

# Source d'énergie solaire pour réseaux de capteurs

Rapport de Projet

Ziou Ismail & Pesqueux Quentin

Tuteur de projet : Alexandre Boé

# SOMMAIRE

## Contents

Introduction :	2
I- Présentation du projet :	3
Constitution du système à étudier :	3
Caractéristiques du panneau photovoltaïque :	3
MPPT (Maximum power point tracker) :	3
Notre travail est réparti en plusieurs étapes :	3
II- Analyse structurelle:	5
Production d'énergie	5
Panneaux solaire :	5
Poursuite du point de puissance maximale :	6
Gestion de l'énergie :	7
FS21 Régulation de tension :	7
FS22 Suivi de charge:	10
Batterie:	12
III- Réalisations:	12
Test du MPPT LTC3105 :	13
Test du chargeur BQ2002 :	15
Elévateur TPS 61202 :	16
IV- Finalité du système:	17
Résultats :	18

# Introduction :

Le secteur des énergies renouvelables est en plein essor depuis plusieurs années, notamment dû à l'augmentation du prix du pétrole et de ses dérivées ainsi qu'à la prise de conscience des industriels sur l'impact environnemental.

Les énergies renouvelables sont donc une source de revenu pour les industriels et nous observons une hausse de production de systèmes utilisant l'énergie renouvelable. Notre projet est de réaliser un système qui alimente un réseau de capteurs avec l'énergie solaire. Le problème qui se pose est que l'autonomie des réseaux de capteurs est fortement limitée par l'énergie disponible. De plus, les batteries actuelles ne permettent pas d'atteindre des durées de vie longues à cause des nombreux cycles de charges et de décharges de celles-ci. Une solution est d'ajouter une partie récupération d'énergie. Notre étude va donc aussi être portée sur l'ajout d'une unité de stockage d'énergie afin de limiter les cycles de la batterie.

# I- Présentation du projet :

## Constitution du système à étudier :

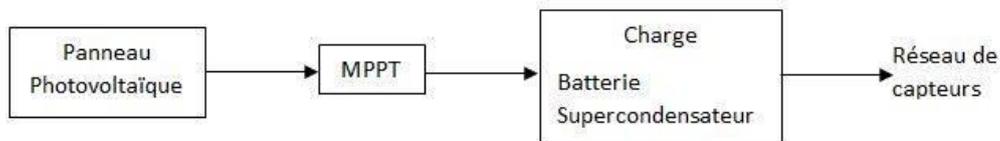


Figure 1 : Schéma de l'analyse fonctionnelle du système à réaliser

## Caractéristiques du panneau photovoltaïque :

- Sources d'énergie à convertir : solaire
- Tension de sortie : 4 V
- Alimentation en sortie : 0.4 W
- Température de fonctionnement max. : +50 C
- Dimensions : 70 mm x 65 mm x 3.2 mm
- Température de fonctionnement min. : - 10 C

## MPPT (Maximum power point tracker) :

Un générateur photovoltaïque est un générateur dont la caractéristique  $I=f(U)$  est fortement non linéaire. En conséquence, pour un même éclairement, la puissance délivrée sera différente selon la charge. Un contrôleur MPPT permet de suivre le point de puissance maximale d'un générateur électrique non linéaire de manière fournir en permanence le maximum de puissance à la charge (donc à notre batterie et supercondensateur).

## Notre travail est réparti en plusieurs étapes :

1/ Etudier le MPPT le mieux adapté au panneau photovoltaïque.

2/ Etudier le système de charge : supercondensateur et batterie, ainsi que la régulation de l'alimentation de la batterie (car la batterie se charge qu'avec une certaine valeur de tension imposée).

3/ Limiter les pertes de chaque élément présents dans le système.

4/ Commander les composants manquants et concevoir une carte électronique du système MPPT + charge.

5/ Tester la ou les solution(s) optimale(s) avec différents ensoleillement.

Dans l'optique de se rapprocher d'un système optimal, notre projet devra parfaire certaines contraintes. Notre principal objectif sera de jongler entre l'optimisation de la durée de vie de la batterie implémentée dans notre installation photovoltaïque tout en préservant, au maximum, la puissance délivrée en sortie de notre système.

Dans le cadre d'une optimisation de l'utilisation de la batterie, notre système a pour but principal de diminuer le nombre de cycle de charge/décharge au minimum possible. Notre solution devra donc disposer d'un système limitant l'effet mémoire dans la batterie afin d'éviter toute détérioration de la capacité énergétique de la batterie.

Notre système sera composé de plusieurs sous-systèmes ayant des rôles différents et convergents vers une solution fonctionnelle. Ces composants ayant un rendement en puissance spécifique influant sur le rendement général du système. Notre but sera donc d'avoir, pour une entrée de 0.4 W, un rendement assez correct pour pouvoir alimenter un réseau de capteurs en sortie.

## II- Analyse structurelle:

L'analyse fonctionnelle du système effectuée précédemment nous permet de définir un premier plan de montage répondant aux besoins du cahier des charges. Dans l'optique d'apporter la solution la plus adéquate aux attentes du cahier des charges, l'analyse structurelle s'inspirera du travail effectué auparavant.

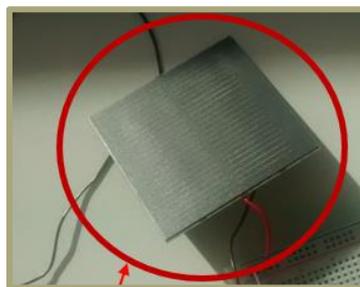
Ce paragraphe se focalise sur l'étude technique du montage mis en place. Ainsi, celui-ci se présente sous forme d'une étude plus approfondie des fonctions principales du système, contenant les solutions proposées ainsi que celles retenues pour chacune des fonctions régissant le système. En effet, l'analyse se fera sur les principales fonctions décidées dans le cadre d'une optimisation du projet. Cela commencera par le premier élément de la chaîne représentant la source d'énergie qui alimente le montage dans sa totalité jusqu'au dernier composant, la charge de la batterie.

### Production d'énergie

L'étude portant sur l'énergie solaire, la source d'énergie utilisée pour ce système se présente sous forme de rayons de soleil. L'adaptation de cette source en énergie électriques se fait au travers d'un panneau solaire.

**Panneaux solaire :**

Un panneau solaire est constitué de cellules photovoltaïques reliées soit en séries soit en parallèles. La cellule photovoltaïque est un élément qui utilise deux propriétés afin de transformer l'énergie : la propriété du rayonnement et celle des semi-conducteurs.



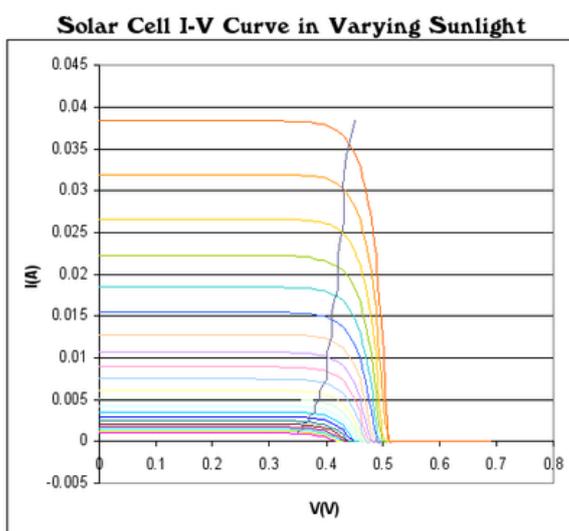
Le rayonnement de la lumière permet de fournir une énergie permettant au semi-conducteur de produire un courant. La lumière n'est pas entièrement utilisée, une partie est réfléchie, une autre est absorbée et une autre traverse le matériau. Seule la partie absorbée permet la conversion de l'énergie solaire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

Les avantages du panneau solaire sont sa fiabilité et sa faible nécessité d'entretien. Les pièces sont mobiles et peuvent être utilisées n'importe où, ce qui nous permet d'alimenter un système embarqué et donc le rendre autonome énergétiquement. Le panneau produit une énergie propre non polluante.

## Poursuite du point de puissance maximale :

Le rôle principal de cette fonction est de suivre le point de puissance maximal d'un générateur électrique non linéaire. Les systèmes MPPT sont généralement associés avec les générateurs photovoltaïques ou encore avec les générateurs éoliens.

L'objectif est d'obtenir la puissance maximale possible depuis un (ou plusieurs) panneau photovoltaïque. L'énergie délivrée par les cellules photovoltaïques dépend d'une équation complexe mettant en relation le rayonnement solaire, la température, et la résistance totale du circuit ; ce qui conduit à une puissance de sortie non linéaire. Cette puissance peut être analysée dans un graphique  $I=f(U)$  à double entrée, en comparant l'intensité  $I$  de sortie en fonction d'une tension  $U$  (aussi appelée  $V$  dans le graphique suivant). Le principe de fonctionnement du système est d'analyser en permanence la sortie du panneau solaire, afin d'appliquer la résistance la plus appropriée pour un environnement et des conditions données.



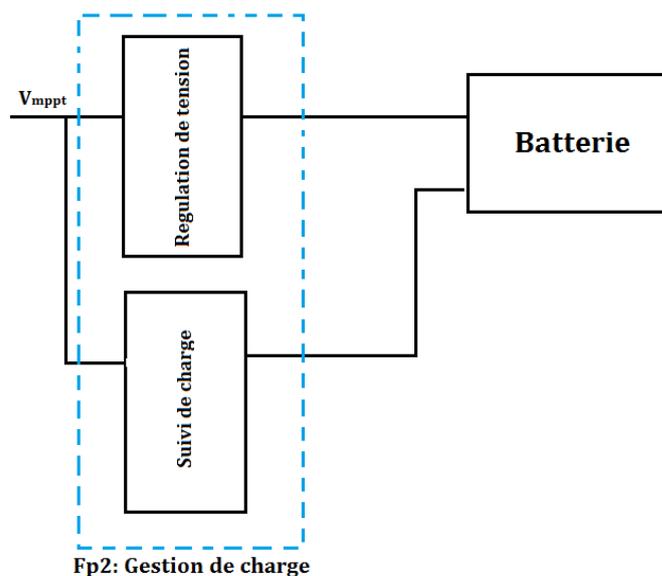
La puissance électrique  $P$  est fonction de l'intensité  $I$  et de la tension  $U$ . Ainsi, on maximise la puissance si on arrive à maximiser les deux variables  $I$  et  $U$ . De plus, avec une intensité  $I$  donnée, on peut faire varier la tension  $U$  en faisant varier la résistance  $R$ , selon la loi d'Ohm.

Dans le cas d'un panneau solaire, l'intensité maximale possible  $I$  est dépendante de la puissance lumineuse reçue par la cellule photovoltaïque. Tant que la charge ne dépasse pas la capacité de la cellule, l'intensité  $I$  est maximisée par l'ensoleillement reçu. Quand

la charge augmente trop, l'intensité  $I$  baisse, jusqu'à zéro. Dans ce cas, la puissance de sortie est, elle aussi, nulle. Pour maximiser la puissance, on va faire varier la tension  $U$  circulant dans la cellule, et atteindre la tension  $U$  la plus haute possible sans faire baisser l'intensité  $I$ .

## Gestion de l'énergie :

Cette fonction a pour rôle principal la gestion de la sécurité des composants, elle informe l'utilisateur, à travers une LED, sur le niveau de charge de la batterie, arrête de charger à la charge complète de la batterie et permet la régulation en tension et en courant à l'entrée des composants dans l'optique d'un fonctionnement potable. Celle-ci se compose de deux fonctions.



### FS21 Régulation de tension :

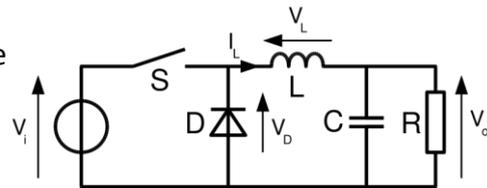
La mise en place d'un montage fonctionnel sollicite l'utilisation de plusieurs composants. La nécessité d'une autonomie énergétique ainsi que la multitude d'éléments nécessite une régulation de tension en entrée de chaque composant.

On retrouve en sortie du MPPT une tension de valeur constante 3,2V pour un certain seuil de puissance en entrée de celui-ci. Toutefois, la batterie ne peut admettre une tension supérieure à 1,2V. Il est possible, dans le cadre d'une

résolution de cette problématique, de proposer plusieurs solutions que nous allons présenter. Chacune présentant certains avantages et inconvénients.

### **Convertisseur Buck :**

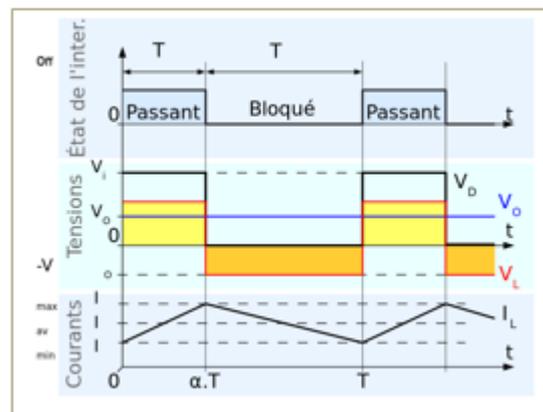
La solution la plus apparente à une problématique de protection de composant et de seuillage en tension est l'utilisation d'un convertisseur Buck.



Un convertisseur Buck bien conçu possède un fort rendement (jusqu'à 95 %) et offre la possibilité de réguler la tension de sortie. Cette caractéristique présente un avantage dans le cadre de notre projet. Le mini-panneau solaire ne délivrant en sortie qu'une faible puissance, une préservation de la puissance à travers le système s'avère être l'un des challenge de ce projet.

Quand un convertisseur Buck travaille en mode de conduction continue, le courant  $I_L$  traversant l'inductance ne s'annule jamais.

Le fonctionnement d'un convertisseur Buck peut être divisé en deux configurations suivant l'état de l'interrupteur S.



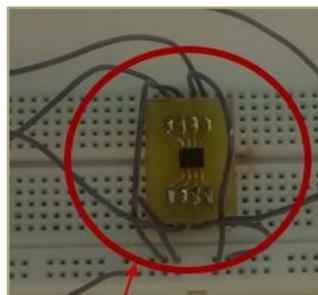
- Dans l'état passant, l'interrupteur S est fermé, la tension aux bornes de l'inductance vaut  $V_L = V_i - V_o$ . Le courant traversant l'inductance augmente linéairement. La tension aux bornes de la diode étant négative, aucun courant ne la traverse.
- Dans l'état bloqué, l'interrupteur est ouvert. La diode devient passante afin d'assurer la continuité du courant dans l'inductance. La tension aux bornes de l'inductance vaut  $V_L = -V_o$ . Le courant traversant l'inductance décroît.

La commande du transistor peut se faire à l'aide d'un microcontrôleur PIC. En effet, celui-ci ne consomme que peu de puissance et donc ne risque pas d'affecter le rendement du système.

L'inconvénient que comporte cette solution est en rapport étroit avec l'avantage principal de celui-ci. Un convertisseur Buck bien conçu possède un fort rendement. Cependant, afin d'avoir un résultat aussi avantageux, celui-ci demande une perfection dans sa conception. La solution serait donc d'utiliser un abaisseur commercial, or la tension désirée de 1,2V en sortie est difficilement trouvable.

### **Chargeur de batterie NIMH :**

Le composant abaisseur étant obsolète dans le cadre de notre plan de réalisation, il est possible d'utiliser un chargeur confectionné dans le but propre de charger une batterie NIMH.

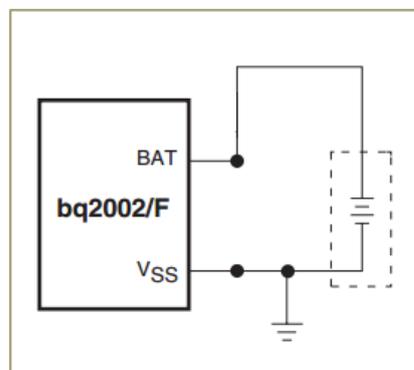


Le chargeur NIMH permet de réguler la tension de sortie en fonction du nombre de batteries NIMH en série. La configuration de la tension de sortie se fait à la conception de la sortie. En effet, la valeur de sortie se configure à travers le choix d'une résistance aux bornes d'une des pins du composants (Voir annexe Data Sheet Bq2002)

$$\frac{RB1}{RB2} = N - 1$$

N : Nombre de cellules NIMH

Dans le cadre de notre projet, on se limite à l'utilisation d'une seule batterie. Par conséquent, le rapport entre les deux résistances sera égal à 0. Dans cette optique, on choisira de faire tendre RB2 vers l'infini (Circuit ouvert) et RB vers 0 (aucune résistance).



Le choix d'un chargeur, permettant la régulation de la tension de sortie en fonction du nombre de batterie, mais aussi offrant la possibilité d'afficher le niveau de charge, semble être la solution la plus complète.

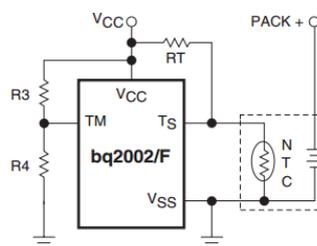
La problématique se présentant dans ce cas de figure est la tension d'alimentation de ce composant. Ce dernier n'est parfaitement fonctionnel que pour une tension en entrée comprise entre 4V et 6V.

### **Convertisseur Boost :**

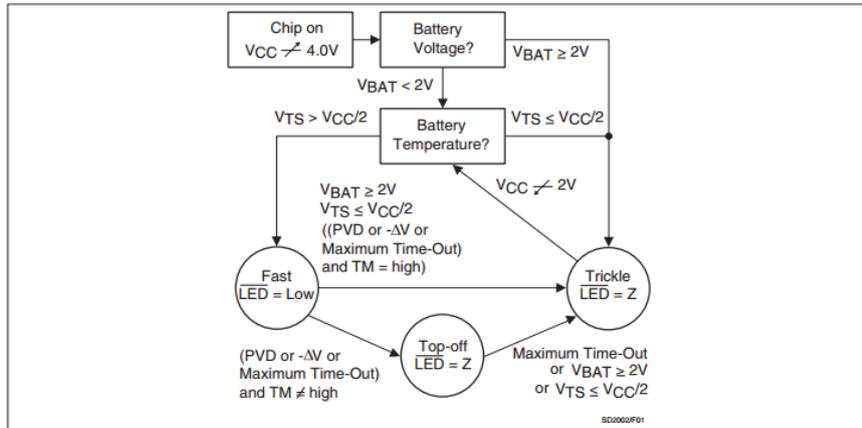
La réponse plausible à la problématique posée dans le paragraphe précédent, est l'utilisation d'un convertisseur augmentant la valeur de tension vers une valeur comprise dans le domaine de fonctionnement du chargeur. Cependant, cela signifie une baisse en plus du rendement du système. Malgré cette contrainte, le convertisseur Boost reste la seule solution permettant une augmentation de la tension, étant donné la faible tension en sortie du MPPT.

### FS22 Suivi de charge:

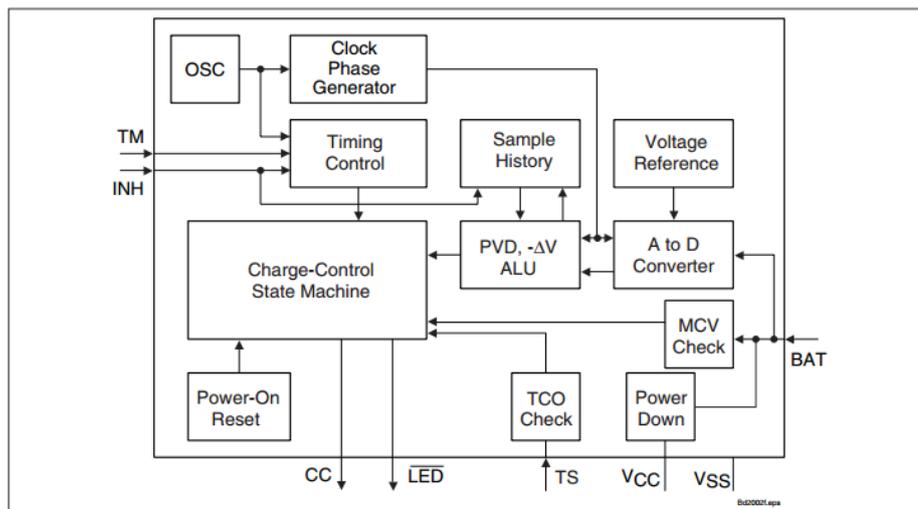
La batterie étant limitée en capacité d'énergie emmagasinée, notre fonction de charge se doit de prévenir toute surcharge au niveau de la batterie. Afin d'éviter tout endommagement au niveau de la batterie, notre système comporte une fonction de suivi de charge, celle-ci permet de suivre le niveau de charge et de l'afficher au niveau d'une LED. Celle-ci permet aussi à l'aide d'un capteur de température sous la forme d'une CTN, d'arrêter l'opération de charge dans le cas d'une augmentation de la température au niveau de la batterie.



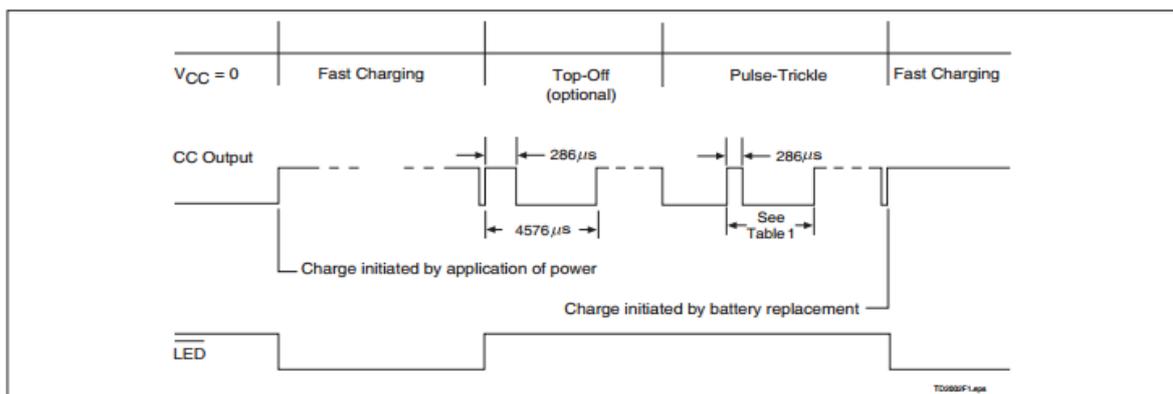
Le fonctionnement des fonctionnalités au niveau du chargeur se résume sur le diagramme d'état suivant :



Le schéma bloc du composant :



Pour mieux comprendre le fonctionnement du chargeur, ci-dessous est présenté un cycle de charge avec CC la patte au niveau de la batterie.



## Batterie:

Le nombre de cycles de charge et de décharge d'une batterie est assez faible, tandis que le but d'une installation photovoltaïque est de rendre le système énergétiquement autonome. Dans le cadre d'une optimisation de la durée de vie de l'aménagement photovoltaïque, notre projet prévoit une amélioration du principe de charge/décharge des batteries. En effet, le défaut le plus contraignant d'une batterie est le phénomène appelé effet mémoire. L'effet mémoire entraîne une diminution de la quantité d'énergie que l'accumulateur peut restituer, il est causé par l'accommodation de celle-ci à une certaine quantité d'énergie chargé/déchargé.

Afin de remédier à ce problème, on propose la mise en place d'un supercondensateur permettant ainsi la charge de celle-ci au lieu de la batterie. La batterie ne se charge donc pas directement par conséquent celle-ci ne subit pas les cycles de charge et décharge. Ayant une grande capacité le supercondensateur est caractérisé par un temps de charge ou de décharge assez long. Ainsi, lors d'un épisode de diminution de luminosité (Nuage, obstacle) le condensateur ne décharge pas trop vite dans la batterie la protégeant ainsi du phénomène.

## III- Réalisation

Une fois la solution optimale trouvée, nous avons acheté les composants nécessaires pour réaliser le système :

- MPPT, ref : LTC3105.
- Chargeur de batterie, ref : BQ2002.
- Elévateur de tension, ref : TPS61202.

Dans un premier temps, nous avons testé les deux parties (MPPT et chargeur) séparément sur des plaquettes d'essais. Cette méthode est pratique pour valider le schéma du montage avant de créer une carte électronique du schéma complet par la suite.

Les trois composants étant des composants CMS, nous avons réalisé des cartes électroniques afin de pouvoir relier chacun des PINS sur notre plaquette d'essai. Nous utiliserons ces trois cartes indépendantes pendant tout le projet avec différents câblages et tests.

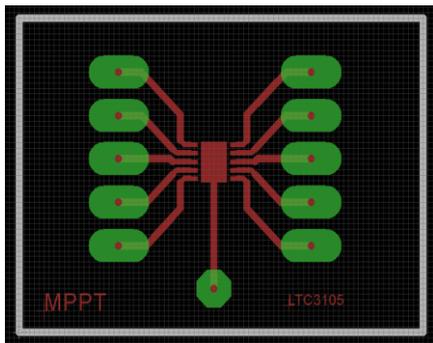


Figure 2 : PCB du MPPT

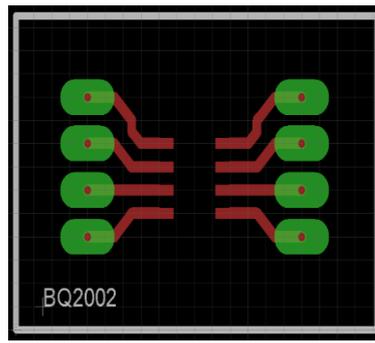


Figure 3 : PCB du chargeur

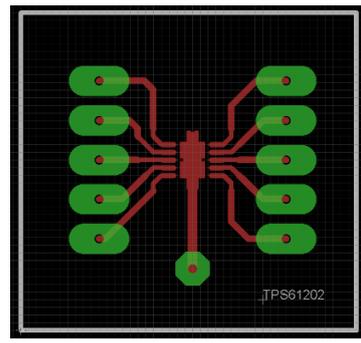


Figure 4 : PCB élévateur

Une fois nos typons gravés sur les cartes, nous avons demandé à Mr Thierry Flamen et Mr Alexandre Boe de nous aider à souder les composants CMS sur ces cartes électroniques car il n'y a pas d'installation capable de réaliser ce type de tâche à Polytech.

Dans un deuxième temps, nous avons testé le MPPT et le chargeur séparément :

### Test du MPPT LTC3105 :

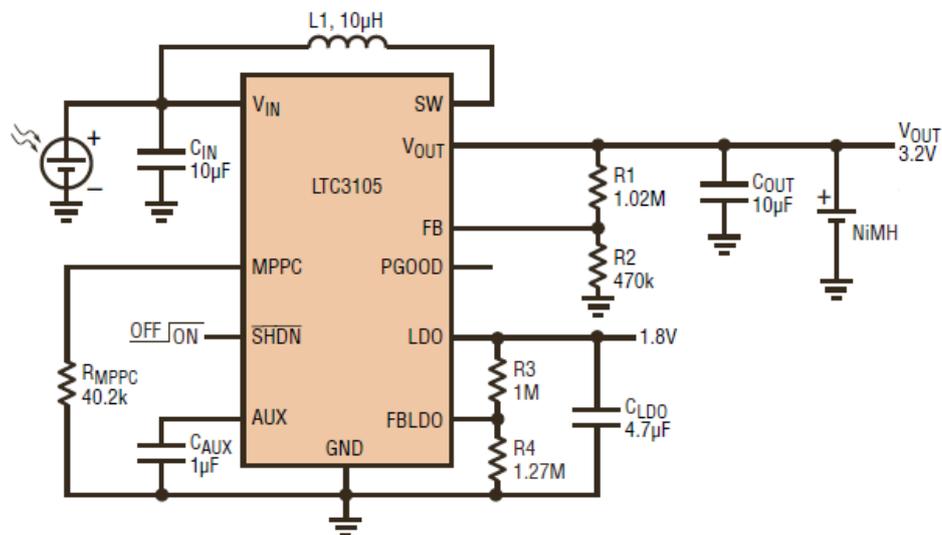


Figure 5 : Schéma du montage du MPPT

Nous avons câblé ce montage sur une plaquette d'essai afin de valider le fonctionnement :

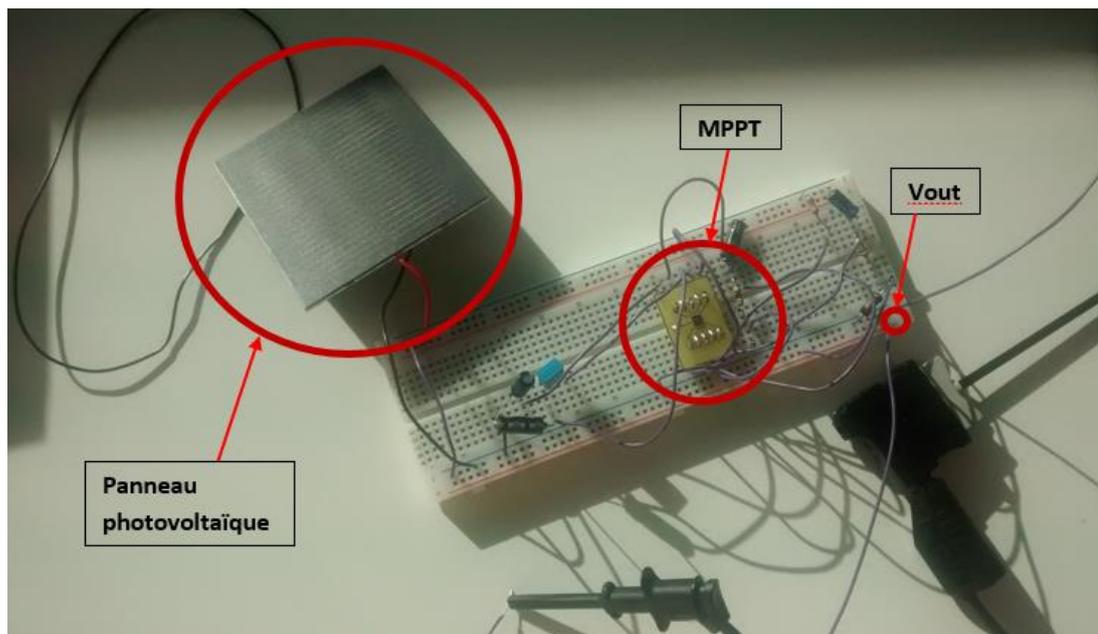
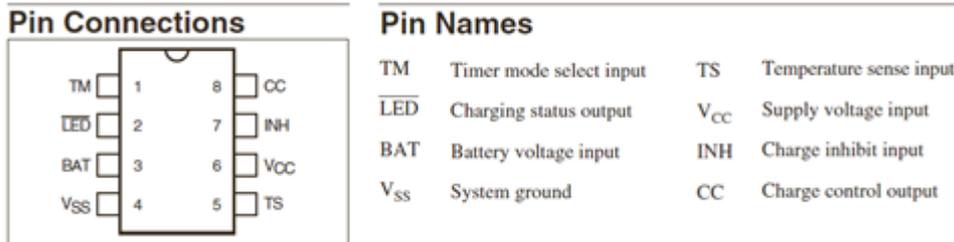


Figure 6 : Montage MPPT + panneau solaire

### Résultats :

Avec un ensoleillement acceptable, la valeur de la tension mesurée en sortie du MPPT,  $V_{out}$ , est égale à 3,1V. Cette valeur était attendue car le  $V_{out}$  donné dans la documentation du constructeur est de 3,2V. Nous avons aussi mesuré le courant qui est de 0.3mA.

## Test du chargeur BQ2002 :



Afin de réaliser le montage du chargeur, nous avons opté pour le schéma suivant, tiré de la Data Sheet, avec les modifications étudiées dans l'analyse structurale.

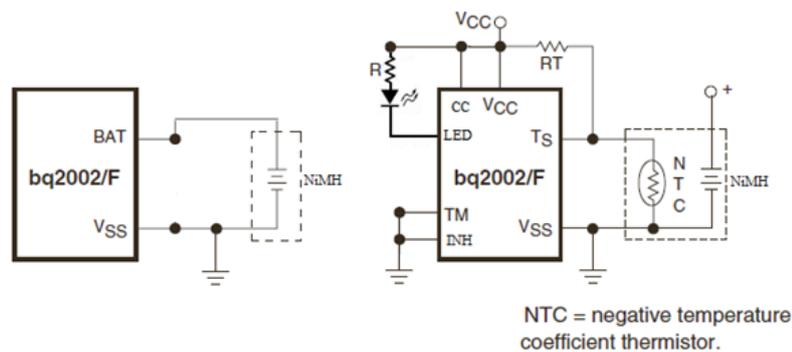


Figure 6 : Schéma du montage du chargeur BQ2002

Le capteur de température CTN a une résistance qui varie selon la température, plus elle augmente, plus la résistance de la CTN diminue (de 34kohms à quelques ohms).

Pour trouver la valeur de la résistance  $R_t$  du schéma du chargeur, nous avons mesuré la CTN pour une température de 60°C. C'est la température maximum de la batterie lorsque celle-ci est chargée. Pour ce faire, nous avons utilisé de la pâte thermique afin de chauffer la CTN avec une résistance qui dégage de la chaleur en l'alimentant.

Nous avons testé ce schéma sur une plaquette d'essais et une alimentation de 5V continu en entrée qui simule la sortie de l'élévateur, les tests se sont avérés concluants. La LED indiquant la charge s'allume et la batterie de 1,2V se charge.

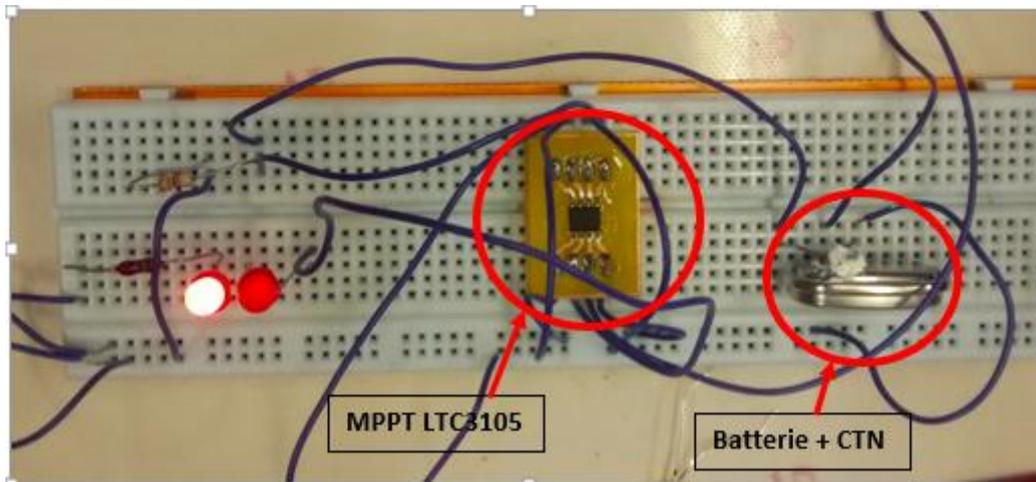


Figure 7 : Montage sur plaque d'essais chargeur BQ2002 avec batterie

### Elévateur TPS 61202 :

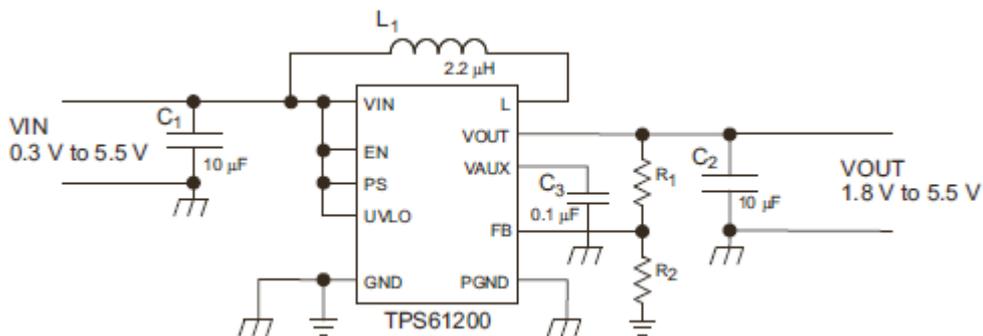


Figure 8 : Schéma du montage de l'élévateur TPS 61202

Nous n'avons pas pu tester ce composant car nous l'avons reçu trop tard dans le déroulement de notre projet. Mais nous avons prévu un emplacement pour ce montage sur la carte électronique finale.

Nous voulons que l'élévateur alimente le chargeur avec 5V, donc  $V_{out} = 5V$ . Pour  $V_{in}$ , nous n'avons pas de soucis car cette tension doit être comprise entre 0,3V et 5,5V et le MPPT délivre 3,1V.

Pour régler la valeur de  $V_{out} = 5V$ , nous devons calculer la valeur des résistances  $R1$  et  $R2$  du schéma de la figure 8.

$$\text{On a donc } R1 = R2 * \left( \frac{V_{out}}{V_{fb}} - 1 \right)$$

Et  $V_{fb}$  est égale à 500mV quand la tension de sortie est parfaitement régulée.

En prenant des valeurs de résistances normalisées, on fixe  $R2$  à 47ohms, ce qui nous donne la valeur de  $R1$  égale à 470 ohms.

## IV- Finalité du système:

Les deux parties étant validés, nous avons pu réaliser ces montages sur des cartes électroniques. Nous avons commencé par réaliser les PCB avec le logiciel Eagle.

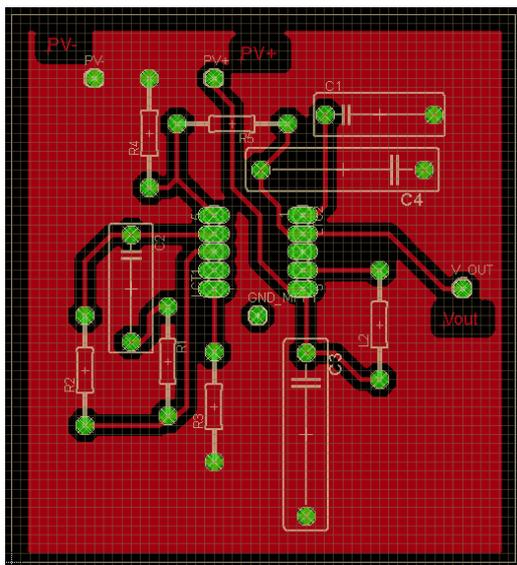


Figure 9 : PCB schéma MPPT

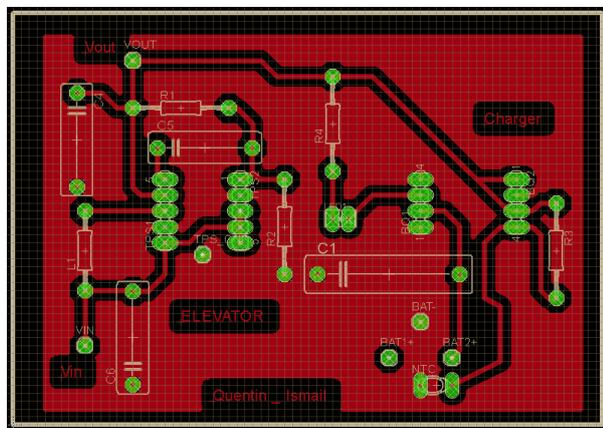


Figure 10 : PCB montage élévateur + charge

Une fois les cartes électroniques prêtes, nous avons soudé les composants ainsi que le MPPT sur la première carte. La deuxième carte comporte l'élévateur pour augmenter la tension de sortie du MPPT (3,2V) à 5V (tension pour laquelle le chargeur peut fonctionner). Nous n'avons pas reçu à temps la carte avec l'élévateur soudé dessus (composant CMS), donc nous avons fait les tests avec une alimentation de 5V qui simule la tension de sortie de cet élévateur. La deuxième carte contient aussi le chargeur Bq2002 ainsi que la batterie et le supercondensateur.

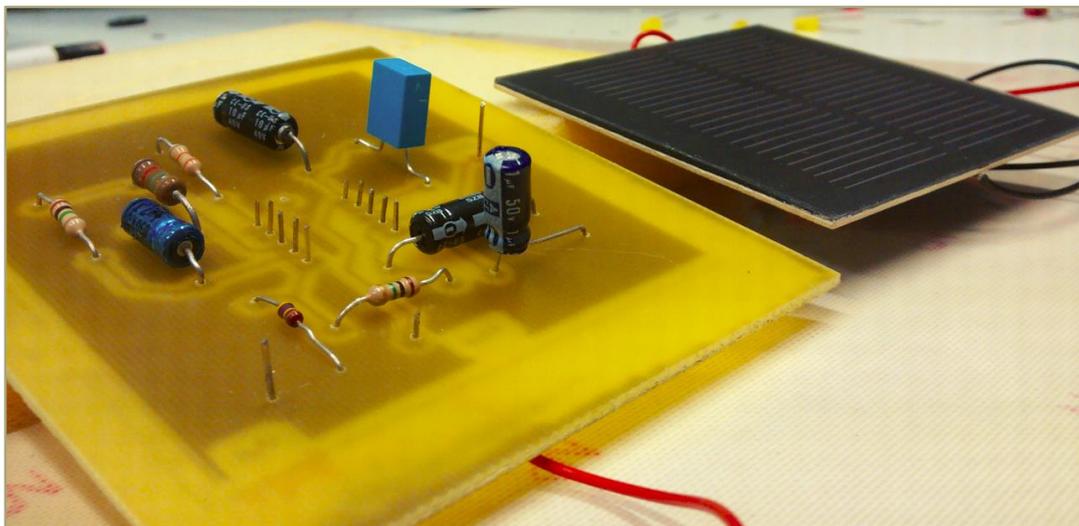


Figure 11 : carte MPPT avec panneau solaire en entrée

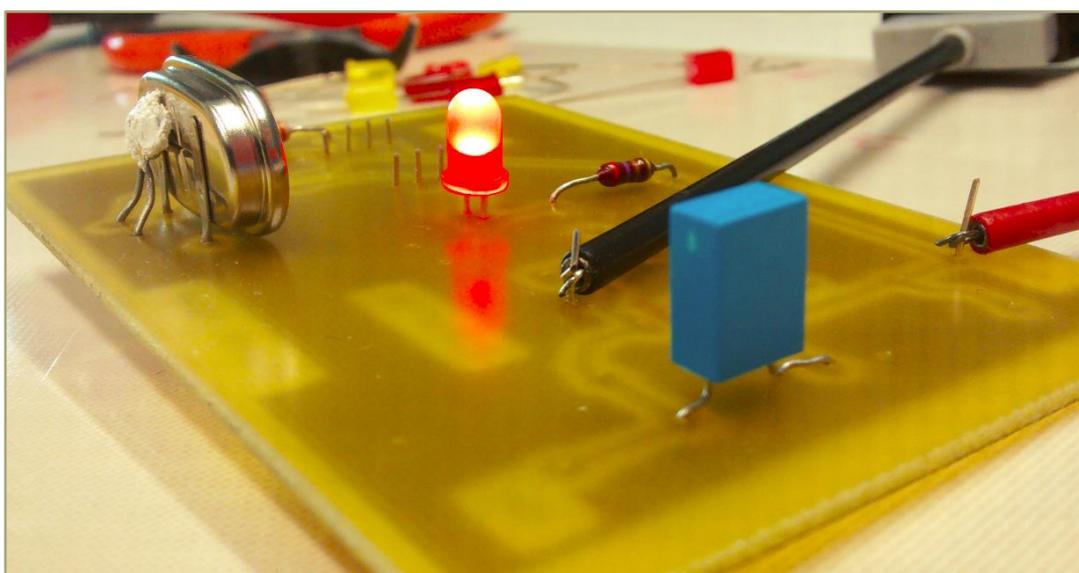


Figure 12 : carte élévateur et chargeur + batterie

### Résultats :

Lors des tests, nous avons obtenus les mêmes résultats qu'avec les montages sur les plaquettes d'essais. Nous avons ajouté un supercondensateur de 0.3F avant la batterie (en parallèle) afin que celui-ci puisse se décharger lentement dans la batterie quand le panneau photovoltaïque ne délivre pas de tension (pas de soleil).

Nous avons donc, comme pour les tests précédents, alimenté le chargeur BQ2002 par un générateur extérieur au montage pour simuler la tension de 5V délivré par l'élevateur. Comme expliqué précédemment, nous n'avons pas encore ce composant de soudé car c'est un CMS et il ne peut pas être soudé à Polytech.

Nous avons obtenus des résultats concluants, la batterie de 1,2V se charge bien, la LED de la batterie indique aussi que la batterie se charge.

Nous avons observé à l'oscilloscope la charge du condensateur sur la figure ci-dessous, celui-ci remplit correctement son rôle et permet à la batterie de rester chargée même pendant les périodes où il n'y a pas de soleil. En effet, le condensateur se décharge dans la batterie et permet d'éviter ainsi les cycles de charges et décharges de la batterie.

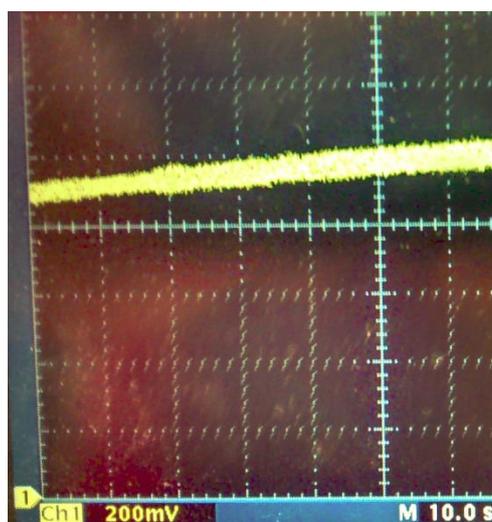


Figure 13 : Charge du supercondensateur

# Conclusion

La principale difficulté rencontrée sur ce projet est la faible puissance fournie par le panneau solaire et ainsi circulant au travers du système. L'absence d'élevateur ne permet pas de vérifier la véracité du montage mis en place, malgré la fonctionnalité de tous les composants testés. L'inconvénient principal de ce système étant les faibles valeurs de puissances aux bornes des composants.

Ce projet permet de voir plus en détails l'importance de la gestion d'énergie. La deuxième partie étant la protection de la batterie et l'allongement de sa durée de vie, la mise en place d'un circuit RC aux bornes de la batterie a permis de voir la lenteur de charge ce qui permet en théorie la protection de la batterie. Il n'est possible de tirer des conclusions sur l'efficacité de la supercapacité que sur les longs termes. En conclusion, malgré la fonctionnalité théorique mais aussi pratique sur une assez petite durée de temps, on ne peut affirmer la fonctionnalité de celui-ci dans une plus grande durée en temps.