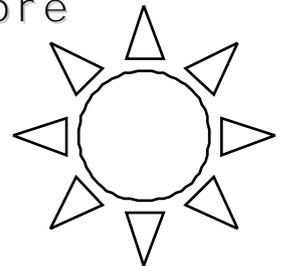


Dossier d'étude de Projet Tutoré



Le chargeur solaire de
batterie

Michel DEGUYENNE

Thibaud LEVRARD

Promotion 2004-2006
Groupe A2
M. BRAULT

Institut Universitaire de Technologie de TOURS
Département Génie Electrique et Informatique Industrielle

Dossier d'étude de Projet Tutoré

Le chargeur solaire de batterie

Michel DEGUYENNE

Thibaud LEVRARD

Promotion 2004-2006
Groupe A2
M. BRAULT

Sommaire

<i>Introduction</i>	4
<i>1. Présentation du projet</i>	5
1.1. Pourquoi ce projet	5
1.2. Cahier des charges	5
1.2.1. Finalité	6
1.2.2. Cadre	6
1.2.3. Prix	6
1.2.4. Environnement	6
1.2.5. Dimensionnement des composants	6
1.2.6. Protections	6
1.3. Analyse fonctionnelle	7
<i>2. Analyse structurelle</i>	8
2.1. FP1 « Production d'énergie »	8
2.1.1. Qu'est-ce qu'un panneau solaire ?	8
2.1.2. Principe de fonctionnement	8
2.1.3. Avantages et Inconvénients	9
2.1.4. Le panneau utilisé	9
2.2. FP2 « Gestion de l'énergie »	10
2.2.1. FS21 « Référence de tension »	10
2.2.2. FS22 « Image de tension »	12
2.2.3. FS23 « Image de courant »	12
2.2.4. FS24 « Décision de charge »	14
2.2.5. FS25 « OU »	15
2.2.6. FS26 « Charge contrôlée »	16
2.3. FP3 « Stockage de l'énergie »	17
2.3.1. Description d'une batterie au plomb	17
2.3.2. Principe de fonctionnement	18
2.3.3. Notre choix de batterie au plomb	18
2.4. Montage complet	18
<i>3. Caractéristiques des principaux composants utilisés</i>	20
3.1. Comparateur « TL071 » (annexe p.8)	20
3.2. Diodes Schottky « PBYR745 » (annexe p.3)	20
3.3. Transistor de puissance « IRFZ 44E » (annexe p.35)	20
3.4. Sonde à effet Hall LTS 7,5-NP (annexe p.44)	21
3.5. Porte logique « OU » HEF 4071 BP (annexe p.46)	21
3.6. Dissipateurs ML9	21
3.7. Nomenclature complète	22
<i>4. Réalisations et tests</i>	24
4.1. Problèmes rencontrés	24
4.1.1. Résumé des problèmes	24
4.1.2. Etude du problème principal : « Mise en place d'un limiteur de courant »	25
4.2. Essais	27
4.2.1. Test détaillé de la fonction « Limiteur de courant par LM317 »	27
4.2.2. Validation des fonctions	28

5.	<i>Avancement et perspectives du projet</i>	30
5.1.	Avancement du projet	30
5.2.	Réponse au cahier des charges	31
5.3.	Perspectives	31
	<i>Conclusion</i>	32
	<i>Table des illustrations</i>	33
	<i>Bibliographie</i>	34

Introduction

Ce dossier est la suite d'un premier réalisé dans le cadre de la matière étude et réalisation. Il nous était demandé de définir, étudier puis réaliser un projet ; nous avons choisi le chargeur de batterie par panneau solaire.

Ce rapport définit quelles solutions seront utilisées pour répondre au mieux au cahier des charges défini lors de la pré étude du projet. On pourra ainsi trouver dans ce dossier un descriptif et une étude détaillée des fonctions qui seront utilisées pour réaliser ce chargeur.

En accord avec la tendance actuelle de réduire les rejets polluants dans l'atmosphère¹, ce projet apporte une nouvelle solution pour la réduction des émissions des rejets polluants.

Dans une première partie nous expliquerons notre choix de projet, nous étudierons par la suite les solutions techniques mises en œuvre puis nous rappellerons les principales caractéristiques des composants utilisés. Une quatrième partie traitera des problèmes rencontrés ainsi que des modifications apportées ; enfin une dernière conclura sur l'état d'avancement du projet.

¹ Le cas le plus flagrant est la ratification par 180 pays de l'accord de Kyoto, lequel prévoit défini un quota par pays d'émission de rejet polluants.

1. Présentation du projet

Le projet que nous avons choisi de réaliser est le chargeur de batterie par panneau solaire.

1.1. Pourquoi ce projet

Aujourd'hui, le secteur des énergies renouvelables est en plein essor notamment grâce (ou à cause...) de l'augmentation du prix du pétrole et de ses dérivées. En effet les scientifiques estiment que cette énergie indispensable à notre économie devrait disparaître d'ici à une cinquantaine d'année.

Les énergies renouvelables sont donc une nouvelle source de revenu pour les industriels. Preuve en est faite à l'espace Info énergie de Tours qui a récemment vu son taux de fréquentation multiplié par deux. Le côté écologique des énergies renouvelables est en accord avec la prise de conscience grandissante du réchauffement global de la planète.

Cependant un produit dit écologique ne l'est pas forcément ; même s'il ne pollue² pas une fois en fonctionnement, la fabrication du produit écologique peut elle-même engendrer des émissions néfastes pour l'environnement³.

Pour le cas du photovoltaïque, sa technique actuelle de fabrication est plutôt polluante, mais l'utilisation des produits sur une durée de dix ans permet un gain en matière de rejet polluant. En outre, une nouvelle technique permet de simplifier la fabrication des panneaux photovoltaïques et donc de réduire la pollution engendrée par leur fabrication.

Pour ces raisons il nous a paru intéressant de réaliser un projet en relation avec un domaine en pleine croissance. Notre projet pourrait ainsi permettre de réduire de quelques pour-cent la consommation d'une voiture.

1.2. Cahier des charges

Nous avons défini un cahier des charges afin de pouvoir définir exactement les contraintes que subirait notre produit final.

Dans le dossier de pré étude nous avons définis le cahier des charges suivant.

² On entend par polluant le fait pour un produit de dégrader l'environnement.

³ Faire fondre du sable pour obtenir du silicium nécessite beaucoup de puissance. Pour la France, la majorité (84%) de la puissance provient du parc nucléaire (revendiquer comme une « énergie propre »).

1.2.1. Finalité

Permettre à l'utilisateur de disposer d'une capacité d'énergie suffisante pour alimenter un appareil de mobilité pendant une durée minimum de deux heures.

Consommation maximale sur deux heures : 180W.

Contrainte : pour cela, il a fallu déterminer la capacité de la batterie. Nous avons un budget limité, c'est pour quoi nous nous sommes limités à une batterie pas trop chère.

1.2.2. Cadre

L'objet technique est destiné à être utilisé dans une voiture. On aura donc une contrainte d'encombrement.

Contrainte : l'ensemble du projet devra être de petite taille afin de ne pas gêner le passager à la place du mort. La taille du panneau définit directement sa puissance. On devra donc faire un compromis entre puissance et taille.

1.2.3. Prix

Le chargeur solaire est réalisé dans le cadre des projets tutorés de la matière « Etude et réalisation » où une limite de 100€ par projet a été instaurée.

Contrainte : Nous réutiliserons pour le projet le panneau solaire déjà présent dans l'IUT. Celui-ci a une valeur de 200€ environ mais ne correspond pas à nos besoins puisqu'il est protégé contre la pluie : inutile dans une voiture.

1.2.4. Environnement

Le chargeur est prévu pour être utilisé dans une voiture avec toutes les contraintes que cela comporte : température et secousses par exemple.

Contrainte : la température dans une voiture peut connaître des variations allant de 0 à 55°C. Il faudra dimensionner les composants pour qu'ils puissent résister à de telles températures. Les soudures de la carte devront de plus être robustes pour pouvoir supporter les secousses des transports.

1.2.5. Dimensionnement des composants

L'autonomie définie sous entend que de forts courants pourront circuler dans le chargeur solaire.

Contrainte : il faudra surveiller le courant circulant pour réagir en cas de courant trop important. De plus il faudra en tenir compte pour la réalisation de la carte électronique.

1.2.6. Protections

Des dispositifs de protections doivent être mis en place pour optimiser la durée de vie du panneau solaire, de la batterie et de tous les autres composants.

Contrainte : mettre en place un dispositif pour ne pas que le panneau solaire soit récepteur de puissance ; un autre pour que la batterie ne soit pas chargée sous un courant trop important.

1.3. Analyse fonctionnelle

On peut décomposer notre produit en trois fonctions principales.

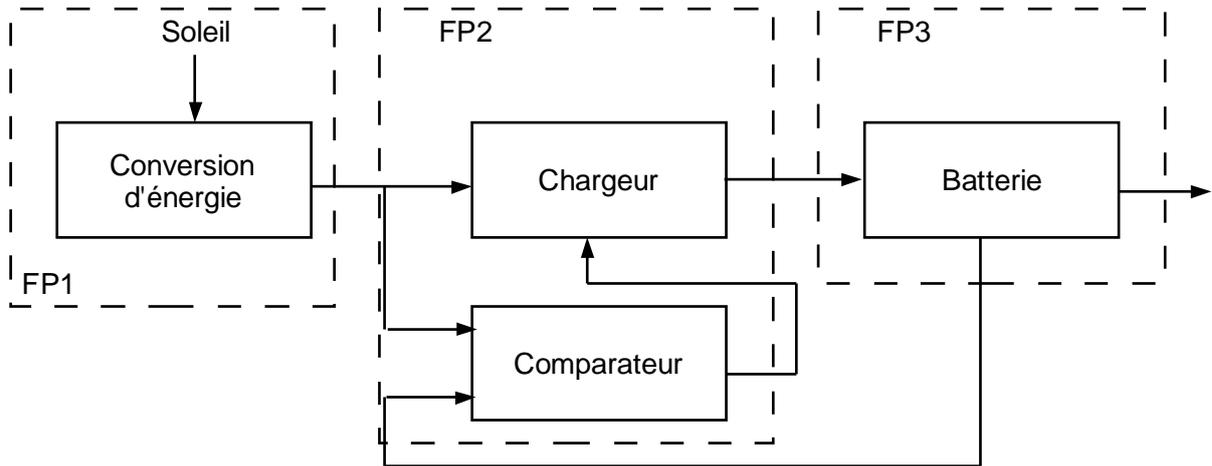


Figure 1. Schéma fonctionnel du chargeur solaire

Ces trois fonctions principales seront étudiées plus précisément par la suite. A noter que seule la fonction FP2 est constituée de plusieurs fonctions. C'est la fonction principale la plus complexe de notre montage.

La fonction FP1 est seulement constituée du panneau solaire et la fonction FP3 de la batterie.

2. Analyse structurelle

Le dossier de pré étude effectué précédemment nous a permis de définir le montage ayant la meilleure capacité à répondre aux besoins du cahier des charges.

Nous allons étudier ici son fonctionnement. Le montage était désigné dans notre ancien dossier par l'appellation « Chargeur par panneau solaire » (Montage n°3).

2.1. FP1 « Production d'énergie »

La production d'énergie est effectuée grâce à un panneau photovoltaïque.

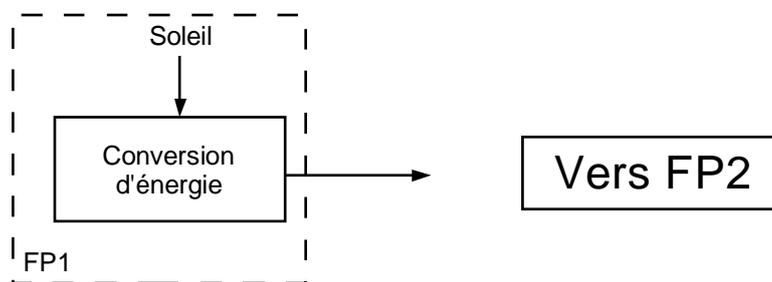


Figure 2. Schéma fonctionnel de FP1

2.1.1. Qu'est-ce qu'un panneau solaire ?

Un panneau solaire est constitué de cellules photovoltaïques reliées soit en séries soit en parallèles. Ces cellules ont été découvertes par Antoine Becquerel en 1839, elles sont constituées de semi-conducteurs capables de convertir directement la lumière en électricité.

2.1.2. Principe de fonctionnement

La cellule photovoltaïque est un élément qui utilise deux propriétés afin de transformer l'énergie : la propriété du rayonnement et celle des semi-conducteurs.

Le rayonnement de la lumière permet de fournir une énergie permettant au semi-conducteur de produire un courant. La lumière n'est pas entièrement utilisée une partie est réfléchiée, une autre est absorbée et une autre traverse le matériau. Seule la partie absorbée permet la conversion de l'énergie solaire en énergie électrique.

2.1.3. Avantages et Inconvénients

Les avantages du panneau solaire sont sa fiabilité et sa faible nécessité d'entretien. Les pièces sont mobiles et peuvent être utilisés n'importe où. Le panneau produit une énergie propre non polluante, cependant on ne peut pas en dire autant de sa fabrication.

L'inconvénient majeur de l'utilisation de ces cellules est que leur production requière des méthodes récentes et c'est pourquoi sa fabrication est polluante et reste encore très cher vis-à-vis d'autres énergies (l'Eolien⁴ par exemple qui est la source d'énergie renouvelable la plus développée actuellement).

Cependant un nouveau procédé permet de réduire les coûts et l'effet polluant. Le principe est d'utiliser du silicium de moins bonne qualité pour produire les panneaux solaire. Jusqu'à aujourd'hui, le silicium utilisé pour les cellules photovoltaïques était de la même qualité que pour les composants électroniques, ce qui était inutile. Grâce au nouveau procédé, le rendement est légèrement baissé, mais le gain en facilité de production est énorme.

2.1.4. Le panneau utilisé

Le panneau, que nous utiliserons pour les tests, est celui déjà présent dans le département. Ce panneau est usagé et son rendement est très mauvais par rapport aux nouveaux panneaux vendus actuellement.

Il s'agit du PWX500-12.



Figure 3. Photographie du PWX500

⁴ Le prix de revient du solaire va prochainement augmenter. Une loi oblige EDF à racheter le courant d'origine photovoltaïque deux fois plus chère que les prix actuellement pratiqués.

2.2. FP2 « Gestion de l'énergie »

Elément de commande du montage, cette fonction principale gère la sécurité des éléments et agit sur la batterie en fonction de l'ensoleillement. Elle informe l'utilisateur sur l'état de charge de celle-ci. Sept fonctions constituent FP2.

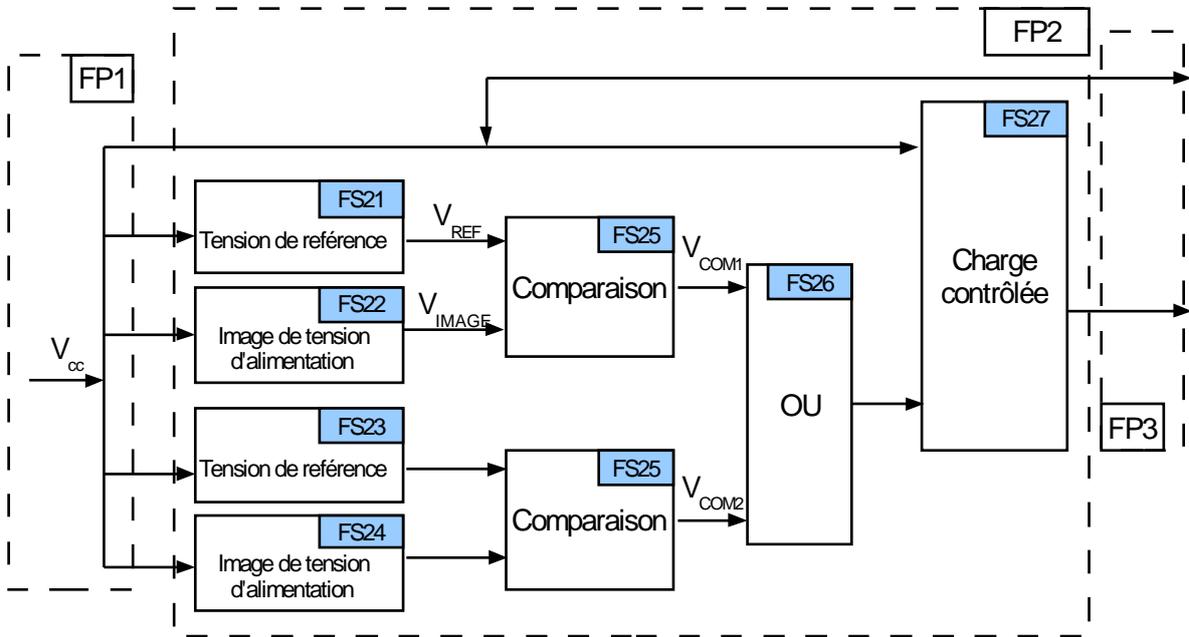


Figure 4. Fonctions secondaires de FP2

2.2.1. FS21 « Référence de tension »

Dans cette partie et les suivantes, on présentera tout d'abord le schéma de la fonction secondaire puis on étudiera théoriquement les résultats auxquels on devrait s'attendre expérimentalement.

a) Schéma

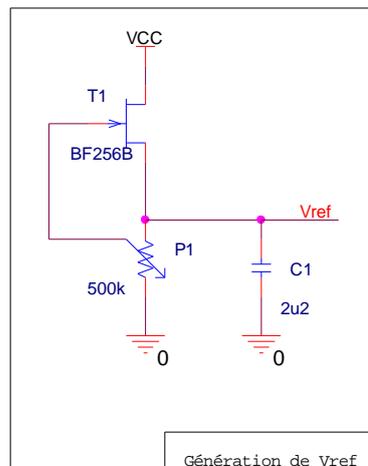


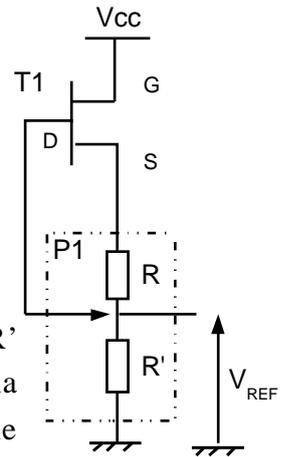
Figure 5. FS21 " Référence de tension"

b) Etude théorique

Cette fonction fixe une référence de tension qui nous permet ensuite de décider si l'on doit charger ou non la batterie. On considère deux cas extrêmes pour l'étude de la fonction.

- La résistance R (schéma équivalent) vaut 0.

La tension aux bornes de R est donc nulle. Or la tension sur R' est la tension de commande du transistor V_{DS} . D'après la documentation technique (annexe p.35), si V_{DS} vaut V_{CC} , le transistor est un circuit fermé.



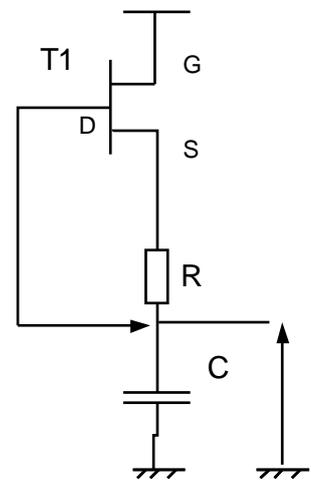
$$V_{REF} = V_{CC}.$$

- La résistance R vaut P1 (500 kΩ)

La chute de tension aux bornes de R est maximale et la résistance R' est pratiquement inexistante. La tension V_{GS} est alors équivalente à un circuit ouvert.

$$V_{REF} = 0$$

Le rôle du condensateur dans ce montage est de temporiser le réglage de la tension V_{REF} . Le réglage est ainsi plus aisé et précis.



On utilisera deux fois cette structure pour générer une tension de référence. Tout d'abord une première structure permettra de définir la tension de fin de charge de la batterie (environ 12,5V), ensuite une seconde structure détectera un courant maximal en sortie du panneau solaire.

Dans les deux cas on agira sur le potentiomètre pour régler précisément la valeur souhaitée.

2.2.2. FS22 « Image de tension »

a) Schéma

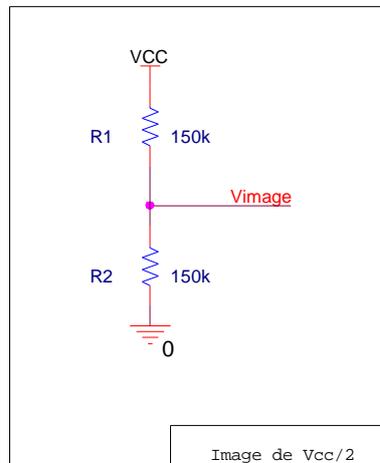


Figure 6. FS22 " Image de tension"

b) Etude théorique

On a ici un diviseur de tension. Les deux résistances étant de même valeur on obtient une tension V_{image} égal à $(V_{cc} - 2V_D) / 2$.

Si le panneau solaire charge la batterie, la tension V_{cc} vaut plus de 12,5V. En effet pour que la charge s'accomplisse il faut que la tension du panneau solaire soit supérieure à celle de la batterie. La tension de la batterie valant 12,4V environs. Dans ce cas on a V_{CC} : [infini ; 12,5] V.

Si le panneau solaire ne charge pas la batterie, la tension V_{cc} pourra varier de 0 (batterie déchargée) à 12,4V (batterie chargée). Soit le domaine suivant : [12,4 ; 0] V.

2.2.3. FS23 « Image de courant »

a) Schéma

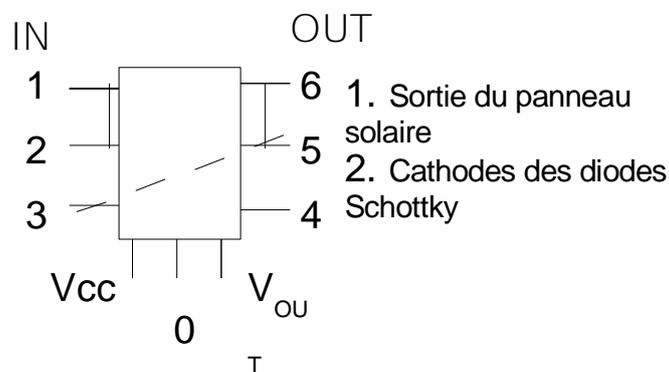


Figure 7. Câblage de la sonde à effet Hall

b) Etude théorique

On veut détecter un courant trop fort pour la batterie en sortie du panneau solaire.

On définit dans un premier temps le câblage du montage (cf. figure précédente). La documentation technique nous renseigne sur ce câblage. Le courant circulant nominal dans la sonde de 7,5A est le principal paramètre de détermination.

- détection d'un courant de 1,8A

Le capteur à effet Hall que nous utilisons délivre une tension proportionnelle au courant qui passe dans le composant. La documentation technique définit le rapport entre courant et tension par la relation suivante :

$$V_{OUT} = 2,5 \pm (0,625 \times I_P / I_{PN})$$

- I_P représente un nombre variant entre ± 48 . Nous n'utiliserons que la partie positive d' I_P puisque le courant circulant dans la sonde sera positif ; il s'agit du courant circulant en sortie du panneau solaire.
- I_{PN} est la valeur efficace du courant circulant dans la sonde. La valeur maximale sera ici de 4A environ.

Au niveau du capteur nous avons choisi le LTS 7,5 – NP ; 7,5 est la valeur maximale du courant pouvant circuler dans la sonde. Nous aurions pu prendre la version inférieure (5A maximale), mais la chute de tension alors engendrée aurait été plus importante ; une faible chute de tension est primordiale pour nous.

La sonde est donc un convertisseur. On a la résolution suivante :

$$r = 7,5/49 = 153,061 \times 10^{-3}$$

Pour détecter le courant à 1,8A il faudra que l'on est : $I_P \times r = 1,8 \text{ A}$

$$I_P = 1,8 / 153,061 = 11,76 \text{ soit comme valeur entière } 12$$

Lorsque le courant atteindra 1,84 A on aura la tension suivante :

$$V_{OUT} = 2,5 + (0,625 \times 12/1,84)$$

$$V_{OUT} = 6,57 \text{ V}$$

On a donc, grâce à la sonde, une détection d'un courant de 1,8A en sortie du panneau solaire. En réponse à ce courant on aura une tension de 6,57V que l'on détectera grâce à une structure du type FS 21 (référence de tension).

Dans notre schéma, la tension V_{OUT} est représentée par V_{IMAGE2} .

- chute de tension générée pour le courant maximale

Le courant maximal pouvant circuler dans la sonde est de 4A (courant généré par le panneau solaire). La documentation technique nous indique que la résistance interne de la sonde est de $R_{INT} = 0,81\text{m}\Omega$. On a donc une chute de

$$V_{CHUTE} = R_{INT} \times I_{MAX}$$

$$V_{CHUTE} = 3,24 \text{ mV}$$

La chute de tension engendrée par la sonde est donc négligeable. Elle est très inférieure à 1% de la tension générée par le panneau solaire.

2.2.4. FS24 « Décision de charge »

a) Schéma

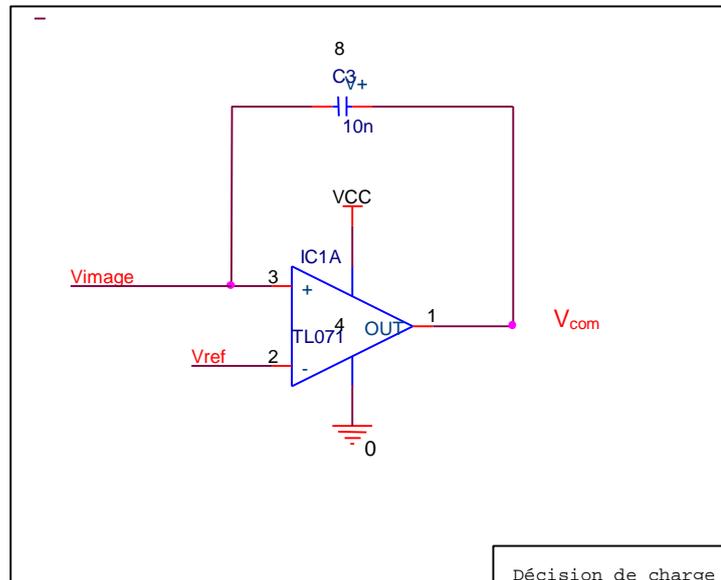


Figure 8. FS24 " Décision de charge"

b) Etude théorique

Ce montage est un comparateur auquel on a adjoint une boucle de retour positive. Elle permet d'améliorer la facilité de réglage du montage (lorsque l'on agit sur le potentiomètre de V_{REF} par exemple).

On négligera la boucle de retour – un condensateur – pour l'étude théorique de notre montage. La boucle n'a que très peu d'influence sur le fonctionnement du montage :

$$|Z_C| = |1/Cwj| \text{ avec } C= 10\text{nF}$$

$$|Z_C| = 100 \text{ M}\Omega$$

Une telle impédance peut être comparée à un circuit ouvert. On peut donc la négliger. En approximant, le montage est un comparateur.

On voit sur le montage que :

- Si $V_{IMAGE} > V_{REF}$

L'AOP commute et sa sortie passe à + VSAT soit environ la tension au borne du panneau solaire.

La tension V_{IMAGE} dépend directement de la tension générée par le panneau solaire.

- Si $V_{REF} > V_{IMAGE}$

L'AOP commute et sa sortie passe à 0.

Le cycle d'hystérésis suivant résume le fonctionnement du comparateur.

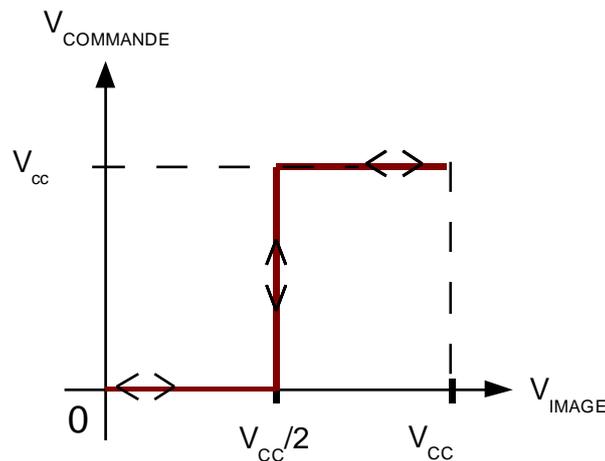


Figure 9. Cycle hystérésis du comparateur

Il y a donc une tension à la sortie de l'AOP quand la tension présente aux bornes de la batterie est supérieure à la tension de référence.

2.2.5. FS25 « OU »

a) Schéma

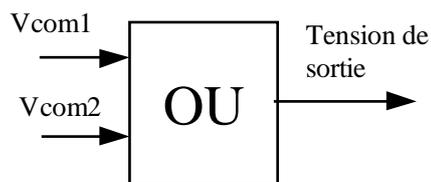


Figure 10. Fonction "OU"

b) Etude théorique

Cette fonction permet de lier les deux décisions de charge : celle concernant la détection d'un courant trop important ou celle détectant un courant trop fort. Les deux décisions sont indépendantes ; on a choisi une porte OU pour que chacune des détections coupe la charge.

Le but est de protéger la batterie et le panneau solaire, donc la décision prioritaire est la décision d'arrêt de charge.

Commande en tension	Commande en courant	Niveau de la sortie	Commentaires
Niveau bas	Niveau bas	Niveau bas	La charge est possible car aucun risque n'est présent.
Niveau bas	Niveau haut	Niveau haut	La charge est bloquée car le courant est trop fort, il y a un risque de détérioration de la batterie
Niveau haut	Niveau bas	Niveau haut	La charge est bloquée car la batterie est chargée, cela protège le panneau solaire.
Niveau haut	Niveau haut	Niveau haut	La charge est bloquée car la batterie est chargée et le courant est trop fort.

Figure 11. Tableau récapitulatif de la fonction « OU »

2.2.6. FS26 « Charge contrôlée »

a) Schéma

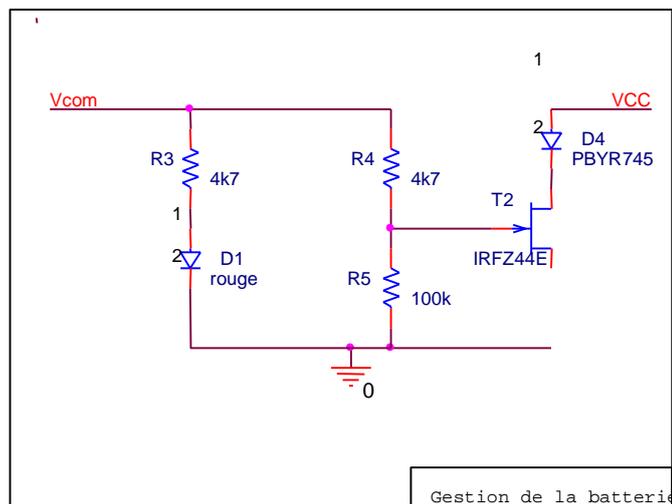


Figure 12. FS26 " Charge contrôlée"

b) Etude théorique

En fonction de V_{COM} – tension de sortie de l'AOP – on rendra le transistor IRFZ 44E passant ou non. On a deux cas possibles qui représentent les deux valeurs que peuvent prendre la sortie du comparateur.

$$\underline{- V_{COM} = + V_{SAT}}$$

La tension sur la grille du transistor vaut environ 10V. D'après le réseau de caractéristique de la documentation du composant, on aura en réponse une tension V_{DS} presque nulle (environs 0,05V).

Le composant sera donc passant et équivalent à un interrupteur fermé. Le panneau solaire sera alors dans ce cas « court-circuité », la charge de la batterie sera donc interrompue.

Ce résultat correspond à ce que l'on attendait puisque le cas où V_{COM} vaut $+V_{SAT}$ est celui où la tension présente aux bornes de la batterie est supérieure à celle de la tension de fin de charge.

A noter que dans ce cas la diode D1 subit un courant, elle émet donc de la lumière. Le fait que la diode soit allumée correspond au fait que la batterie soit complètement chargée.

$$\underline{- V_{COM} = 0}$$

Aucune tension ne commande le transistor IRFZ 44E. Cela revient à bloquer le transistor et à ne pas alimenter la diode D1.

On vérifie ici qu'en absence de tension à la sortie du comparateur la batterie puisse être chargée. Cet état sera marqué par l'absence d'émission de lumière de la diode.

2.3. FP3 « Stockage de l'énergie »

La technologie utilisée ici pour répondre à cette fonction est la batterie au plomb. Celle-ci permet d'obtenir un stockage d'énergie important mais aussi une technique de charge simple. Grâce à son principe de fonctionnement, la batterie au plomb permet de nombreuses charges et de décharges. Ceci à condition que la charge ne soit pas effectuée de façon archaïque.

2.3.1. Description d'une batterie au plomb

La batterie est constituée d'un empilage de plaques de plomb et de séparateurs. Il y a deux sortes de plaques de plomb, l'une est constituée d'alvéoles remplies d'une pâte poreuse de peroxyde de plomb (on appelle cette plaque l'électrode positive), l'autre est constituée d'alvéoles remplies d'une pâte de plomb métallique très poreuse (c'est l'électrode négative).

Cet empilage est plongé dans une solution d'acide sulfurique, ce qui permet aux réactions chimiques de se produire.

2.3.2. Principe de fonctionnement

Lorsqu'on plonge une plaque positive et une plaque négative dans une solution d'acide sulfurique diluée, on voit apparaître immédiatement une force électromotrice entre les deux bornes de l'élément ainsi constitué.

On a donc une réaction chimique réversible qui permet une longue durée de vie de la batterie au plomb.

2.3.3. Notre choix de batterie au plomb

Pour définir la capacité de notre batterie, il faut connaître la durée d'utilisation souhaitée. Dans notre cas, on a défini que la charge pouvait consommer au maximum 90W en une heure.

$$PT = 2 \times 90 \text{ W}$$

$$I = \frac{180}{12} \text{ A}$$

$$I = 15 \text{ A}$$

Il nous faut donc une batterie de capacité supérieure à 15A/h.

On a choisi la batterie au plomb de chez Camden, fournissant 18A/h sous 12 V (soit 216W pouvant être consommé par la charge).

2.4. Montage complet

a) Schéma

Figure 13. Schéma complet

b) Fonctionnement global

Le montage est alimenté par un panneau solaire, une batterie permet de stocker l'énergie. Le type de batterie que nous utilisons, une batterie au plomb, nécessite une bonne protection pour ne pas que la durée de vie de celle-ci soit réduite.

Deux parties permettent de protéger la batterie. La première est composée de FS21 (référence de tension), FS22 (image de tension) et la seconde de FS21 et FS23 (image du courant). Le résultat de ces deux parties permet de savoir si l'on doit charger ou non la batterie. Les fonctions FS 24 (décision de charge), FS25 (« OU ») et FS26 (Charge contrôlée) permettent d'agir sur le montage pour autoriser ou non la charge.

Une diode D1 indique si la batterie est en charge (diode éteinte) ou si elle est complètement chargée.

3. Caractéristiques des principaux composants utilisés

Après l'étude théorique et pratique du montage on peut définir la nomenclature complète du montage. On rappelle de plus les caractéristiques des principaux composants utilisés.

3.1. Comparateur « TL071 » (annexe p.8)

Ils sont les « cerveaux » du montage. Ils permettent de choisir si la charge doit être effectuée ou non.

- Alimentation asymétrique 0 ; $V_{\text{Panneau Solaire}}$,
- Courant maximal de sortie : 1,4 A,
- Alimentation maximale : 18 V,

3.2. Diodes Schottky « PBYR745 » (annexe p.3)

Elles sont les principales méthodes de protection des autres composants. Leur technologie leur offre une grande réactivité. Elle est ici nécessaire pour une bonne protection.

- Temps de commutation : ordre de la nanoseconde,
- courant inverse maximal admissible : $I_F = 7.5A$,
- tension direct : $V_D = 0.57V$,
- température de jonction maximale : $150^\circ C$.

3.3. Transistor de puissance « IRFZ 44E » (annexe p.35)

Il est le composant de puissance du montage. Il contrôle la charge du montage. La longévité de la batterie dépend directement du bon fonctionnement de ce composant.

- Température de jonction maximale : $175^\circ C$,
- courant maximal source – drain : $I_{SD} = 48A$,
- tension maximale drain - source : $V_{DS} = 50V$.

3.4. Sonde à effet Hall LTS 7,5-NP (annexe p.44)

Composant permettant d'avoir une image du courant circulant en sortie du panneau solaire. Permet donc indirectement de limiter le courant de charge.

- Image du courant proportionnel en tension,
- Précision à 0,7 %,
- Courant maximal de mesure : 7,5 A.

3.5. Porte logique « OU » HEF 4071 BP (annexe p.46)

Permet de regrouper les deux signaux de commande sur un seul circuit de puissance.

- Plage de détection du niveau « 1 » en entrée : 5-15V
- Plage de tension en sortie pour le niveau « 1 » en sortie : 5-15V

3.6. Dissipateurs ML9

Ils permettent un fonctionnement correct du montage jusqu'à une température ambiante de 55°C.

- Encombrement (L x l x h) : 63.5x21.59x3.6 mm,
- Résistance thermique : 3,1°C/W.

3.7. Nomenclature complète

Les principaux éléments de notre montage ont été commandés au 24 octobre 2005. Au final nous obtenons la nomenclature suivante :

Référence	Désignation	Technologie	Fabrication boîtier	Prix Unité (HT)
T1, T2	BF256B (x 2)	J-FET, N-channel	TO-92	0,40
T3	IRFZ 44E	MOSFET, N-channel	TO220	4,5
U1, U2	TL071 (x 2)	J-FET	DIP8	0,40
U3	« OU » HEF 4071			0,65
U4	Sonde Hall LTS 7,5	Hall		12,61
U5	Batterie	Plomb		27
U6	Panneau solaire	Polycristallin	Etanche	220
D1	LED rouge			0,05
D2	1N4148	Silicium	DO-35	0,05
D3, D4	PBYR745 (x 2)	Schottky	TO220	0,92
P1	Potentiomètre 500 k Ω	Carbonne		
P2	Potentiomètre 2	Carbonne		
R1	Résistance 150 k Ω	Carbonne		
R2	Résistance 150 k Ω	Carbonne		
R3	Résistance 4,7 k Ω	Carbonne		
R4	Résistance 47 k Ω	Carbonne		
R5	Résistance 100 k Ω	Carbonne		

Référence	Désignation	Technologie	Fabrication boîtier	Prix Unité (HT)
R6	Potentiomètre 500 kΩ	Carbonne		
R7	Résistance 350 kΩ	Carbonne		
C1	Condensateur 2,2μF 25V	Electrochimique		
C2	Condensateur ?2,2μF 25V	Electrochimique		
C3	Condensateur 100nF	Plastique		
C4	Condensateur 10nF	Plastique		
C5	Condensateur 100μf	Electrochimique		
TOTAL				266,58 €

Figure 14. Nomenclature

On voit que notre système à l'unité est relativement chère. A grande échelle ce prix pourra être réduit. De plus le prix des panneaux solaire à baisser (à puissance équivalente).

Il est difficile de chiffrer la réduction de consommation d'un véhicule que permet notre véhicule. Cependant le prix de notre projet représente l'achat d'environ « six pleins » de réservoir d'une voiture moyenne.

4. Réalisations et tests

Après la phase d'étude théorique est venue la réalisation pratique et la phase de test. On a ainsi pu vérifier le bon fonctionnement de notre montage.

Nous verrons tout d'abord les problèmes rencontrés et la résolution de l'un d'eux, puis nous aborderons le test du montage.

4.1. Problèmes rencontrés

Lors de l'étude et de la réalisation de notre montage, plusieurs problèmes se sont posés à nous. Le tableau ci-après résume les différents problèmes que nous avons pu rencontrer. Par la suite nous étudierons la résolution de l'un de ces problèmes.

4.1.1. Résumé des problèmes

Date de prise en compte	Analyse du problème	Solutions mises en œuvre	Rapport de test et observations	Date de fin des modifications
19/12/05	En cas d'ensoleillement important, la batterie pourrait être détériorée.	Mise en place d'un limiteur de courant (FS32, FS33)	Utilisation d'une sonde à effet hall.	06/03/06
30/01/06	Ecrasement de la tension lors d'une charge peu importante	L'idéal serait de changer de panneau solaire, celui de l'IUT étant vétuste.	Coût d'achat d'un panneau solaire trop important.	06/02/06
09/01/06	Intensité trop importante pour la section des fils utilisés jusqu'alors.	Utilisation de fils de section plus important. Optimisation de la longueur des câbles pour réduire les pertes par effet joules.	La perte de puissance dans le montage sera légèrement plus importante qu'auparavant.	09/12/05
16/03/06	Nous court-circuitons le panneau solaire pour stopper la charge de la batterie. Cela est-il néfaste pour ce dernier ?	Etude des généralités sur les panneaux solaires.	Le panneau solaire est étudié pour supporter les court-circuits.	28/02/03

Figure 15. Récapitulatif des problèmes rencontrés

4.1.2. Etude du problème principal : « Mise en place d'un limiteur de courant »

Comme on l'a vu précédemment, plusieurs problèmes ont régulièrement enrichi notre projet. Le plus intéressant d'entre eux a été la mise en place d'un limiteur de courant.

a) Analyse du problème

Après étude approfondie des documentations techniques de la batterie et du panneau solaire, il s'est avéré que la batterie pouvait être chargée sous un courant trop important en cas d'ensoleillement important. Ce courant n'aurait pas conduit à une destruction de la batterie mais aurait réduit considérablement la durée de vie de celle-ci. Nous avons donc choisi de limiter le courant pouvant charger la batterie.

Le panneau solaire peut délivrer au maximum 4A. La batterie, pour être chargée dans de bonnes conditions ne doit pas subir de courant de charge supérieur à un dixième de sa capacité (soit 1,8A).

Nous avons étudié deux solutions pour résoudre ce problème.

b) Première solutions envisagée : limiteur par LM317

La première idée de résolution consistait à insérer dans notre montage un circuit intégré limiteur de courant. Celui-ci agissait lorsque le courant excédait un courant défini par les caractéristiques intrinsèques du montage.

Le schéma de principe suivant nous montre le fonctionnement du montage.

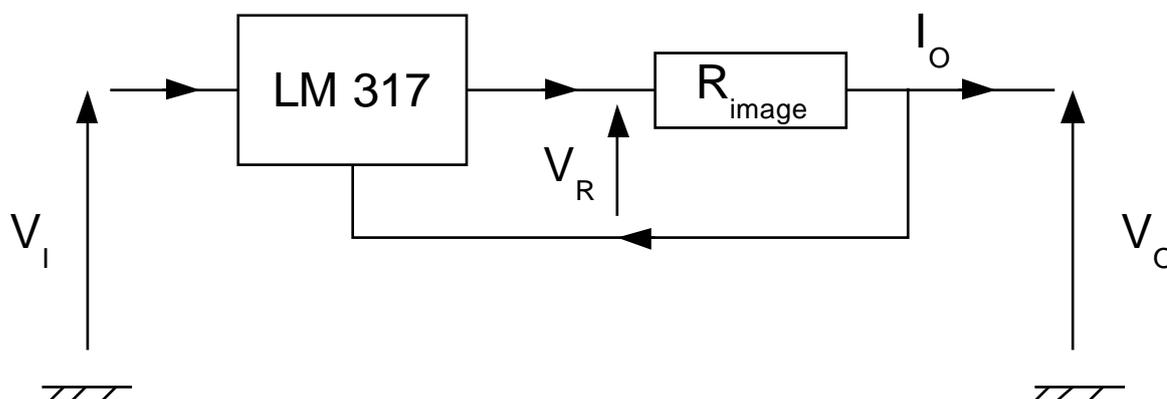


Figure 16. Schéma du limiteur avec LM317

Le document technique nous donne la valeur à donner à la résistance R_{image} pour limiter le courant à la valeur voulue. Une résistance de 1Ω a été insérée au montage pour limiter le courant à 1,2A.

Les résultats des tests pratiques⁵ montrent que le montage fonctionne correctement.

Cependant ce montage doit être inséré directement après le panneau solaire. Etant donné que le montage induit une chute de tension importante, ce type de limiteur ne pourra pas être utilisé dans notre cas pour des raisons de pertes de puissance.

Nous avons donc envisagé une autre solution permettant de limiter le courant tout en conservant la puissance utile.

c) Deuxième solution envisagée : limiteur par sonde à effet Hall

La deuxième idée consistait à relever le courant circulant dans la batterie grâce à un capteur puis d'agir en fonction de la valeur relevée.

Le capteur est une sonde à effet Hall (annexe p.44). Celle ci permet de mesurer le courant circulant dans un fil en se basant sur le principe de l'effet Hall : le courant dans un fil émet un rayonnement électromagnétique, mesurer ce rayonnement permet d'avoir la valeur du courant dans le fil.

On insère donc dans notre montage une sonde permettant de lire la valeur du courant en sortie du panneau solaire.

Une fois cette valeur acquise, il nous faut la comparer avec une valeur de référence qui permettra au montage de « prendre la décision » de continuer ou non la charge de la batterie. Nous réutiliserons le montage AOP déjà utilisé dans le montage. Nous aurons alors deux montages de comparaison, de référence et d'image.

La sortie des montages comparateurs doit agir sur le circuit de contrôle de la charge. Pour commander ce circuit de contrôle de charge on utilisera une porte « OU » entre les deux sorties des montages comparateurs.

En résumé, deux cas pourront interrompre la charge de la batterie :

- La batterie est complètement chargée,
- il y a présence d'un courant trop élevé en sortie du panneau solaire.

⁵ Voir chapitre 4.2 pour le test complet

4.2. Essais

Il nous faut vérifier que notre étude réalisée théoriquement fonctionne pratiquement. Tout d'abord nous présenterons la méthodologie détaillée d'un test puis nous résumerons la validation de chaque fonction.

4.2.1. Test détaillé de la fonction « Limiteur de courant par LM317 »

Nous décrivons ici le test qui nous a permis de déterminer que le limiteur par LM317 n'était pas satisfaisant.

a) Objectif du test

Il s'agit de tester un montage permettant de limiter le courant sortant du panneau solaire.

b) Schéma de mesures

Le schéma de test est celui de la figure ci-dessus (figure ...). Inséré dans notre montage global on a le schéma fonctionnel suivant :

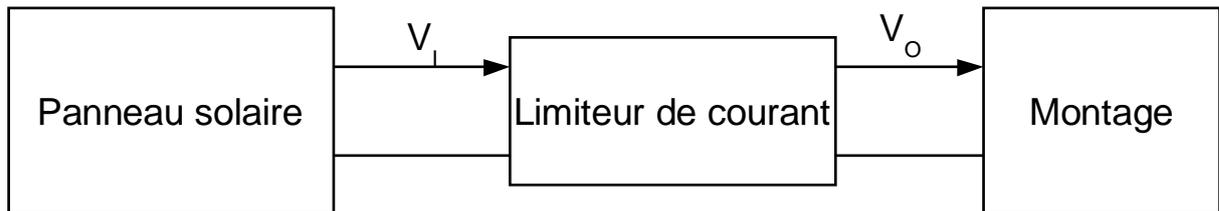


Figure 17. Principe d'insertion du limiteur LM317

c) Préparation du test

Le panneau solaire est simulé par un générateur de tension réglable que l'on fera évoluer de 14 à 2V.

d) Procédure d'essai

Les tensions V_I et V_O seront relevées par des voltmètres, I_O sera relevé par un ampèremètre.

e) Critères d'évaluation

Le courant I_O ne devra pas dépasser la valeur imposée malgré la variation de tension. De plus la chute de tension aux bornes du montage devra être négligeable.

f) Mesures

On a ainsi relevé le tableau suivant.

V_I (V)	14	12	10	8	6	4	3	2
V_O (V)	12,72	10,72	8,72	6,72	4,73	2,97	2,41	1,80
I_O (A)	1,234	1,232	1,229	1,227	1,22	0,987	0,563	0,187

Figure 18. Tableau de test du limiteur par LM 317

On remarque que dans la plage [14 ; 6] V le courant est maintenu constant à 1,2A environ.

g) Rapport de test

On ne peut opter pour ce montage du fait de la chute de tension générée par le limiteur de courant. Malgré tout le courant était bien limité à la valeur souhaitée.

4.2.2. Validation des fonctions

Fonction	Résultats attendus	Résultats obtenus	Validation de la fonction
FS21 : référence de tension	Tension ajustable. La tension souhaitée est de 6,5V	Tension réglable de 0V à Vcc	Bon fonctionnement
FS22 : tension image	Division par deux de la tension de la batterie	Tension de la batterie (chargée environ 12,8V), tension relevée est de 6,4V	Bon fonctionnement
FS23 : image de courant	On souhaite relever le courant fourni par le panneau solaire	Non testé (attente de composants)	Prévu pour la séance du 13/03/06
FS24 : décision de charge	Tension de sortie au niveau haut lorsque $V_{image} > V_{ref}$, sortie niveau bas lorsque $V_{image} < V_{ref}$ et sortie en créneau quand V_{image} peu différent de V_{ref}	On a un niveau haut et niveau bas au moment souhaité, mais on ne voit pas les créneaux à proximité de la tension de référence	Fonctionnement correct sauf pour le créneau. Celui-ci devrait nous permettre de visualiser l'approche de fin de charge (led clignotante)
FS25 :	On devrait obtenir le	Non testé car le	Prévu pour la séance du

porte OU	même tableau que celui étudié précédemment (partie 2.2.6)	composant n'est pas arrivé.	13/03/06
FS26 : charge contrôlée	Cette fonction doit court-circuiter le panneau solaire	Le transistor est bien bloqué lorsqu'il n'y a pas de tension de commande	Bon fonctionnement
FP1 : conversion d'énergie	L'énergie solaire doit être convertie en énergie électrique. On souhaite une tension de 12V et 1,8A	Pour des raisons d'ordre pratique le panneau a seulement été testé dans la salle. On mesure à vide une tension maximale de 15V et un faible courant.	Fonctionnement médiocre du panneau solaire. La vétusté explique ce fonctionnement.

Figure 19. Récapitulatif des test des fonctions

On voit ici que la fonction FS 23 n'est pas validée. Cependant les composants sont en cours d'acheminement et nous pourrons – sauf problème – prochainement valider cette fonction.

5. Avancement et perspectives du projet

Nous vérifierons tout d'abord si le cahier des charges a bien été respecté, puis nous envisagerons des améliorations pour notre produit.

5.1. Avancement du projet

Notre projet a pris du retard du fait de l'adjonction d'une fonction (FS 23) et a un problème lié à la fonction FS 26. La résolution de ces deux problèmes a largement retardé notre projet, mais était nécessaire pour que notre projet réponde complètement au cahier des charges préalablement défini.

Après validation de la fonction de limitation de courant (FS 23) et de la porte logique « OU » FS 25, le chargeur pourra être réalisé pratiquement. C'est-à-dire qu'il nous reste à réaliser le circuit imprimé et à souder les composants.

Le planning prévisionnel suivant montre l'évolution de notre projet au cours des séances.

	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Définition du projet	■						■								■	■						■	■				
Cahier des charges	■	■	■				■								■	■						■	■				
Recherche solutions		■	■				■								■	■						■	■				
Test du montage				■	■	■		■	■		■					■						■	■				
Résolution problèmes							■		■	■	■	■	■	■								■	■				
Recherche du circuit; limiteur courant							■					■	■				■	■	■			■	■				
Tests des améliorations							■										■	■	■	■	■		■				
Réalisation de la carte							■															■	■		■	■	
Mise en oeuvre et test							■															■	■			■	■

Figure 20. Planning prévisionnel

5.2. Réponse au cahier des charges

L'ajout de la fonction FS nous permet de répondre pleinement au cahier des charges. Les contraintes de sécurité pour la batterie, de température de fonctionnement, et d'encombrement ont bien été respectées.

Le projet répond donc correctement au cahier des charges mais celui-ci pourrait évoluer pour, par exemple, imposer des composants de norme RoHS ; norme environnementale qui permet un meilleur respect de l'environnement.

5.3. Perspectives

Plusieurs points permettraient d'améliorer notre montage :

- Mise en place d'un contrôle du courant de décharge,
- Achat d'un panneau solaire flexible (plus facile à mettre en place qu'un rigide...) de plus forte puissance,
- Modulation de la coupure de charge en cas de fort ensoleillement,
- Mise en place d'un module d'affichage plus élaboré pour l'état de charge de la batterie.

Ces points pourraient encore accroître la durée de vie de la batterie et faciliter l'utilisation du chargeur et de son panneau solaire.

Conclusion

Notre projet permet d'obtenir une source d'énergie provenant d'une énergie renouvelable. Le projet n'est, pour le moment, pas en état de fonctionnement. Cependant, nous avons encore trois semaines pour le finaliser. Des tests et des montages sont encore à étudier.

Les avancées techniques dans les énergies renouvelables permettront dans l'avenir des moyens moins coûteux pour obtenir de l'énergie. Les recherches effectuées prennent sur ce sujet prennent aujourd'hui de l'ampleur notamment grâce à la raréfaction du pétrole.

Le projet nous a permis d'apprendre à gérer un projet en autonomie, de réaliser des tests et de valider les circuits en fonction de ce que l'on attendait. On a appris à dimensionner les composants et à faire un choix entre plusieurs technologies de composants.

Ce qu'il faut retenir ; lors de la réalisation d'un projet des étapes et de bonnes méthodes doivent être prises pour une gestion de projet efficace. Le cahier des charges doit être bien défini. On remarquera que suivre un planning est souvent difficile, du fait des aléas de fonctionnement.

Il pourrait être envisagé un perfectionnement de notre projet par de futurs étudiants successeurs.

Table des illustrations

Figure 1. Schéma fonctionnel du chargeur solaire	7
Figure 2. Schéma fonctionnel de FP1	8
Figure 3. Photographie du PWX500	9
Figure 4. Fonctions secondaires de FP2	10
Figure 5. FS21 "Référence de tension"	10
Figure 6. FS22 "Image de tension"	12
Figure 7. Câblage de la sonde à effet Hall	12
Figure 8. FS24 "Décision de charge"	14
Figure 9. Cycle hystérésis du comparateur	15
Figure 10. Fonction "OU"	15
Figure 11. Tableau récapitulatif de la fonction « OU »	16
Figure 12. FS26 "Charge contrôlée"	16
Figure 13. Nomenclature	23
Figure 14. Récapitulatif des problèmes rencontrés	24
Figure 15. Schéma du limiteur avec LM317	25
Figure 16. Principe d'insertion du limiteur LM317	27
Figure 17. Tableau de test du limiteur par LM 317	28
Figure 18. Récapitulatif des test des fonctions	29
Figure 19. Planning prévisionnel	30

Bibliographie

À Ouvrage collectif

- Cellule solaires : Les bases de l'énergie photovoltaïque / Anne LABOURET, Pascal CUMUNEL, Jean-Paul BRAUN, Benjamin FARAGGI. Edition techniques et scientifique française. Paris : DUNOD, 2001. 118p.

À Articles de revue

- GUEULLE P. Les cellules solaires. Electronique pratique, Février 2003, n°272, p.26 à 28.

- TAVERNIER C. Deux chargeurs de batterie à panneau solaire. Electronique pratique, Février 2003, n°272, p.36 à 40.

- TAVERNIER C. Alimentation in-interruptible à panneau solaire. Electronique pratique, Février 2003, n°272, p.48 à 50.

- MORIN P. Alimentation 5V et 12V pour panneau solaire. Electronique pratique, Février 2003, n°272, p.52 à 55.

À Sites Internet

- JACQUET P. Chargeur de batterie par panneau solaire, [En ligne]. <<http://f5jtz.club.fr/pjacquet/charg-solair.htm>> (Page consultée le 26/09/05).

- FREDON, Eric. Le monde des accumulateurs et batteries rechargeables, [En ligne]. <<http://www.ni-cd.net/>> (Page consultée le 26/09/05).

À Rapport

- EL HASSANI Y, VARACHAUD T. Alimentation pour ordinateur portable 19V – 3,5A à partir d'une batterie de 12V. Rapport de projet tutoré de deuxième année : TOURS : IUT. 2 avril 2004.