

Projet de Physique P6-3
STPI/P6-3/2009

Réalisation d'une batterie solaire

Etudiants :

Julie IATROU

Benjamin BENOIST

Youness BENALI

Ronan LEBOUTEILLER

Thomas LERENDU

Julie LE CALLONNEC

Enseignant-responsable du projet :

François GUILLOTIN

Sommaire

1.Introduction.....	4
2. Batterie et panneau solaire.....	5
2.1.Batterie solaire.....	5
2.2.Batterie au plomb.....	5
2.2.1.Notions théoriques.....	5
2.2.2.Choix de la batterie.....	5
2.2.3. La batterie au plomb.....	6
2.2.4. Mise en service de la batterie.....	8
2.3. Panneau solaire.....	8
3. La régulation de charge d'une batterie solaire: approche théorique	10
3.1. Le régulateur de charge.....	10
3.1.1. fonction du regulateur de charge.....	10
3.1.2. Rôle du régulateur en fonction des conditions d'ensoleillement.....	10
3.1.2.1. Ensoleillement normal.....	10
3.1.2.2. Ensoleillement faible	10
3.1.2.3. Ensoleillement fort ou perte d'ensoleillement	11
3.1.3. Chargeur a relais dans notre montage	11
3.1.4. La logique séquentielle.....	12
3.1.4.1. Logique sequentielle.....	12
3.1.4.2. Portes NAND	13
3.1.4.2.1. Principe des portes NAND.....	13
3.1.4.2.2. Caractéristiques des portes NAND utilisées.....	13
3.1.5. La bascule RS.....	14
3.1.5.1. Tout d'abord qu'est-ce qu'une bascule RS ?.....	14
3.1.5.2. Fonctionnement de la bascule RS.....	14
3.1.5.3. Cycle de la bascule RS.....	14
3.2. Comparateur de tensions.....	18
3.2.1. Le montage comparateur de tension.....	18
3.2.1.1. Définition.....	18
3.2.1.2. Principe de fonctionnement	18
3.2.1.3. Explication détaillée.....	18
3.2.2. Exemples de comparateurs.....	19
3.2.2.1. Principe du montage comparateur de tension non-inverseur.....	19
3.2.2.2. Comparateur double.....	20
3.2.2.3. Complément sur les comparateurs de tension.....	22
3.3. Le relais.....	22
3.3.1. Définition.....	22
3.3.2. Constitution.....	22
3.3.3. contacts.....	23
3.3.4. Caractéristiques d'un relais.....	23
3.4. Le transistor bipolaire.....	23
3.4.1. Définition.....	23
3.4.2. Composition.....	24
3.4.3. Les états du transistor.....	24
3.4.3.1. L'état bloqué	24

3.4.3.2. L'état saturé	25
4. Manipulation.....	26
4.1. Réglages des comparateurs.....	26
4.2. Etudes des seuils de commutation.....	26
4.3. Manipulation finale.....	29
5. Conclusion.....	34
6. Bibliographie.....	35

1.Introduction

Notre sujet concerne la réalisation d'une batterie solaire. En effet, pour une application solaire il est indispensable de passer par des batteries pour pouvoir utiliser l'énergie solaire. Le panneau solaire ne peut fonctionner 24h/24 alors que les batteries permettent de stocker l'énergie solaire et de la restituer lorsque l'on en a besoin.

Un régulateur de charge doit être mis entre les panneaux solaires et la batterie pour éviter les surcharges et les sous-charges, qui les font vieillir prématurément. Le régulateur garantit donc une durée de vie maximale de la batterie.

Dans une première partie, nous expliquerons le fonctionnement de la batterie ainsi que du panneau solaire. Puis nous exposerons le fonctionnement et l'utilité du chargeur à relais, de même que
Finalement, notre dernière partie sera consacrée à l'étude pratique et expérimentale que nous avons réalisée durant ce semestre.

2. Batterie et panneau solaire

2.1. Batterie solaire

La ressource en énergie solaire est abondante, cependant, la source, le soleil, n'est pas toujours disponible, ce qui implique obligatoirement un stockage.

Il faut une batterie adéquate pour pouvoir profiter au maximum du solaire. En effet, une batterie classique ne peut pas convenir car elle ne sera pas adaptée aux cycles de charge et de décharge.

Il faut utiliser une batterie semi-stationnaire à décharge lente car elle peut supporter une décharge jusqu'à 80% de sa capacité. Plus la décharge sera lente, plus la capacité énergétique sera grande. La décharge maximale d'une batterie solaire est en moyenne de 65% contre 30% pour une batterie classique.

2.2. Batterie au plomb

2.2.1. Notions théoriques

Une batterie électrique est un composant électrochimique qui comporte des électrodes positives et négatives composées d'alliages plongés dans un électrolyte (acide). L'ensemble est encapsulé dans un bac scellé muni de bouchons de remplissage. Les réactions d'oxydo-réduction qui permettent le fonctionnement de la batterie sont réversibles, à condition que la batterie n'ait pas été trop déchargée ou surchargée.

Pour l'utilisation de l'énergie solaire, il est préférable d'utiliser des batteries spéciales (batteries stationnaires à alliage de Plomb). Une batterie au plomb est un ensemble d'accumulateurs au plomb-acide raccordés en série et réunis dans un même boîtier. Ce système de stockage d'électricité est largement utilisé dans l'industrie ainsi que dans l'équipement des véhicules automobiles.

Une batterie au plomb est un générateur électrique qui utilise généralement les propriétés électrochimiques d'un couple oxydant-réducteur. Nous avons utilisé un accumulateur au plomb qui se distingue des piles classiques par son aptitude à la recharge. Cette batterie est en effet conçue pour restituer un courant stable pendant de longues périodes, à un grand nombre de cycles.

Il existe différents types de batteries stationnaires en 2.6 ou 12V nominal, distinguée par le nombre de cycles qu'elles peuvent fournir à une profondeur de décharge admissible. Dans le cas des systèmes photovoltaïques, on opte généralement pour des batteries à profondeur de décharge de l'ordre de 60 à 80% pendant au moins 400 cycles.

2.2.2.Choix de la batterie

Pour la batterie nous avons le choix entre deux différentes. Nous avons étudié leurs caractéristiques afin de déterminer la batterie correspondant le mieux à notre projet.

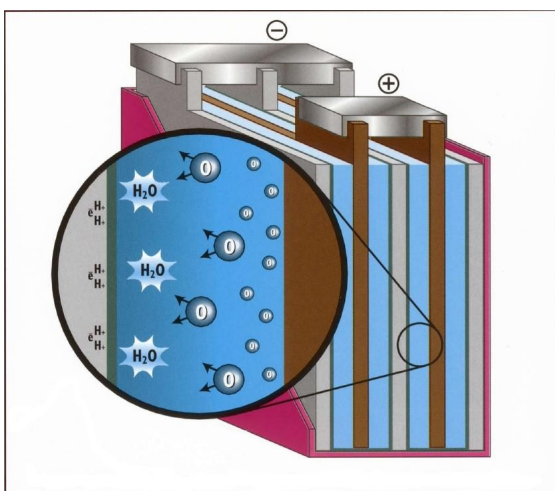
La batterie au plomb s'est révélée être sensible aux variations de température, avoir une autodécharge de 1% par jour, avec un risque de cristallisation de Pb si elle est laissée trop longtemps déchargée, ce qui entraîne une perte de capacité irréversible. Elle est cependant capable de fournir des courants élevés et possède une tension nominale de 2.1V environ, c'est pourquoi c'est l'accumulateur le plus utilisés dans l'industrie automobile. La batterie au plomb est utilisée pour alimenter des moteurs à explosion, des démarreur électriques. Elle est également utilisée pour les énergies solaires et éolienne (énergies produites par intermittance). Ce type de batterie a une durée de vie augmentée par rapport aux batteries classiques. De plus, grâce à sa simplicité et son prix faible, la batterie au plomb reste compétitive que ce soit dans le domaine du démarrage des moteurs ou de la batterie stationnaire. De plus, l'accumulateur peut fonctionner plusieurs années sans exiger d'entretien. Elle a donc un excellent rapport prix/durée de vie. D'autre part, cette batterie ne pollue pas si elle est bien recyclée, malgré la toxicité de son élément principal, le plomb. Mais son recyclage est de plus en plus réglementé. C'est un accumulateur sans effet mémoire, c'est à dire que l'on peut la recharger quand on veut, à n'importe quel niveau de décharge.



La batterie Nickel-Cadmium a un taux de décharge important, elle est cependant plus puissante et possède une durée de vie supérieure à la batterie au plomb (1000 cycles de charge/décharge). Elle est moins sensible aux variations de température. Sa tension nominale est de 1.25V environ. Elle supporte de grands courants de charge et de décharge grâce à ses faibles résistances internes. Elle a une forte tolérance face aux surcharges mais une faible capacité de charge. Par ailleurs, elles présentent une solidité mécanique et électrique très intéressante, et offrent une facilité de recharge. Néanmoins, les batteries Ni-Cd accusent un désavantage environnemental à cause du cadmium, un métal lourd et polluant, compliqué à recycler. De plus, elles sont de plus pénalisées par leur effet mémoire. La batterie Nickel-Cadmium est utilisée pour l'électronique portable (téléphone, véhicules électriques, etc...).

2.2.3. La batterie au plomb

L'accumulateur au plomb est constitué d'un empilage d'électrodes positives, de séparateurs et d'électrodes négatives situé dans un bac fermé par un couvercle.



Les électrodes positives (oxydant) sont des grilles en plomb, de même que les électrodes négatives. Les séparateurs sont des feuilles rectangulaires, intercalées entre les plaques positives et les plaques négatives. Ils doivent être de bons isolants électriques, posséder une très grande perméabilité aux ions, une porosité élevées et une excellente tenue à l'acide sulfurique.

L'électrolyte est une solution d'acide sulfurique pur dans de l'eau, de densité 1,26.

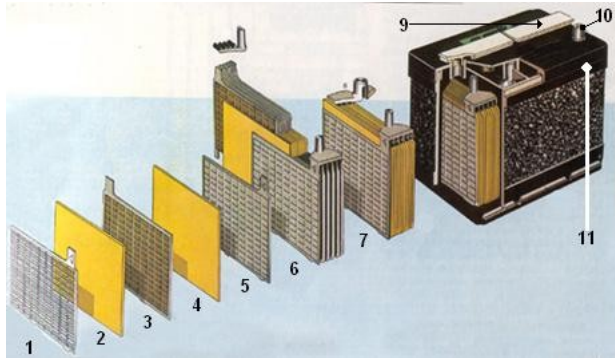
Les batteries courantes sont montées dans des bacs en plastique à six compartiments reliés en série et capables de conduire des courants importants (100 à 500 A).

les transformations chimiques, au cours de la décharge et de la recharge, peuvent se résumer de la façon suivante:



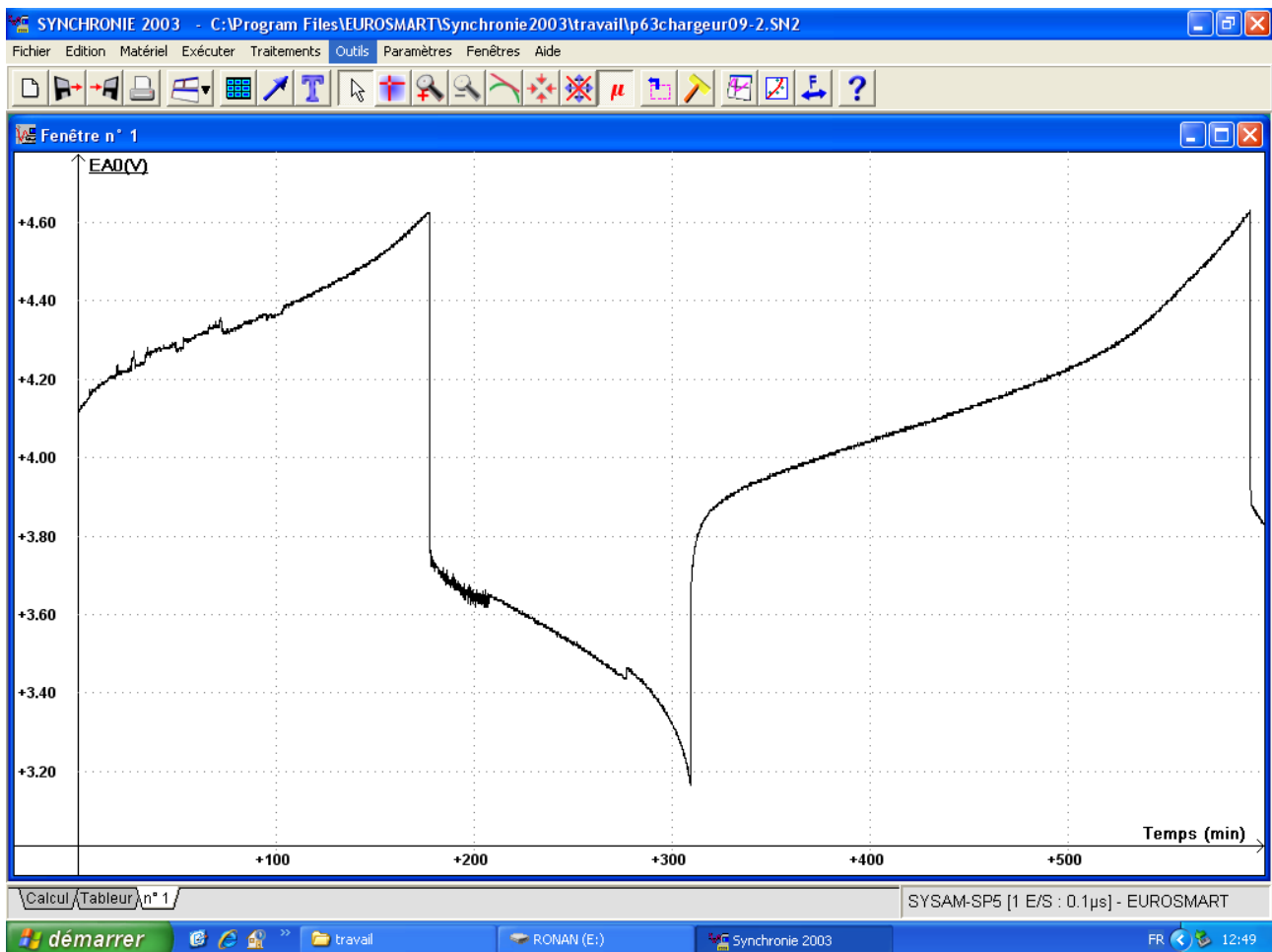
Ces transformations sont réversibles, c'est pourquoi un accumulateur peut être déchargé et rechargé un grand nombre de fois. Le sens correspondant à la réaction est la recharge.

Pendant la décharge, la tension aux bornes de la batterie est: $E = U - r I$, où U est la force



électromotrice, r la résistance interne de l'accumulateur et I le courant de décharge. Au cours de la décharge, r augmente du fait de la diminution de la concentration de l'électrolyte dans les électrodes. On observe alors une diminution progressive de la tension E . Pendant la charge, les phénomènes inverses se produisent: l'électrolyte se concentre, la résistance interne diminue et la tension monte.

Nous avons donc voulu observer et analyser les charges et décharges d'un accumulateur au plomb. Pour cela, nous avons lancé une acquisition grâce au logiciel Synchronie, comme la courbe présentée ci-dessous:



Une explication plus complète est donnée dans la dernière partie du dossier.

Une batterie est complètement chargée lorsque sa tension reste constante au moins deux heures et qu'un léger bouillonnement de l'électrolyte se produit.

2.2.4. Mise en service de la batterie

Après avoir acheté une batterie au plomb, nous nous sommes chargé de sa mise en service. Nous avons tout d'abord rempli la batterie avec de l'acide sulfurique à 35% de concentration (densité 1,28) jusqu'au repère niveau haut. Nous avons ensuite laissé la batterie reposer, il fallait au minimum une heure, aussi avons attendu la semaine suivante. A ce stade, le niveau du bain électrolyte ayant baissé, nous avons rechargé avec l'acide.



Nous avons ensuite effectué une charge initiale avant sa mise en service. Nous l'avons ainsi chargée à 1,1 Ampère pendant 10h, car une charge plus élevée risquait d'occasionner un bouillonnement du bain et donc un échauffement nuisible avec érosion des plaques.

A la fin de la charge, nous avons basculé plusieurs fois la batterie pour que les bulles de gaz puissent s'échapper, puis nous l'avons laissé reposer une demi-heure. Nous avons ensuite refermé

correctement les bouchons de remplissage et nous avons branché le conduit de dégazage. Après cela la batterie était prête à être utilisée, et nous avons donc pu commencer les manipulations.

En ce qui concerne la maintenance d'une telle batterie, on peut vérifier le niveau du bain et si besoin compléter avec de l'eau distillée. Il faut toujours veiller à ne pas décharger la batterie à l'extrême car cela peut entraîner sa destruction.

En cas d'une immobilisation prolongée, il faut déconnecter la batterie car l'équipement électrique risque de la décharger. De plus, il ne faut jamais garder la batterie déchargée mais la recharger régulièrement. Pour finir, elle doit être conservée dans un endroit frais et sec, et il faudra toujours refaire une pleine charge avant sa mise en service.

2.3. Panneau solaire

Le panneau solaire permet la recharge de la batterie. Il fonctionne continuellement et non pas seulement lorsqu'il y a du soleil, même si le débit est plus faible. Il permet donc une autonomie électrique à condition d'avoir une bonne installation.

Le panneau solaire est composé de cellules photovoltaïques, chacune de 0.5 Volts reliées entre elles. L'effet photovoltaïque est le phénomène de conversion de l'énergie lumineuse en énergie électrique par l'intermédiaire de cellules à base de silicium. Ces cellules de silicium sont en fait des diodes qui développent une tension à leurs bornes lorsqu'on les éclaire. Le panneau photovoltaïque convertit entre 3% et 30% de l'énergie solaire en courant électrique continu.

La puissance des panneaux est de 4 à 110Watts. C'est à partir de 15W qu'il faut installer un régulateur de charge qui stabilise l'énergie solaire et protège la batterie des surcharges. La diode anti-retour intégrée au panneau empêche l'énergie de la batterie de repartir vers celui-ci, et donc elle protège la batterie contre la décharge.

Dans notre cas, le panneau que nous avons utilisé est rechargeable par une batterie de tension comprise entre 6 et 12V. Le panneau est constitué de 36 cellules de silicium en série. Le temps de chargement de la batterie par le panneau solaire dépend de la capacité de la batterie, de ses précédentes utilisations (quantité d'énergie restante), et de l'intensité des rayons lumineux.



En ce qui concerne le temps de chargement de la batterie, il peut être calculé de la façon suivante: pour une tension de 12V et un courant de 4000mA chargeant la batterie,

$$\text{temps de chargement} = \frac{\text{capacité de la batterie (4000mA)}}{\text{énergies solaire émise par le panneau (5000mA)}} = 8 \text{ heures}$$

Malheureusement, compte tenu du mauvais temps à Rouen, nous n'avons pas eu l'occasion de tester la batterie avec le panneau solaire. Nous avons donc remplacé le panneau solaire par un générateur de courant.

3. La régulation de charge d'une batterie solaire: approche théorique

3.1. Le régulateur de charge

3.1.1. fonction du regulateur de charge

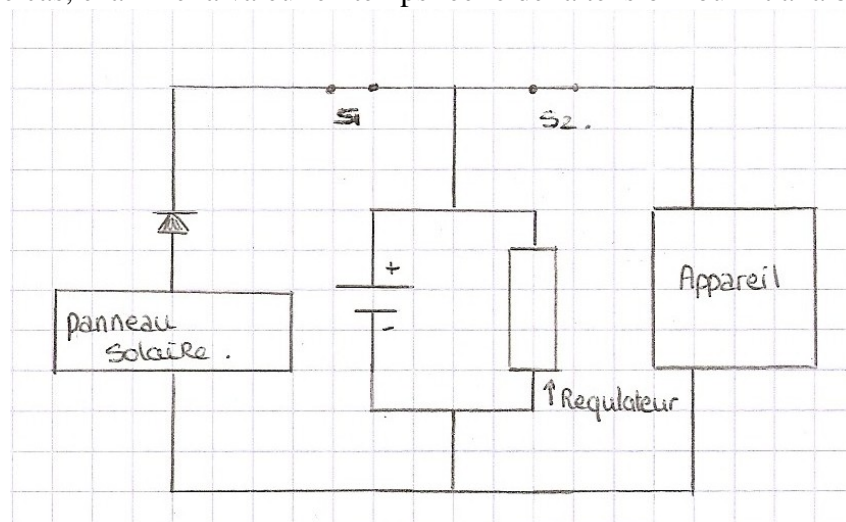
Le régulateur de charge/décharge est l'électronique entièrement automatique à laquelle sont reliés le panneau photovoltaïque, la batterie, ainsi que les équipements destinataires de l'électricité solaire. Sa fonction principale est de contrôler l'état de la batterie. Il autorise la charge complète de celle-ci en éliminant tout risque de surcharge et interrompt l'alimentation des destinataires si l'état de charge de la batterie devient inférieur au seuil de déclenchement de la sécurité anti décharge profonde. Prolongeant ainsi la durée de vie de la batterie qui est le seul composant fragile du générateur photovoltaïque.

3.1.2. Rôle du régulateur en fonction des conditions d'ensoleillement

Le régulateur de charge module le courant donné à la batterie, par le panneau solaire car ce dernier est susceptible de varier en fonction des conditions d'ensoleillement. On modélise notre montage par un panneau solaire, une batterie, un appareil ainsi que le régulateur de charge. Nous allons étudier le fonctionnement du régulateur en fonction des différents cas d'ensoleillement.

3.1.2.1. Ensoleillement normal

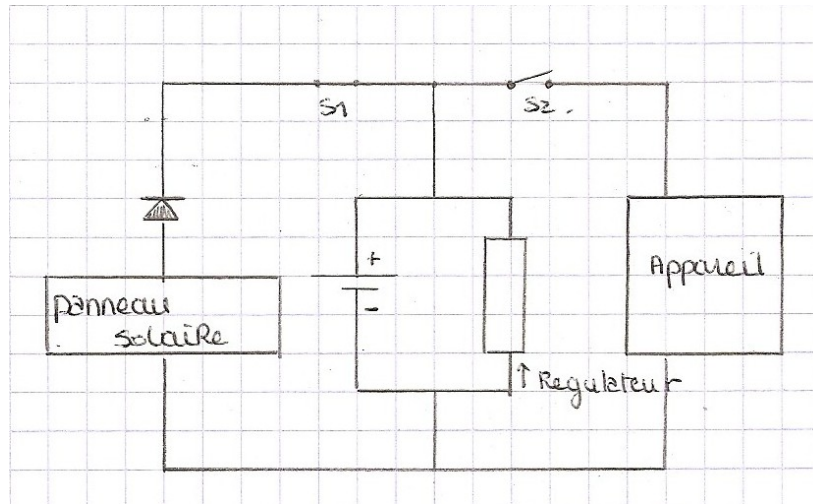
Dans le cas d'un ensoleillement normal, le panneau solaire fournit l'énergie à la batterie qui se charge. Elle fournit simultanément du courant à l'appareil pour son fonctionnement. Le régulateur de charge dans ce cas, examine la valeur en temps réelle de la tension fournie à la batterie.



3.1.2.2. Ensoleillement faible

L'ensoleillement diminue. Les besoins d'alimentation de l'appareil sont supérieurs à l'énergie que

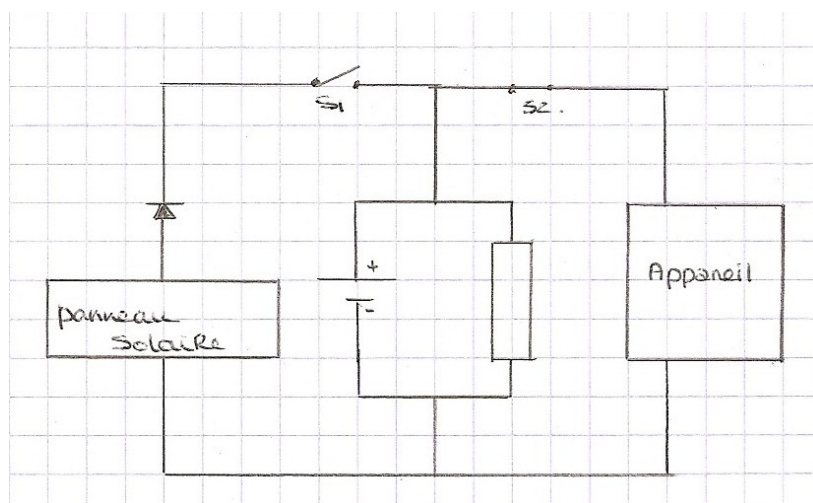
peut fournir le panneau solaire. La batterie va donc se décharger dans l'appareil, le problème étant qu'elle se décharge totalement . Comme nous avons pu le voir précédemment , cette situation risque de dégrader rapidement la durée de vie de la batterie . Le régulateur de charge intervient en coupant l'alimentation entre la batterie et l'appareil quand la tension de la batterie passe en dessous d'un certain seuil que l'on déterminera .



3.1.2.3. Ensoleillement fort ou perte d'ensoleillement

Imaginons qu'il y ait une perte soudaine d'ensoleillement , la batterie peut avoir tendance à se décharger dans le panneau solaire. On place une diode anti retour qui bloque le retour de courant vers le panneau solaire , afin d'éviter la décharge de la batterie .

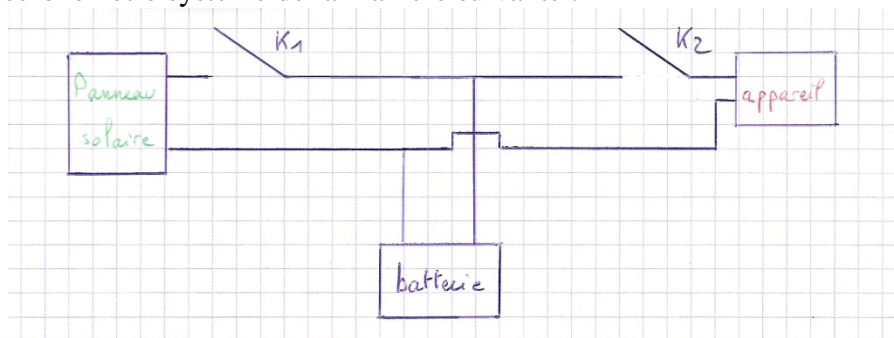
L'ensoleillement est tres important , la batterie se charge alors en totalité, car la consommation de l'appareil est insuffisante. Cette surcharge est néfaste pour la durée de vie de la batterie . Le régulateur de charge coupe alors l'alimentation entre la batterie et le panneau solaire, lorsque la tension de la batterie passe au dessus d'un certain seuil de tension.



3.1.3. Chargeur a relais dans notre montage

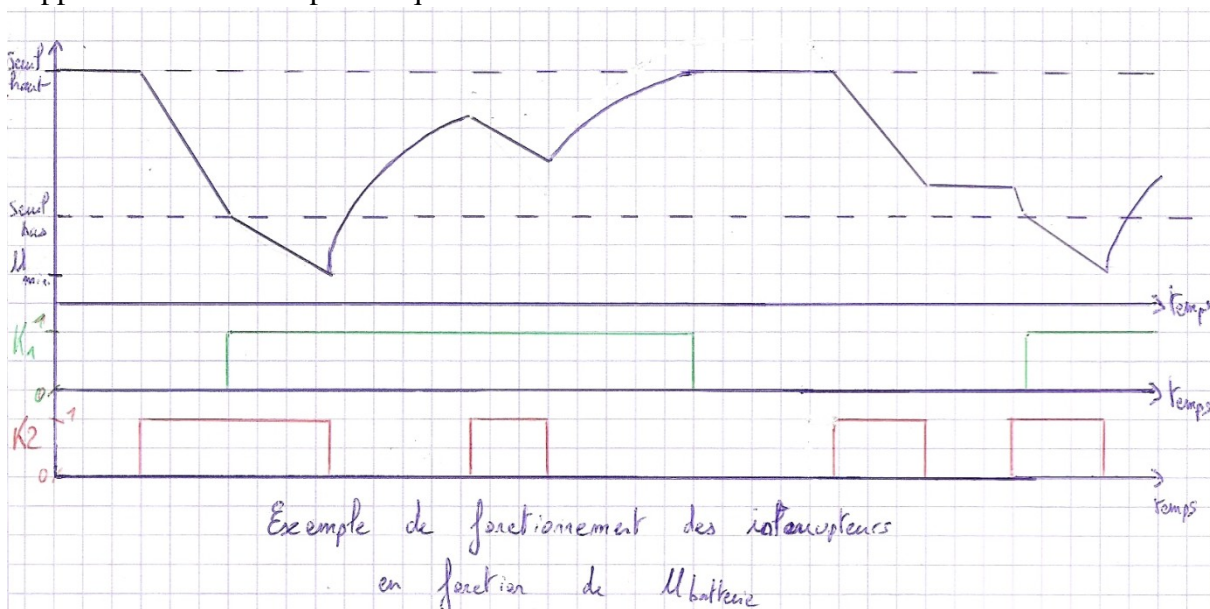
Notre montage étant compose d'une batterie, il est nécessaire de pouvoir contrôler son niveau de

charge et de décharge pour éviter sa détérioration. En effet, une batterie peut s'abîmer, si elle se trouve en surtension ou sous tension, en particulier en présence d'un panneau solaire susceptible de fournir un courant instable. C'est pourquoi on introduit un relais commandé grâce à la bascule RS. Nous schématiserons notre système de la manière suivante :



L'interrupteur situé entre le panneau solaire et la batterie s'appellera K1 et le relais situé entre la batterie et l'appareil sera K2. Dans le cas de notre étude, nous avons matérialisé l'appareil par des résistances dans lesquels la batterie se décharge.

Voici le fonctionnement idéal de notre système pour que la batterie ne s'abîme pas, et pour que l'appareil soit utilisé le plus fréquemment .



Initialement, la batterie est chargée au maximum. On ferme K2 pour alimenter l'appareil, K1 est ouvert pour empêcher la surtension de la batterie.

La tension de la batterie baisse jusqu'au seuil bas, on commence à recharger la batterie en fermant K1, et l'appareil est toujours alimenté (K2 fermé).

La tension de la batterie continue de se décharger quand même et atteint sa valeur minimale. Il faut donc qu'elle se recharge absolument donc on ouvre K2 pour empêcher toute décharge. La batterie se recharge. On peut alors fermer K2 pour l'utilisation de l'appareil tout en gardant K1 fermé. La tension baisse. Si on arrête d'utiliser l'appareil, la tension va réaugmenter jusqu'à atteindre le seuil haut, il faut donc couper l'alimentation de la batterie : on ouvre K1. Et caetera.

pour obtenir ce résultat nous faisons appel à la logique séquentielle.

3.1.4. La logique séquentielle

3.1.4.1. Logique séquentielle

La logique séquentielle utilisée dans notre régulateur de charge est un assemblage de portes NAND.

Les signaux d'entrée a ces portes permettent de contrôler selon une logique particulière un signal de sortie .

Les signaux électriques sont matérialisés pas des variables logiques ,qui peuvent prendre 2 valeurs :

- 0 : l'état 0 décrit la non alimentation des actionneurs.
- 1 : l'état 1 décrit l'alimentation des actionneurs .

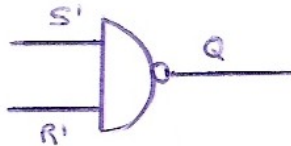
3.1.4.2. Portes NAND

3.1.4.2.1. Principe des portes NAND

Les fonctions logiques permettent de combiner les signaux logiques de la logique sequentielle .La porte NAND est la plus simple à réaliser du point de vue technologique.

Nous utilisons dans le circuit ces portes NAND.

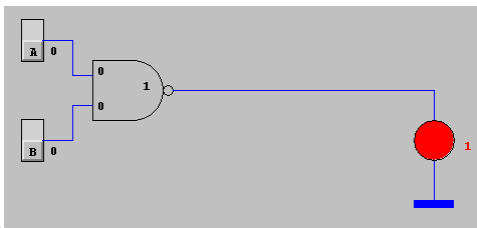
- Equation booléenne : $Q = S' \cdot R'$
Q reproduit l'inverse du produit logique des variables d'entrées S et R.
- Symbole logique :



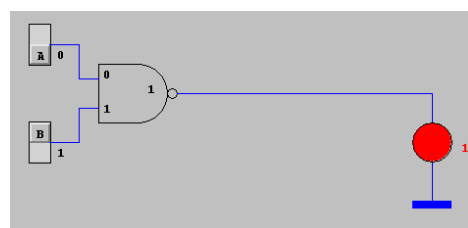
- Table de vérité :

S'	R'	Q	situation
0	0	1	a
0	1	1	b
1	0	1	c
1	1	0	d

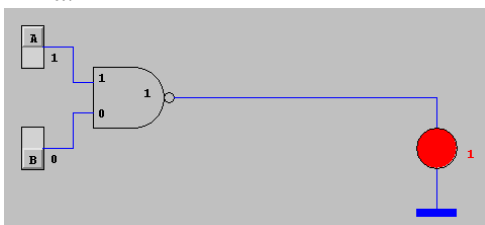
a.



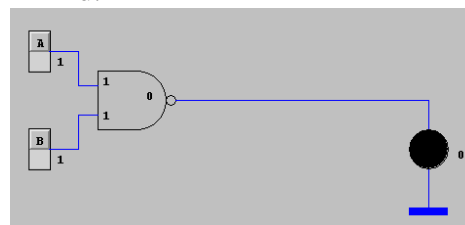
b.



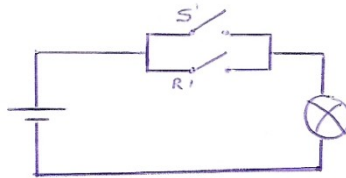
a.



d.

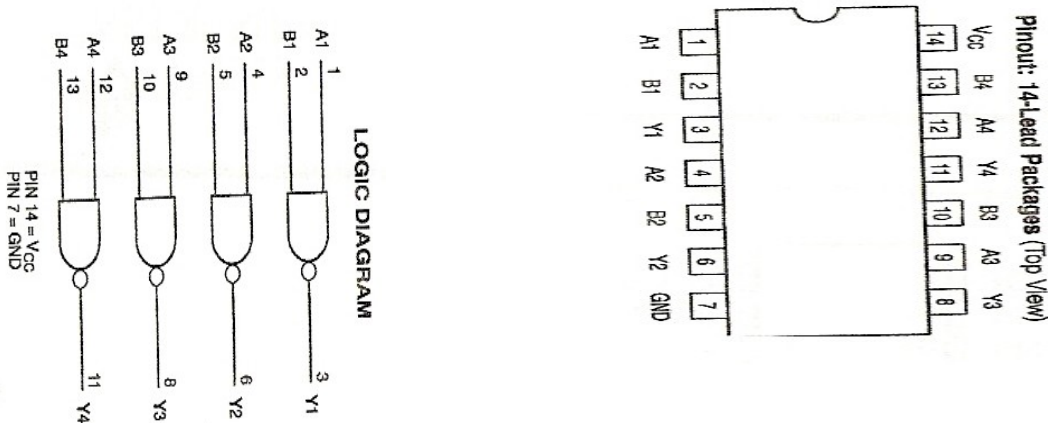


- Equivalent :



3.1.4.2.2. Caractéristiques des portes NAND utilisées.

Nous avons utilisé des portes NAND du type 74HC00 fonctionnant avec la technologie CMOS. Ces appareils fonctionnent pour des tensions comprises entre 2.00V et 6.00V.



3.1.5. La bascule RS

3.1.5.1. Tout d'abord qu'est-ce qu'une bascule RS ?

C'est un circuit de mémorisation qui détient 2 états stables complémentaires en sortie, pour une combinaison de signaux logiques en entrée. Son effet de mémoire repose sur le fait que son état de sortie dépend et des entrées et de son état antérieur.

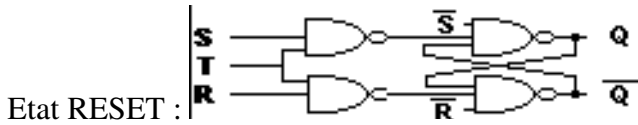
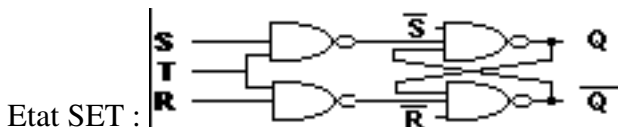
Ici la bascule RS va nous servir à commander l'ouverture et la fermeture du relais situé entre le panneau solaire et la batterie en fonction de deux signaux logiques d'entrée : la valeur des comparateurs (dépassement des seuil haut et seuil bas). Plus précisément si la bascule renvoie un 0 le relais sera ouvert si elle renvoie un 1 il sera fermé et la batterie se chargera.

Une bascule RS peut être réalisée grâce à des portes NAND (non-et).

Notre bascule RS est constituée de quatre portes NAND. Les sorties des portes NAND 3 et 4 sont connectées à une des entrées de l'autre.

3.1.5.2. Fonctionnement de la bascule RS

Nous voulons que si la tension de la batterie passe sous le seuil bas (S1) le relais se ferme (il renvoie 1) tandis que si elle dépasse le seuil haut (S2) le relais s'ouvre (il renvoie 0), pour éviter toute détérioration. Ces deux états sont les états stables de la bascule RS. Lorsque la bascule renvoie 1 la bascule est en état SET tandis que lorsqu'elle renvoie 0 elle est en état RESET.



3.1.5.3. Cycle de la bascule RS

On impose la valeur de l'entrée T : $T=1$ et on part de l'état déchargé de la batterie.

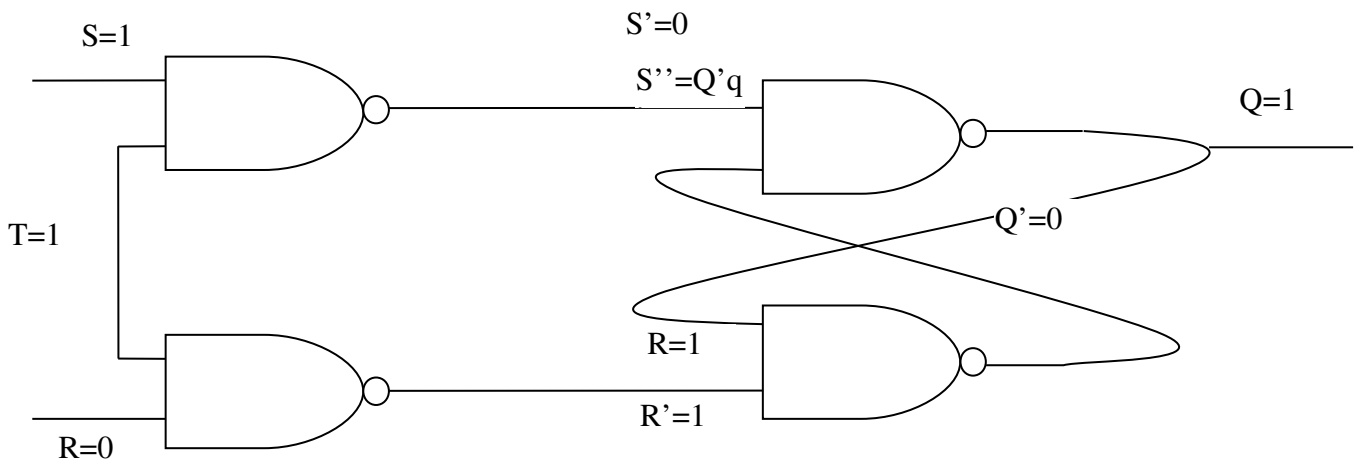
L'entrée S, correspondant à la sortie du comparateur « seuil bas » impose la valeur 1 (car la tension de la batterie est inférieure au seuil bas) tandis que R, comparateur « seuil haut », est à 0. S' renvoie donc un 0 et R' un 1. Selon la logique NAND la sortie Q vaut 1 : le relai est fermé et la batterie se charge quant à Q', complémentaire de Q il vaut 0.

$U_{batt} < U_{seuil\ bas}$

$S=1$

K1 fermé

batterie en charge



La tension de la batterie dépasse le seuil bas, le comparateur 1 renvoie donc 0 ($S=0$), et R reste à 0 (nous sommes toujours sous le seuil haut). S' renvoie 1 et R' aussi.

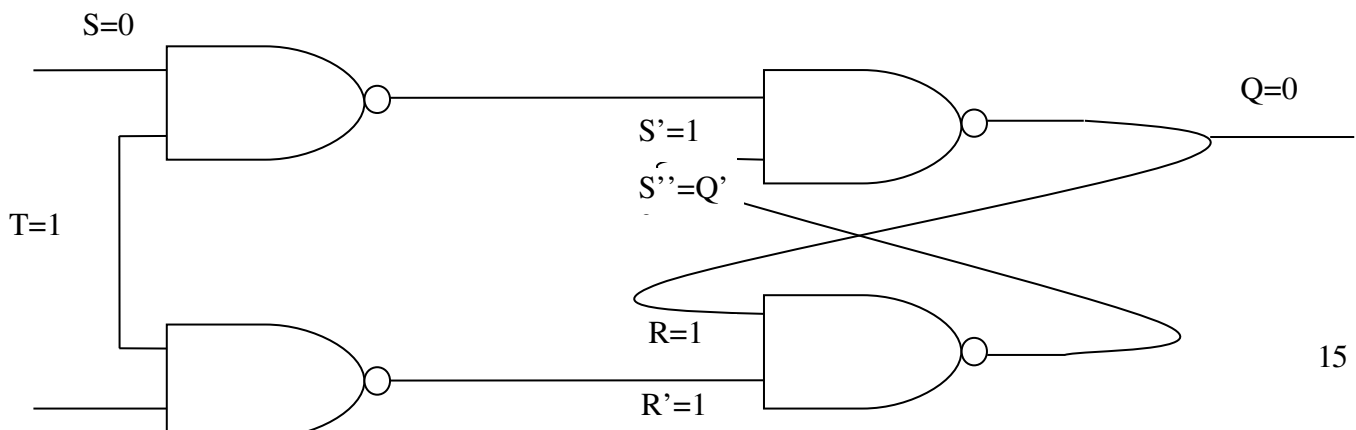
C'est ici que l'effet mémoire joue son rôle : Q étant à 1 précédemment, les deux entrées R' et R'' sont à 1 donc la porte renvoie 0. Q' étant dans un état antérieur égal à 0 l'entrée S'' est à 0, S' à 1 et donc Q reste à 1 (la batterie se charge encore).

$U_{batt} > U_{seuil\ bas}$

$S=0$

K1 fermé

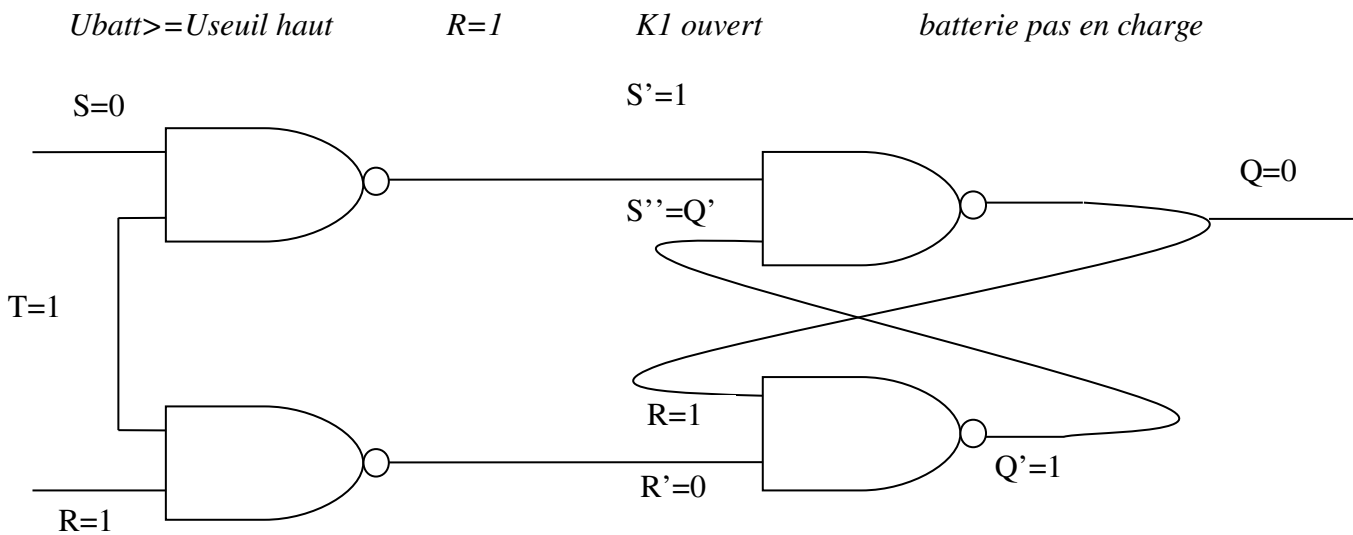
batterie en charge



R=0

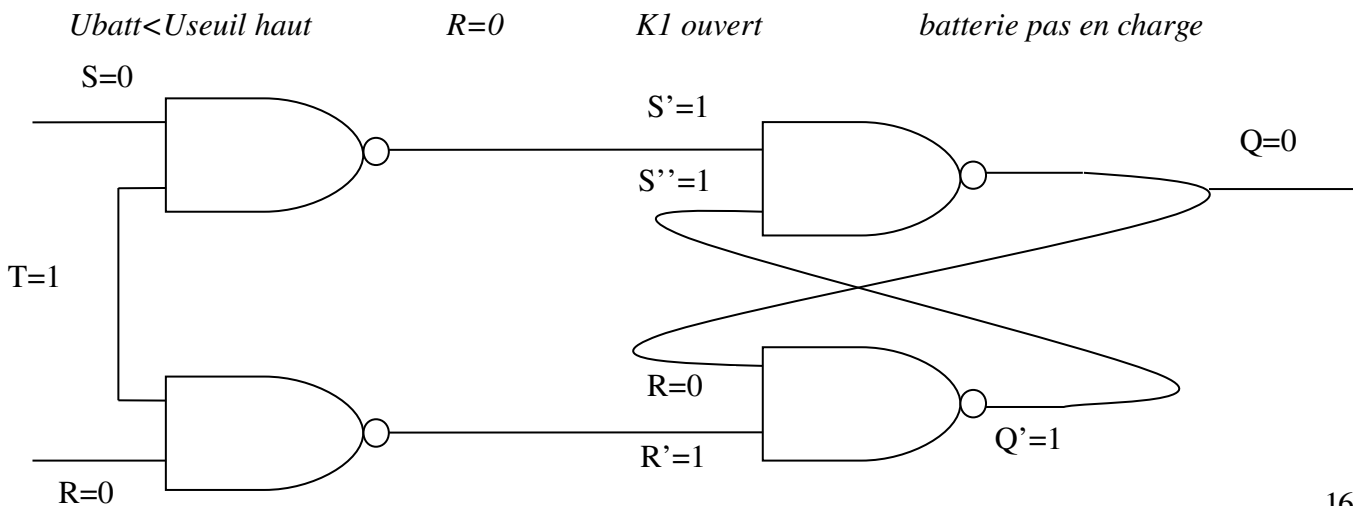
Q'=0

La tension de la batterie passe au-dessus du seuil maximal. Le comparateur R passe à 1 (le comparateur S reste à 0 car nous sommes au-dessus du seuil bas). On obtient alors en S' un 1 et en R' un 0. Or Q était égal à 1 auparavant donc R'' et égal à 1 donc Q'=1. De ce fait S'' prend la valeur 1. Finalement Q=0 : le relais s'ouvre et la batterie ne se charge plus.



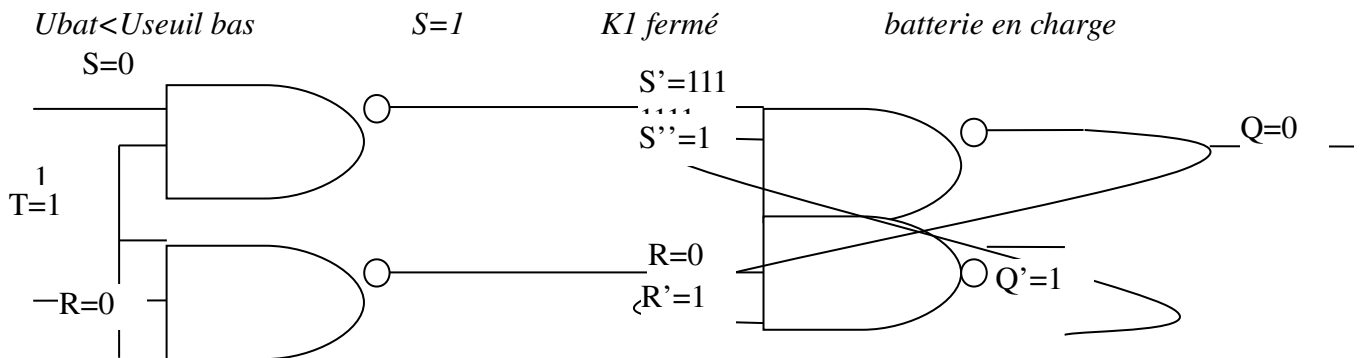
La batterie n'étant plus alimentée, elle fini par passer sous le seuil haut.

Le comparateur R renvoie 0 tandis que le comparateur S reste à 0. Donc S'=R'=1. Précédemment nous avions Q=0 donc R''=0 donc Q'=1. Par conséquent S''=1. Soit finalement Q=0 : le relais reste ouvert (sinon risque de surtension).



La tension baisse jusqu'au seuil bas ce qui fait passer S à 1 (R reste à 0).

Donc $S'=0$ et $R'=1$. Auparavant $Q=0$ donc $R''=0$ donc $Q'=1$. Soit $S''=1$ et finalement $Q=1$: le relais se ferme et la batterie se charge.



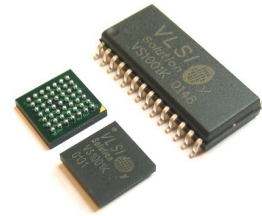
En définitive la bascule est en mode SET aux étapes 1-2 et 5. Tandis qu'elle est en mode RESET aux étapes 3 et 4.

Nous obtenons finalement grâce à cette logique ces courbes, ce qui correspond à ce que nous voulions.

On peut remarquer que si l'on met à 0 les deux entrées (R et S), les deux sorties Q et Q' sont à 1, c'est impossible ! En effet elles doivent être complémentaires. De plus si les deux entrées reviennent toutes les deux à 1, l'état de sortie dépend de l'entrée qui revient la première à 1 : on peut assister à des résultats imprévisibles.

Dorénavant nous n'avons plus qu'à chercher les valeurs des seuils hauts et bas nécessaires à notre montage.

3.2. Compareur de tensions

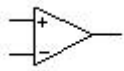


3.2.1. Le montage compareur de tension

3.2.1.1. Définition

Un comparateur n'est ni plus ni moins qu'un amplificateur opérationnel monté en boucle ouverte et possédant un gain important (100 000 dB voire plus) optimisé pour la comparaison de tension. L'amplificateur opérationnel (AOP) est monté en commutateur.

Il possède 2 entrées : une entrée inverseuse et une entrée non inverseuse. Il a le même symbole que l'amplificateur opérationnel.



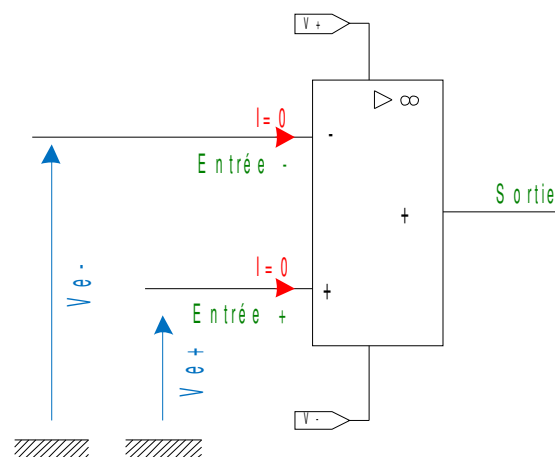
Si le signal est présenté sur l'entrée $e+$ et la référence sur l'entrée $e-$ on dira que le comparateur est non inverseur. Inversement si le signal est présenté sur l'entrée $e-$ et la référence sur l'entrée $e+$ on dira que le comparateur est inverseur.

3.2.1.2. Principe de fonctionnement

L'idée est la suivante: on fixe une tension de référence (donc connue) sur une des 2 entrées de l'AOP et on compare le signal, dont on ne connaît pas la tension, présenté sur l'autre entrée à cette référence. La tension du signal est supérieure ou inférieure à la tension de référence et selon la configuration du montage, on aura en sortie de l'AOP soit un état haut soit un état bas. On saura alors si la tension du signal est plus élevée ou plus faible que la tension de référence.

3.2.1.3. Explication détaillée

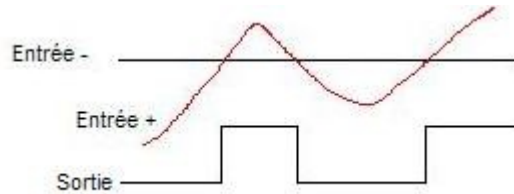
Les courants $I+$ et $I-$ de très faible valeur sont souvent négligés, si tel n'est pas le cas il faut se référer à la documentation constructeur.



Ce comparateur de tension non-inverseur compare la tension V_{e+} sur l'entrée non inverseuse (+) à la tension V_{e-} sur l'entrée inverseuse (-) et commande sa sortie S de la façon suivante :

Si $V_{e+} > V_{e-}$ Alors la sortie = état haut (alimentation +)

Si $V_{e-} > V_{e+}$ Alors la sortie = état bas (masse ou alimentation -)



Remarque : pour un comparateur inverseur, c'est l'inverse.

Le niveau logique en sortie 1 est défini par une tension appelée $+V_{sat}$ (tension de saturation) et le niveau logique 0 par une tension appelée $-V_{sat}$.

Ces tensions $+V_{sat}$ et $-V_{sat}$ dépendent de l'alimentation du comparateur, en effet si le comparateur est alimenté entre V_- et V_+ alors :

$$+V_{sat} = +V_{cc} - V_{dh}$$

$$-V_{sat} = -V_{cc} + V_{db}$$

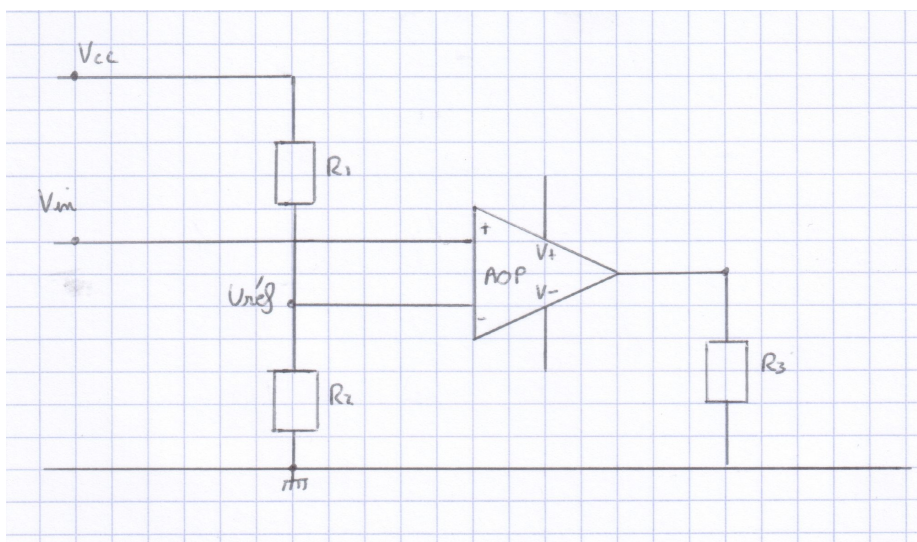
V_{dh} et V_{db} sont appelées tensions de déchet. Elles dépendent de la technologie du comparateur et peuvent prendre des valeurs de quelques millivolts à quelques volts suivant la qualité du comp1).

Comparateur de tensions

3.2.2. Exemples de comparateurs

3.2.2.1. Principe du montage comparateur de tension non-inverseur

Schéma d'un comparateur de tension non-inverseur :

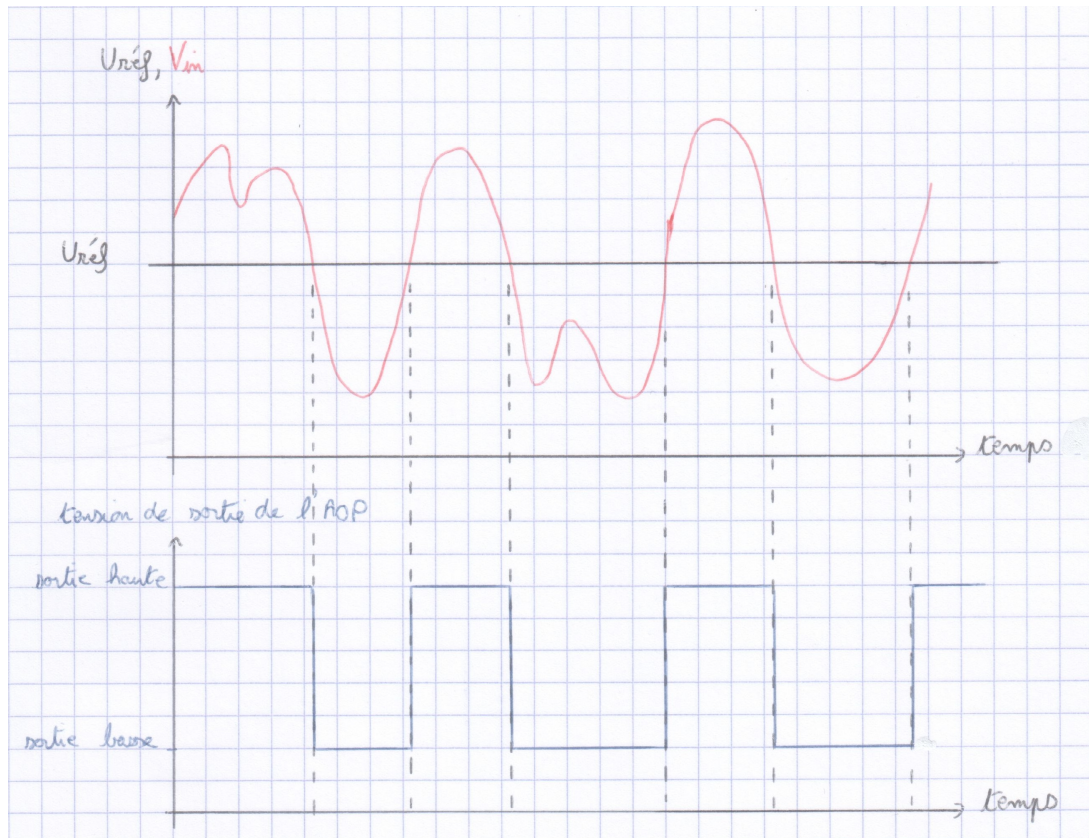


Ici le signal à comparer est présenté sur l'entrée e+ et la tension de référence est sur l'entrée e-.

On peut utiliser Millmann pour calculer U_{ref} :

$$U_{ref} = V_{cc} * R2 / (R1 + R2)$$

Chronographe de l'évolution de la tension de sortie de l'AOP en fonction de la variation du signal d'entrée :

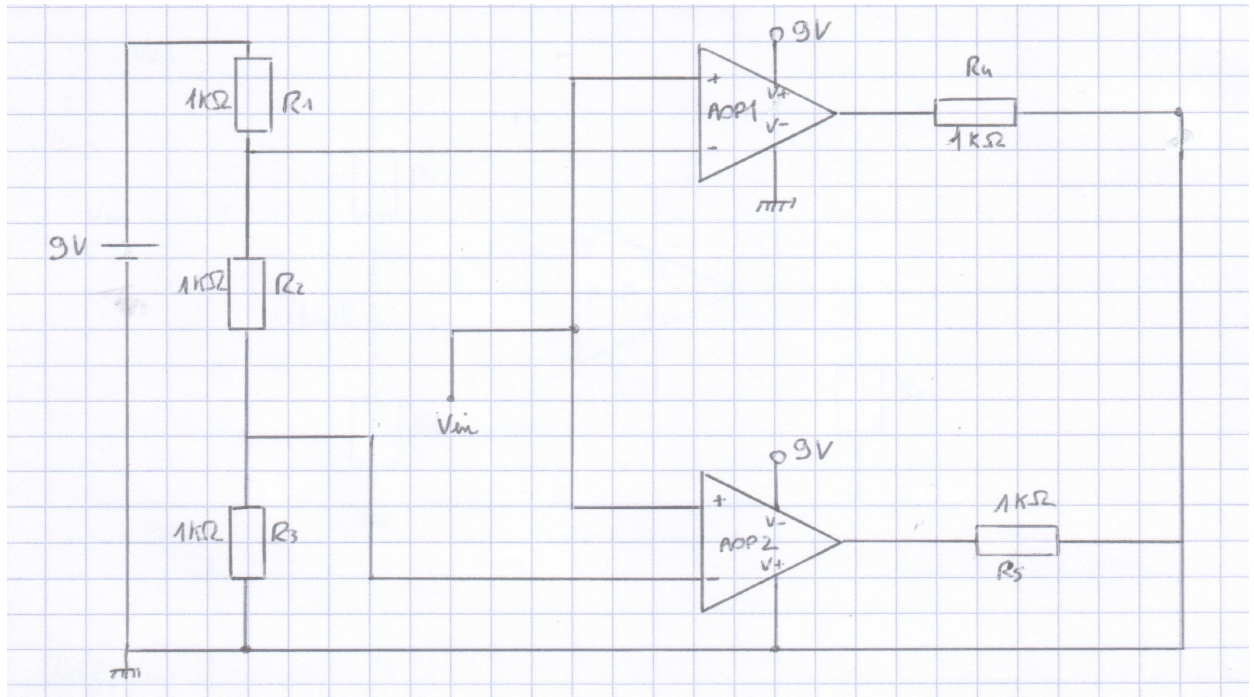


Le signal d'entrée est de forme quelconque. Si $V_{in} > U_{ref}$, la sortie sera à l'état haut. Si au contraire $V_{in} < U_{ref}$, la sortie sera à l'état bas.

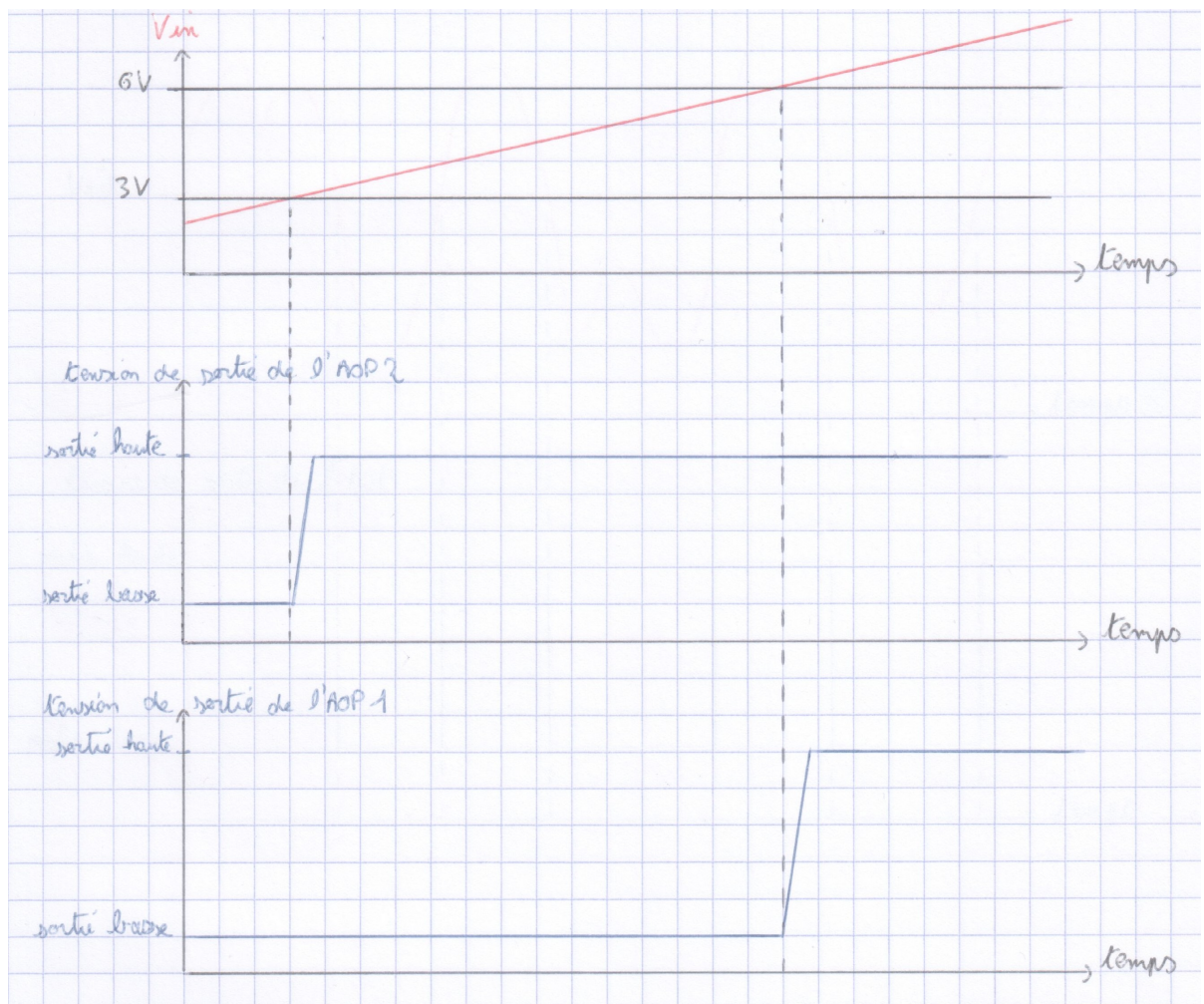
3.2.2.2. Comparateur double

Si on dispose de deux AOP, on peut réaliser un comparateur double, c'est-à-dire à deux étages.

Schéma d'un comparateur double non-inverseur :



On visualise ci-dessous la sortie de chaque AOP, lorsque la tension V_{in} varie de 0 à 9V:



On voit que lorsque V_{in} dépasse 3V l'AOP2 passe à l'état haut et lorsque V_{in} dépasse 6V l'AOP1 bascule à l'état haut.

3.2.2.3. Complément sur les comparateurs de tension

Le montage comparateur de tensions est sans doute l'une des utilisations les plus populaires de l'AOP et il existe de nombreuses et astucieuses variantes de ce montage.

Par exemple on pourrait placer une DEL dans le circuit qui s'allumerait lorsque la sortie de l'AOP est à l'état haut.

Le montage en comparateur à fenêtre est une variante très souvent exploitée dans les circuits de détection, notamment. On détermine une "fenêtre" avec un seuil mini et un seuil maxi: le signal en entrée sera donc "dans" la fenêtre ou "en dehors" et la sortie de l'AOP variera en conséquence.

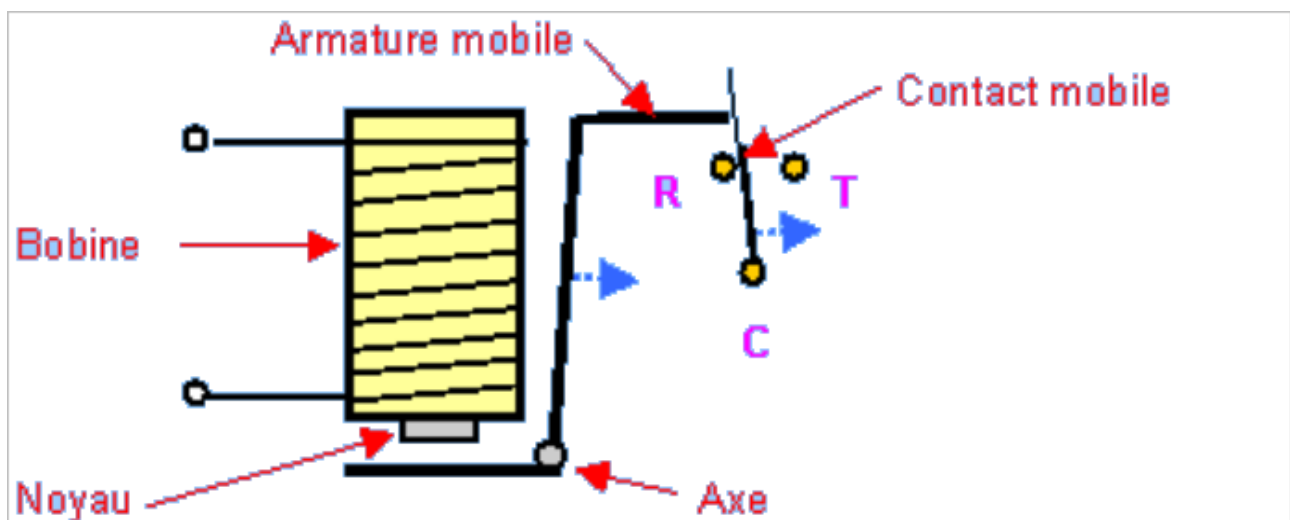
3.3. Le relais

3.3.1. Définition

Un relais est un appareil dans lequel un phénomène électrique (courant ou tension) contrôle la commutation On / Off d'un élément mécanique (on se trouve alors en présence d'un relais électromécanique) ou d'un élément électronique (on a alors affaire à un relais statique). C'est en quelque sorte un interrupteur que l'on peut actionner à distance, et où la fonction de coupure est dissociée de la fonction de commande. Il sert à commander plusieurs organes simultanément grâce à ses multiples contacts synchronisés. La tension, le courant de commande ainsi que le pouvoir de commutation, dépendent du relais. Il faut choisir ces paramètres en fonction de l'application désirée. Ainsi, il faut choisir des relais différents selon qu'il faut commuter des signaux audio, des tensions ou courants importants. Les fonctions d'un relais sont aussi nombreuses que différentes.

3.3.2. Constitution

Un relais "standard" est constitué de 2 parties : une bobine (ou solénoïde) qui lorsqu'elle est sous tension attire, par un phénomène électromagnétique, une armature ferromagnétique qui déplace des contacts, voir figure ci-dessous.



3.3.3. contacts

On appelle contact, les parties métalliques qui transmettent ou interrompent le courant en fonction de la commande de la bobine. Il en existe différentes sortes.

Le nombre de contacts d'un relais est fonction de son utilisation, à savoir qu'il augmente sensiblement son prix.

3.3.4. Caractéristiques d'un relais

- ✓ La **tension** de sa bobine de commande : 5V à 220V.
- ✓ Le **pouvoir de coupure** de ses contacts, qui est généralement exprimé en Ampère, 0,1A à 50A. C'est le courant maximal qui pourra traverser les contacts. Ce courant est fonction de plusieurs paramètres : Constitution des contacts, (cuivre, argent, or, etc...), du temps d'ouverture des contacts, de la température ambiante, etc. Il pourra être continu, alternatif, haché, pulsé, seule la Haute Fréquence (HF) peut poser problème.
- ✓ Le **nombre de contacts** souhaités.
- ✓ Son **emplacement**, circuit imprimé, à visser, embrochable, à souder.
- ✓ Le **type de courant** de sa bobine, en général du continu.
- ✓ La **tension d'isolement** entre la bobine et les contacts.
- ✓ La gamme de **temps** pour un relais temporisé.
- ✓ Son **ambiance**, vibrations, humidité, poussières, température.

3.4. Le transistor bipolaire

3.4.1. Définition

Le transistor est le composant électronique actif fondamental en électronique utilisé principalement comme interrupteur commandé et pour l'amplification, mais aussi pour stabiliser une tension, moduler un signal ainsi que de nombreuses autres utilisations.

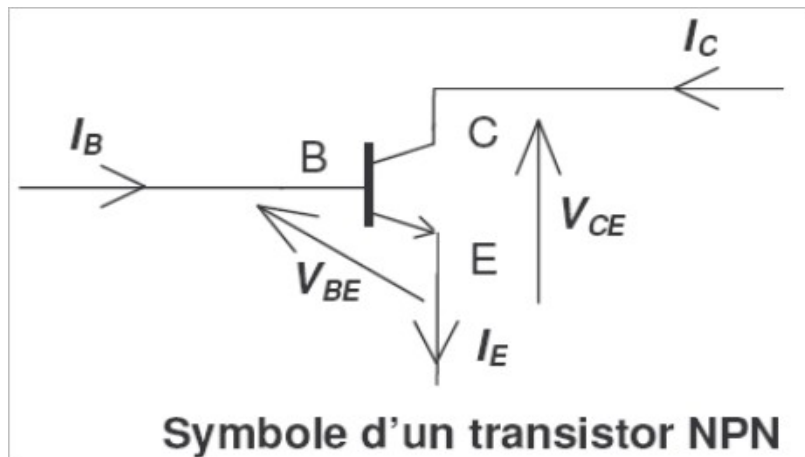


Il permet notamment de réaliser deux grandes fonctions de l'électronique : l'amplification et la commutation de signaux (interrupteur électronique). D'autres fonctions plus complexes sont réalisées grâce à des montages à base de transistors.

3.4.2. Composition

Il possède 3 électrodes :

- ✕ B : la base
- ✕ C : le collecteur
- ✕ E : l'émetteur repéré par la flèche



La flèche de l'émetteur représente le sens réel de circulation du courant dans le transistor.

Le sens de circulation du courant dans ce dernier étant unidirectionnelle, il existe deux types de transistor bipolaire :

type NPN



Dans un transistor de type NPN, le courant va du collecteur vers l'émetteur. Dans un transistor de type PNP, c'est l'inverse.

type PNP



Remarque : La seule différence de symbolisation se situe sur le sens de la flèche de l'émetteur. C'est un noeud de courant : $I_E = I_C + I_B$

Les courants étant des grandeurs algébriques, on en déduit que pour I_E entrant, I_C et I_B sont sortants, et réciproquement.

3.4.3. Les états du transistor

Un transistor ne peut être que dans un état bloqué ou dans un état bloqué. On appelle commutation le passage d'un état à l'autre. L'électrode de base constitue la commande, le collecteur et l'émetteur laissent ou non circuler le courant électrique.

3.4.3.1. L'état bloqué

Le transistor bloqué est équivalent à un interrupteur ouvert entre le collecteur et l'émetteur.

Il faut assurer un courant de base nul $I_B = I_C = 0A$ ce qui implique $V_{BE} < V_{BEsat}$; qui est donné par la

documentation constructeur. De plus $V_{CE} = \pm V_{CC}$ (tension de polarisation).

3.4.3.2. L'état saturé

Le transistor saturé est équivalent à un interrupteur fermé entre C et E.

L'état saturé est caractérisé par $V_{CE} = V_{CEsat} = 0V$ et $I_C = I_{Csat}$.

Le transistor saturé est équivalent à un interrupteur fermé entre C et E.

L'état saturé est caractérisé par $V_{CE} = V_{CEsat} = 0V$ et $I_C = I_{Csat}$.

4. Manipulation

4.1. Réglages des comparateurs

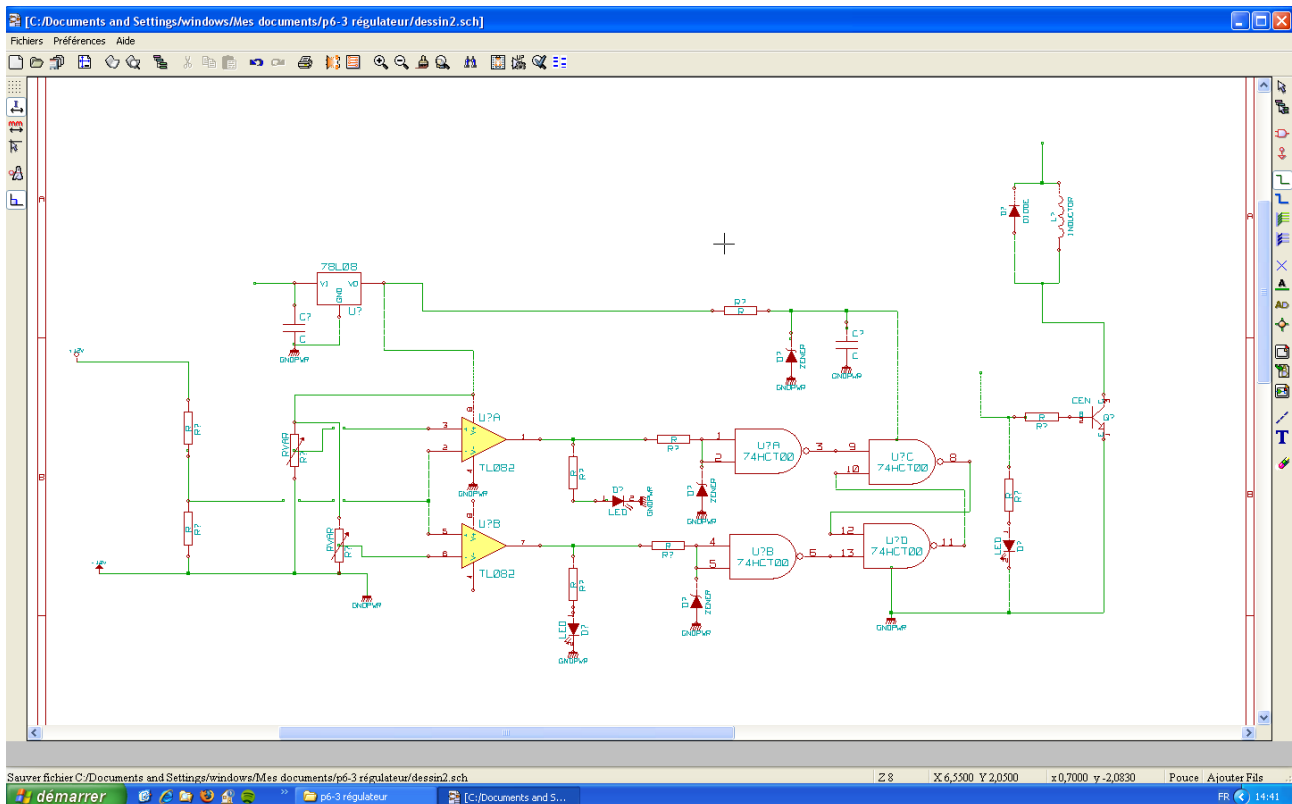
Comme nous avons expliqué le rôle des comparateurs dans la deuxième partie de notre dossier nous expliquons ici seulement la manipulation.

Ce montage est un comparateur dans la mesure où il élabore un signal de sortie à deux valeurs distinctes suivant la position de la tension d'entrée par rapport à celle de référence.

Notre première manipulation consistait en l'étude des comparateurs, c'est à dire comprendre comment fonctionne ces deux comparateur et quels en sont les conséquences sur la charge.

Au début puisque nous n'avions pas encore de batterie nous avons utiliser un condensateur.

Voici ci dessous le plan de montage.



Tout d'abord il a fallu régler certains détails au niveau du relais (la diode était monté à l'envers) et certain composant ne fonctionnait plus. Quelques soudages ont été nécessaires.

4.2. Etudes des seuils de commutation

Notre 2ème manipulation a consisté en l'étude des seuils de commutation car nous avons très

vite remarqué qu'il y avait un problème de logique dans les graphiques! Notre erreur fut de régler les comparateurs à l'envers.

Il nous a fallu un GBF afin de régler une tension qui ressemble à celle que l'on aura (cad une tension entre 8 et 16volts)

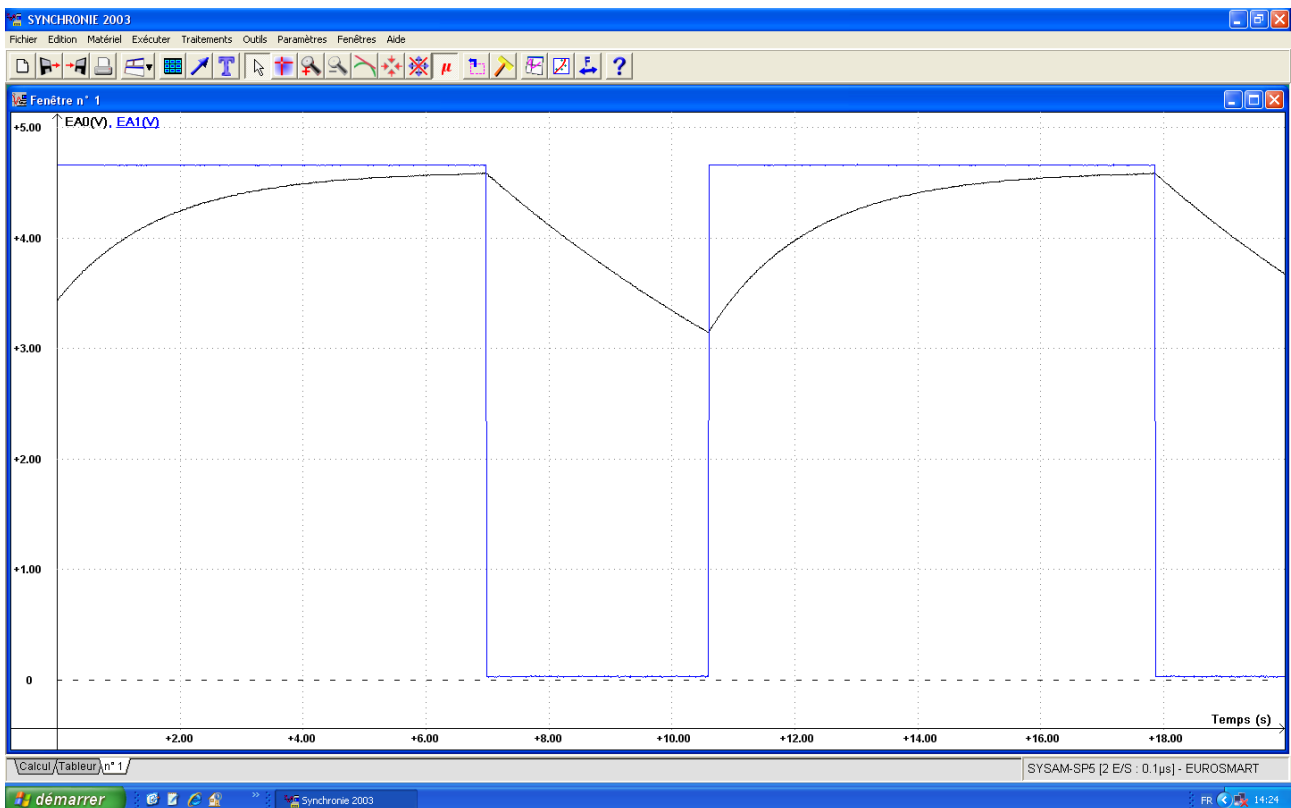
Ensuite nous avons réglé les comparateurs dessus. Le soucis était que les comparateurs avaient une tension haute trop faible et une tension basse trop élevé (pb résolu par julie et tomtom)

Nous avons réglé les comparateurs de tel sorte que le comparateur 2 commute quand la tension d'entrée de la batterie atteint une valeur maximale, on appelle donc ce comparateur le comparateur OFF. Il est indispensable au circuit car il permet de couper la charge de la batterie. Le comparateur 1 lui va commuter dès que la tension aux bornes de la batterie sera un seuil minimal V_{min} , Ce comparateur sera appelé la comparateur ON. Il entraine la fermeture du relais et ainsi la charge de la batterie.

Afin de régler les comparateurs nous avons fait un pont diviseur de tension. Sachant que la tension varie entre 10 et 15 V nous avons mis en série 2 résistances de 680 et 1000 Home.

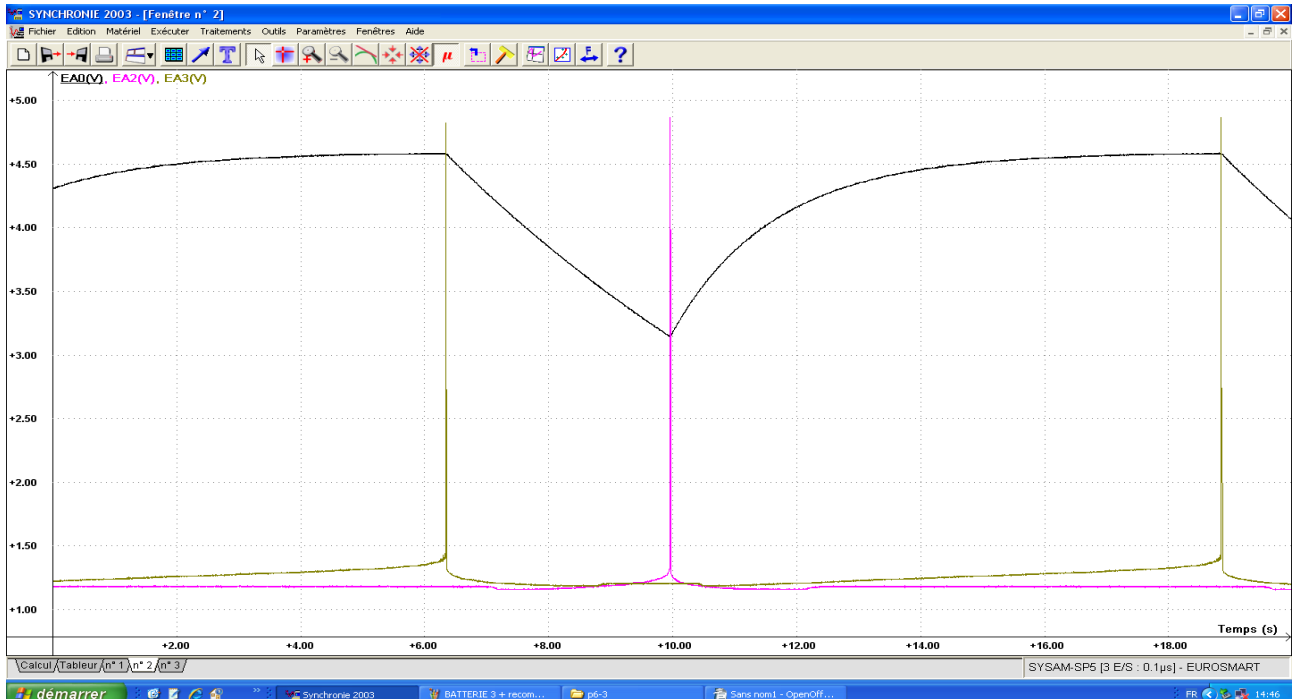
Ainsi la tension de saturation basse s'élève à 4,04V et la tension de saturation haute à 6,07V.

Le pont diviseur de tension était ici indispensable car le logiciel synchronie ne peut aller au delà de 12V



Deux Diodes ont été ajouté au circuit afin de savoir ou en sont les commutateurs (logique booléenne).

Sur le graphique 1 nous pouvons voir la logique final avec la charge et la décharge de la batterie. EA1 ici représente la charge et la décharge de la batterie (ici le condensateur) et EA2 représente la tension au niveau du relais. La logique ici est bien respectée.

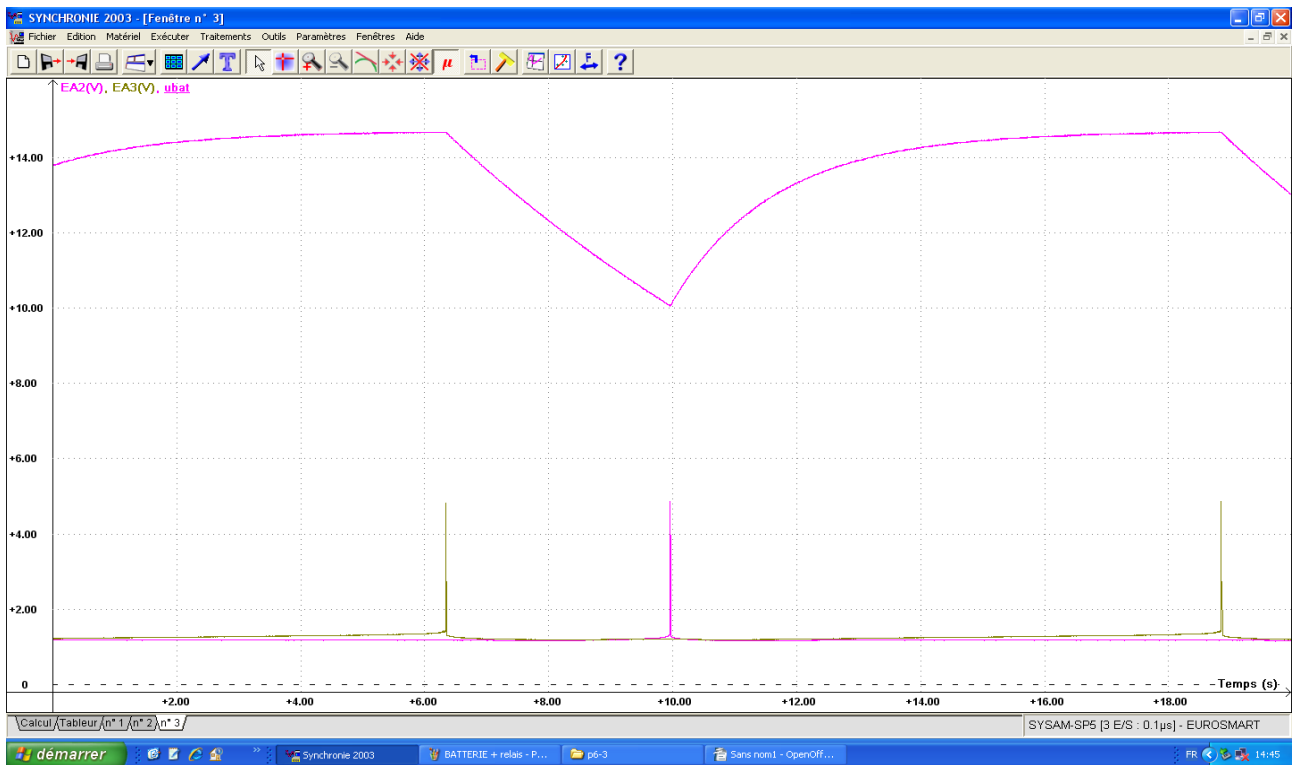


Sur le graphique 2 nous avons la charge et la décharge de la batterie (la décharge s'effectuant dans les résistances du circuit) avec les deux commutateurs.

Ici les réglages ont été fait. EA3 est ici le seuil Haut et EA2 le seuil Bas.

La logique est bien respectée ici puisque quand la tension est trop élevée le commutateur OFF commute et le relais s'ouvre, la batterie se décharge de façon exponentielle dans les résistances du circuit, ensuite lorsque la tension au seuil de la batterie est trop basse le commutateur ON commute et la charge de la batterie a lieu.

Une petite imprécision a lieu ici puisque la tension aux bornes de la batterie devrait être plus élevée. En effet nous avons pris nos mesures au niveau du pont diviseur de tension. Il nous a fallu changer de niveau afin de retrouver la vrai tension aux bornes de la batterie. (Voir graphique 3)



4.3. Manipulation finale

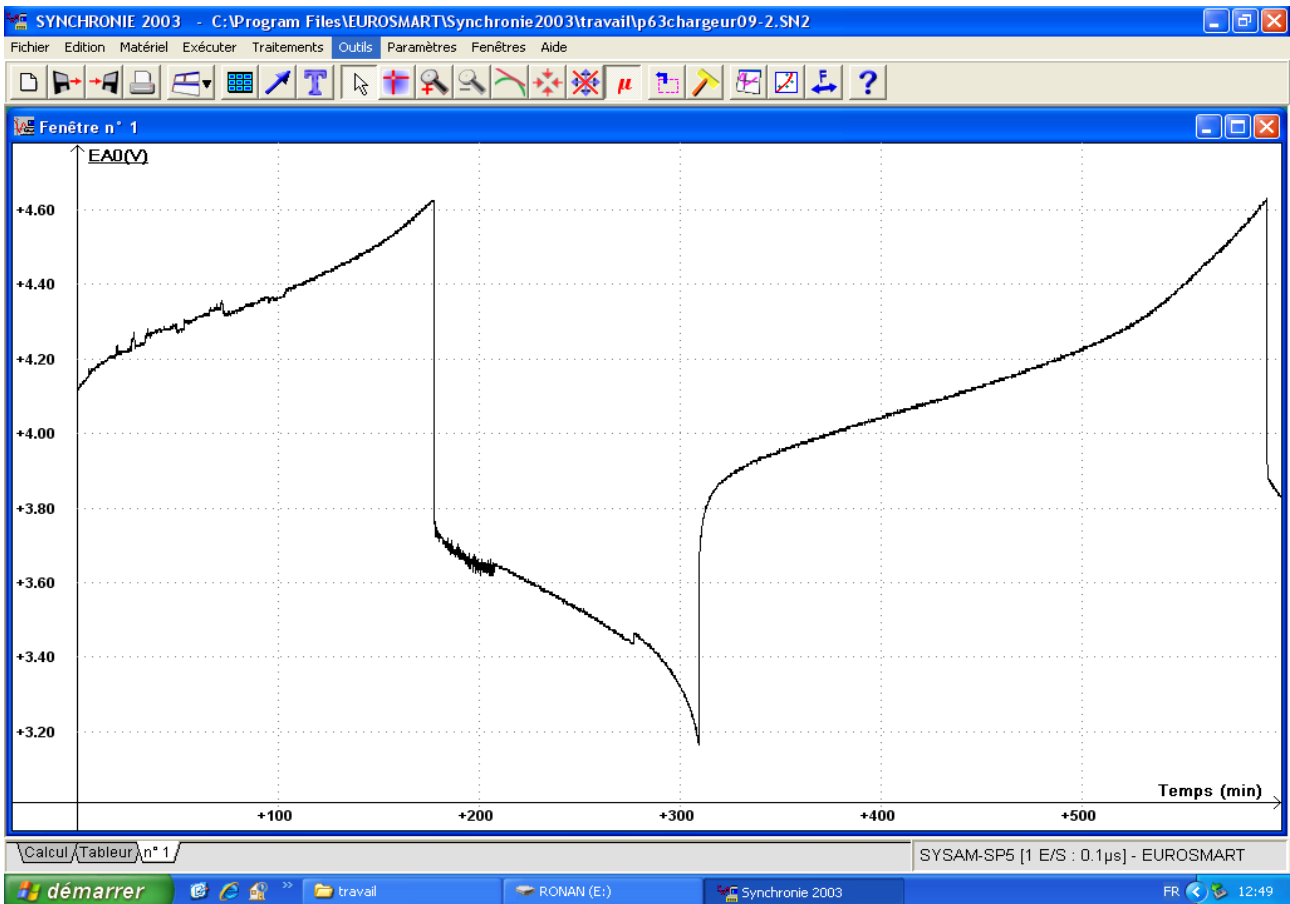
Le but de cette manipulation finale est de faire fonctionner 1 lampe avec notre batterie et le panneau solaire.

Par manque de chance nous n'avons pas pu utiliser le panneau solaire (pas de soleil) cependant nous avons utilisé un générateur afin de faire fonctionner la batterie.

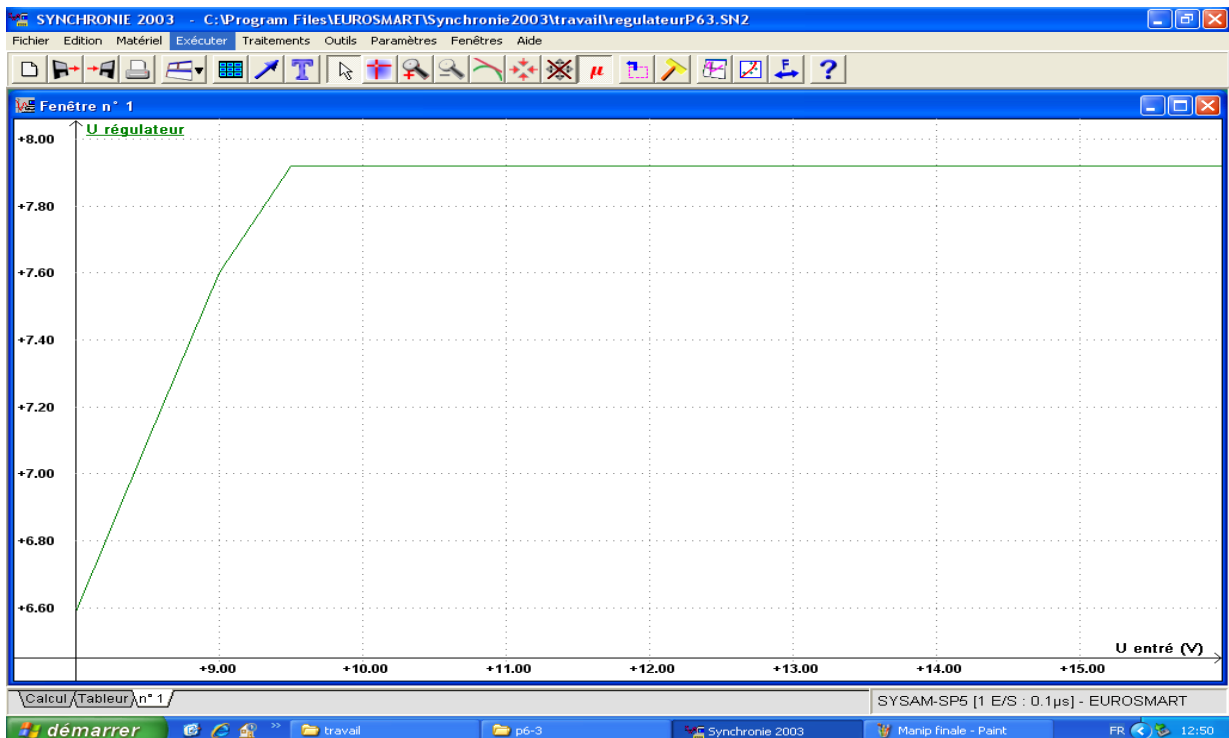
Cette expérience requiert beaucoup de temps afin de voir la charge et la décharge de la batterie, environ 12h.

Un problème est apparu lorsque nous avons branché la lampe, en effet la lampe puisait trop d'énergie dans le circuit, et la batterie n'avait pas le temps de se charger. C'est pourquoi grâce à une idée de M Guillotin nous avons utilisé 2 lampes en séries afin de réduire l'intensité prises par les 2 lampes. Ainsi la batterie a plus de temps pour se charger.

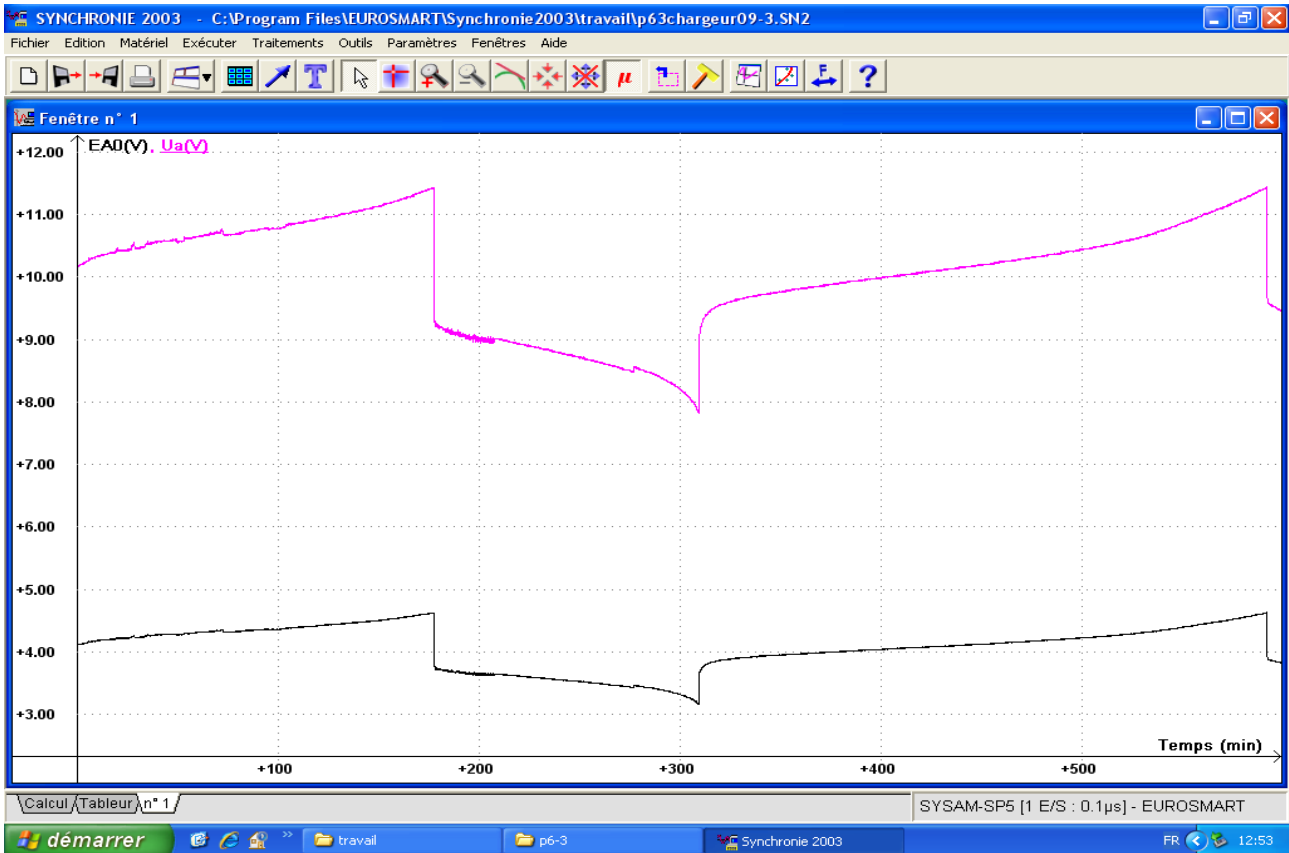
Nous avons pu récupérer le graphique voir figure ci-après.



La tension pics hauts et bas est hélas trop faible. Cela est certainement due au fait que les commutateurs ont été dérégulé lors d'une quelconque manipulation. La chute de tension est probablement causée par la batterie qui n'est pas totalement remplie d'acide sulfurique (il fallait en effet faire 2-3 remplissage et nous en avons fait que 2). Cependant la chute de tension lors du seuil bas est due au fait que les commutateurs ne sont pas assez alimentés donc ne fonctionnent pas correctement. En effet le régulateur régule à 8V mais lorsque la tension est trop faible aux bornes du régulateur il ne peut pas réguler à 8V. Voir ci dessous



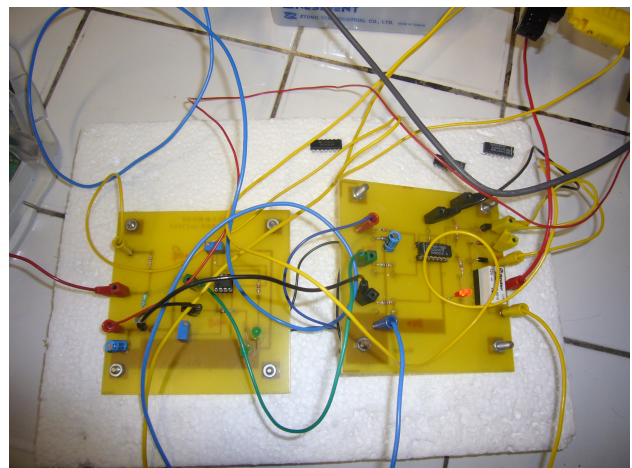
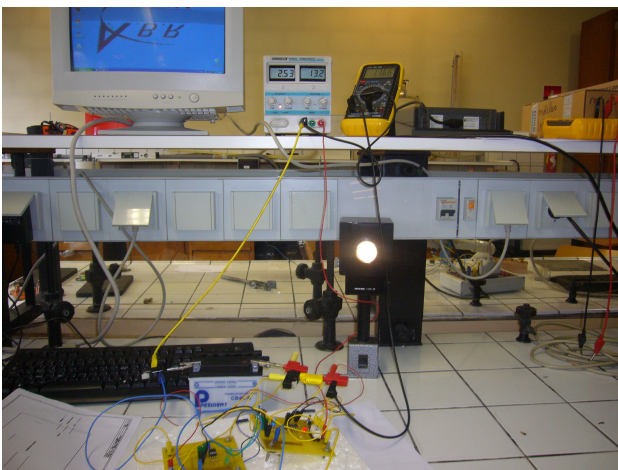
Nous pouvons aussi vous montrer la tension finale aux bornes de la batterie. (La précédente était au niveau du pont diviseur)

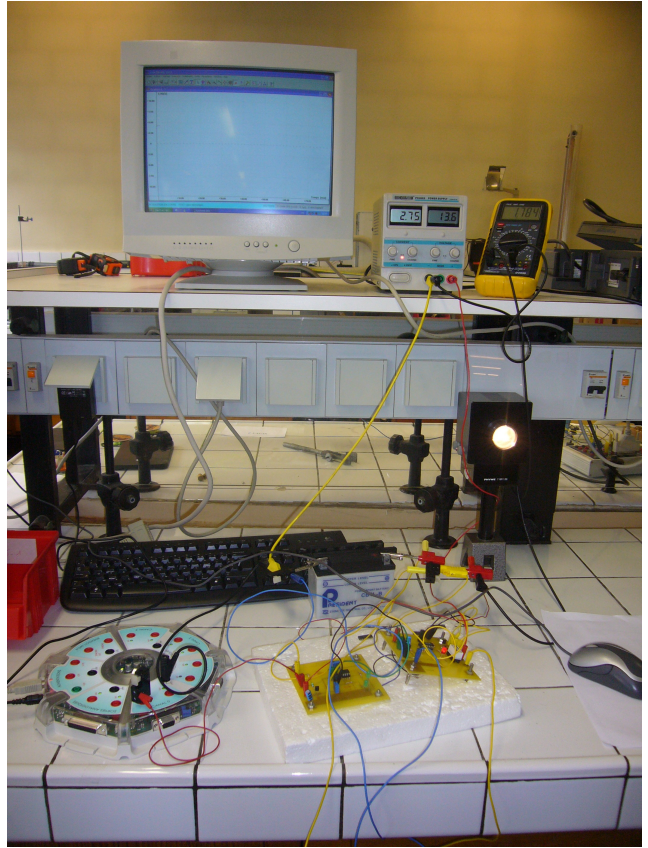
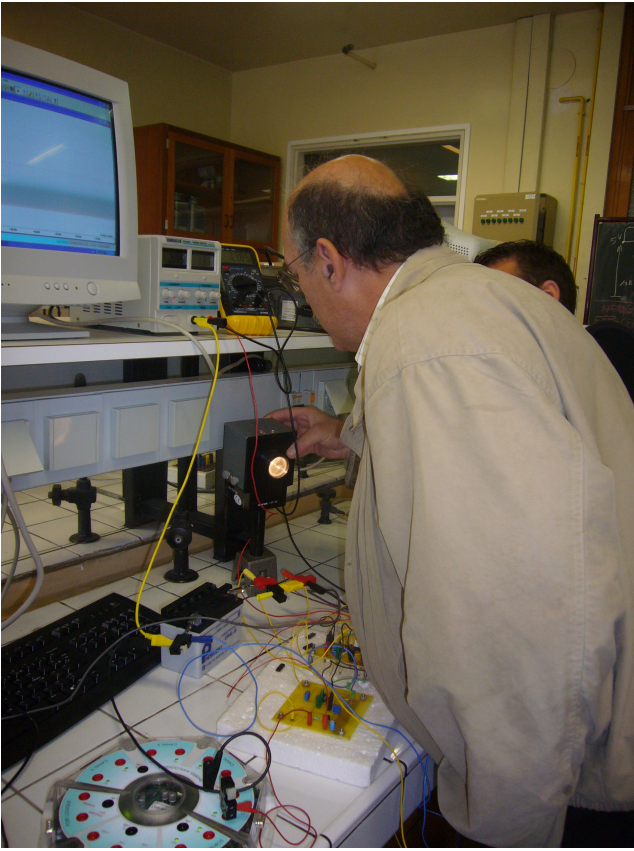


La courbe finale est en rose. Et nous remarquons ici aussi que théoriquement nous aurions du avoir une tension au niveau du pic haut de 15V et une tension au niveau du pic bas de 10V.

Ce problème sera résolu en effectuant un réglage au niveau des commutateurs grâce à un voltmètre.

Pour finir je vous propose quelques photos réalisées lors de la dernière séance avec entre autres le montage ainsi que l'équipe (en partie) du groupe et bien entendu M Guillotin! Que nous remercions :)







Julie Iatrou



Ronan Lebouteiller
Benjamin Benoist
Thomas Le Rendu

5. Conclusion

Gâce à ce projet, nous avons eu l'opportunité de comprendre l'utilisation des panneaux solaires. Cela nous permis de découvrir l'utilisation des batteries.

Pour conclure, ce projet a été enrichissant puisqu'il nous a permis d'expérimenter une nouvelle méthode de travail.

6. Bibliographie

<http://www.ac-grenoble.fr/webcurie/pedagogie/physique/mpi/seance6bis/possibaop.htm>

auteur : ac-grenoble

consulté le 13/06/09

<http://www.eudil.fr/eudil/bbsc/bip/bip300.htm>

auteur : Bernard BOITTIAUX

consulté le 10/06/09

<http://gilles.berthome.free.fr/02-Syntheses/A-Traitement signaux analogiques/Synthese transistors bipolaires.pdf>

auteurs : F. MANDIN, G. BERTHOME et C. VRILLEAUD

consultée le 11/06/09

http://www.sonelec-musique.com/electronique_theorie_relais.html

auteur inconnu

consulté le 11/06/09

<http://www.cipcsp.com/>

<http://fr.wikipedia.org/wiki>

<http://www.surtec.fr/catalog/batterie-solaire-cPath75.html>

<http://www.naps.fr/produits/public/regulateur.html>

http://fr.wikiversity.org/wiki/Amplificateur_op%C3%A9rationnel/Comparateur

<http://www.electronique-radioamateur.fr/elec/composants/comparateur.php>