



INSTITUT
NATIONAL
des SCIENCES
APPLIQUÉES



Projet de Physique P6-3
STPI/P6-3/2008 – 040



Nom des étudiants

Jérémy COSSARD

Guillaume LEPOITTEVIN

Li QIANG

Thibault REITER

Diane SCHMIDT

Enseignant-responsable du projet

Michel CLEVERS



**Etude et réalisation d'un
disjoncteur électronique pour les
pupitres du labo - 1**



À TAILLE
HUMAINE
À L'ECHELLE
DU MONDE

Date de remise du rapport : 20/06/08

Référence du projet : STPI/P6-3/2008 – 040

Intitulé du projet : ***Etude et réalisation d'un disjoncteur électronique pour les pupitres du labo - 1***

Type de projet : ***Expérimental***

Objectifs du projet :

- ***Comprendre l'utilité et le fonctionnement d'un disjoncteur électronique au sein d'une alimentation stabilisée,***
- ***Etudier la plaquette d'un tel disjoncteur et s'assurer de son état de marche,***
- ***Proposer des solutions pour pourvoir les pupitres des laboratoires de l'INSA d'un disjoncteur électronique.***

TABLE DES MATIERES

1. Introduction	5
2. Méthodologie / Organisation du travail	5
3. Travail réalisé et résultats	6
3.1. Principe de l'alimentation stabilisée.....	6
3.1.1. Abaissement de tension	7
3.1.2. Redressement de tension	8
3.1.3. Filtrage de tension.....	10
3.1.4. Stabilisation de tension	11
3.2. Principe du disjoncteur électronique.....	13
3.2.1. Principe de la bascule	13
3.2.2. Principe du transistor.....	17
3.2.3. Principe du relais.....	19
3.2.4. Fonctionnement du disjoncteur électronique	20
4. Conclusions et perspectives.....	22
5. Bibliographie	23
5.1. Informations :	23
5.2. Illustrations :.....	23
6. Annexes.....	25
6.1. Visualisations de tensions à l'oscilloscope	25
6.1.1. Annexe 1 : Redressement mono-alternance	25
6.1.2. Annexe 2 : Redressement double-alternance.....	26
6.1.3. Annexe 3 : Filtrage de tension R=1KOhm	27
6.1.4. Annexe 4 : Filtrage de tension R=10KOhm	28
6.1.5. Annexe 5 : Filtrage de tension R=100KOhm	29
6.1.6. Annexe 6 : Stabilisation par diode Zener.....	30
6.2. Annexe 7 : Fiche technique du régulateur L200	30
6.3. Annexe 8 : Photo du disjoncteur électronique	31

1. INTRODUCTION

Ce projet a été élaboré dans le but d'obtenir des disjoncteurs pour les pupitres d'alimentation du laboratoire. En effet, compte tenu du fait que le prix des alimentations est assez élevé, et du nombre de disjoncteurs qu'il faudrait pour protéger les alimentations, nous devons concevoir un disjoncteur électronique pour les pupitres. Le choix s'est porté sur des disjoncteurs électroniques puisqu'ils permettent la coupure rapide du courant, sans altération des composants. De plus ils sont réutilisables, à l'inverse des disjoncteurs utilisant des fusibles, où il faut changer le fusible après une surtension pour retrouver l'efficacité du disjoncteur.

C'est dans cette optique que nous avons travaillé. Nous avons cherché à comprendre précisément comment fonctionne un tel disjoncteur, et pourquoi l'utilisation de chaque composant ; à la suite de quoi il fallait adapter ce montage aux pupitres du laboratoire de l'INSA. Nous avons donc pour but de concevoir un disjoncteur électronique qui puisse s'adapter aux alimentations des pupitres, c'est-à-dire peu encombrant, économique, avec une valeur d'intensité entrante propre aux pupitres. Ainsi, si ce montage des disjoncteurs électroniques sur les pupitres se concrétise, nous n'aurons plus besoin de commander de nouveaux pupitres en cas de mauvaise manipulation ou de surtension, ou alors de les réparer, entraînant des économies de temps pour les techniciens, et d'argent pour l'école.

2. METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Au début de notre projet, une plaquette de disjoncteur réalisée par un projet d'étude il y a quelques années, nous a été fournie. Une étude rapide de cette plaquette et du rôle d'un disjoncteur nous a permis de séparer notre travail en trois parties.

Nous avons tout d'abord décidé d'étudier l'alimentation stabilisée qui existe en amont de notre disjoncteur, et qui permet son fonctionnement afin de mieux cerner les problèmes liés aux surtensions.

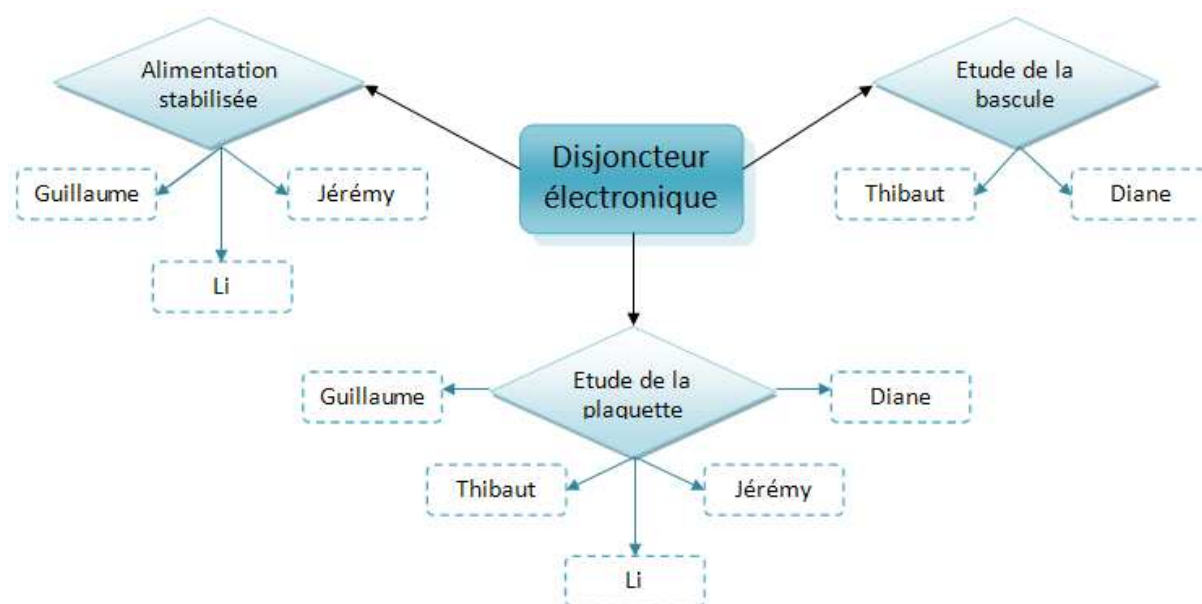
Cependant, nous ne pouvions travailler tous les cinq sur l'alimentation stabilisée, car certains d'entre nous auraient alors été inefficaces. Nous avons donc décidé de nous répartir en deux groupes.

Trois d'entre nous ont travaillé sur l'alimentation stabilisée. Pour cela ils ont détaillé les différentes étapes et ont réalisé les montages nécessaires en ajoutant petit à petit les composants électroniques permettant la réalisation d'une alimentation stabilisée.

Les deux autres personnes du groupe ont travaillé au niveau des composants du disjoncteur, dans le but de mieux comprendre son fonctionnement. Ils ont tout d'abord étudié le fonctionnement d'une bascule puis celui des transistors.

La troisième étape de notre projet a été d'étudier la plaquette fournie. Nous nous sommes tous penchés dessus, ce qui n'a pas rendu cette tâche facile, d'autant plus qu'un deuxième groupe travaillait sur l'étude de la même plaquette. Ensuite nous avons étudié le fonctionnement du relais puis celui du disjoncteur tout entier. Cependant, il ne faut pas oublier que notre but premier était d'étudier un disjoncteur électronique adaptable aux pupitres du laboratoire. Nous avons donc reporté nos résultats à l'échelle du laboratoire.

Organigramme des tâches réalisées et des étudiants concernés

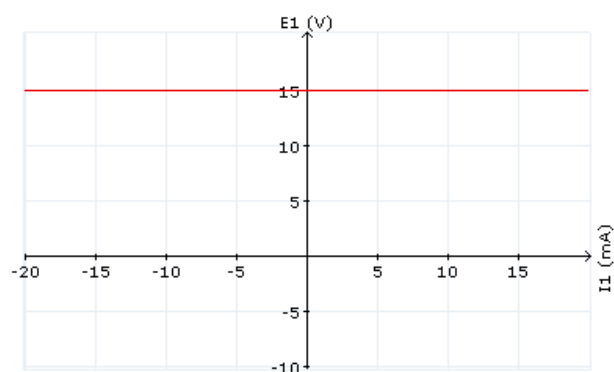


3. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS

3.1. Principe de l'alimentation stabilisée

Pour fonctionner correctement, certains circuits ou appareils électriques nécessitent une tension continue relativement faible. Le disjoncteur électronique que nous allons fabriquer fonctionnera d'ailleurs sur un circuit de ce type puisqu'il protégera une alimentation stabilisée de + ou - 15V. Or la tension du secteur fournie par EDF est radicalement différente puisqu'il s'agit d'une tension alternative, sinusoïdale, d'une fréquence de 50Hz et d'une amplitude d'environ 220V effectif.

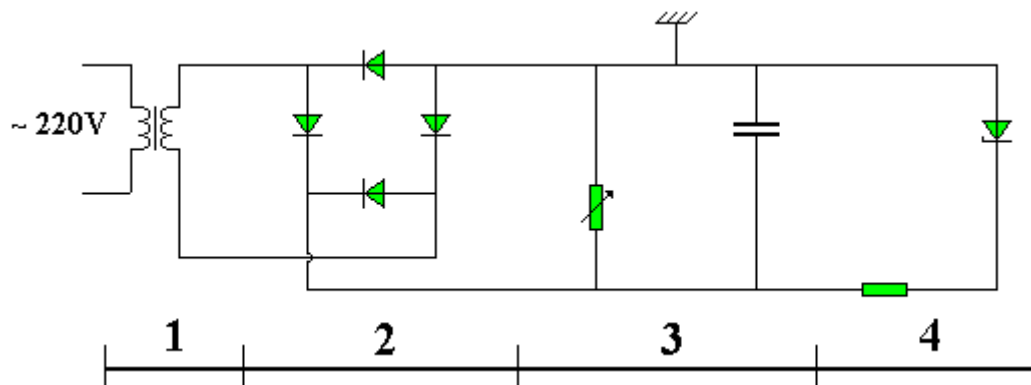
Pour moduler cette tension suivant nos besoins, il est nécessaire d'utiliser ce que l'on appelle une alimentation stabilisée. Il s'agit en fait d'un générateur de tension qui cherche à s'approcher au plus près du modèle de la source idéale de tension, dont voici l'allure de la caractéristique :



Caractéristique d'une source idéale de tension (+15 V)

Une alimentation stabilisée est composée de 4 parties majeures : celle qui abaisse la tension du secteur (1), celle qui la redresse (2), celle qui la filtre (3), et enfin celle qui la stabilise à la tension souhaitée (4).

Circuit 1 :

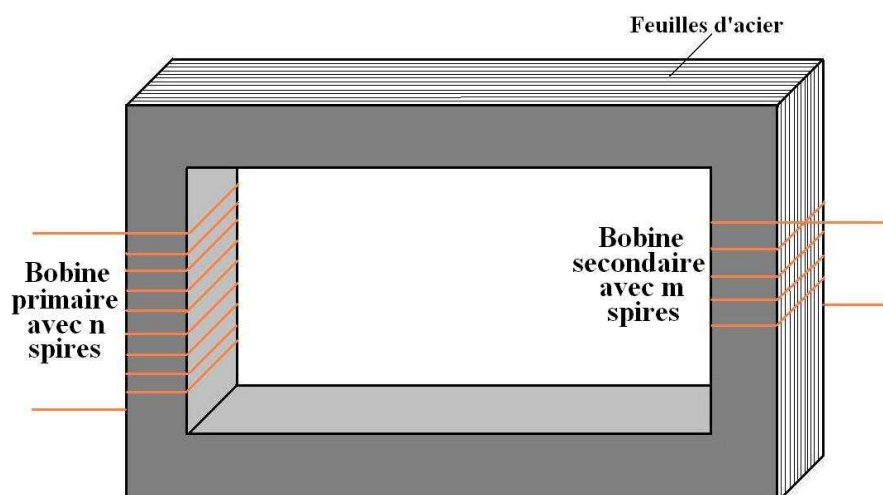


Nous étudierons donc ces quatre parties séparément.

3.1.1. Abaissement de tension

Afin d'abaisser la tension du secteur, le système le plus couramment utilisé est celui du transformateur électrique.

Schéma :



Un transformateur électrique est un composant constitué de deux bobines, l'une dite « primaire » (en entrée) et l'autre dite « secondaire » (en sortie) ainsi que d'un canalisateur de champ magnétique (pouvant être un empilement de feuilles d'acier) passant à l'intérieur des deux bobines.

La bobine primaire composée de n spires est parcourue par un signal alternatif (U_1) qui génère un champ magnétique. Ce champ est canalisé par la carcasse du transformateur et traverse la bobine secondaire composée elle de m spires. Cela génère un nouveau signal alternatif (U_2) en sortie du transformateur. On dit que ce signal est induit.

Les lois de l'électromagnétisme permettent d'affirmer que, pour un transformateur de tension parfait, on a la relation : $U_1/U_2 = n/m$.

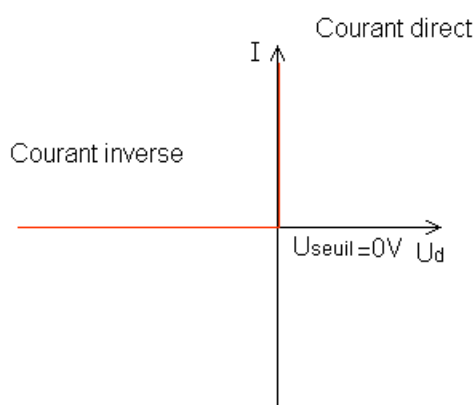
En fonction du nombre de spire des bobines primaire et secondaire le transformateur peut être un abaisseur ou un élévateur de tension. La fréquence du signal de sortie quant à elle, reste inchangée.

3.1.2. Redressement de tension

Une fois la tension abaissée il est nécessaire de la redresser. En effet, la tension du secteur est alternativement positive et négative. Or nous souhaitons disposer d'une tension positive et continue.

Le moyen le plus simple et le moins onéreux pour redresser une tension consiste à utiliser des diodes (pour simplifier, nous supposons dans cette partie que les diodes utilisées sont idéales). Une diode est un composé électronique qui ne peut laisser passer le courant que dans un sens. Sa caractéristique est la suivante :

Caractéristique d'une diode idéale



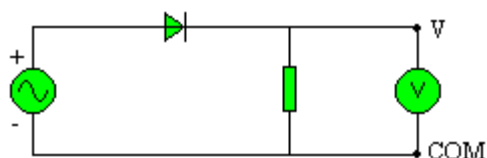
Cependant, dans la réalité, la diode idéale n'existe pas. La tension de seuil d'une diode réelle n'est pas nulle, elle est souvent proche de 0,6V. Cette caractéristique sera utilisée lorsque nous aborderons le fonctionnement des transistors.

3.1.2.1. Redressement mono-alternance

Plusieurs possibilités de redressement s'offrent alors à nous. Il est tout d'abord possible d'utiliser une diode unique qui se contentera d'éliminer la tension négative. Cela s'explique par la caractéristique de la diode.

Pour illustrer ce type de redressement nous avons réalisé le circuit électrique suivant :

Circuit 2 :



(La visualisation à l'oscilloscope de la tension mesurée par V est disponible en *annexe 1*)

- Lorsque la tension aux bornes de la diode est inférieure à sa tension de seuil (ici 0V), la diode se comporte comme un interrupteur ouvert, aucun courant ne passe. La tension aux bornes de la charge est donc nulle d'après la loi d'ohm.
- En revanche, lorsque la tension aux bornes de la diode est supérieure à 0V, la diode se comporte comme un fil et la tension aux bornes de la résistance est la même que celle aux bornes du générateur. La charge récupère donc toute l'énergie électrique fournie par le générateur.

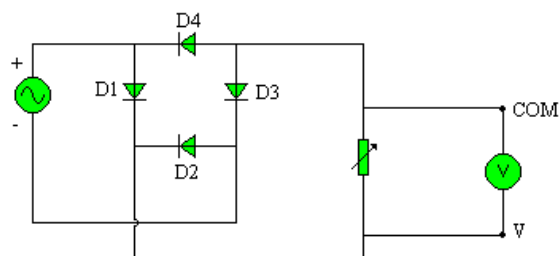
L'inconvénient d'une telle technique est que le circuit ne reçoit que la moitié de l'énergie électrique fournie par le générateur. Pour pallier ce problème, la solution la mieux adaptée consiste à utiliser le redressement double-alternance.

3.1.2.2. Redressement double-alternance

Le redressement double-alternance se différencie du redressement mono-alternance par la non-suppression de la composante négative de la tension initiale. En effet, lorsque la tension initiale devient négative, elle se trouve redressée dans les valeurs positives par ce que l'on appelle un pont de Graëtz. En revanche lorsque la tension initiale est positive, le pont ne l'altère pratiquement pas et lui laisse son allure d'origine.

Un pont de Graëtz est l'association de quatre diodes (D1, D2, D3, D4) disposées de la façon indiquée par le schéma suivant :

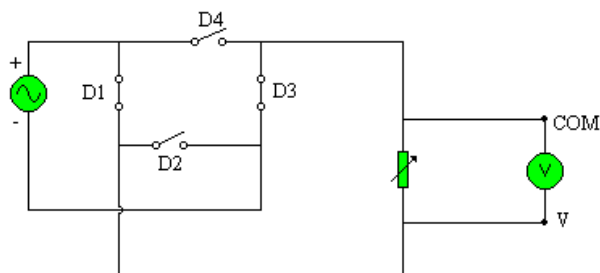
Circuit 3 :



(La visualisation à l'oscilloscope de la tension mesurée par V est disponible en *annexe 2*)

- Lorsque la tension en entrée est positive, les diodes D1 et D3 sont passantes (le potentiel à l'anode est supérieur au potentiel de la cathode) tandis que D2 et D4 sont bloquées (le potentiel à la cathode est supérieur au potentiel de l'anode).

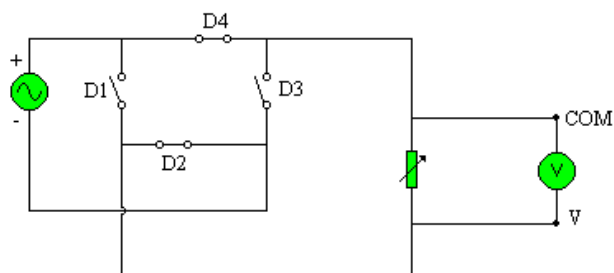
Schéma équivalent 1 :



Le voltmètre mesure une tension positive aux bornes de la charge.

- Lorsque la tension en entrée est négative, les diodes D2 et D4 sont passantes (le potentiel à l'anode est supérieur au potentiel de la cathode) alors que les diodes D1 et D3 sont bloquées (le potentiel à la cathode est supérieur au potentiel de l'anode).

Schéma équivalent 2 :



Le voltmètre mesure là aussi une tension positive aux bornes de la charge.

La tension observée aux bornes de la charge est une sinusoïde redressée. L'avantage de cette technique est qu'elle limite les pertes d'énergie électrique fournie par le générateur. Seules les pertes dues à la traversée du courant par deux diodes (et non une seule, dans le cas d'un redressement mono-alternance) vont entraîner une baisse de tension en sortie de deux fois la valeur de la tension de seuil d'une diode. Si on considère que la tension de seuil des diodes est de 0,6V, la baisse de tension en sortie du pont est de 1,2V.

3.1.3. Filtrage de tension

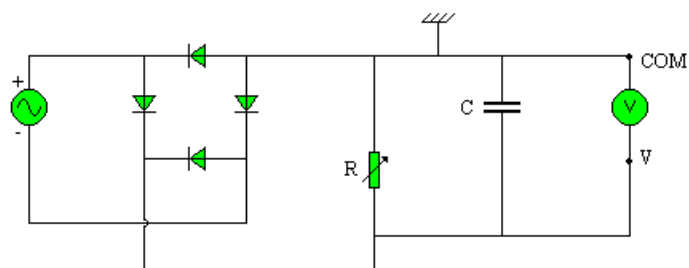
La tension de sortie de notre alimentation est maintenant abaissée et redressée. La prochaine étape consiste à la filtrer pour obtenir une tension quasiment continue. Pour ce faire nous allons utiliser les propriétés du dipôle RC.

Un dipôle RC se charge et se décharge suivant une loi exponentielle faisant intervenir une constante de temps τ . Plus la constante de temps est élevée et plus le condensateur C se déchargera lentement dans la résistance R. La constante τ dépend de la capacité du condensateur et de la résistance suivant la relation $\tau=RC$. Le but du filtrage est de maintenir la tension de sortie quasiment constante. Cela implique d'utiliser un dipôle RC avec une

constante de temps suffisamment élevée pour que la décharge entre deux sinusoïdes soit négligeable.

Pour visualiser le filtrage d'une tension redressée et l'influence de τ nous avons réalisé le schéma suivant :

Circuit 4



La résistance R est variable afin de modifier τ durant l'expérience. La capacité du condensateur utilisée est restée fixe ($C=10\mu\text{F}$).

Nous avons effectué trois mesures sur le voltmètre (en l'occurrence un oscilloscope) pour $R=1\text{K}\Omega$, $R=10\text{K}\Omega$ et $R=100\text{K}\Omega$. Les courbes observées (en annexes 3, 4 et 5) montrent bien qu'en augmentant la constante de temps τ on parvient à obtenir une tension quasiment constante.

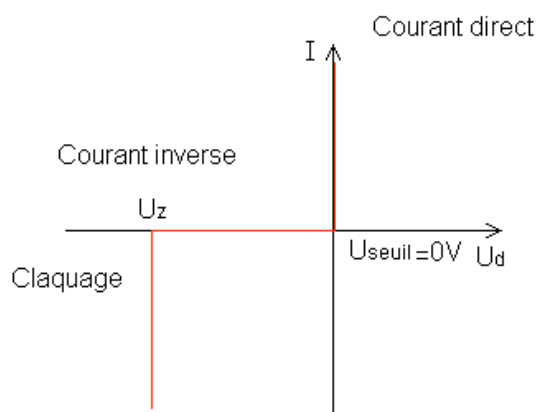
3.1.4. Stabilisation de tension

3.1.4.1. Stabilisation par diode Zener

Après avoir filtré la tension de sortie, il convient de la lisser et de la stabiliser à une valeur constante. Pour cela il est possible d'utiliser une diode Zener.

La diode Zener est un composant électronique qui se comporte tantôt comme une diode et tantôt comme un générateur de tension. Ceci en fonction de la tension appliquée à ses bornes. Pour mieux comprendre, il est nécessaire d'étudier la caractéristique de ce composant.

Caractéristique d'une diode Zener idéale



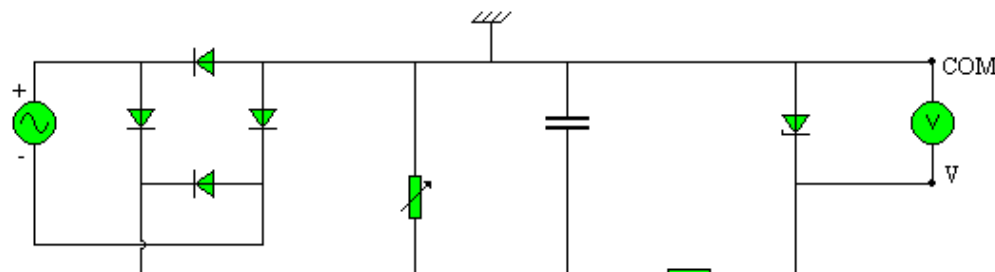
Si la tension appliquée aux bornes de la diode Zener est comprise entre une valeur U_z de référence (appelée tension Zener ou tension d'avalanche) et la valeur de la tension de seuil U_{seuil} , alors la Zener se comporte comme une diode classique.

En revanche, si la tension appliquée aux bornes de la Zener est inférieure ou égale à la tension d'avalanche, la Zener se comporte comme un générateur de tension délivrant cette

même tension d'avalanche. Si on suppose que la diode Zener est idéale, alors le générateur de tension qu'elle remplace est parfait (ce qui est le cas ici). Voilà pourquoi la tension en sortie d'une Zener est continue et constante. D'où son utilisation en tant que régulateur.

Pour étudier la stabilisation par diode Zener nous avons réalisé le montage suivant :

Circuit 5 :



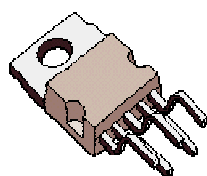
La tension Zener de la diode utilisée est de 5,1V et la valeur de la tension non stabilisée est toujours supérieure à ce seuil.

On peut remarquer que la diode est installée dans le sens inverse du courant. Le pôle positif est à la cathode. Une diode classique serait bloquante dans cette situation. Or la valeur de tension non stabilisée est supérieure à la tension Zener, ce qui implique que la diode délivre à ses bornes une tension de 5,1V négative en convention récepteur (ce qui est en accord avec la caractéristique). Cependant la diode se comporte ici comme un générateur, il faut donc changer de convention. La tension mesurée par le voltmètre entre la cathode et l'anode est ici positive.

La tension mesurée par le voltmètre correspond à la courbe visualisée par l'oscilloscope en *annexe 6*. On observe bien une tension lissée et stabilisée, c'est-à-dire continue, de 5,1V.

3.1.4.2. Stabilisation par régulateur

Pour stabiliser une tension il est également possible d'utiliser des composants électroniques appelés circuits régulateurs de tension. Ce sont des composants semi-conducteurs qui consistent à rendre quasi-continue une tension non constante. Cependant nous ne les avons pas étudiés en détail. Ils permettent d'obtenir le même résultat qu'avec une diode Zener.



L 200

Les pupitres d'alimentation de l'INSA sont équipés de régulateurs L200. Ces régulateurs, comme la plupart des composants, ne peuvent fonctionner au-delà de certaines limites de tension et d'intensité. Or, lorsqu'un court circuit se produit en sortie de l'alimentation stabilisée, le régulateur qui essaie de maintenir fixe la tension (de la réguler) voit son courant de sortie augmenter dangereusement. Cette surintensité peut provoquer la destruction du régulateur.

C'est pourquoi il est recommandé d'installer un disjoncteur électronique capable de couper le courant lorsque l'intensité de sortie dépasse une certaine valeur. Ceci afin de protéger l'alimentation. La fiche technique du L200 est jointe en fichier annexe.

3.2. Principe du disjoncteur électronique

Lorsqu'il se produit un défaut au niveau du courant (surintensité ou court-circuit) dans un circuit électronique, le rôle du disjoncteur est d'ouvrir le circuit afin d'éviter l'inflammation des composants pouvant entraîner un incendie.

En étudiant le fonctionnement du disjoncteur électronique, nous avons pu remarquer que sa disjonction était due à un relais dont le contact s'ouvre ou se ferme selon que sa bobine est excitée ou pas. L'action du relais dépend du fonctionnement de deux autres composants que sont la bascule $\bar{R}\bar{S}$ et le transistor. Afin de comprendre ce qui déclenche le disjoncteur et comment cela se produit, nous allons tout d'abord étudier chacun de ces composants indépendamment. Nous regrouperons ensuite nos résultats pour conclure et expliquer les étapes menant à une disjonction.

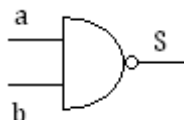
3.2.1. Principe de la bascule

En observant le schéma électronique du disjoncteur fourni en *annexe 7*, on peut voir qu'il est composé de 4 portes logiques dont deux d'entre elles forment une bascule et fonctionnent comme un tout. Nous allons étudier ces deux ensembles.

3.2.1.1. Les portes logiques NAND

Les portes logiques qui composent notre disjoncteur sont des portes NON-ET dites portes « NAND ». Elles fonctionnent sur le système binaire de 0 ou de 1. Les signaux électroniques peuvent prendre une valeur de l'ordre de 5 Volts que l'on représente par un 1, ou 0 Volt que l'on représente par un 0. En entrée, le 0 signifie que la borne est reliée à la masse. Les portes que nous étudions sont à 2 entrées que l'on peut noter a et b et une sortie notée S.

La porte NAND que nous utilisons a la représentation graphique suivante :



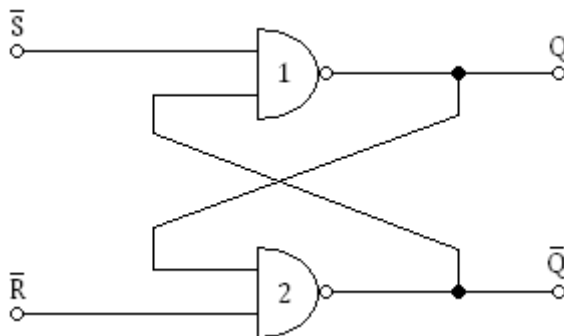
La porte NAND (NON-ET) est, en logique, l'inverse de la porte AND(ET) Comme son nom l'indique, la sortie de cette porte logique vaut 1 si les entrées a et b valent 1. A l'inverse, la porte NAND vaut 0 dans ce cas précis et 1 dans tous les autres cas. Sa table de vérité est donnée ci-contre.

Entrées		Sortie
a	b	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

On retiendra de la porte NAND que sa sortie S vaut 1 à partir du moment où au moins une des entrées est à 0.

3.2.1.2. Etude du fonctionnement de la bascule $\bar{R}\bar{S}$

La bascule $\bar{R}\bar{S}$ présente dans notre disjoncteur est constituée de deux portes NAND associées de manière à ce que l'entrée b de la porte 1 soit reliée à la sortie de la porte 2 et que l'entrée a de la porte 2 soit reliée à la sortie de la porte 1. La représentation graphique de cette bascule est la suivante :



Cette bascule $\bar{R}\bar{S}$ possède deux entrées notées \bar{R} et \bar{S} et deux sorties notées Q et \bar{Q} . Elle est constituée de deux portes NAND. A partir de la table de vérité de la bascule, on peut expliquer son fonctionnement.

Entrées		Sorties	
\bar{R}	\bar{S}	Q_n	\bar{Q}_n
0	1	0	1
1	0	1	0
0	0	1	1
1	1	Q_{n-1}	\bar{Q}_{n-1}

Les sorties Q et \bar{Q} sont complémentaires c'est-à-dire, dans le langage binaire, lorsque l'une des sorties vaut 1 l'autre vaut 0. On voit d'après la table de vérité que cette condition n'est pas respectée lorsque l'on a $\bar{R} = \bar{S} = 0$. Cet état est alors appelé état interdit que nous détaillerons par la suite.

Lorsque \bar{R} et \bar{S} sont égaux à 1 l'état des sorties est inconnu. Les sorties sont ici complémentaires, mais on ne peut pas connaître leur état avec précision si on ne connaît pas l'état dans lequel elles étaient précédemment. Dans la table de vérité donnée ci-dessus, l'état des sorties dans ce cas est noté Q_{n-1} et \bar{Q}_{n-1} . Cette notation permet de mettre en évidence le fait que l'état des sorties est alors inconnu mais qu'il dépend de Q_n et \bar{Q}_n , l'état des sorties dans l'étape précédente. En effet, on peut voir sur le schéma suivant que si on ne connaît pas l'état précédent de la bascule, l'état d'une des entrées de chaque porte NAND est du coup inconnu, ce qui ne nous permet pas de connaître l'état des sorties. Cet état, illustré ci-dessous, est appelé position mémoire.

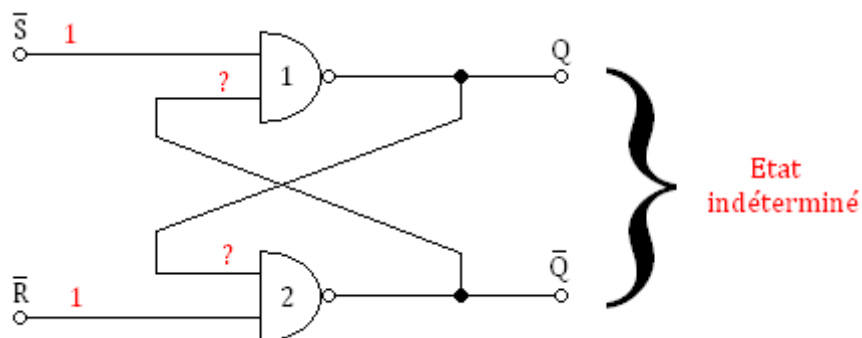


Schéma de la bascule en position mémoire

Si l'on observe le schéma de la bascule, on peut mieux comprendre ces phénomènes.

L'état de repos de la bascule est l'état indéterminé pour lequel $\bar{R} = \bar{S} = 1$.

En posant $\bar{S} = 0$, d'après la table de vérité de la porte NAND, on a forcément $Q = 1$.

Cette étape est la mise à 1 de Q ; on dit alors que la bascule est SET. L'entrée \bar{R} n'a pas changé, elle est toujours égale à 1. La porte NAND 2 possède donc une entrée à 1 et l'autre entrée vaut $Q = 1$ puisque qu'elle est reliée à la sortie de la porte NAND 1. D'après la table de vérité on obtient alors $\bar{Q} = 0$. Les sorties sont donc bien dans ce cas complémentaires.

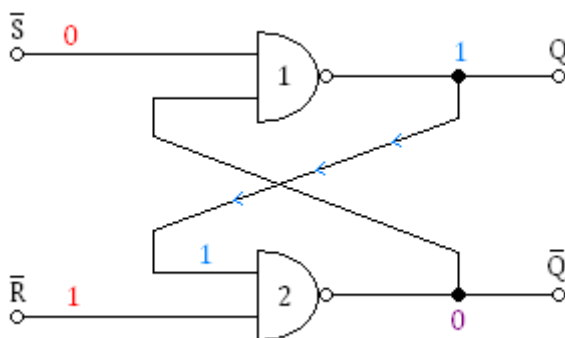


Schéma de la bascule en position SET pour $\bar{R} = 1$ et $\bar{S} = 0$

Si on remet \bar{S} à 1 c'est-à-dire que l'on branche l'entrée à une alimentation (+5V par exemple) alors on observe qu'il n'y a pas de changement. L'état des sorties est le même que précédemment, on a ici $\bar{R} = \bar{S} = 1$ mais l'état des sorties est déterminé : on a $Q = 0$ et $\bar{Q} = 1$.

On observe qu'il y a eu mémorisation de l'action antérieure de \bar{S} . On dit que le passage de \bar{S} à 1 n'a pas eu d'effet.

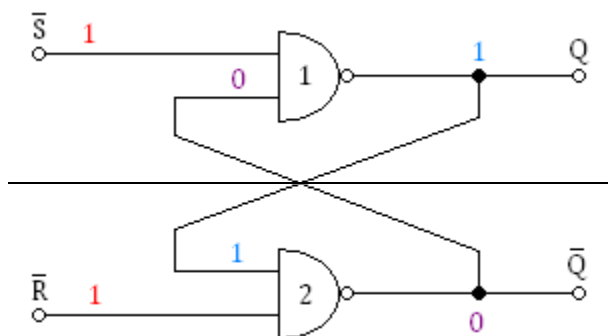


Schéma de la bascule pour $\bar{R} = 1$ et après passage de \bar{S} à 1, position mémoire

Lorsque l'on fait passer \bar{R} à 0 la sortie \bar{Q} passe à 1. Cette sortie étant reliée à la deuxième entrée de la porte NAND 1, celle-ci passe alors à 1. D'après la table de vérité de la porte NAND, la sortie Q vaut 0. La bascule est alors RESET (mise à 0 de \bar{R}).

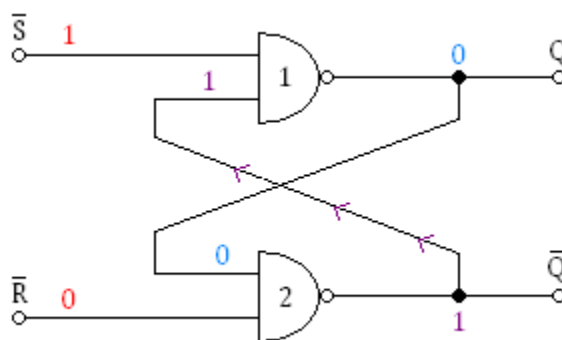


Schéma de la bascule en position RESET pour $\bar{R} = 0$ et $\bar{S} = 1$

De même que précédemment, la remise à 1 de \bar{R} ne modifie pas l'état des sorties de la bascule. Les deux entrées de la bascule étant à présent égales à 1, la bascule est dans sa position mémoire. Elle mémorise l'action antérieure de \bar{R} , ce qui efface la donnée précédemment mémorisée par l'action SET.

L'état interdit de la bascule est obtenu en mettant les deux entrées de la bascule à la masse. On a alors $\bar{R} = \bar{S} = 0$. D'après ce que vous venons de voir, la bascule est alors SET et RESET c'est-à-dire qu'on lui demande deux actions contraires ($Q = 0$ et $Q = 1$) en une seule étape. Cet état est donc à éviter car même si la sortie Q passe à 1, sa sortie complémentaire vaut également 1, ce qui est impossible.

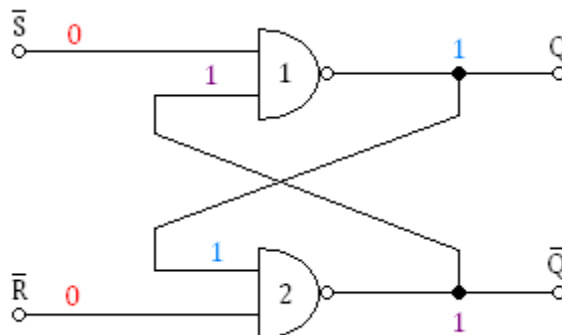
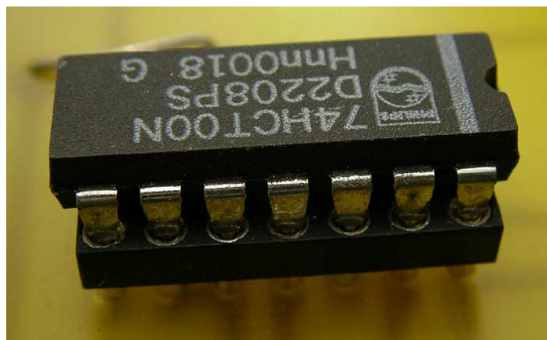


Schéma de la bascule dans son état interdit

Ces manipulations ont permis de mettre en évidence le mécanisme de la bascule en fonction des signaux d'entrée et des états précédents. Nous avons pu vérifier expérimentalement ces états en branchant les entrées de la bascule à la masse ou à une alimentation +5V et en observant l'état des sorties à l'aide d'un oscilloscope ou d'un voltmètre.

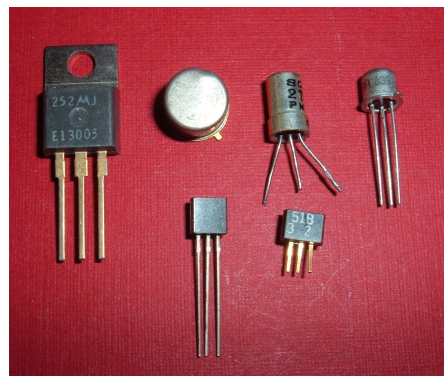
Sachant qu'il y a deux portes NAND en amont des entrées \bar{R} et \bar{S} et connaissant à présent le fonctionnement de la bascule, nous allons pouvoir étudier son fonctionnement au sein de notre disjoncteur.



Bascule au sein de notre disjoncteur

3.2.2. Principe du transistor

Le transistor est un composant électronique aux applications diverses, qui est utilisé dans de nombreux circuits. Il peut servir par exemple d'interrupteur commandé. Un chiffre impressionnant qui illustre l'utilisation très fréquente des transistors est leur nombre dans les nouveaux microprocesseurs. Les derniers en possèdent plusieurs centaines de millions !

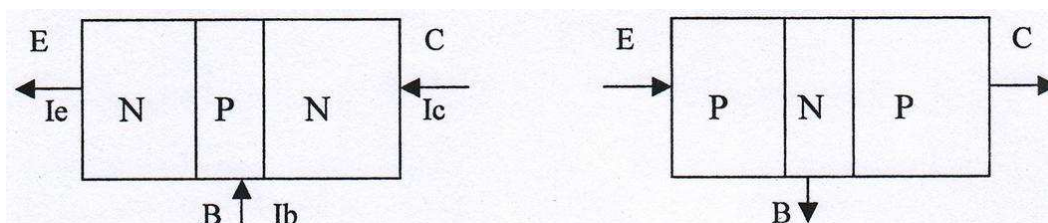


Quelques modèles de transistors



Les transistors que nous avons étudiés et utilisés sont des transistors bipolaires de type PNP et NPN. Ce sont des composants à trois « pattes » : une base (B), un collecteur (C) et un émetteur (E), avec I_b , I_c les courants correspondants respectivement (voir schéma ci-dessous). Les courants I_b « commandent » les courants I_e et I_c . Nous les avons utilisés en tant qu'interrupteur commandé.

Transistor PNP au sein de notre disjoncteur

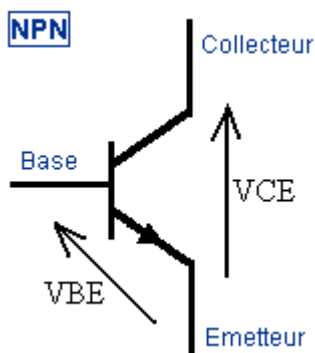


Schémas de transistors NPN et PNP

On voit que les courants sont dans des sens opposés en fonction du type de transistor utilisés.

Pour expliquer simplement le fonctionnement d'un transistor, il faut revenir à la caractéristique d'une diode. En effet, diodes et transistors sont des composants très proches au niveau de leur conception et de leur fonctionnement. Nous avons indiqué précédemment qu'une diode réelle avait une tension de seuil de 0,6V. Cela implique qu'elle est passante lorsque la tension à ses bornes est supérieure à 0,6V. Les transistors que nous avons utilisés ont cette même caractéristique.

3.2.2.1. Transistor de type NPN



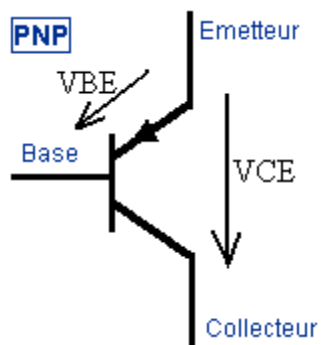
Le principe de fonctionnement d'un tel transistor est le suivant. Lorsqu'il existe un courant provenant de la base (I_b) le transistor est passant. Un courant va du collecteur à l'émetteur.

En revanche, si $I_b = 0$, alors $I_c = I_e = 0$. On dit que le transistor est bloqué, il se comporte comme un interrupteur ouvert entre l'émetteur et le collecteur.

En d'autres termes, le transistor est passant si la tension entre la base et l'émetteur $V_{BE} \geq 0,6V$.

Schéma d'un transistor NPN

3.2.2.2. Transistor de type PNP

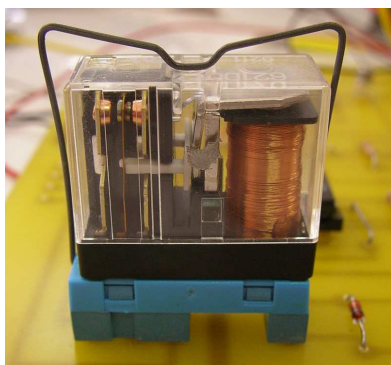


Le transistor PNP fonctionne de la même façon que le NPN sauf que le sens des courants est inversé. Le courant d'émetteur (I_e) est entrant alors qu' I_b et I_c sont sortants.

Le transistor est passant si $V_{BE} \leq 0,6V$.

Schéma d'un transistor PNP

3.2.3. Principe du relais

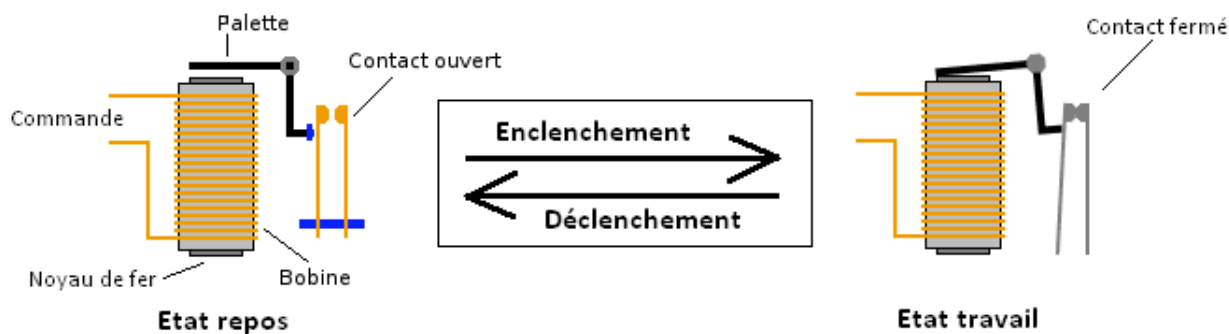


Un relais est un composant électronique pouvant faire office d'interrupteur commandé. En effet, en fonction de la tension alimentant la bobine du relais, le contact de ce dernier sera ouvert ou fermé. C'est lui qui a la charge de couper le courant lors d'un court-circuit afin de protéger l'alimentation.

Relais sur la plaque de notre disjoncteur

Le relais est composé d'une bobine (voir schéma suivant) faisant office d'électroaimant, grâce à un noyau de fer en son centre. Une partie métallique, la palette, est un petit levier mobile qui réagit au champ magnétique induit par la bobine.

Lorsque le courant traversant la bobine est suffisant, la palette se colle à l'électroaimant, on dit que le relais est enclenché, ou bien que c'est l'état travail. A l'inverse, si le courant n'est pas assez fort pour coller la palette à l'aimant, le relais est en état déclenché (ou état repos), il n'y a plus de contact donc le courant ne passe plus.



Schémas d'un relais électromécanique

3.2.4. Fonctionnement du disjoncteur électronique

Le sujet de notre projet consistait à réaliser un disjoncteur électronique pour protéger les pupitres d'alimentation des laboratoires et plus particulièrement le régulateur. Cependant nous n'avons pas réalisé, à proprement parlé, de disjoncteur. En effet une plaquette-test avait déjà été confectionnée par le passé et nous nous sommes concentrés sur son étude. (Une photo du disjoncteur a été placée en *annexe 7*).

3.2.4.1. Principe de fonctionnement du disjoncteur

Cas où l'alimentation fonctionne :

La résistance R se trouve entre la base et l'émetteur du transistor T1 (transistor PNP), il en est de même pour le transistor T2. Tant que la tension RI aux bornes de R est inférieure à 0,6V (tension de seuil du transistor), les transistors T1 et T2 sont passants. On a donc un courant entre l'émetteur et le collecteur. D'après la table de vérité, l'entrée S est à 0. L'entrée R quant à elle, est aussi à 0. Ceci implique que la sortie Q est à 1, et donc que le transistor T3 (NPN) est passant, car son courant de base est non nul. La bobine du relais est alimentée donc le relais est en état travail. Ce qui implique que le courant passe dans l'alimentation.

Cas où il y a une surintensité dans l'alimentation :

Si la tension RI est supérieure à 0,6V, lors d'un court-circuit par exemple, les transistors T1 et T2 se bloquent. L'entrée S de la bascule passe à 1 l'entrée R reste à 0. D'après la table de vérité Q passe à 0. Le transistor T3 se bloque et la bobine du relais n'est donc plus alimentée. Le contact du relais s'ouvre et le courant ne passe plus dans l'alimentation.

Pour réenclencher le disjoncteur il suffit d'agir sur le bouton de réarmement Bp (qui n'est autre qu'un interrupteur relié à la masse). L'entrée R passe alors à 1 et l'entrée S est toujours à 1. La bascule est dans l'état mémoire. En ouvrant maintenant l'interrupteur Bp, l'entrée R repasse à 0, on se retrouve donc à l'état de marche initial.

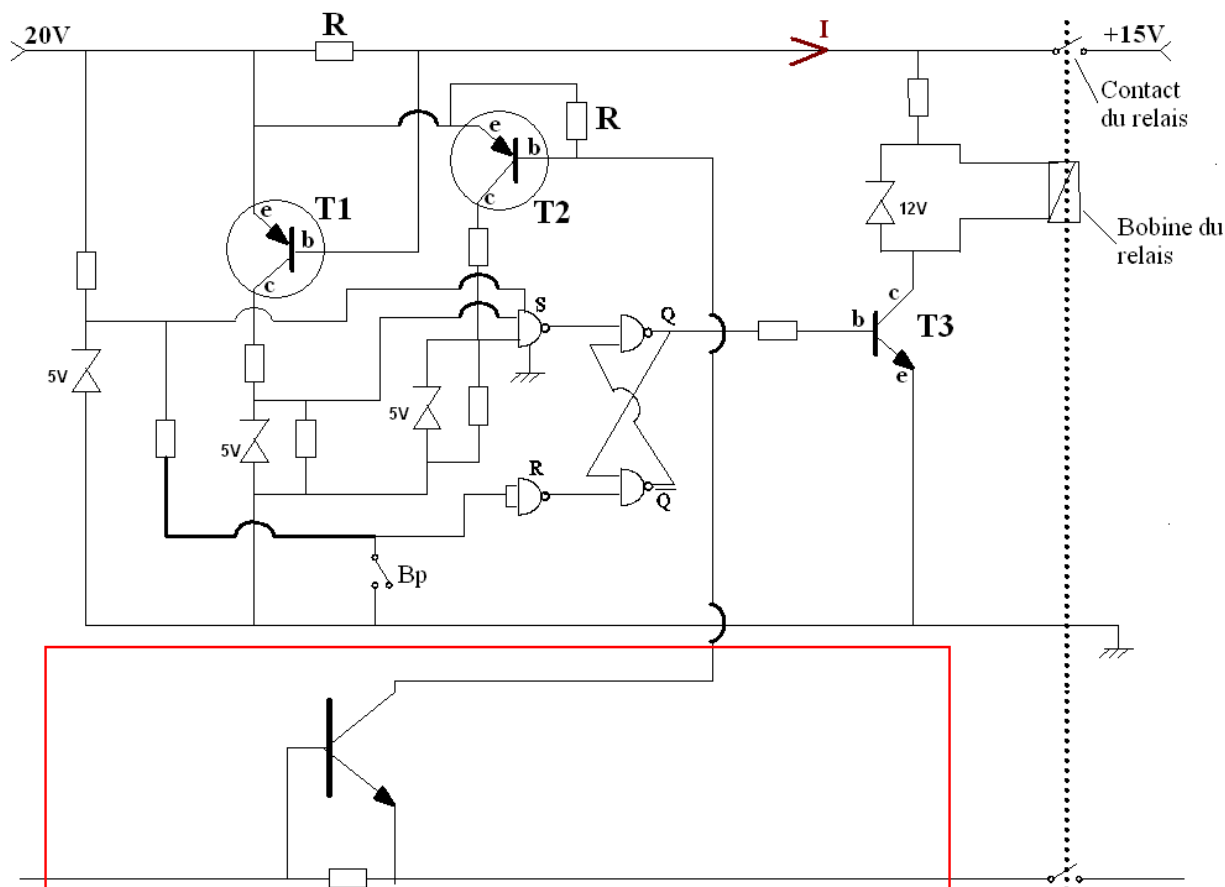


Schéma électrique du disjoncteur électronique que nous avons étudié (la partie encadrée en rouge concerne l'alimentation en -15V que nous n'avons pas traitée)

3.2.4.2. Détermination de la valeur de R

Sur notre plaquette, la valeur de la résistance R était de 30Ω. Or, les pupitres doivent délivrer une intensité de 120mA. D'après la loi d'ohm, en tenant compte du fait que la tension RI doit être inférieure à 0,6V et que l'intensité doit être de 120mA :

$$\Rightarrow R = RI/I = 0,6/0,120 = 5\Omega$$

La résistance présente sur notre plaquette n'est donc pas adaptée à l'utilisation pour les pupitres du laboratoire. Il faudrait remplacer cette résistance par un conducteur ohmique d'une résistance de 5 Ω.

De plus, la résistance utilisée doit avoir une puissance de dissipation minimale afin de résister à une surintensité. En effet, le disjoncteur est un appareil qui demande un certain temps de réaction, durant lequel la résistance R est soumise à un fort courant, du par exemple, à une erreur de manipulation en aval de l'alimentation. Imaginons que, lors d'un court-circuit, l'alimentation délivre un courant de 1A. $P = RI^2 = 5 \times 1^2 = 5W$.

Il est donc nécessaire que la résistance R ait une puissance de dissipation suffisante. Nous proposons une valeur de 5W.

4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Au cours de ce projet, nous avons donc organisé le temps de travail en deux parties principales : l'alimentation stabilisée et le disjoncteur.

Dans la première partie, nous avons étudié et expérimenté (pour la plupart des étapes, vous pourrez voir différents résultats de nos expériences dans l'annexe) les principes d'abaissement de tension, de redressement double-alternance, de filtrage et de stabilisation.

Dans la seconde partie, nous nous sommes intéressés plus particulièrement à une plaquette de disjoncteur pour les laboratoires. Nous avons tout d'abord étudié les capacités des composants primordiaux tels la boucle logique NAND et les transistors NPN et PNP en général avant de comprendre leur rôle dans un disjoncteur. Nous comprenions ainsi mieux le schéma global. Cependant, au moment de tester la plaquette afin de pouvoir confirmer si elle était correctement fabriquée, nous avons remarqué qu'une des valeurs des résistances était mauvaise rendant la plaquette inutilisable pour les pupitres d'alimentation du laboratoire.

En fin de compte, malgré nos faibles connaissances en électronique, nous avons réussi globalement à comprendre à la fois, le principe de l'alimentation stabilisée - nécessaire pour adapter notre courant EDF secteur à tous nos appareils électroniques - ainsi que le cycle du disjoncteur - reposant sur une logique booléenne qu'il nous a fallu (ré)-apprendre et un composant que nous n'avions peu ou pas étudié, le transistor.

Cette U.V. projet nous a donc apporté des connaissances en plus dans le domaine de l'électronique théorique et pratique ainsi qu'une approche de la gestion d'un projet en physique sur une moyenne période. Elle nous a rendus sensibles à des difficultés de travail en groupe telles que la gestion du temps, la répartition des tâches, la compréhension d'une expérience pour un demi-groupe qui travaillait sur une autre partie du disjoncteur.

Malgré de nombreuses tentatives, nous n'avons pas réussi à faire fonctionner la plaquette qu'on nous avait confiée. Nous pouvons expliquer cela tout d'abord par un manque de temps. En effet, la compréhension du fonctionnement des différentes parties de l'alimentation et du disjoncteur nous ont pris un certain temps. De plus, il nous semble important de faire remarquer que nous étions dix étudiants (deux groupes), à travailler sur la même plaquette. Seulement deux étudiants pouvaient donc travailler simultanément sur le disjoncteur, ce qui réduisait grandement nos possibilités.

Ce projet pourrait être poursuivi par la modification de la plaquette du disjoncteur étudiée et les tests permettant de voir si elle fonctionne correctement, ou encore l'optimisation théorique et/ou pratique du disjoncteur à l'échelle du laboratoire ou résidentielle. Il serait alors préférable que les étudiants disposent d'un nombre de plaquette suffisant pour avancer plus rapidement dans leurs expérimentations.

5. BIBLIOGRAPHIE

5.1. Informations :

- **Fonctionnement de la Diode Zener :**

<http://www.epsic.ch/Branches/electronique/techn99/elnthcomp/CMPTHZENR.html>

http://pagesperso-orange.fr/michel.hubin/physique/signal/chap_al1.htm

- **Fonctionnement d'une diode et principe du redressement :**

Cours de P3 de M. Montier.

- **Explication de la fonction mémoire**

<http://la-bnbox.fr/567-La-Fonction-Memoire.cahier>

- **Présentation de la bascule $\overline{R\ S}$**

http://profge.free.fr/Cours/source/Numerique/bistable_fichiers/bistable.html

- **Bascules et logique séquentielle**

<http://www.lri.fr/~de/ISIC-sequentiel.pdf>

- **Fonctionnement du relais :**

Enoncé de TP de P6-2 sur le relais

- **Fonctionnement du régulateur :**

http://pagesperso-orange.fr/electrocean/Maintien_3.htm

- **Fonctionnement des transistors et du disjoncteur électronique :**

Documents fournis par l'enseignant et Wikipédia (« L'encyclopédie libre »).

5.2. Illustrations :

- **Schémas du relais (p. 20) :**

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/Relais_%C3%A9lectromagn%C3%A9tique.png

- **Photos de transistors divers (p. 18) :**

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5a/Transistors.agr.jpg>

- **Schémas de transistors (p. 20-21) :**

<http://www.discip.ac-caen.fr/sti/stibacs/modules.php?name=News&file=article&sid=25>

- **Caractéristique de la diode idéale (p. 9) :**

http://fr.wikipedia.org/wiki/Image:Caract%C3%A9ristique_id%C3%A9ale_Diode.PNG

- **Caractéristique de la diode Zener (p. 12) :**

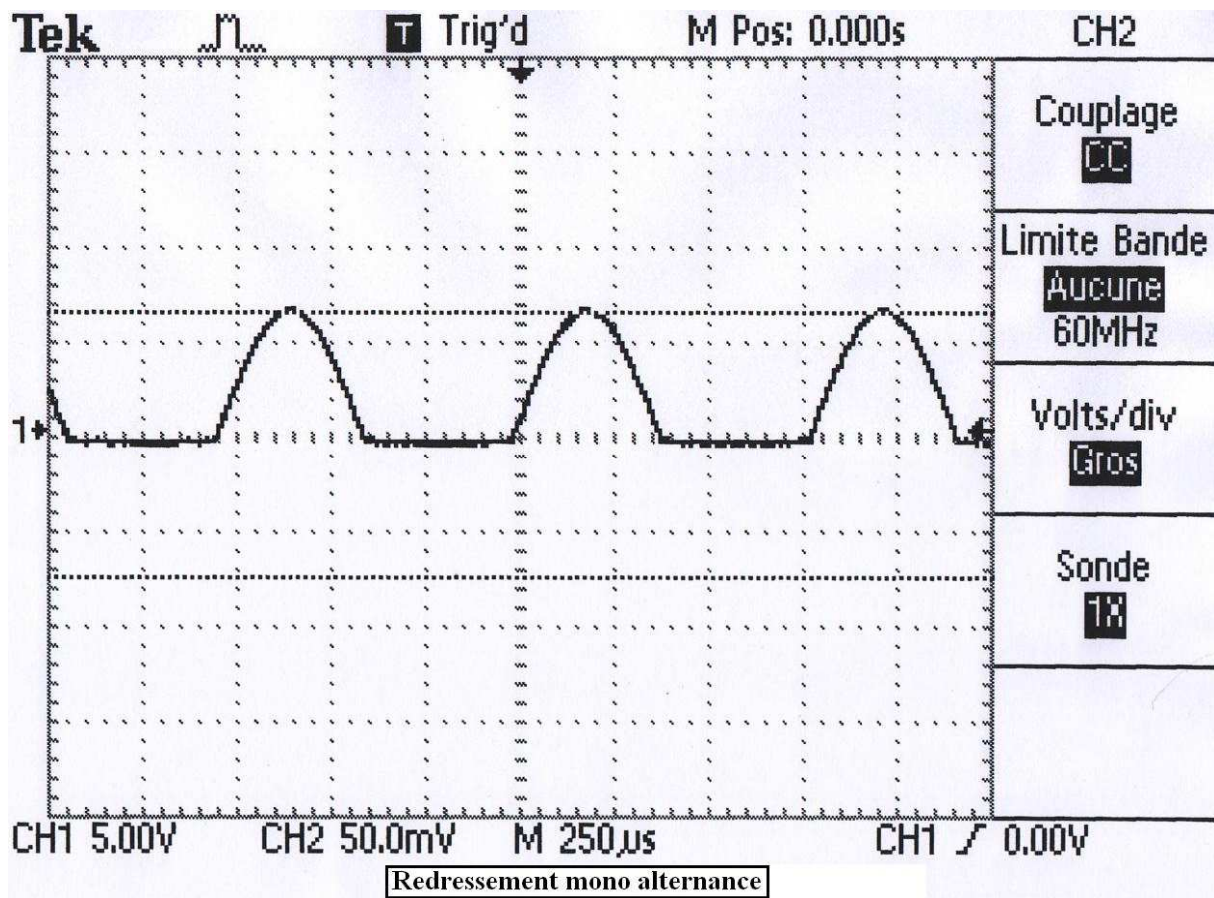
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/fr/c/cf/Caract%C3%A9ristique_id%C3%A9ale_Diode_Zener.PNG

- Le schéma du régulateur L200 (p.13) est tiré de sa fiche technique (voir annexes).
- Les circuits électriques ont été réalisés par nos soins à partir du logiciel Crocodile Physics.
- La caractéristique de l'alimentation stabilisée a été réalisée à partir du logiciel Solve Elec (p. 7).
- Les photos des composants présents sur la plaquette ont été prises par nos soins ; et les oscillogrammes présents en annexes ont été imprimés à l'INSA, suite à nos manipulations.
- Le schéma électrique du disjoncteur (p. 22) a été retravaillé à partir du schéma d'origine donné par l'enseignant.

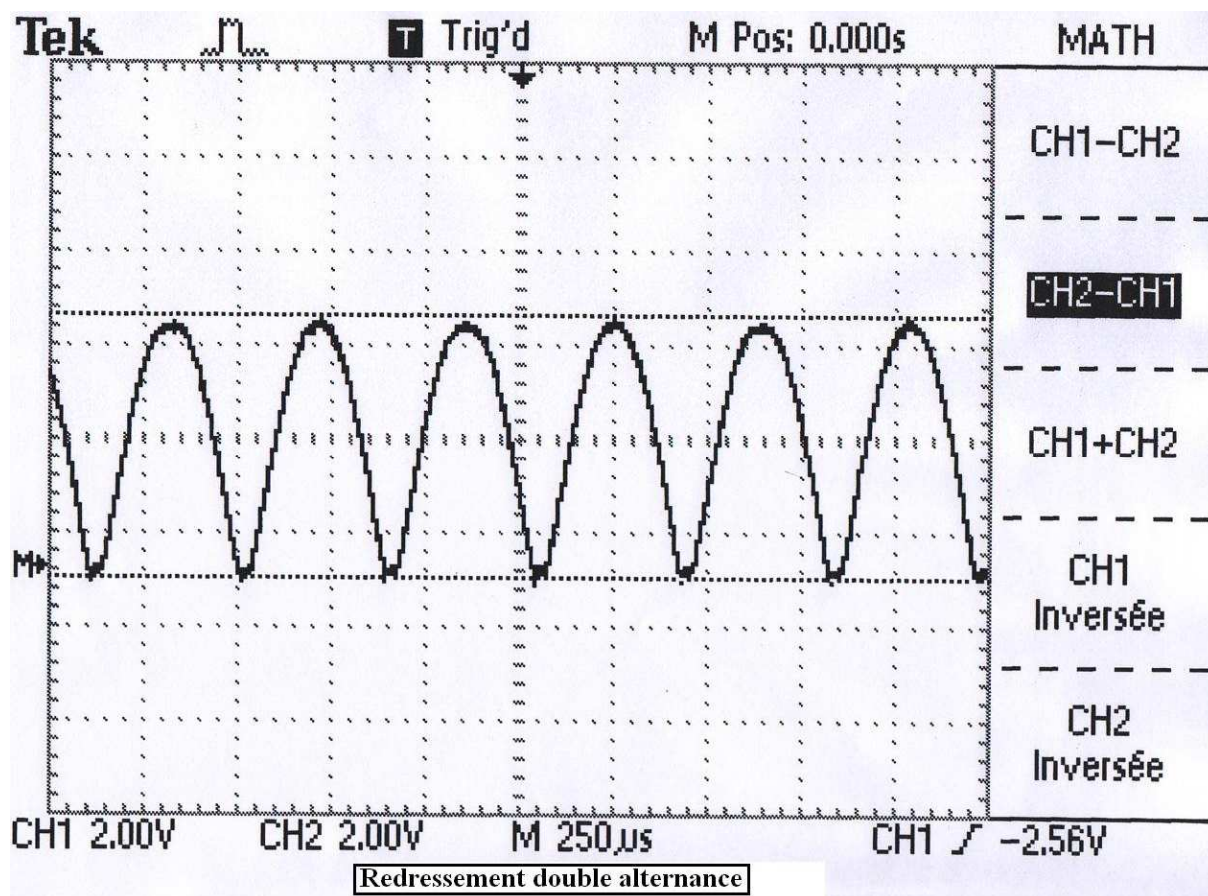
6. ANNEXES

6.1. Visualisations de tensions à l'oscilloscope

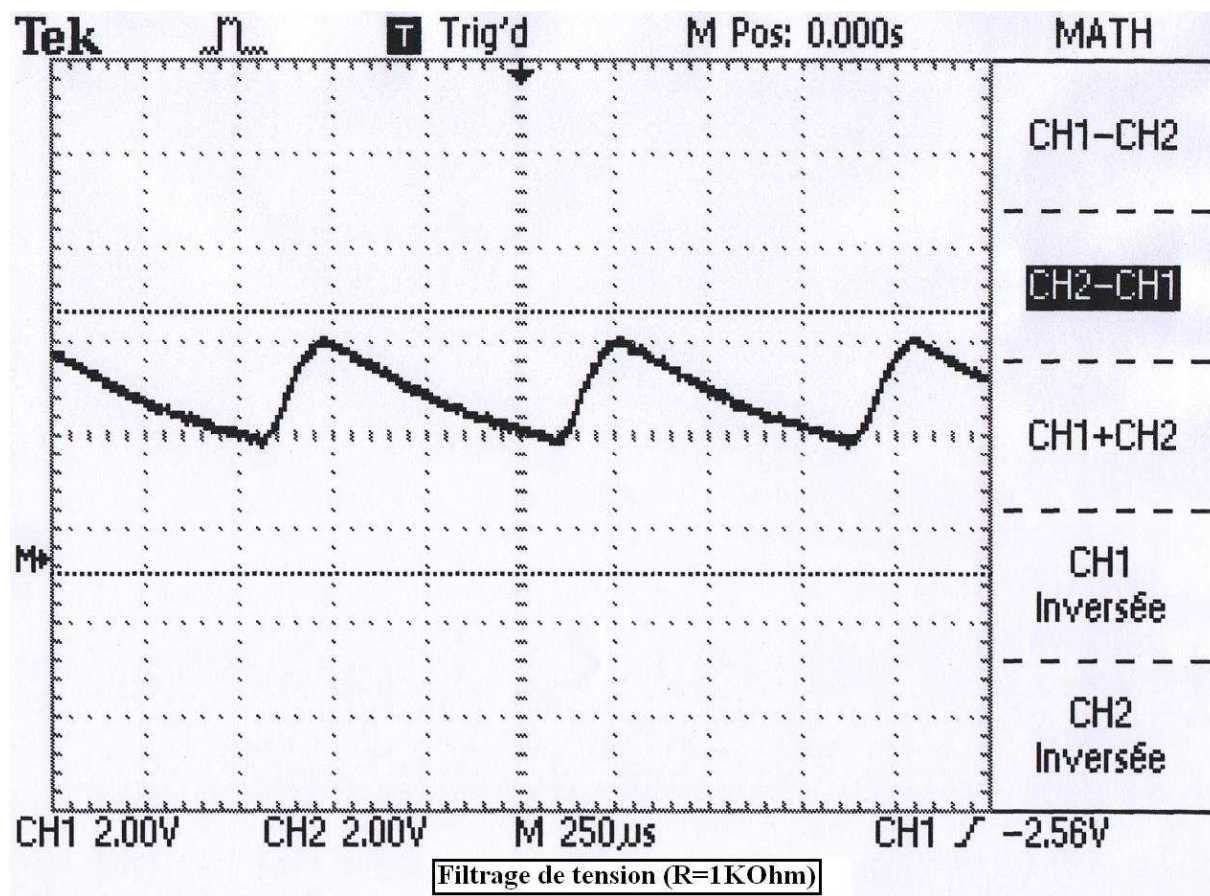
6.1.1. Annexe 1 : Redressement mono-alternance

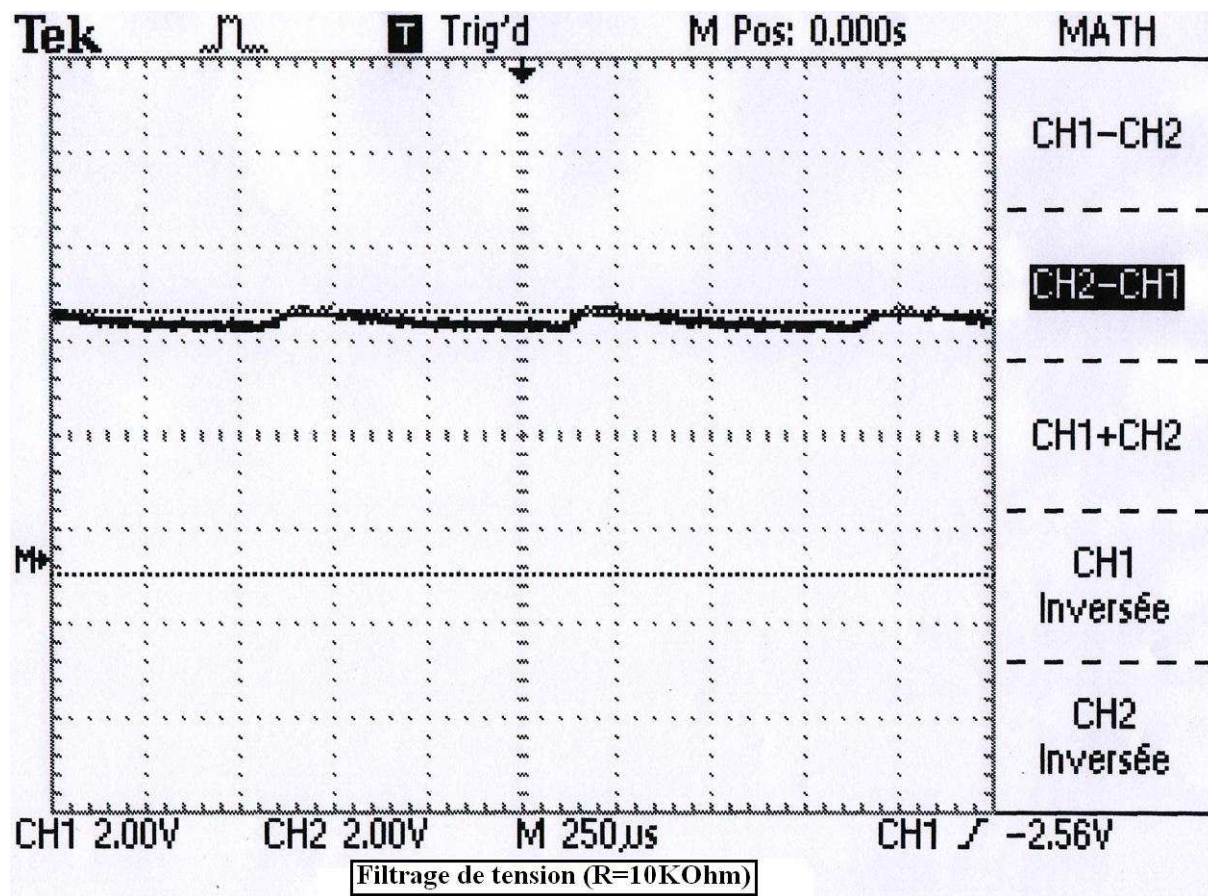


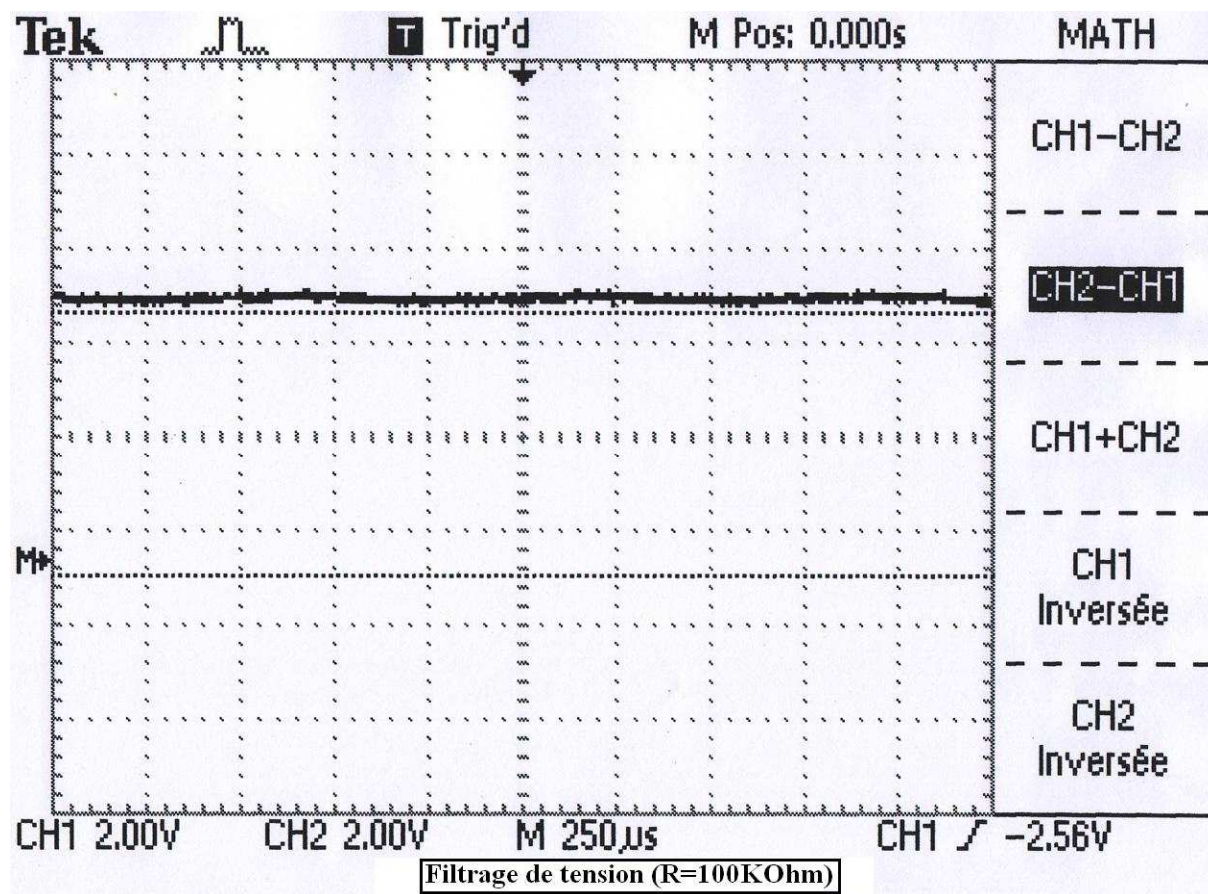
6.1.2. Annexe 2 : Redressement double-alternance



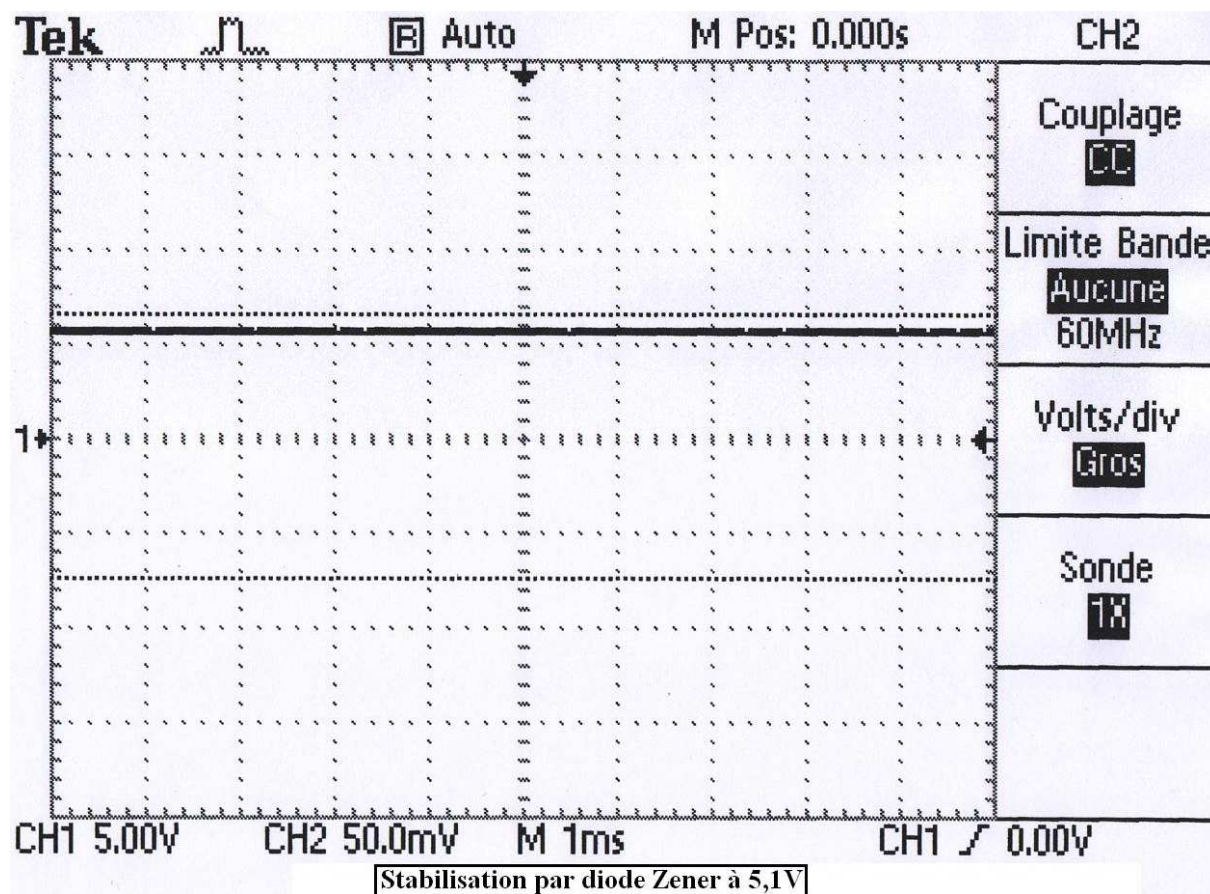
6.1.3. Annexe 3 : Filtrage de tension $R=1K\Omega$



6.1.4. Annexe 4 : Filtrage de tension $R=10\text{K}\Omega$ 

6.1.5. Annexe 5 : Filtrage de tension $R=100\text{K}\Omega$ 

6.1.6. Annexe 6 : Stabilisation par diode Zener

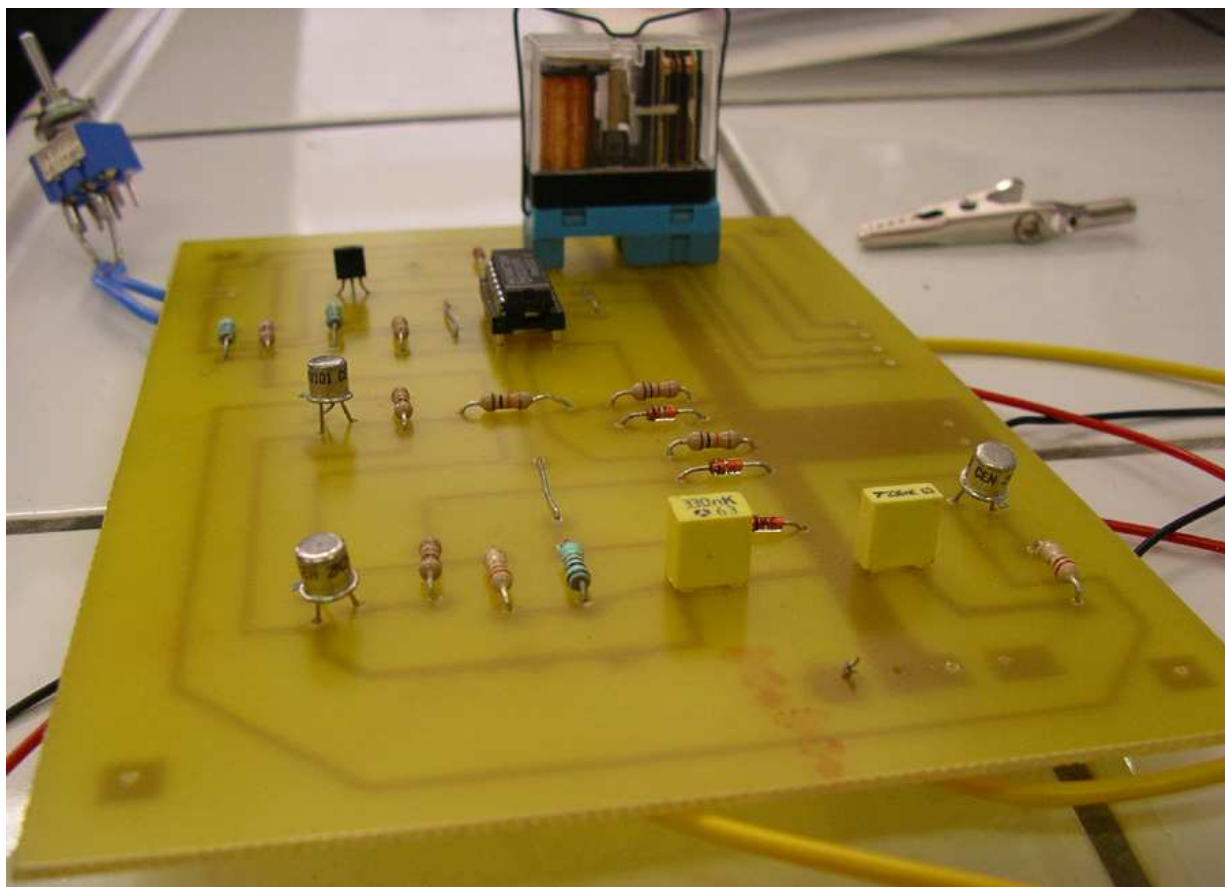


6.2. Annexe 7 : Fiche technique du régulateur L200

Ne pouvant pas joindre d'autres fichiers que notre rapport, nous indiquons que la fiche technique du régulateur est disponible à cette adresse :

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/stmicroelectronics/1318.pdf>

6.3. Annexe 8 : Photo du disjoncteur électronique



Disjoncteur électronique que nous avons étudié / Plaque-test