



Etude et conception d'un régulateur de charge de batterie pour système hybride (Photovoltaïque-Eolien)

Samir Mouhadjer^{#1}, Ali Chermitti^{*2}, Amar Neçaibia^{#3}

[#]Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien
B.P 478 Route de Reggane Adrar-Algérie

¹mouhsam@yahoo.com

³amar_nmb@hotmail.fr

^{*}Faculté des sciences, université de Tlemcen
Université Aboubekr Belkaid Tlemcen-Algérie

²a.chermitti@yahoo.fr

Résumé— Une connexion directe entre une charge et un générateur Photovoltaïque et/ou éolien pose beaucoup de problèmes concernant l'optimisation de la puissance, l'influence sur le rendement du système et la mauvaise adaptation. En plus, si cette charge est une batterie, le bon fonctionnement et la protection de cette dernière ne seront jamais assurés par cette connexion directe. Pour cela, la majorité des études qui sont faites montrent la nécessité d'intercaler un étage de régulation entre le GPV et la charge.

L'objectif de ce travail est de concevoir un régulateur de charge des batteries pour les systèmes hybrides de faible et moyenne puissance, ce régulateur va être l'étage d'adaptation entre les générateurs et la charge (souvent ces des batteries) qui va nous assurer le bon fonctionnement de notre système et la protection de nos batteries ; et puisque l'objectif principal lors de la conception de ce type de convertisseurs est de réduire au maximum le coût et la consommation d'énergie, nous proposons une réalisation entièrement en numérique par le biais d'un microcontrôleur.

Mots clés— Régulation, Adaptation, Puissance, Photovoltaïque, Microcontrôleur.

I. INTRODUCTION

Sans doute, l'optimisation de la charge d'une batterie dépend uniquement du dispositif de régulation qui lui est associé et même du type de batterie (puisque'elle est indépendante de la source de courant), l'objectif de cette régulation n'est pas uniquement l'optimisation de la charge mais aussi la protection des batteries contre quelques phénomènes de nuisance tels que les surcharges, les décharges profondes et les influences de température dont le but est d'augmenter la durée de vie de ces batteries au maximum, ce qui prouve que l'importance de cette régulation est une chose indiscutable.

Pour cela, nous allons commencer par la régulation sur une valeur de tension avec les limitations que cela induit. Ensuite

l'accent sera mis sur les cycles de charge en trois phases avec les particularités pour chaque type de batterie et l'influence de la température qui sera également abordée.

De plus, avoir une bonne régulation nécessite la connaissance de l'état de charge de la batterie, et la détermination de ce paramètre -qui va nous permettre de respecter bien les cycles de charge/décharge de la batterie- n'est pas une chose facile, pour cela les principales méthodes de gestion de ces cycles de charge seront parcourues.

II. CYCLE DE CHARGE D'UNE BATTERIE AU PLOMB

A cause de l'irrégularité du vent et la discontinuité dans le temps du rayonnement solaire, les batteries, entant que des éléments de stockage, occupent une place très importante dans les installations de production d'énergie électrique à partir de ces deux sources d'énergies renouvelables, or cet aspect de ces énergies est encore aujourd'hui un de ceux qui ralentissent le plus leur développement, car ce stockage, d'autant plus important que les régimes de vent soient irréguliers ou que les temps d'ensoleillement soient faibles, constitue souvent une grande part (environ 20% et souvent assuré par des batteries au plomb)[4] de l'investissement dans ce type d'installation.

A. Régulation sur une valeur de tension

Certains régulateurs de panneau solaire ou d'éolienne ont basé sur ce type de régulation. Souvent la valeur de tension qui détermine si la batterie doit être chargée par la source de courant est fixée autour de 13,5V dont l'algorithme de charge est le suivant :

- Si la tension de la batterie est inférieure à la valeur de tension fixée, alors la batterie est chargée par la source de courant.
- Si la tension de la batterie est supérieure à la valeur de la tension alors la batterie est isolée de la source de courant. [3]



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



Lorsque la source d'énergie est active (ex alternateur), la tension de la batterie est maintenue autour de 13,5V. Cependant cette méthode adaptée pour les batteries de démarrage (voiture par ex), mais pour les batteries de servitude (installation Photovoltaïques et/ou éoliennes) elle présente les inconvénients suivants:

- La batterie n'est pas chargée au delà de 80% et la durée de charge est longue (la tension de charge étant trop basse).
- Il n'y a pas de phase d'absorption ni d'égalisation qui permettent d'homogénéiser l'électrolyte de la batterie à la fois par élément (batterie liquide) et entre les éléments.
- Le risque de sulfatation est plus important.

Si la tension est augmentée à une valeur de tension plus élevée (par exemple à la tension d'absorption), ceci permettra de recharger la batterie à 100% de sa capacité mais conduira aussi à terme au séchage de la batterie (perte de l'eau de l'électrolyte).

Ce type de régulation n'est donc pas adapté aux batteries de servitude et c'est pour cette raison que la recommandation est de respecter un cycle de charge en trois phases décrit ci dessous.

B. Cycle de charge en trois phases

La majorité des constructeurs recommandent de respecter un cycle de charge en trois phases quel que soit le type de batterie. Ce qui diffère en fonction de la technologie utilisée, ce sont les valeurs de tension qui déterminent le passage d'une phase à l'autre et les temps de ces différents cycles.

La 1^{ère} phase est la phase dite *Boost* où nous devons assurer que le chargeur donne le maximum de sa puissance à la batterie. Il faut s'assurer aussi que la batterie (le parc de batteries) est en mesure d'accepter cette intensité maximale. En fonction de la technologie et des constructeurs, la recommandation est de recharger la batterie de 20% (liquide) à 40% (gel ou AGM) de sa capacité en AH. [2]

Si cette condition n'est pas respectée, les risques sont les suivants:

- Vieillesse prématurée de la batterie dû au phénomène de bouillonnement. La batterie sèche et finalement, il n'y a plus d'électrolyte.
- Charge inefficace: si la batterie est chargée à une intensité trop élevée, la tension d'absorption sera atteinte avant que la batterie soit rechargée à 80%. Le changement de phase se produira trop tôt, ce qui conduira à une sous charge de la batterie en fin de cycle.

En fin du cycle *Boost*, la batterie est chargée à 80% dans la mesure où les intensités maximales ont été respectées.

La 2^{ème} phase est la phase d'*absorption*, où durant cette phase la batterie est chargée à tension constante, elle absorbe de l'énergie en fonction de son état de charge. Encore une fois, cette tension dépend du type de batterie, cette phase est

raccourcie pour les batteries gel et AGM qui ont une résistance interne plus faible et absorbent ainsi des intensités plus importantes.

Il faut veiller à respecter la valeur de la tension, aussi appeler tension de gazage. Si cette tension est trop élevée, cela conduira au séchage de la batterie (la réaction de l'électrolyse de l'eau sera importante). Si cette tension est trop faible la batterie ne sera pas correctement chargée. En particulier, si l'intensité de charge est élevée (cas de la recharge par les alternateurs), il sera intéressant de prendre en compte la température pour corriger la valeur de la tension d'absorption. Cette tension est toujours égale ou supérieure à 14 Volts pour tous types de batterie. [5]

L'intensité absorbée réduit pendant ce cycle de charge. La batterie est chargée quand l'intensité absorbée est inférieure à 2% de sa capacité en AH. Il faut néanmoins noter que la grande majorité des chargeurs n'utilisent pas ce paramètre mais utilisent plutôt un timer pour limiter la durée de cette phase.

La dernière phase est la phase *Floating*, cette phase consiste à appliquer à la batterie une tension très proche de la tension de la batterie au repos. Cette tension, généralement inférieure à 14 Volts, peut être appliquée pendant des années sans que cela porte préjudice à la batterie.

L'intérêt d'appliquer cette tension est double:

- Lutter contre le phénomène d'auto décharge qui peut conduire à la sulfatation de la batterie.
- Fournir l'énergie des différents consommateurs tout en conservant la batterie chargée.

Voici des caractéristiques typiques des valeurs de tension d'absorption et de floating en fonction du type de batterie :[4]

TABLEAU I

Les tensions d'absorption et de floating par apport
aux différents types des batteries

Type de batterie	Tension d'absorption	Tension de floating
Plomb ouvert	14.8v	13.8v
Fermé ou AGM	14.4v	13.5v
Gel	14.1-14.4v	13.3v

Ces valeurs sont données à titre indicatif pour une température de 25 degrés. Les caractéristiques données par le constructeur doivent être prises en compte.

C. L'effet de la température

L'influence de la température apparaît bien notamment sur le cycle de charge, et c'est souvent qu'on applique une correction de $\pm 0.005V/deg$ par élément de 2v pour connaître l'état de charge de la batterie en fonction de la tension.



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



A noter que la sonde de température peut être intégrée au régulateur ou déportée sur la batterie. La deuxième solution est recommandée lorsque la batterie est soumise à de fortes charges (alternateur par exemple), puisque celles ci conduisent à une surchauffe de la batterie qu'il est nécessaire de prendre en compte pour assurer une charge convenable.

TABLEAU II

L'influence de la température sur la tension des batteries. [8]

Intensité de charge	Tension en volt par élément pour : [cat]			
	15°C	25°C	35°C	45°C
C/20	2.75V	2.70V	2.65V	2.60V
C/30	2.70V	2.65V	2.60V	2.55V
C/45	2.67V	2.62V	2.57V	2.52V
C/60	2.64V	2.59V	2.54V	2.49V

D. Contrôle et entretien des batteries

Une batterie au repos chargée montre une tension de 12,7v. Déchargée à 50%, elle montrera encore 12,2, mais il est temps de la recharger complètement. Pour s'assurer que la batterie soit complètement chargée, il faut obtenir une valeur à ses bornes de 12,7 V après un temps de stabilisation (chargeur hors tension). Une batterie affichant 13 v en charge n'est pas obligatoirement complètement chargée si le temps de repos n'a pas été respecté.

NB :

Après chaque recharge, même incomplète, la tension batterie est artificiellement haute, et décroît progressivement avant de se stabiliser à son niveau de repos. Toute mesure de la tension effectuée avant la stabilisation, surestime gravement la charge de la batterie. Cette erreur est la cause la plus fréquente du vieillissement prématuré par manque de charge répété. [7]

TABLEAU III

Valeurs indicatives mesurées après une période de repos à 20°C. [4]

Type de batterie	Tension de batterie			
	en charge	charge à 100%	décharge de 50%	décharge de 75%
Electrolyte liquide	14.8 V	12,8 V	12,4 V	12.2 V
Electrolyte AGM	14,1 V	12,8 v	12,4 V	12.2 V
Electrolyte gélifié	14,1 V	12,8 V	12,4 V	12.2 V

D'autres phénomènes ont des effets indésirables sur le bon fonctionnement des batteries, nous devons les étudier aussi afin d'assurer une protection totale de ces éléments de stockage :

1) La sulfatation :

Il faut savoir qu'une batterie souffre de la décharge, principale cause de la sulfatation :

- Création d'une couche isolante en surface des électrodes qui empêche la recharge
- Perte de molécules de l'électrolyte (acide sulfurique) qui devient progressivement inefficace.

La première règle à respecter est donc de ne pas laisser la batterie déchargée pendant une longue période.

Pour pallier ce phénomène de sulfatation, il est nécessaire de désagréger les cristaux en appliquant une surtension pendant environ deux heures après une charge complète (charge d'**égalisation**). Si la batterie est utilisée normalement (pas de poudre blanche au niveau des cosses) il est conseillé de réaliser cette charge d'égalisation une fois par an avant l'hivernage. [8]

Pour réaliser cette charge (elle sert aussi à homogénéiser l'électrolyte pour les batteries liquides), il faut appliquer une tension comprise entre 15 et 16 Volts avec un courant maximum égal à 5% de la capacité de la batterie. Lorsque l'on réalise cette charge d'égalisation il est important d'isoler la batterie pour éviter de détériorer les instruments sensibles aux surtensions.

2) L'autodécharge :

Une batterie se décharge même sans être utilisée. Pour un stockage sans utilisation à une température de 20°C la perte de capacité peut atteindre 6% par mois pour des batteries de mauvaise qualité (1% pour certaines batteries AGM). Plus la température sera basse moins cette perte sera importante. Avant une période d'hivernage il est de bon usage d'appliquer une charge complète aux parcs de batteries.

Il est également conseillé de stocker les batteries dans un endroit le plus frais possible. [1]

3) Les surcharges :

Il faut éviter les surcharges. Une fois la batterie complètement chargée, il n'y a plus de matière réactive disponible sur les électrodes. Par conséquent, c'est la réaction d'hydrolyse de l'eau qui prend le relais, avec deux conséquences:

- Séchage de la batterie (diminution d'électrolyte).
- La diffusion massive d'oxygène engendre l'oxydation, donc la détérioration des électrodes.

Il ne faut donc jamais laisser un chargeur non équipé de régulateur branché en permanence à une batterie. Une diminution du niveau de l'électrolyte conduit à une corrosion des électrodes.



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



III. ETUDE ET CONCEPTION D'UN REGULATEUR DE CHARGE/DECHARGE DES BATTERIES POUR SYSTEME HYBRIDE (PHOTOVOLTAÏQUE/EOLIEN)

Nous avons commencé cet article par une étude théorique pour montrer bien la particularité des batteries et la dépendance de ces éléments de stockage aux autres paramètres, cette étude sert aussi à déduire les éléments nécessaires à la conception d'un régulateur fiable de charge/décharge d'une batterie.

La majorité des études qui sont faites montrent qu'un meilleur rechargement des batteries à plomb-acide sera obtenu en respectant les seuils présentés dans le tableau suivant : [7]

TABLEAU IV
Les seuils à ne pas dépasser au cours du fonctionnement de notre régulateur.

Désignation	élément de 2V	12VCC	24VCC
Tension d'arrêt de charge :	2.35V	14.1V	28.2V
Tension de remise en charge :	2.25V	13.5V	27V
Tension de coupure utilisation :	1.90V	11.4V	22.8V
Tension de remise en service de l'utilisation :	2.15V	12.9V	25.8V

A. Description du circuit

La simulation de notre circuit a été faite sous le logiciel *ISIS Proteus-7-Professional*, la figure 1 montre le premier schéma proposé.

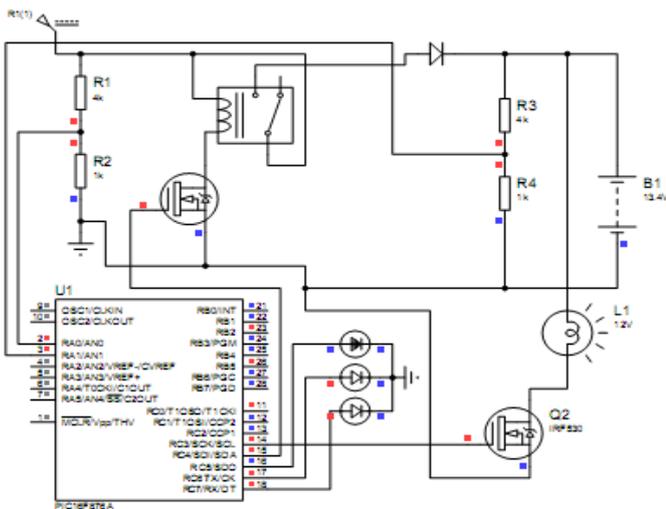


Fig. 1 Schéma d'un régulateur simple (ON-OFF).

Notre objectif principal est toujours de réduire le coût total de nos réalisations ainsi de la quantité des composants à utiliser, pour cela nous proposons une réalisation entièrement en numérique par le biais d'un microcontrôleur qu'on a déjà choisi c'est le PIC16F876. [6]

En premier temps le microcontrôleur acquerra l'image de la tension d'entrée du GPV à travers un diviseur de tension (R1, R2, pin(AN0)), si cette tension est suffisante pour charger la batterie ($V_e > 14v$), ce dernier autorise l'opération de charge, si non il faut attendre que la tension du GPV dépasse 14v.

Durant la phase de charge/décharge, l'image de la tension de la batterie sera lue par le PIC à travers un deuxième diviseur de tension (R3, R4, pin(AN1)), ensuite le PIC va réagir selon cette lecture pour commencer ou arrêter la charge, ou en plus pour couper ou remise en service l'utilisation dont le seul but est de protéger la batterie contre une surcharge, ou une décharge profonde.

La tension de l'accumulateur s'élève pendant la charge, atteignant une valeur maximum quand la charge est complète. Cette valeur dépend de la température et vu les conditions climatiques au niveau de notre cite d'application (ADRAR), où la température atteinte des seuils importants, nous avons pensé à améliorer notre programme pour que ce phénomène sera pris en compte par une correction de (élément de 2v) :

- - 0.005v par degré au-dessus de 25°C.
- + 0.005v par degré au-dessous de 25°C. [8]

Cette compensation en température sera assurée par un capteur de température le LM35 qui génère une tension de 0 à 1v pour une variation de température de 0 à 100°C, en plus on a réussi à lire directement ces faibles tension (de l'ordre de mV) sans passer par un étage d'amplification (pin(AN2)).

Finalement et afin d'être au courant de la variation de la température ainsi que les valeurs de la tension du GPV et de la batterie, nous avons essayé d'afficher ces paramètres par un afficheur LCD le LM041L.

B. L'adaptation avec la source d'énergie

Notre régulateur doit être adapté à la source de courant puisque la courbe de charge d'une batterie dépend uniquement du type de cette dernière quelle que soit la source d'énergie utilisée. Ainsi, le principe de fonctionnement de ce régulateur ne pose aucun problème pour les panneaux solaires de les mettre en circuit ouvert (sans charge), contrairement à une éolienne, le problème réside en ce que le fonctionnement en circuit ouvert conduira à la démagnétisation de l'aimant. Par conséquent, et pour pallier ce problème, notre régulateur devant être utilisé fonctionne selon le principe de la diversion. Le régulateur est placé en parallèle à la batterie et, en fonction de la tension aux bornes de celle-ci, il dévie l'énergie en provenance de la source vers une charge secondaire. Ainsi le courant produit par l'éolienne est utilisé soit pour recharger la batterie, soit par la charge secondaire.



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012

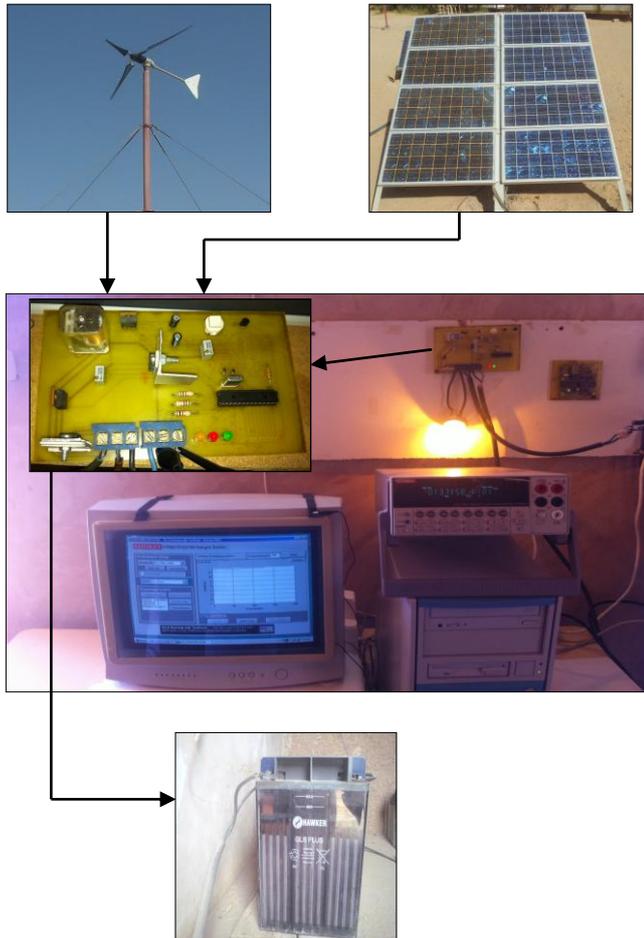


Fig. 4 : Image du banc d'essai expérimental.

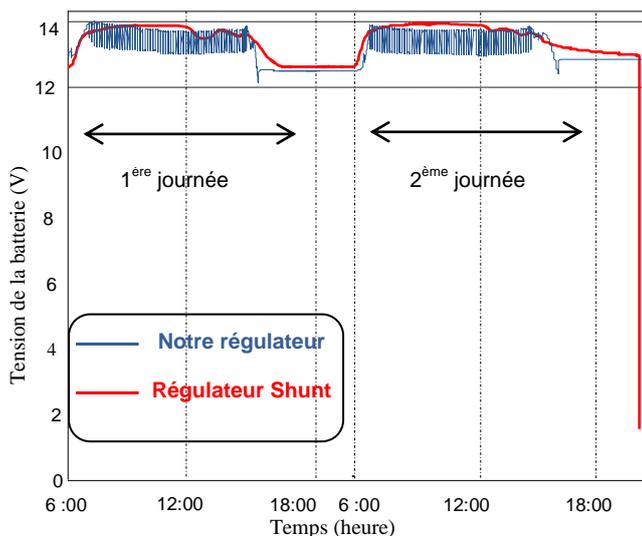


Fig. 5: L'évolution de la tension de batterie en fonction du temps

IV. CONCLUSION

Dans ce travail nous avons étudié et réalisé un régulateur de charge /décharge des batteries pour un système hybride, notre but était de réduire la taille et le nombre de composants, ainsi que la consommation d'énergie.

Expérimentalement ; notre régulateur a pu supporter des courants de l'ordre de 15Amp, ce qui est largement suffisant pour des applications de faible et moyenne puissance, le tableau suivant représente quelques spécifications techniques de notre régulateur.

TABLEAU V
Spécifications technique du régulateur

Niveau du courant de charge	30A Max
Courant de charge	15A
consommation	Mode de contrôle <40mA Led+Ecran LCD <15mA Total :< 55mA
Voltage du système	12v
Température	-20°C à +70°C
Capacité batterie	De 270Ah à 400Ah
Chargement Boost	14.8v
Egalisation	14.4v
Chargement	13.5v
Compensation en température	5mv/°C/élément de 2v
Décharge voltage	11.4v

REFERENCES

- [1] J. A. O'Connor (1999) : Simple Switchmode Lead-Acid Battery Charger, Unitorde Application Note U-131.
- [2] DavidLinden; ThomasB.Reddy : " HANDBOOK OF BATTERIES" ThirdEdition
- [3] Total Energie, Régulateur de charge/décharge TR10A, notice technique.
- [4] batterie-technologie.php.htm
- [5] regulation-charge-batterie.php.htm
- [6] Bigonoff « La programmation des PICs, Seconde partie- PIC16F876/877, Rev 7. Microchip PIC 16F87X Data Sheet (DS30292C).
- [7] L.Messikh: Conception d'un régulateur intelligent de charge pour un SPVA alimentant une charge à courant continu de faible puissance : synthèse d'un convertisseur abaisseur de tension », Rapport interne, URER/MS(2003) , Adrar, Algérie.
- [8] Mise en service des batteries chargées sèches, OLDHMAN France S.A.