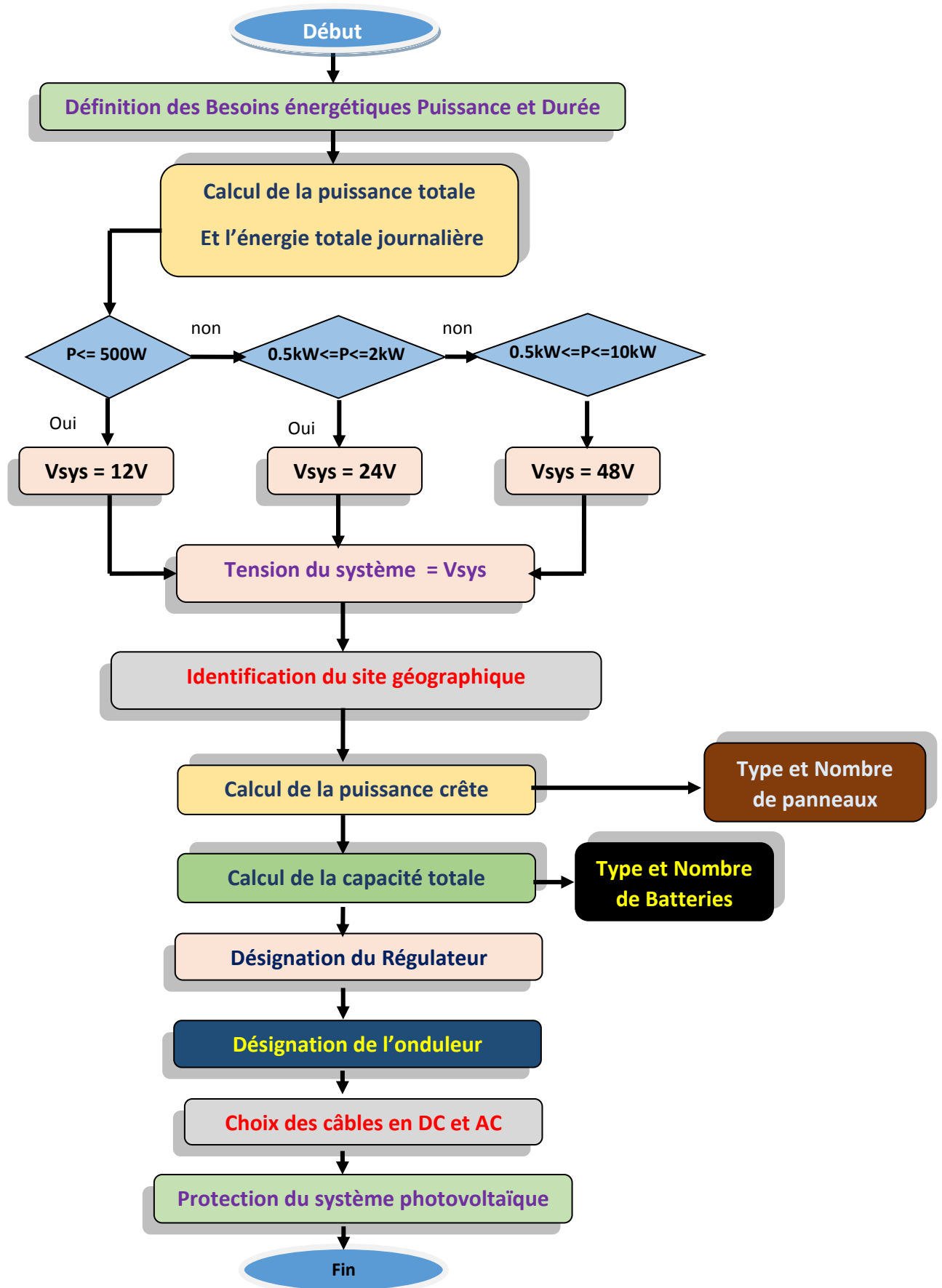


Fig. 2-1 Organigramme de détermination du système PV

2.3 Explication de l'organigramme

Dans l'organigramme on voit qu'on a suivi les mêmes étapes pour notre calcul ou bien la même procédure ci-dessus.

D'abord on va définir les besoins énergétiques c.à.d chaque charge avec sa puissance et sa durée d'utilisation ensuite on va calculer **la puissance totale** et **l'énergie totale journalière**, et selon ces deux valeurs on va déterminer **la puissance crête totale**, cette dernière nous aide à trouver le type et le nombre de panneaux solaires.

Une fois on a déterminé le nombre de panneaux on détermine alors le nombre de batteries sans oublier l'autonomie et la profondeur de décharge, ainsi que la technologie utilisée.

Maintenant on va passer au choix du régulateur de point de vue Tension utilisée, courant max des panneaux et technologie de construction plus le choix de la firme ou constructeur.

Même chose pour l'onduleur on doit choisir sa puissance, son courant et tension d'entrée puis le courant et la tension de sortie, et le rendement.

Et avant de finir les étapes par la protection du système photovoltaïque (équipement et personnes) il ne faut jamais oublier de déterminer les sections des câbles nécessaires dans les deux côtés DC et AC.

2.4 Etude de l'armoire solaire

Afin de déterminer les éléments de l'armoire solaire il faut d'abord faire une étude théorique concernant :

- ✓ le nombre et le type de panneaux nécessaires
- ✓ le nombre et le type des batteries nécessaires
- ✓ les caractéristiques du Régulateur utilisé
- ✓ les caractéristiques d'onduleur utilisé
- ✓ la section des câbles utilisés dans les deux cotés DC et AC
- ✓ la protection des éléments de l'armoire

Alors on doit commencer comme il est expliqué dans l'organigramme par le calcul des besoins énergétiques concernant la charge (standard de faculté)

La charge contient les éléments détaillés dans le tableau suivant :

N°	Désignation	Nb	P. unitaire (W)
1	standard Téléphonique	1	110
2	Pc	3	150
3	Imprimante	3	50
4	photocopieur	1	100
5	Télésurveillance	1	100
6	Téléviseur	1	50
7	Réfrigérateur	1	100
8	Lampes	32	18
9	Prises	8	50
10	fax	2	55
11	démodulateur	1	60

Tableau 2.1 Besoins énergétiques

Les valeurs du tableau sont obtenus par testes (pince ampérométrique)

Une fois on a déterminé la puissance de chaque élément on doit connaître la durée de fonctionnement de chacun afin de calculer la puissance et l'énergie totale de tous les récepteurs du standard téléphonique.

Il faut calculer la puissance totale consommée de tous les éléments existants par la formule suivante :

$$P_{tot} = \sum_{i=1}^n P_i \quad 2-1$$

Avec :

n : représente le nombre des éléments

P_i : représente la puissance de chaque élément

Alors on aura les résultats récapitulés dans le tableau suivant :

Num	Désignation	Nb	P. Unitaire (W)	P. Totale (W)
1	standard Téléphonique	1	110	110
2	Ordinateur	3	150	450
3	Imprimante	3	50	150
4	Photocopieur	1	100	100
5	Télésurveillance	1	100	100
6	Téléviseur	1	50	50
	Réfrigérateur	1	100	100
8	Lampes	32	18	576
9	Prises	8	50	400
10	fax	2	55	110
11	démodulateurs	1	60	60
				2206

Tableau 2.2 Besoins énergétiques et puissance totale des éléments

Donc : $P_{tot} = 2206 \text{ W}$

Revenant maintenant à l'énergie totale journalière selon la formule suivante et d'après la puissance et la durée d'utilisation pour chaque élément :

$$E_{tj i} = P_i \times Nh_i \quad 2-2$$

Tels que :

Nh_i : représente le nombre d'heure d'utilisation de chaque élément

P_i : représente la puissance consommée par chaque élément

$E_{Tj i}$: représente l'énergie journalière de chaque élément

L'énergie de chaque élément est le produit de sa puissance par le nombre d'heures d'utilisation.

$$E_{tj} = \sum_{i=1}^n E_{tj i} \quad 2-3$$

Avec

E_{Tj} : Energie totale journalière de tous les éléments

Donc d'après les calculs on a les résultats récapitulés dans le tableau suivants :

num	Désignation	Nb	P.unitaire (W)	Nh	P.Totale (W)	Energie.T.Journalière (Wh)
1	standard Téléphonique	1	110	10	110	1100
2	Ordinateur	3	150	4	450	1800
3	Imprimante	3	50	1	150	150
4	photocopieur	1	100	12	100	1200
5	Télésurveillance	1	100	20	100	2000
6	Téléviseur	1	50	4	50	200
7	Réfrigérateur	1	100	4	100	400
8	Lampes	32	18	10	576	5760
9	Prises	8	50	2	400	800
10	fax	2	55	2	110	220
11	démodulateurs	1	60	2	60	120
					2206	13750

Tableau 2.3 Energie totale journalière Demandée

Dans notre cas :

- L'énergie totale journalière est égale à **13750 Wh**
- La puissance totale journalière est égale à **2206 W**

A partir de ces deux valeurs on doit déterminer les autres paramètres de l'armoire solaire : panneaux, batterie, régulateur, onduleur ...etc.

2-4-1 Détermination de la tension de fonctionnement

La tension de fonctionnement d'un système photo voltaïque se détermine à partir de la valeur de la puissance totale calculée de la charge selon le tableau suivant :

Puissance totale	0..500 W	500W - 2000W	2000W-10000W	Plus que 10kW
Tension du système	12V	24V	48V	96V ou plus

Tableau2.4 tension du système en fonction de la puissance totale

D'après le tableau, la puissance totale de la charge (2206 W) nécessite une tension du système **V_{sys} = 48v**

2-4-2 Détermination des panneaux solaires

D'abord on va calculer la puissance crête totale de notre système à partir de la formule suivante :

$$P_{cr} = \frac{E_{tj}}{Ens \times Fc} \quad 2-4$$

Ou

P_{cr} : est la puissance crête totale de l'installation, elle est en fonction de trois facteurs qui sont :

E_{tj} : L'énergie totale journalière, déjà calculée = 13750 Wh

Fc : facteur de correction du système (de 0.55 à 0.7)

Ens : ensoleillement journalier du site (Biskra) qu'on va extraire des données climatiques ou géographiques du site. Selon la figure suivante

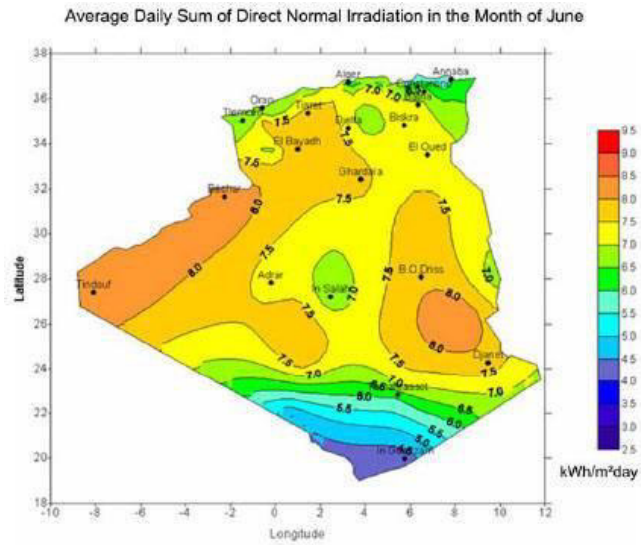


Fig.2-2 ensoleillement moyenne journalier de Biskra

Alors si on fait l'application numérique de cette formule dont :

$$E_{ns} = 5 \text{ Wh/m}^2/\text{j} \quad \text{et} \quad F_c = 0.65$$

On aura la valeur suivante

$$P_{cr} = 13750 / (5 \times 0.65)$$

$$P_{cr} = 3526 \text{ Wc}$$

Cette valeur nous aide à déterminer le nombre de panneaux nécessaire en fonction des types de panneau à choisir c.a.d :

Si on va choisir des panneaux de 250Wc on doit diviser P_{cr} par 250 pour trouver le nombre exacte des panneaux.

Donc on aura besoin de 14 panneaux de 250Wc.

2-4-3 Détermination des batteries solaires

Pour déterminer le nombre de batteries nécessaires il faut d'abord calculer la capacité totale nécessaire au système selon la formule suivante :

$$C_t = \frac{E_{tj} \times Auto}{V_{sys} \times Pd} \quad 2-5$$

Avec :

Auto : nombre de jour d'autonomie de la région.

V_{sys} : Tension de fonctionnement du système.

Pd : profondeur de décharge des batteries.

Pour l'application numérique on va prendre les valeurs suivantes :

$$E_{tj} = 13750 \text{ wh} \quad Auto = 2 \text{ jours} \quad V_{sys} = 48\text{v} \quad Pd = 0.4$$

$$C_t = (13750 \times 2) / (48 \times 0.4)$$

$$C_t = 1432 \text{ Ah}$$

Maintenant on va déterminer le nombre de batteries nécessaires suivant les disponibilités du le marché avec les caractéristiques : **V_b** = 12V **C_b** = 150Ah

Alors le nombre de batteries sera :

$$Nb = \frac{C_t}{C_b} \quad 2-6$$

$$Nb = 1432 / 150 = 9.54 \text{ batteries}$$

On va arrondir le nombre de batteries à 8 batteries puisqu'il faut prendre toujours les multiplicateurs de 4 pour obtenir une tension de 48V = 12x4 alors on prend 4 batteries ou 8 ou 16Etc.

$$Nb = 8 \text{ batteries}$$

Pour avoir la tension de fonctionnement de 48V avec un fortement il faut monter les 8 batteries en deux bras de 4 batteries en série chacun selon le schéma ci-dessous

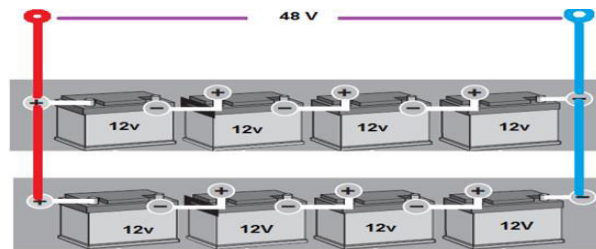


Fig.2-3 raccordement des batteries

Annexe de dimensionnement par Excel

Après tous les calculs manuels, nous avons développé une petite application à l'aide d'Excel, qui est très efficace (après plusieurs testes) puisque dès que nous modifions une ou plusieurs données le calcul change automatiquement sans le refaire. On attendant qu'on aille l'améliorer ou même le changer par un algorithme et un programme pour le transformer à un logiciel simple de dimensionnement.

La procédure de dimensionnement précédente peut être effectuée à l'aide d'un fichier Excel qui aide à obtenir les résultats après toutes modifications.

Nm	Désignation	Nombre	Puissance unitaire (W)	Nombre d'heurs	Puissance Totale (W)	Energie Totale journalière (Wh)	observation
1	standard Tele	1	110	10	110	1100	
2	Pc	3	150	4	450	1800	
3	Imprimante	3	50	1	150	150	
4	photocopieur	1	100	12	100	1200	
5	Télésurveillance	1	100	20	100	2000	
6	Télévision	1	50	4	50	200	
7	Réfrigérateur	1	100	4	100	400	
8	Lampes	32	18	10	576	5760	
9	Prises	8	50	2	400	800	
10	fax	2	55	2	110	220	
11	démodulateur	1	60	2	60	120	
12					0	0	
13					0	0	
14					0	0	
15					0	0	
16					0	0	
17					0	0	
18					0	0	
19					0	0	
20					0	0	
					2206	13750	

Tableau 2-5 feuille des Besoins énergétiques du système

Donnes de système		
Biskra-Algerie	latitude	34,85
	longitude	5,73
	l'angle d'inclinison	35
	Ensoleiment moyenne journalié	5
	l'altitude	128m +
Energie totale journalié (wh)		13750
puissance totale (w)		2206
Ensoleillement moyenne journalié (kwh/m2.j)		6
facteur de correction		0,65
Tension de système solaire (V)		48
puissance crete des panneaux (wc)		250
courant max de panneau (A)		7
Tenson max de panneau (A)		36
cappacite de batteries (Ah)		150
profondeur de descharge de batterie		0,4
Autonomie des Batteries (j)		2
Tension des Batteries		12

Tableau 2-6 feuille des données du système

Dimensionnement d'un système solaire hybride autonome réalisé par Merabti Youcef 2015-2016

Puissance crete Totale (Wc)	3525,64	=	3526,00
NB de panneaux	14,10	=	14
capacite Totale des batteries	1432,29	=	1432
NB de batteries	5,73	=	6

Type de raccordement des Panneaux	serie 2	parallele 6
--	----------------	--------------------

Type de raccordement des Batteries	serie 4	parallele 3
---	----------------	--------------------

onduleur	3000 W	63 A	marge de Tension d'entree=	
	48 V			14 A
	220 V			

Regulateur	48 V	courant de panneaux en parallele 42 A mppt
-------------------	------	---

Tableau 2-7 feuille de calcul de dimensionnement

2-4-4 Détermination du régulateur

Le bon choix d'un régulateur se base sur les critères suivants :

- ◆ Tension de fonctionnement du système $V_{sys} = 48V$
- ◆ Le courant total délivré par le champ photovoltaïque.
- ◆ La technologie utilisée PWM ou MPPT

Ajouter à ces critères l'option d'affichage des grandeurs physiques, et Dans ce cas nous avons besoin d'un Régulateur de 48V, un courant supérieur à 49A, et une technologie MPPT avec affichage.

2-4-5 Détermination de l'onduleur

Le choix de l'onduleur se fait d'après la tension de fonctionnement du système solaire et la puissance totale correspondant aux gammes industrielles existant.

On doit sélectionner un onduleur ayant les caractéristiques suivantes :

- Puissance supérieur à P_t ; $P_{ond} = 3 kW$
- **48V** comme tension d'entrée
- **220V** comme tension de sortie
- **50Hz** comme fréquence
- **0.9** Ou plus pour le rendement
- **Pure sinusoïdale** comme qualité de tension
- **Technologie** utilisé MLI ou autre

2-4-6 Détermination des sections des câbles DC et AC

Afin de calculer la section des câbles dans les deux cotés DC et AC on utilise soit la méthode de calcul théorique ou bien des abaques (fichier Excel, exécutable ou application).

a- méthode de calcul théorique

D'abord on doit connaître le type du câble (cuivre ou aluminium ou autre) pour extraire ρ tels que

$$\rho = 22.5 \Omega\text{mm}^2/\text{m} \quad \text{pour le cuivre}$$

Ensuite L : longueur de file d'alimentation

I : courant d'alimentation ou puissance consommée par la charge

V : Tension d'alimentation

$$R = 2 \times \rho \times \frac{l}{s} \quad 2-7$$

Connaissant ρ et l

On impose une section quelconque et on calcul la valeur de la résistance, une fois on a trouvé R on doit calculer la chute de tension qui ne doit pas dépasser la valeur admissible de 5% si non on prend la section suivante de façon à avoir toujours $\Delta u\% \leq 5\%$

Tels que

$$\Delta U = R \times I \quad 2-9$$

$$\text{Et} \quad \Delta U\% = \frac{\Delta U \times 100}{U} \quad 2-10$$

b- méthode des abaques et applications

Généralement on utilise des applications basées sur le même principe qu'on a expliqué, mais par programmation ou fichier Excel afin de faciliter les calculs et les faire d'une manière très rapide et efficace.

Aussi il y a des tableaux qui font le même principe, on peut les utiliser pour les applications précédentes.

L'essentielle Qu'il faut bien choisir la section convenable à la longueur et au courant de charge.

Et on va donner l'exemple réel dans le chapitre pratique avec nos données exactes.

Exemple des abaques qui calcule la section du câble en AC

Puissance		en Watts	<i>Calcul de la section d'un câble</i>		
ou (l'un ou l'autre)					www.destockable.fr
Intensité		16 en Ampères			www.ombilicable.fr
Tension		230 en volts	Monophasé		
Longueur du câble		40 en Mètres	Cuivre		
Section		Puissance perdue	% Perdue	Chute de tension	Résistance du conducteur
1,5 mm ²		236	6,40%	14,7	0,9200
2,5 mm ²		141	3,84%	8,8	0,5520
4 mm ²		88	2,40%	5,5	0,3450
6 mm ²		59	1,60%	3,7	0,2300
10 mm ²		35	0,96%	2,2	0,1380
16 mm ²		22	0,60%	1,4	0,0863
25 mm ²		14	0,38%	0,9	0,0552
35 mm ²		10	0,27%	0,6	0,0394
50 mm ²		7	0,19%	0,4	0,0276
70 mm ²		5	0,14%	0,3	0,0197
95 mm ²		4	0,10%	0,2	0,0145
120 mm ²		3	0,08%	0,2	0,0115
240 mm ²		1	0,04%	0,1	0,0058
		En watts	à 20°C	en Volts	En Ohms

Tableau 2-8 exemple de calcul de la section du câble en AC

Exemple des abaques qui calcule la section du câble en DC

Calcul de la section d'un câble électrique en cuivre et en courant continu	
Puissance de l'équipement (en watts)	1000
Longueur de câble aller + retour (en mètres)	40
Tension de service (en volts)	48
Chute de tension acceptable (en %)	5%
Perte de tension (en volts)	2,4
Section du câble (en mm²)	6,6
Diamètre du câble (en mm)	2,90

Tableau 2-9 exemple de calcul de la section câble en DC

2-4-7 Détermination des éléments de protection

Le système est constitué de deux armoires : une armoire solaire et une armoire de commutation. Pour protéger le système il faut protéger indépendamment chaque armoire, sans oublier la protection des personnes.

a- Protection de l'armoire solaire

La protection de l'armoire solaire nécessite la protection de chaque élément constituant :

Panneaux : on place un disjoncteur DC qui protège tous le champ et chaque string doit être protégé par un disjoncteur DC ou fusible.

Batterie : on utilise un disjoncteur DC ou fusible convenable avec le courant nécessaire dans le plus des batteries.

L'onduleur : on place un disjoncteur différentiel à la sortie, plus mise à la terre pour protéger les personnes, le parafoudre est nécessaire aussi dans certain cas.

Le régulateur : est déjà protégé par les protections de ses entrés (panneaux et batterie) reste sa sortie DC pour alimenter une charge contenu alors il faut mettre un dispositif de protection de cette dernière par exemple un disjoncteur DC.

Convenable au courant de la charge.

b- Protection de l'armoire de commutation

La protection de l'armoire de commutation nécessite aussi une protection de chaque élément constituant :

Et comme cette dernière comprend des circuits de commande et de puissance on doit protéger : le circuit de commande par des disjoncteurs normale et le circuit de puissance par des disjoncteurs différentiels sans oublier la charge qu'il faut protéger par un disjoncteurs différentiel convenable avec le courant nécessaire. Les bobines des contacteurs doivent être protégées par des disjoncteurs mono polaires convenables au courant qu'il absorbe.

c- Protection des personnes

Afin d'éviter tous les risques dangereux aux personnes il faut les protéger contre tous les contacts avec les dispositifs électriques (carcasses ou filesEtc) Et ça s'effectué à l'aide de disjoncteur différentiel plus mise à la terre.

En cas d'intervention il ne faut jamais oublier les moyens de sécurité : gants, lunette, tournevis et pince isolésEtc. Il y a aussi des dispositifs de coupure manuelle de chaque côté en cas d'entretien ou contrôle périodique.

On peut aussi la protection par deux types : protection DC et protection AC :

- **un coffret** pour la protection **DC** comprenant les disjoncteurs DC pour les panneaux et les batteries plus la charge DC si le régulateur offre cette option (sortie DC).
- **Un coffret** pour la protection **AC** comprenant un disjoncteur différentiel convenable avec la charge qu'il faut alimenter par l'onduleur, sans oublier la mise à la terre et le para foudre.



Fig.2-4 schéma de principe pour protéger la partie DC et AC de l'armoire

2-5 Schéma de principe de l'armoire solaire

Une armoire solaire doit comprendre les éléments nécessaires suivant :

- **Onduleur**
- **Régulateur**
- Élément de protection DC (**Fusibles** ou **disjoncteur DC**)
- Élément de protection AC (**disjoncteur différentielle** ou **fusible AC**) à la sortie de l'onduleur
- Bornes d'entrées de tension des **panneaux** (vers le régulateur)
- Bornes d'entrées de tension des **Batteries** (vers le régulateur)
- Bornes de sortie de tension contenue (**sortie de régulateur**)
- Bornes de sortie de tension Alternative (**sortie d'onduleur**)

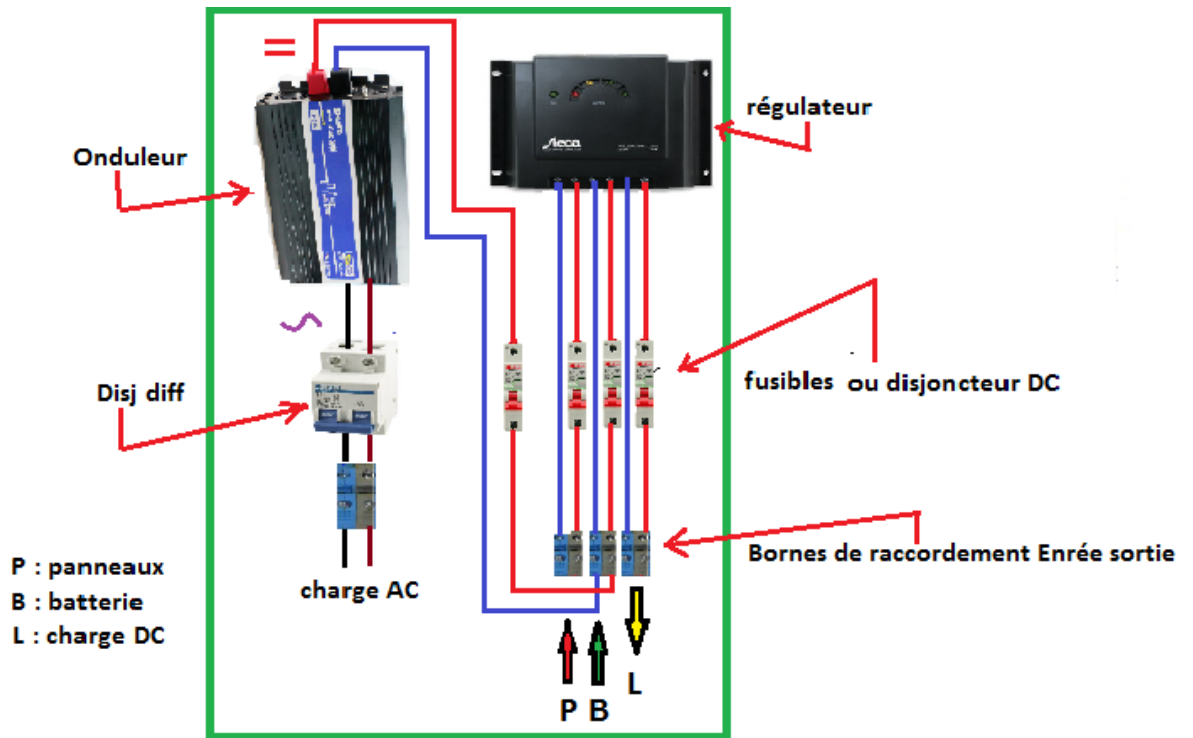


Fig.2-5 schéma de câblage de l'armoire solaire

2-6 Schéma de principe de l'armoire de commutation

Armoire de commutation veut dire que cette dernière doit commuter ou basculer entre les trois sources d'une manière manuelle ou automatique sans faire des fautes ou fonctionner deux ou trois sources en parallèle puisqu'il est interdit et dangereux si deux sources ou plus fonctionnent au même temps.

Pour cela on va utiliser des contacteurs de puissance pour chaque source (circuit de puissance) et des contacteurs auxiliaires (circuit de commande) afin d'éviter le chevauchement des deux sources ou plus.

Alors notre armoire de commutation doit comprendre généralement les éléments suivants :

- Disjoncteur différentiel pour chaque source (circuit de puissance)
- Disjoncteur normale pour chaque source (circuit de commande)
- Contacteur de puissance pour chaque source (circuit de puissance)
- Contacteur auxiliaire pour quelques sources (circuit de commande)
- Disjoncteur mono pour protéger les bobines de chaque contacteur

- Lampes témoins pour indiquer l'état de chaque source on / off
- Commutateur principale pour basculer entre le mode auto ou manuel *
- Bornes de raccordement pour les sources entré et sortie
- Photo cellule pour le mode automatique

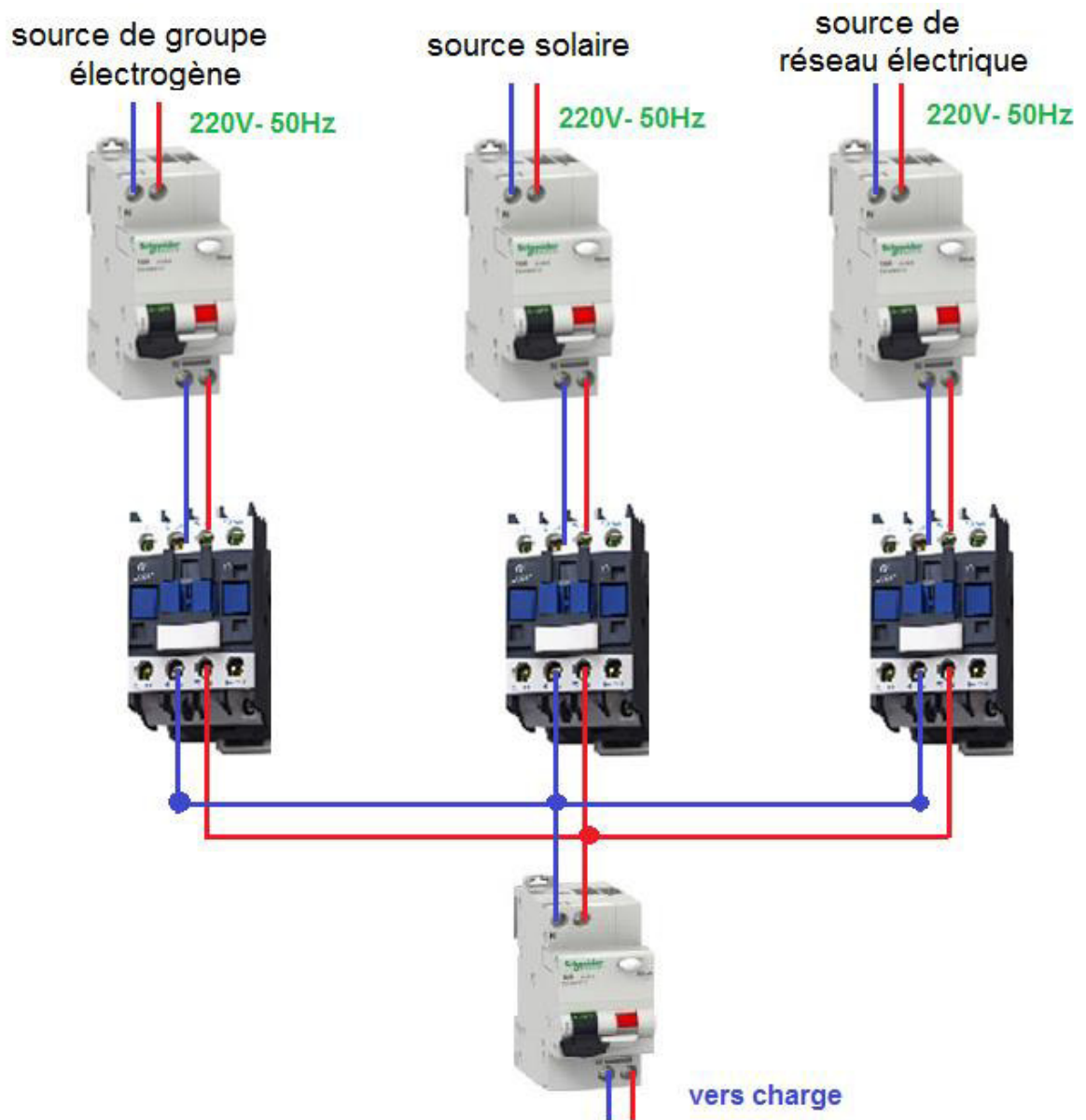


Fig. 2-6 schéma synoptique de câblage de l'armoire de commutation



Fig.2-7 schéma pratique de câblage de l'armoire de commutation

2-7 Conclusion

Dans ce chapitre on a expliqué par procédures et organigramme une importante notion dans le photovoltaïque qui est le dimensionnement d'un système PV autonome, et ces différentes étapes, malgré les obstacles qu'on a rencontré durant la préparation de ce chapitre, malgré les différentes méthodes compliqués utilisées dans le dimensionnements.

On a utilisé une méthode de dimensionnement qui nous a permis de schématiser le système hybride avec tous les composants des deux armoires (solaire et commutation).

Le chapitre suivant fera l'objet de la réalisation pratique des armoires.

3-1 Introduction

Après l'étude faite précédemment nous allons procéder à la réalisation et au câblage des deux armoires pour valider le fonctionnement du système visé.

Il faut mentionner que malgré les calculs qu'on a fait pour déterminer les éléments du système des deux armoires on aura besoin de faire quelque modification afin d'optimiser au maximum le système hybride qui va alimenter la charge durant toute la journée. Et on va bien détailler ça dans ce chapitre.

3-2 Réalisation des deux armoires

3-2-1 Armoire solaire

a-Description

Elle doit comprendre les éléments suivants avec leurs caractéristiques :

- Un onduleur de **3000W, 220V AC, 48VDC** ; Rendement=95%
- Un régulateur de **48V, 20A, MPPT** avec un **MPPT** incorporé.
- Un disjoncteur différentiel **16A, 220V** à la sortie de l'onduleur.
- Un disjoncteur à courant continu ou fusibles pour chaque élément (LBP).
- Bornes de raccordement.
- Photo cellule 220V sensible pour le mode automatique.
- Canalisation et câbles de liaison entre les différents éléments de système ou d'armoire.
- Carcasse métallique pour la fixation des éléments sur rails Omega.

Cette armoire doit être reliée à l'entrée aux deux composants

- 4 Panneaux solaires de 250W dont les caractéristiques sont les suivantes :
 $P_{max}=250W$ $V_{mp}=30.48V$ $I_{mp}=8.24 A$ $I_{sc}=8.85A$ $V_{oc}=36.80V$
- 4 Batteries solaires AGM de 12V dont les caractéristiques sont les suivantes :
 $V=12V$; $C=150Ah$

on va câbler les éléments de cette armoire d'après le schéma donnée dans le deuxième chapitre.

Premièrement on doit fixer les éléments nécessaires dans la plaque métallique qui sont : l'onduleur, le régulateur, les disjoncteurs DC ou fusible, les bornes de fixation, et la canalisation (type goulotte) pour poser les files du câblage.

Ensuite on va câbler cette armoire afin d'obtenir une armoire solaire qui doit être raccordé aux panneaux solaires aux batteries et à la charge qui sera connectée à la sortie de l'onduleur à travers un disjoncteur différentiel pour sa protection.

Finalement on aura l'armoire câblée (Fig.3-1) et on va tester la tension de sortie qui doit être de 220V, cette tension représente l'une des trois sources du système hybride qui alimenter notre a la charge.

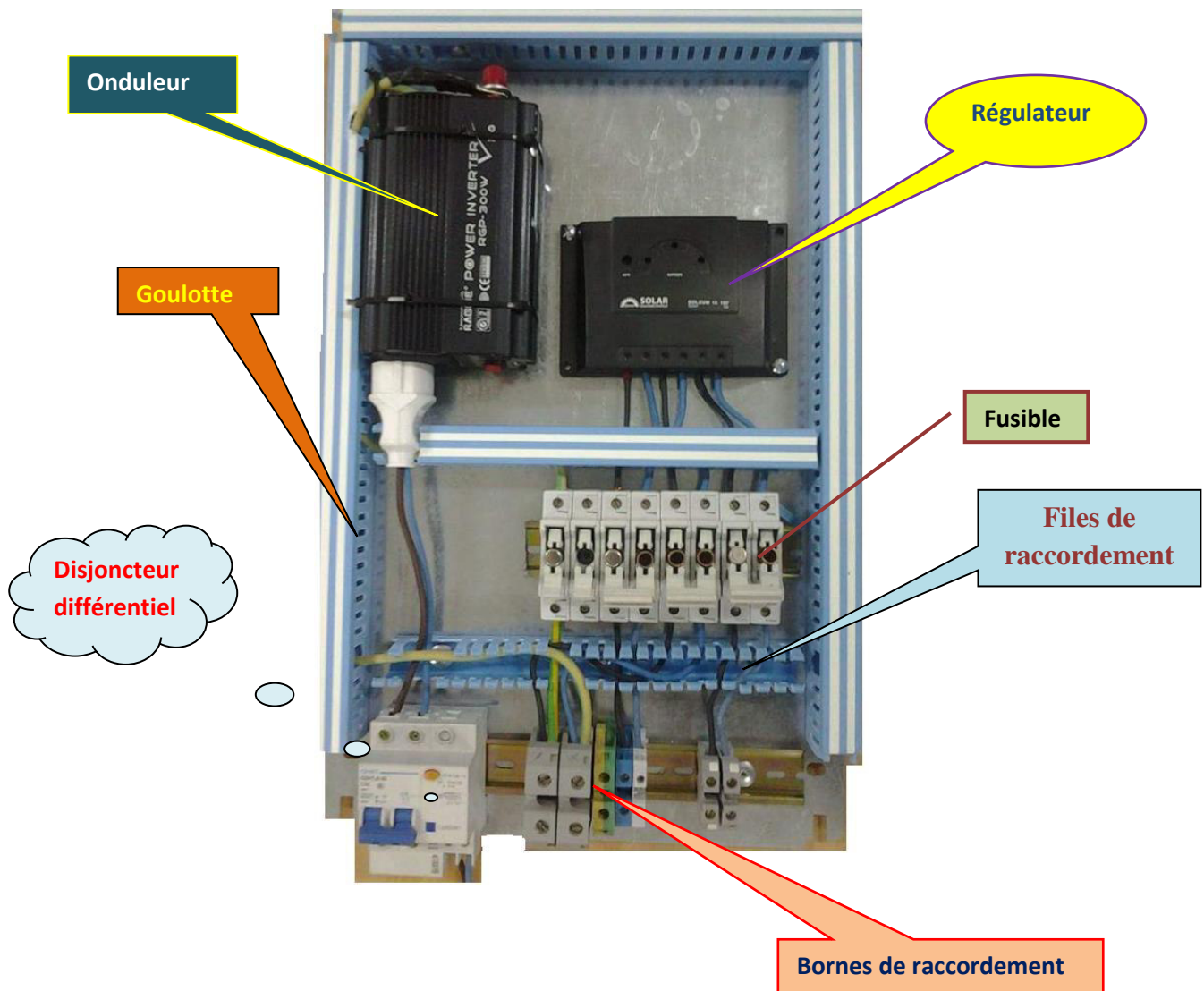


Fig. 3-1 armoire solaire après câblage

b- caractéristiques des éléments de l'armoire solaire

Selon notre étude théorique le matériel qu'il faut installer doit avoir les caractéristiques données dans le tableau suivant :

<p>Onduleur</p>		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>MODEL</th> <th>BT3P3K-2</th> <th>BT4P3K-2</th> <th>BT4P3K-2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Power</td> <td>3000W</td> <td>3000W</td> <td>3000W</td> </tr> <tr> <td>Power of the inverter</td> <td>6000W</td> <td>6000W</td> <td>6000W</td> </tr> <tr> <td>Frequency</td> <td>50Hz ± 0.5Hz ou 60Hz ± 0.5Hz</td> <td>50Hz ± 0.5Hz ou 60Hz ± 0.5Hz</td> <td>50Hz ± 0.5Hz ou 60Hz ± 0.5Hz</td> </tr> <tr> <td>Forme d'onde</td> <td>onde sinusoïdale pure</td> <td>onde sinusoïdale pure</td> <td>onde sinusoïdale pure</td> </tr> <tr> <td>Efficacité du système</td> <td>plus haut 94%</td> <td>plus haut 94%</td> <td>plus haut 94%</td> </tr> <tr> <td>Tension d'entrée DC</td> <td>DC12V</td> <td>12-24V</td> <td>12-48V</td> </tr> <tr> <td>Tension de sortie AC</td> <td>220VAC ou 230VAC ou 240VAC ± 5%</td> <td>220VAC ou 230VAC ou 240VAC ± 5%</td> <td>220VAC ou 230VAC ou 240VAC ± 5%</td> </tr> <tr> <td>Plage de tension d'entrée DC</td> <td>10-18.5V</td> <td>10-28.5V</td> <td>10-48.5V</td> </tr> <tr> <td>Alarme batterie basse</td> <td>10.5 ± 0.3V</td> <td>20 ± 0.3V</td> <td>42 ± 1V</td> </tr> <tr> <td>Arrêt batterie basse</td> <td>10 ± 0.3V</td> <td>20 ± 0.3V</td> <td>40 ± 1V</td> </tr> <tr> <td>Protection</td> <td colspan="3"> Short-circuit Temperature trip device Overload protection Overvoltage protection Overcurrent protection Overtemperature protection </td> </tr> <tr> <td>Température de fonctionnement</td> <td colspan="3">-10°C - 50°C</td> </tr> <tr> <td>Taille de produit</td> <td colspan="3">386x200x115 mm</td> </tr> <tr> <td>Poids</td> <td colspan="3">7.65/9 kg</td> </tr> </tbody> </table>	MODEL	BT3P3K-2	BT4P3K-2	BT4P3K-2	Power	3000W	3000W	3000W	Power of the inverter	6000W	6000W	6000W	Frequency	50Hz ± 0.5Hz ou 60Hz ± 0.5Hz	50Hz ± 0.5Hz ou 60Hz ± 0.5Hz	50Hz ± 0.5Hz ou 60Hz ± 0.5Hz	Forme d'onde	onde sinusoïdale pure	onde sinusoïdale pure	onde sinusoïdale pure	Efficacité du système	plus haut 94%	plus haut 94%	plus haut 94%	Tension d'entrée DC	DC12V	12-24V	12-48V	Tension de sortie AC	220VAC ou 230VAC ou 240VAC ± 5%	220VAC ou 230VAC ou 240VAC ± 5%	220VAC ou 230VAC ou 240VAC ± 5%	Plage de tension d'entrée DC	10-18.5V	10-28.5V	10-48.5V	Alarme batterie basse	10.5 ± 0.3V	20 ± 0.3V	42 ± 1V	Arrêt batterie basse	10 ± 0.3V	20 ± 0.3V	40 ± 1V	Protection	Short-circuit Temperature trip device Overload protection Overvoltage protection Overcurrent protection Overtemperature protection			Température de fonctionnement	-10°C - 50°C			Taille de produit	386x200x115 mm			Poids	7.65/9 kg		
MODEL	BT3P3K-2	BT4P3K-2	BT4P3K-2																																																											
Power	3000W	3000W	3000W																																																											
Power of the inverter	6000W	6000W	6000W																																																											
Frequency	50Hz ± 0.5Hz ou 60Hz ± 0.5Hz	50Hz ± 0.5Hz ou 60Hz ± 0.5Hz	50Hz ± 0.5Hz ou 60Hz ± 0.5Hz																																																											
Forme d'onde	onde sinusoïdale pure	onde sinusoïdale pure	onde sinusoïdale pure																																																											
Efficacité du système	plus haut 94%	plus haut 94%	plus haut 94%																																																											
Tension d'entrée DC	DC12V	12-24V	12-48V																																																											
Tension de sortie AC	220VAC ou 230VAC ou 240VAC ± 5%	220VAC ou 230VAC ou 240VAC ± 5%	220VAC ou 230VAC ou 240VAC ± 5%																																																											
Plage de tension d'entrée DC	10-18.5V	10-28.5V	10-48.5V																																																											
Alarme batterie basse	10.5 ± 0.3V	20 ± 0.3V	42 ± 1V																																																											
Arrêt batterie basse	10 ± 0.3V	20 ± 0.3V	40 ± 1V																																																											
Protection	Short-circuit Temperature trip device Overload protection Overvoltage protection Overcurrent protection Overtemperature protection																																																													
Température de fonctionnement	-10°C - 50°C																																																													
Taille de produit	386x200x115 mm																																																													
Poids	7.65/9 kg																																																													
<p>Régulateur</p>		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Tension de système</td> <td>48V</td> </tr> <tr> <td>Consommation propre</td> <td>14 mA</td> </tr> <tr> <td>Courant de panneau</td> <td>80A</td> </tr> <tr> <td>Capacité de consommation</td> <td>40A</td> </tr> <tr> <td>Tension float de charge (programmable)</td> <td>54.5V</td> </tr> <tr> <td>Tension de charge rapide (programmable)</td> <td>57.5V</td> </tr> <tr> <td>Charge d'égalisation (programmable)</td> <td>52.5V</td> </tr> <tr> <td>Point de référence de déclenchement (SOOC) (V) (programmable)</td> <td>> 50% 50.4V</td> </tr> <tr> <td>Protection contre la décharge profonde (SOOC) (V) (programmable)</td> <td>< 50% 44.4V</td> </tr> <tr> <td>Température ambiante admissible</td> <td>-10 °C à 40 °C</td> </tr> <tr> <td>Forme de sécurisation</td> <td>4 5% fixe à un fil 10 mm/2 7.5 mm/3 - ABS 61.4</td> </tr> <tr> <td>Degré de protection</td> <td>IP-32</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Dimensions</td> </tr> <tr> <td>Largeur</td> <td>80mm</td> </tr> <tr> <td>Hauteur</td> <td>120mm</td> </tr> <tr> <td>Épaisseur</td> <td>40mm</td> </tr> <tr> <td>Poids</td> <td>550g</td> </tr> </tbody> </table>	Tension de système	48V	Consommation propre	14 mA	Courant de panneau	80A	Capacité de consommation	40A	Tension float de charge (programmable)	54.5V	Tension de charge rapide (programmable)	57.5V	Charge d'égalisation (programmable)	52.5V	Point de référence de déclenchement (SOOC) (V) (programmable)	> 50% 50.4V	Protection contre la décharge profonde (SOOC) (V) (programmable)	< 50% 44.4V	Température ambiante admissible	-10 °C à 40 °C	Forme de sécurisation	4 5% fixe à un fil 10 mm/2 7.5 mm/3 - ABS 61.4	Degré de protection	IP-32	Dimensions		Largeur	80mm	Hauteur	120mm	Épaisseur	40mm	Poids	550g																										
Tension de système	48V																																																													
Consommation propre	14 mA																																																													
Courant de panneau	80A																																																													
Capacité de consommation	40A																																																													
Tension float de charge (programmable)	54.5V																																																													
Tension de charge rapide (programmable)	57.5V																																																													
Charge d'égalisation (programmable)	52.5V																																																													
Point de référence de déclenchement (SOOC) (V) (programmable)	> 50% 50.4V																																																													
Protection contre la décharge profonde (SOOC) (V) (programmable)	< 50% 44.4V																																																													
Température ambiante admissible	-10 °C à 40 °C																																																													
Forme de sécurisation	4 5% fixe à un fil 10 mm/2 7.5 mm/3 - ABS 61.4																																																													
Degré de protection	IP-32																																																													
Dimensions																																																														
Largeur	80mm																																																													
Hauteur	120mm																																																													
Épaisseur	40mm																																																													
Poids	550g																																																													
<p>Batteries</p>		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Référence</th> <th>RA12-150</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tension nominale</td> <td>12V</td> </tr> <tr> <td>Capacité nominale</td> <td>150Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25 °C</td> </tr> <tr> <td>Résistance interne</td> <td>Approx. 4mΩ</td> </tr> <tr> <td>Max. Courant de décharge</td> <td>1500 A (5 sec)</td> </tr> <tr> <td>Température de fonctionnement</td> <td> Discharge: -20 °C - 60 °C Charge: 0 °C - 50 °C Stockage: -20 °C - 60 °C </td> </tr> <tr> <td>Poids</td> <td>Approx. 44.5 Kg</td> </tr> <tr> <td>Dimension (L*W*H)</td> <td>483*170*240 mm</td> </tr> <tr> <td>Garantie</td> <td>1 an</td> </tr> </tbody> </table>	Référence	RA12-150	Tension nominale	12V	Capacité nominale	150Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25 °C	Résistance interne	Approx. 4mΩ	Max. Courant de décharge	1500 A (5 sec)	Température de fonctionnement	Discharge: -20 °C - 60 °C Charge: 0 °C - 50 °C Stockage: -20 °C - 60 °C	Poids	Approx. 44.5 Kg	Dimension (L*W*H)	483*170*240 mm	Garantie	1 an																																										
Référence	RA12-150																																																													
Tension nominale	12V																																																													
Capacité nominale	150Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25 °C																																																													
Résistance interne	Approx. 4mΩ																																																													
Max. Courant de décharge	1500 A (5 sec)																																																													
Température de fonctionnement	Discharge: -20 °C - 60 °C Charge: 0 °C - 50 °C Stockage: -20 °C - 60 °C																																																													
Poids	Approx. 44.5 Kg																																																													
Dimension (L*W*H)	483*170*240 mm																																																													
Garantie	1 an																																																													
<p>Panneaux</p>		 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Model:ENG 250-60P</th> </tr> <tr> <th colspan="2">ELECTRICAL RATINGS</th> </tr> <tr> <td colspan="2">All technical data at standard test condition STC E: 1000w/m², AM 1.5, Tc: 25°C</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Maximum power (Pmax)</td> <td>250W</td> </tr> <tr> <td>Maximum power voltage (Vmp)</td> <td>33.45V</td> </tr> <tr> <td>Maximum power current (Imp)</td> <td>8.24A</td> </tr> <tr> <td>Open circuit voltage (Voc)</td> <td>36.80V</td> </tr> <tr> <td>Open circuit current (Isc)</td> <td>8.85A</td> </tr> <tr> <td>Maximum system voltage</td> <td>1000Vdc</td> </tr> </tbody> </table> <p>WARNING</p> <p>Solar modules can produce electricity when exposed to sunlight, do not touch terminals, can shock or burn Use extreme caution Follow manual for rating, installation and operation</p>	Model:ENG 250-60P		ELECTRICAL RATINGS		All technical data at standard test condition STC E: 1000w/m ² , AM 1.5, Tc: 25°C		Maximum power (Pmax)	250W	Maximum power voltage (Vmp)	33.45V	Maximum power current (Imp)	8.24A	Open circuit voltage (Voc)	36.80V	Open circuit current (Isc)	8.85A	Maximum system voltage	1000Vdc																																										
Model:ENG 250-60P																																																														
ELECTRICAL RATINGS																																																														
All technical data at standard test condition STC E: 1000w/m ² , AM 1.5, Tc: 25°C																																																														
Maximum power (Pmax)	250W																																																													
Maximum power voltage (Vmp)	33.45V																																																													
Maximum power current (Imp)	8.24A																																																													
Open circuit voltage (Voc)	36.80V																																																													
Open circuit current (Isc)	8.85A																																																													
Maximum system voltage	1000Vdc																																																													

Tableau.3-1 Les éléments de l'armoire solaire.

d-Mode de fonctionnement de l'armoire solaire

D'après le schéma de câblage (Fig.3-1) il faut raccorder les entrées (panneaux + batteries) aux bornes de l'armoire coté panneaux et coté batteries. Ensuite on va raccorder la sortie de l'armoire (onduleur) afin d'obtenir une tension fixe de 220V 50Hz pour alimenter notre charge.

Il ne faut jamais avoir un conflit entre les étapes de fonctionnement de cette armoire pour ne pas détruire les équipements c.a.d il y a une procédure à suivre pendant le fonctionnement et pendant l'arrêt du système que l'on expliquera comme suite :

Pour la mise en marche il faut raccorder dans l'ordre, les batteries, les panneaux, l'onduleur et en fin le disjoncteur (charge AC) au contraire pour arrêter le système il faut raccorder la charge, l'onduleur, les panneaux et on termine par les batteries ces deux procédures

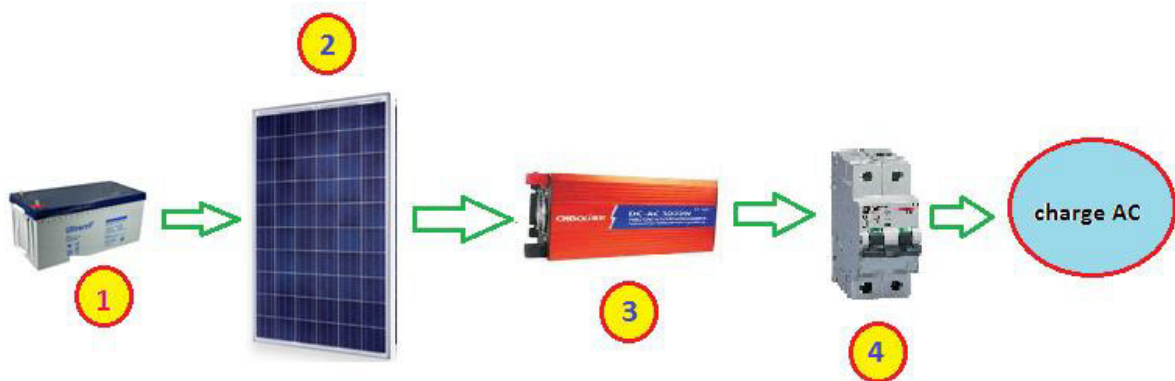


Fig 3-2 Procédure de mise en marche d'un système PV pour une charge AC

sont illustrées dans les deux figure suivantes :



Fig 3-3 Procédure d'arrêt d'un système PV pour une charge AC

Lorsqu'il s'agit d'une charge purement DC il faut suivre les étapes indiquées dans les figures suivantes dans les deux cas : mise en marche ou arrêt.

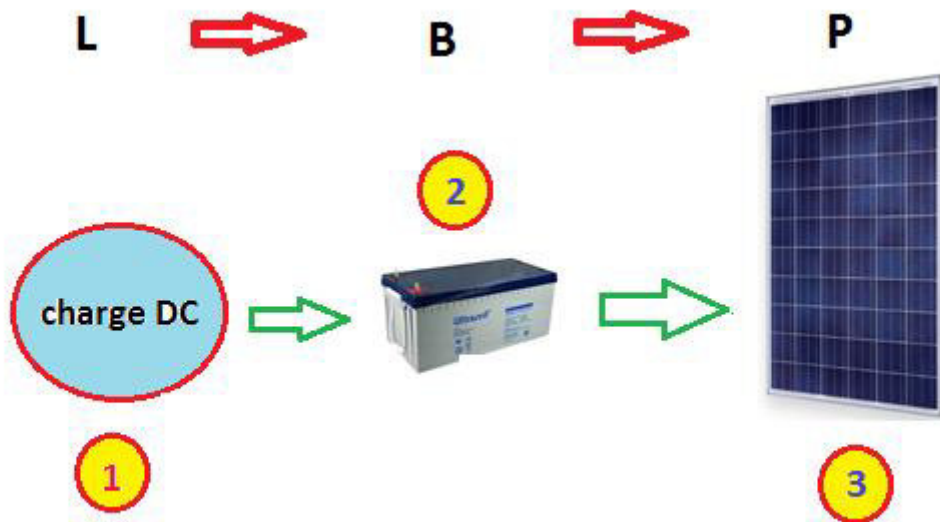


Fig3-4 Procédure de mise en marche d'un système PV pour une charge DC

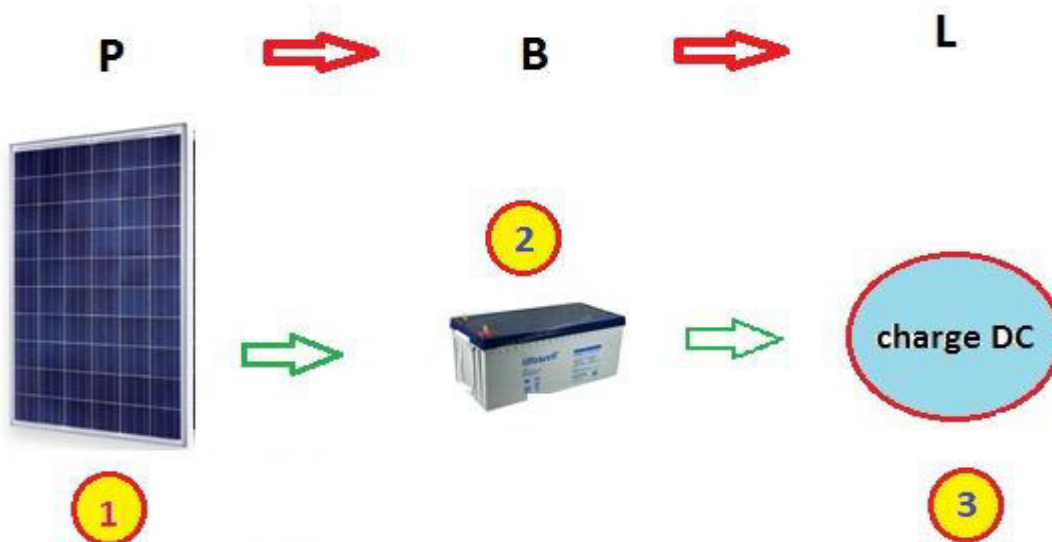


Fig3-5 Procédure d'arrêt d'un système PV pour une charge DC

Sachant qu'il existe des régulateurs pour l'alimentation d'une charge à courant continu et d'autres pour la charge AC. Alors le choix dépend de nos besoins.

La figure suivante montre les étapes de la réalisation de l'armoire solaire :

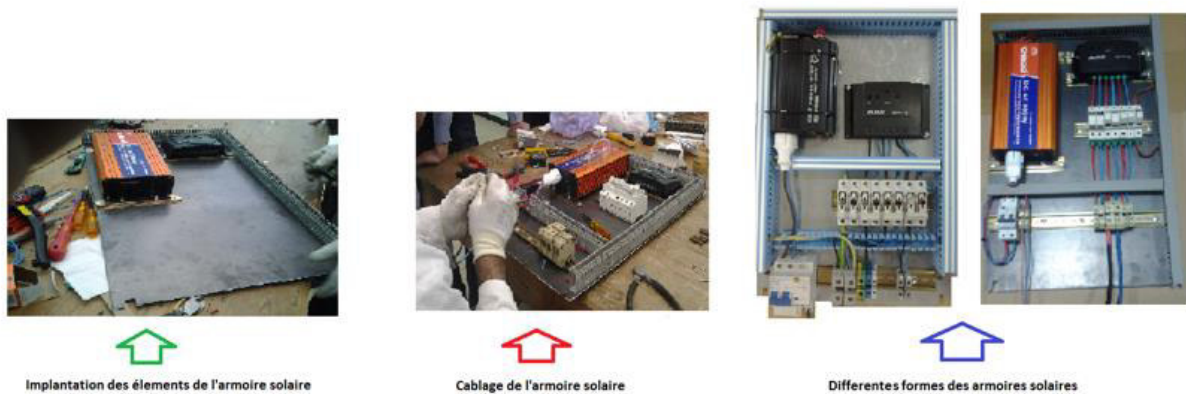


Fig 3-6 Etapes de réalisation d'une armoire solaire

3-2-2 Armoire de commutation

a- Description

Cette armoire doit assurer la commutation entre les trois sources de tensions dans un circuit de puissance avec la protection de chacune contre les différents défauts électriques court-circuit, sur-charge ... etc. Dans un circuit de puissance bien câblé, pour la commutation manuelle ou automatique entre les trois sources on va utiliser un circuit de commande électromécanique qui (permet l'alimentation à l'aide d'une seule source et assurer la commutation entre elles sans chevauchement) pour ne pas détruire les équipements, et assurer une alimentation fiable et efficace pour la charge durant toute la journée.

Cette armoire doit comprendre les éléments suivants :

- Disjoncteur différentiel 220V 16A pour chaque source.
- Disjoncteur normal 6A pour la protection de circuit de commande (bobines).
- Contacteur D25 bobine 220V pour chaque source.
- Contacteur auxiliaire pour la commande.
- Commutateur à quatre positions (mode manuel).
- Photo cellule. 220V à haute sensibilité.
- Lampes témoins 220V.
- Bornes des entrées et sorties.
- Disjoncteur différentiel 16A 220V pour la charge.
- Goulotte pour la pose des câbles.
- Carcasse métallique pour la fixation des éléments sur rails Omega.

Avec ces éléments on va réaliser l'armoire d'après le schéma qu'on a détaillé dans le deuxième chapitre (Fig)

D'abord on doit fixer les éléments nécessaires dans la plaque métallique. Ces éléments sont : les disjoncteurs, les contacteurs, les contacteurs auxiliaires, les bornes de fixation, et la goulotte pour la canalisation des files de câblage.

Ensuite on va câbler cette armoire afin d'obtenir une armoire de commutation qui va raccorder les trois sources pour alimenter la charge. Cette dernière doit être alimentée une seule source parmi les trois utilisées.

Finalement on aura une armoire bien câblée et on va la tester pour avoir une seule source de tension de 220V dans les différents cas disponibles.

b-caractéristiques des éléments de l'armoire de commutation

<p>Disjoncteur différentiel</p> <p>220V ; 20A 100mA</p>		<p>Lampe témoin 220V</p>	
<p>Disjoncteur mono 220V ; 6A</p>		<p>Borne de raccordement 16mm et 10mm</p>	
<p>Contacteur D25 220V 25A Bobine 220V</p>		<p>Goulotte de câblage</p>	
<p>Contacts auxiliaires 2 interrupteurs ouverts 2 interrupteurs fermés</p>		<p>Commutateur à 4 positions</p>	
<p>Photo cellule électrique 220V</p>			

Fig. 3-7 Tableau des équipements de l'armoire solaire

c - Principe de fonctionnement

L'armoire de commutation est raccordée à trois sources de tension : **solaire, réseau électrique** et **Groupe électrogène**. Ces sources sont raccordées au circuit de puissance à travers un disjoncteur différentiel puis un contacteur pour chacune.

Seule une des trois sources alimentera la charge et pour réaliser cela il nous faut un circuit de commande qui assure cette condition. Ce dernier se composera des contacts auxiliaires pour commander les bobines des contacteurs et d'une photocellule avec d'autres accessoires.

D'abord il faut que la charge soit alimentée par **la source photovoltaïque** toute la journée (période de l'ensoleillement). Si l'ensoleillement diminue la photocellule va commuter vers **la source de réseau électrique** afin d'assurer la continuité de service pour la charge.

Le réseau électrique assure l'alimentation de la charge durant la nuit et s'il y a une coupure brusque **le groupe électrogène** va déclencher après quelques secondes. Et dès qu'il y aura rétablissement du réseau le système basculera vers la source de réseau à nouveau.

Ces **trois sources fonctionnent** en mode automatique, maintenant si nous voulons faire un entretien ou une intervention volontaire on doit passer au mode manuel alors il faut mettre le commutateur en position manuel et choisir la source d'alimentation convenable.

Avant la mise en marche de cette armoire on doit vérifier toutes les connexions entre les éléments d'une part et le court-circuit qu'il faut éviter d'autre part, il faut faire fonctionner la première armoire seule avant de la raccorder à la deuxième pour éviter tous défauts destructifs.

Après toute vérification on doit faire les tests nécessaires sur la tension pour assurer la fiabilité et l'efficacité de notre système.

d- Câblage

Pour réaliser cette armoire, comme la première, on doit fixer les éléments nécessaires (disjoncteurs, contacteurs, contacteur auxiliaire....etc.) sur la platine (plaque métallique) à travers les rails oméga puis on va câbler tous les éléments selon le circuit de puissance et de commande.

E- Résumé des étapes de réalisation de l'armoire de commutation



Fig. 3-8 Etapes de réalisation de l'armoire de commutation

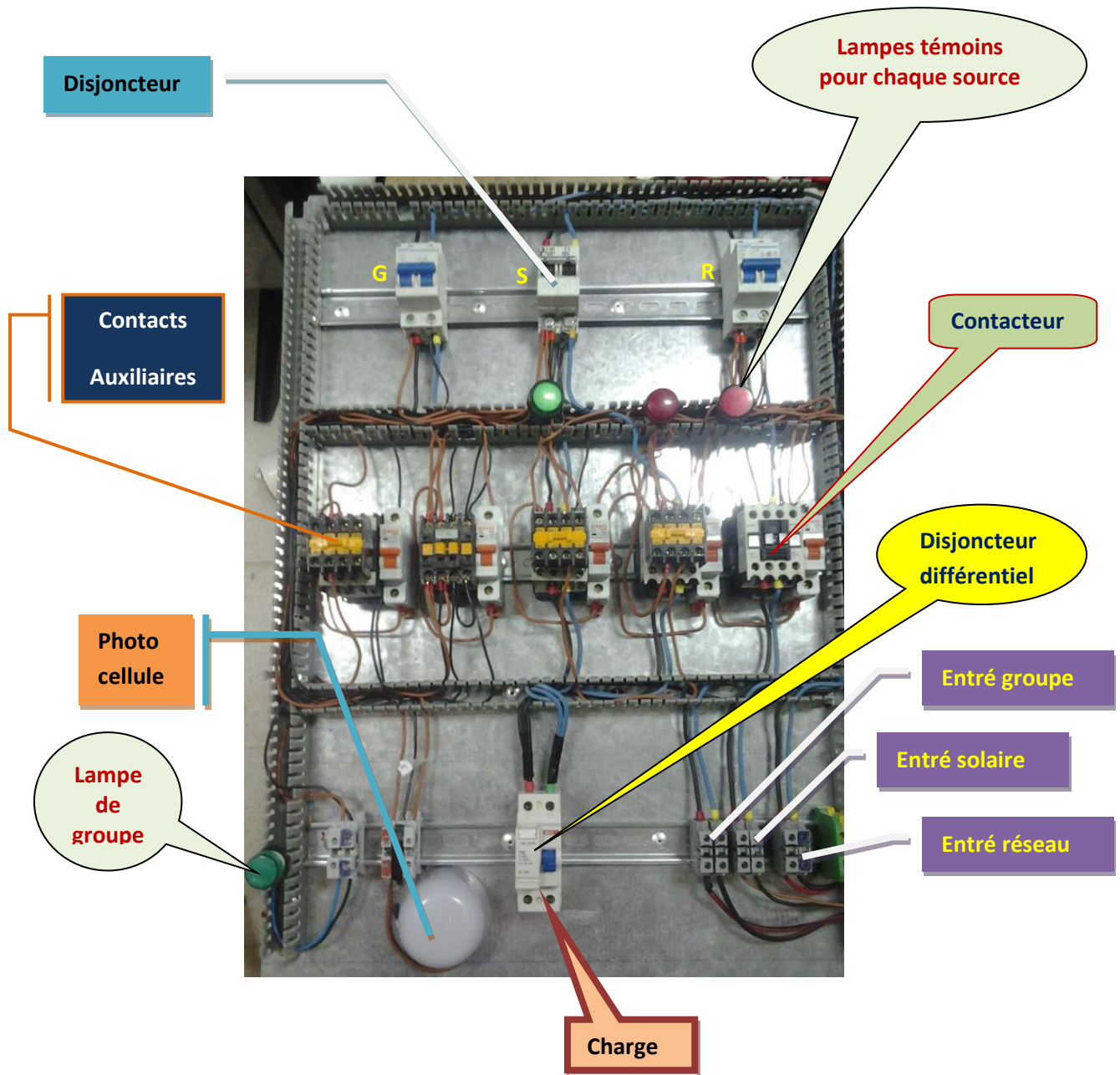


Fig. 3-9 Etat final de l'armoire de commutation.

3-2-3 Différentes testes sur l'armoire de commutation

a-Mode manuel

a-1 Position solaire

On place le commutateur sur la position solaire manuel. Seule la source solaire fonctionne, avec la lampe témoin allumée la figure suivante explique l'état.

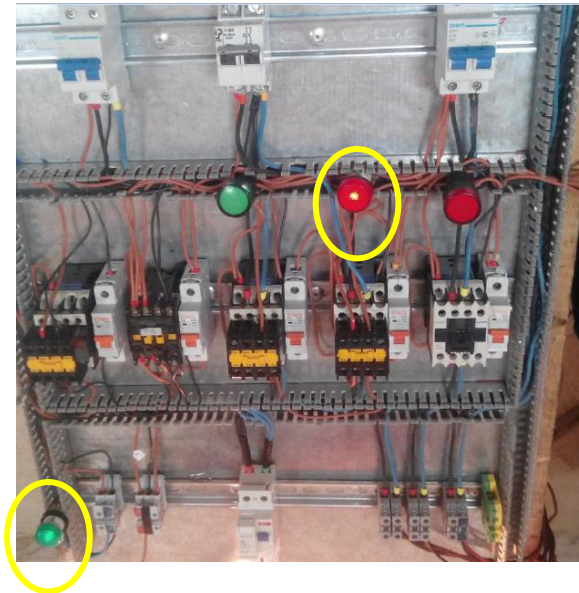


Fig. 3-10 Mode solaire manuel

a-2 Position réseau

On place le commutateur sur la position réseau manuel. Seule la source réseau fonctionne, avec la lampe témoin allumée la figure suivante explique l'état.

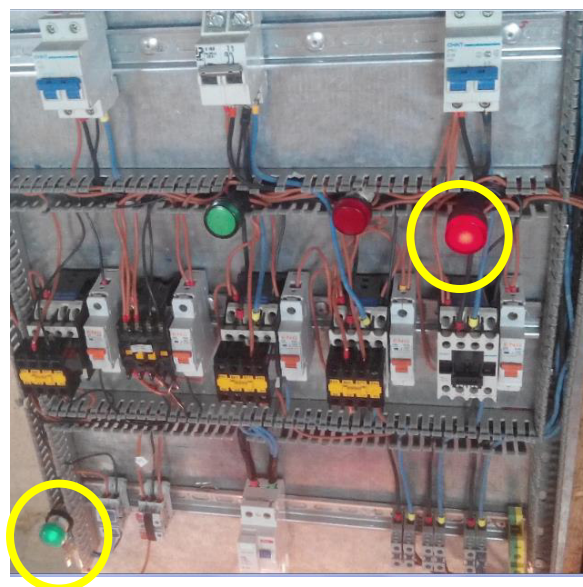


Fig. 3-11 position réseau manuel

a-3 Position groupe électrogène

On place le commutateur sur la position groupe manuel. Seule la source groupe fonctionne, avec la lampe témoin allumée la figure suivante explique l'état.

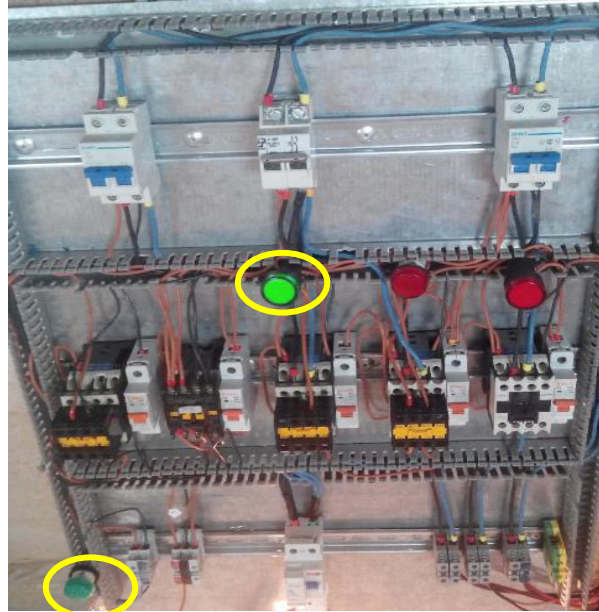


Fig. 3-12 position groupe manuel

b- Mode automatique

b-1 Cas d'ensoleillement suffisant : Dans ce cas la cellule PV commute le système du mode précédent au mode soleil automatiquement. Etat précédent → soleil

La figure suivante explique ce mode.

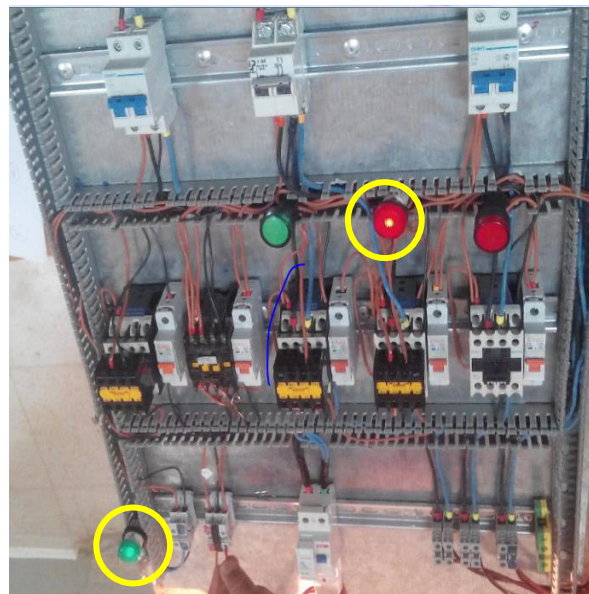


Fig. 3-13 fonctionnement en mode solaire auto.

b-2 cas où l'ensoleillement est insuffisant ou inexistant :

Dans ce cas la cellule PV commute le système du mode soleil au mode réseau automatiquement La figure suivante explique ce mode (Solaire → réseau)

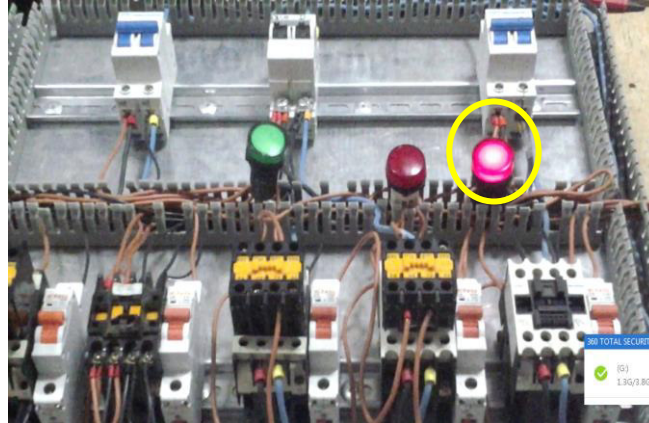


Fig. 3-14 Mode de fonctionnement réseau auto

b-3 Cas où l'ensoleillement est insuffisant ou inexistant avec coupure du réseau :

Dans ce cas le testeur de tension du **groupe électrogène** détecte l'absence de tension et commute le système vers le mode groupe automatiquement. Après un certain temps, nécessaire, le groupe déclenchera. Si le réseau sera rétablit le système commutera vers le mode réseau de nouveau. La figure suivante explique ce mode.

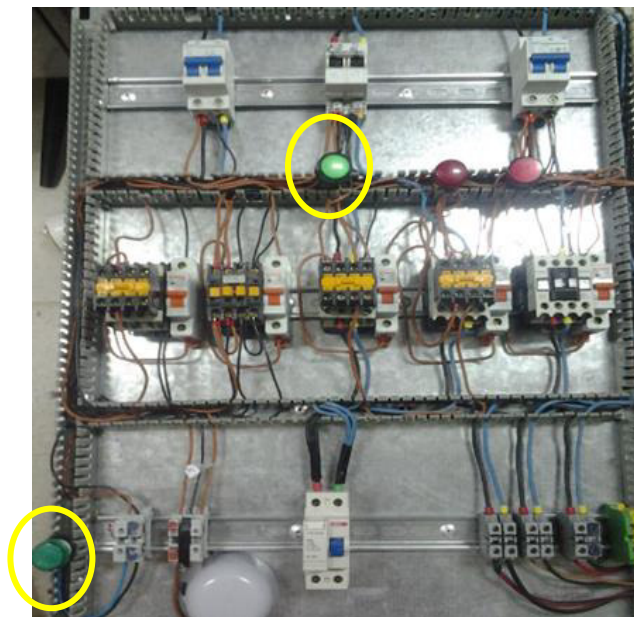


Fig. 3-15 Mode de fonctionnement groupe auto

3-3 Etude technico-économique entre le système hybride et le système purement solaire

Pour décider sur le choix entre les deux systèmes on va faire une comparaison entre leur facture pour déterminer le système le plus favorable.

1. Cas du système totalement solaire

num	désignation	p.u (DA)	nb	montant (DA)
1	onduleur	89000,00	1	89000,00
2	régulateur	30000,00	1	30000,00
3	batteries	45000,00	8	360000,00
4	panneaux	33000,00	10	330000,00
5	armoires et accessoires	100000,00	1	100000,00
6	installation	40000,00	1	40000,00
totale				949000,00

Tableau 3-2 Cas du système totalement solaire.

2. cas du système hybride

num	désignation	p.u (DA)	nb	montant (DA)
1	onduleur	89000,00	1	89000,00
2	régulateur	30000,00	1	30000,00
3	batteries	45000,00	4	180000,00
4	panneaux	33000,00	4	132000,00
5	armoires et accessoires	100000,00	1	100000,00
6	installation	40000,00	1	40000,00
totale				571000,00

Tableau 3-3 Cas du système Hybride.

D'après le montant des deux factures on constate facilement qu'on a une économie de plus de **370.000,00 DA**.

Et techniquement, s'il y a un problème dans le système totalement solaire la charge sera privée de l'énergie alors que le système hybride permet la continuité de l'alimentation de la charge dans toutes les situations.

C'est pour quoi le système hybride est la solution préférée.

3-4 Conclusion

Dans ce chapitre on a concrétisé pratiquement l'étude faite dans le deuxième chapitre par la réalisation des deux armoires après plusieurs tests.

L'armoire solaire est réalisée avec des éléments nécessaires, suivant la disponibilité sur le marché, avec leur protection par fusible pour chaque entrée. La sortie de l'onduleur, qui représente l'une des trois sources alimentant la charge, est protégée par un disjoncteur différentiel.

Après câblage et raccordement des panneaux et des batteries on a testé la tension de sortie de l'onduleur qui a donné une tension de 220 V. Ce qui prouve le bon fonctionnement de cette armoire.

A l'aide de l'armoire de commutation, constituée des circuits de puissance et de commande, on a réussi à implémenter la condition imposée qui exige qu'une seule source, parmi les trois, doit alimenter la charge. Alors, après plusieurs tests, l'armoire fonctionne correctement dans les deux cas manuel et automatique.

Le mode de fonctionnement manuel impose une seule source d'alimentation à l'aide d'un combinateur pendant toute la période en coupant les autres sources et ce quelque soit leur état.

Le mode de fonctionnement automatique permet d'exploiter la source solaire, comme source principale, pour alimenter la charge durant l'ensoleillement suffisant, et si l'ensoleillement devient insuffisant ou pendant la nuit le système commute automatiquement vers le réseau mais s'il y aura une coupure brusque du réseau le groupe électrogène déclenchera instantanément.

Finalement on confirme que les deux armoires sont bien câblées et fonctionnent avec succès dans toutes les situations.

Conclusion générale

D'après les objectifs visés dans ce mémoire et d'après les moyens, limités, dont nous disposons on peut confirmer que nous avons atteint la majorité de ces derniers qui peuvent être résumés comme suit :

- On a bien compris et exploité une des méthodes qu'on peut utiliser pour le dimensionnement photo voltaïque autonome.
- On a résumé cette méthode de dimensionnement dans un fichier Excel qui est plus pratique et rapide par rapport à la méthode classique. Cette méthode peut être développée sous un logiciel pour qu'elle soit exploitable par les étudiants.
- On a réussi à réaliser pratiquement deux armoires qui représentent le fruit du dimensionnement pour alimenter la charge avec un système hybride pratique.
 - L'**armoire solaire** représente une des trois sources du système hybride.
 - L'**armoire de commutation** permet la combinaison des trois sources de tel sorte que la charge soit alimentée dans toutes les situations par une seule source au maximum.
- Avec ces deux armoires on a pu réduire le coût du projet par rapport à un système totalement solaire.
- Avec ce système on peut diminuer l'utilisation des énergies fossiles et limiter l'émission des gaz toxiques provenant des centrales de production. Ce qui explique la réduction de la pollution de l'environnement. Cette étude peut être appliquée aux autres établissements.
- Vue la chute des prix du pétrole qui influe sur les prix de l'électricité sur tous au futur proche, le système hybride peut être la solution convenable pour remédier à ces problèmes sérieux.
- Avec le système hybride on peut éviter l'un des inconvénients du système totalement solaire qui exige l'utilisation des batteries causant beaucoup de problèmes sanitaire et économiques.

- L'armoire solaire réalisée représente un prototype réel à utiliser pour l'alimentation du standard universitaire. Il suffit de changer l'onduleur utilisé par l'onduleur dimensionné de 3000 W et le régulateur par le régulateur qu'on a calculé et conserver les autres éléments sans changement.

Il faut aussi remplacer les panneaux et les batteries par ceux obtenues par le dimensionnement pour alimenter la charge réelle.

Concernant l'armoire de commutation elle peut être utilisée sans aucun changement et pour tout système hybride à trois sources.

Pour un système à deux sources on doit adapter cette armoire à une autre qui convient au système ou réaliser des armoires de commutation suivant le nombre de sources imposées.

Une autre solution est d'utiliser la combinaison des sources favorables dans la région telle que les éoliennes les petites centrales hydraulique...etc.

- Finalement on peut dire que dans ce projet on a acquis pas males d'informations et d'expérience qui nous encourage dans la vie professionnelle.

INTRODUCTION GENERALE

L'accès à l'énergie électrique est de nos jours considéré comme un facteur clé pour le développement : les services énergétiques de consommation (moyens de communication, éclairage, confort dans l'habitat) améliorent le bien-être social et ceux de la production, du transport sont décisifs au développement économique.

La majeure partie de l'énergie consommée actuellement provient de l'utilisation des combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz naturel) ou de l'énergie nucléaire. Les prévisions récentes alertent que l'utilisation massive de ces ressources conduira certainement à l'épuisement de ces réserves. En plus, tout le monde est très convaincu par le danger de ce processus sur l'environnement. A partir de ce constat, la recherche d'autres ressources d'énergie de remplacement s'avère nécessaire.

Les énergies renouvelables, comme l'énergie photovoltaïque, éolienne ou hydraulique, représentent une solution de remplacement par excellence et elles sont de plus en plus utilisées dans nos jours. Ce type d'énergie n'est pas seulement gratuit et inépuisable, mais aussi très propre pour l'environnement. D'ailleurs, on parle souvent d'une énergie « verte », puisqu'elle permet d'éviter totalement la pollution produite par les sources traditionnelles.

Dans ce travail, nous nous intéressons particulièrement à l'énergie photovoltaïque comme source d'énergie principale pour alimenter un standard téléphonique à l'université de Biskra, ou autre charge équivalente, alimentée actuellement par le réseau de distribution. Le système sera combiné à avec un groupe électrogène pour une mise au point.

La disponibilité d'une importante énergie solaire dans cette zone peut rendre l'application du système solaire photovoltaïque comme une solution très attrayante pour l'alimentation de telles charges.

Le travail qui sera présenté dans ce mémoire porte sur le dimensionnement du système et la réalisation pratique du circuit de puissance composé de deux armoires, solaire et de commande, reliant les panneaux solaire, les batteries, le groupe électrogène et le réseau à la charge. Une évaluation économique, approximative, comparative avec les méthodes classiques appliquées est présentée.

Le présent manuscrit est subdivisé en trois chapitres. Dans **le premier chapitre**, on va présenter quelques notions de base sur l'énergie solaire photovoltaïque. La suite du chapitre sera consacrée à la description des différents systèmes photovoltaïques d'une part et à l'étude du principe de fonctionnement des cellules solaires d'autre part. Une partie théorique de base relative à l'énergie photovoltaïque est également exposée dans ce chapitre.

L'étude théorique concernant le dimensionnement d'un système photovoltaïque hybride autonome plus les schémas du câblage des deux armoires solaire et de commutation est présentés dans **le deuxième chapitre**.

Le troisième chapitre est consacré à une étude pratique permettant le choix et la réalisation du système hybride photovoltaïque étudié et le câblage des deux armoires.

Après le câblage on va effectuer différents tests de fonctionnement du système afin d'alimenter la charge d'une manière permanente. Après avoir donné quelques explications des règles de choix de ce système, une étude comparative technico-économique entre un système hybride et totalement solaire nous permet de choisir le meilleur système.

Le travail se termine par une conclusion générale qui résume l'ensemble des principaux résultats obtenus au cours de ce travail et proposer les éventuelles perspectives.

LISTE DES FIGURES

Chapitre 01	Page
Fig. 1-1 principe de l'effet photo voltaïque	03
Fig. 1-2 schéma d'un système photovoltaïque en mode autonome	04
Fig. 1-3 schéma d'un système photovoltaïque en mode autonome (pompage)	05
Fig. 1-4 schéma d'un système photovoltaïque en mode autonome (centrales)	05
Fig. 1-5 mode d'exploitation d'un système photovoltaïque (connecté au réseau)	06
Fig. 1-6 mode d'exploitation d'un système photovoltaïque (hybride)	07
Fig. 1-7 Principe de fonctionnement d'un système photovoltaïque (model A)	07
Fig. 1-8 Principe de fonctionnement d'un système photovoltaïque (model B)	08
Fig. 1-9 cellules monocristallines	09
Fig. 1-10 cellules poly cristallines	10
Fig. 1-11 cellules amorphe	10
Fig. 1-12 Batterie à plomb ou liquide	12
Fig. 1-13 Batterie à Gel ou AGM	12
Fig. 1-14 Batterie au lithium ion	13
Fig. 1-15 raccordements des batteries en série	14
Fig. 1-16 raccordement des batteries en parallèle	15
Fig. 1-17 raccordement des batteries en mixte ou sérié/parallèle	15
Chapitre 02	Page
Fig. 2-1 Organigramme de détermination du système PV	20
Fig.2-2 ensoleillement moyenne journalier de Biskra	26
Fig.2-3 raccordement des batteries	28
Fig.2-4 schéma de principe pour protéger la partie DC et AC de l'armoire solaire	37
Fig.2-5 schéma de câblage de l'armoire solaire	38
Fig. 2-6 schéma synoptique de câblage de l'armoire de commutation	39
Fig.2-7 schéma pratique de câblage de l'armoire de commutation	40
Chapitre 03	Page
Fig. 3-1 armoire solaire après câblage	42
Fig. 3-2 Procédure de mise en marche d'un système PV pour une charge AC	44
Fig. 3-3 Procédure d'arrêt d'un système PV pour une charge AC	44
Fig. 3-4 Procédure de mise en marche d'un système PV pour une charge DC	45
Fig. 3-5 Procédure d'arrêt d'un système PV pour une charge DC	45
Fig. 3-6 Etapes de réalisation d'une armoire solaire	46
Fig. 3-7 Tableau des équipements de l'armoire solaire	48
Fig. 3-8 Etapes de réalisation de l'armoire de commutation	50
Fig. 3-9 Etat final de l'armoire de commutation.	51
Fig. 3-10 Mode solaire manuel	52
Fig. 3-11 position réseau manuel	52
Fig. 3-12 position groupe manuel	53
Fig. 3-13 fonctionnement en mode solaire auto	53
Fig. 3-14 Mode de fonctionnement réseau auto	54
Fig. 3-15 Mode de fonctionnement groupe auto	54

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre 02	Page
Tableau 2.1 Besoins énergétiques	22
Tableau 2.2 Besoins énergétiques et puissance totale des éléments	23
Tableau 2.3 Energie totale journalière Demandée	24
Tableau 2.4 tension du système en fonction de la puissance totale	25
Tableau 2.5 feuille des besoins énergétiques du système	29
Tableau 2-6 feuille des données du système	30
Tableau 2-7 feuille de calcul de dimensionnement	31
Tableau 2-8 exemple de calcul de la section du câble en AC	34
Tableau 2-9 exemple de calcul de la section câble en DC	35
Chapitre 03	Page
Tableau 3-1 Les éléments de l'armoire solaire	43
Tableau 3-2 Cas du système totalement solaire	55
Tableau 3-3 Cas du système Hybride	55

Sommaire

Sommaire	I
Liste des figures	II
Liste des tableaux	III
Introduction générale	1
Chapitre 01 généralité sur le photo-voltaïque	
1-1 Introduction	03
1-2 Principe de la conversion PV	03
1-3 Domaines d'application de l'énergie photovoltaïque	04
1-4 Modes d'exploitation d'un système photovoltaïque	04
1-4-1 Mode autonome	04
1-4-2 Mode connecté au réseau	06
1-4-3 Mode hybride	06
1-5 Constitution d'un système photovoltaïque	07
1-5-1 Panneaux solaire photovoltaïque	08
1-5-2 Régulateur solaire	11
1-5-3 Batterie solaire	12
1-5-4 Onduleur solaire	16
Conclusion	17
Chapitre 02 Etude théorique	
2.1 Introduction	18
2.2 Dimensionnement du système	19
2.3 Explication de l'organigramme	21
2.4 Etude de l'armoire solaire	22
2-5 Schéma de principe de l'armoire solaire	37
2-6 Schéma de principe de l'armoire de commutation	38
2-7 Conclusion	40
Chapitre 03 Réalisation pratique	
3-1 Introduction	41
3-2 Réalisation des deux armoires	41
3-3 Etude technico-économique entre le système hybride et le système purement solaire	55
3-4 Conclusion	56
Bibliographie	57
Conclusion générale	58