

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



## **MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

**En** : Electronique

**Spécialité** : Instrumentation électronique

**Par** :

- *GHEZRI Zineddine*
- *HAICHA Mokhtar*

### *Sujet*

***Etude et réalisation d'une alimentation stabilisée de laboratoire 0-30V et 2mA-3A***

*Soutenu, le 13 / 06 / 2017, devant le jury composé de :*

- |                              |            |               |            |
|------------------------------|------------|---------------|------------|
| - Mme BOUAZZA née GUEN Ahlam | Professeur | Univ. Tlemcen | Présidente |
| - M MASSOUM Norredine        | M.C.B      | Univ. Tlemcen | Examineur  |
| - M BOUAZZA Benyounes        | Professeur | Univ. Tlemcen | Encadreur  |

*Année Universitaire : 2016 - 2017*



# **Remerciements**

*Avant tout, il ne saurait question d'entreprendre les remerciements sans avoir remercié le **BON DIEU** de nous avoir permis de réaliser ce travail.*

*Nous tenons à remercier tout d'abord notre encadreur **Monsieur Bouazza Benyounes**, pour sa patience, et surtout pour sa confiance, ses remarques et ses conseils, sa disponibilité et sa bienveillance. Qu'il trouve ici le témoignage de notre profonde gratitude.*

*On adresse notre sincères remerciements à **Madame Bouazza Ahlam** Professeur à l'Université de Tlemcen, pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant d'être président du jury.*

*On voudrait également remercier le membre du jury **Monsieur Massoum Norredine** pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour toutes leurs remarques et critiques,*

*Nos remerciements vont aussi à l'ensemble de nos professeurs tout le long de ces années d'études.*

*Enfin, à toutes les personnes ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce projet, un grand merci.*

# *Dédicaces*

*Au nom de dieu, le clément, le très miséricordieux*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes parents, en témoignage de l'amour, du respect et de la gratitude que je leur porte.*

*A mon adorable sœur et mes très chers frères pour leurs encouragements, amour et aide.*

*A tous mes oncles et tantes sans exception.*

*A tous mes cousins et cousines.*

*A tous mes amis.*

***GHEZRI Zineddine***

# *Dédicaces*

*Je dédié ce modeste travail : A mes parents qui m'ont beaucoup aidé pour terminer mes études, et qui m'ont tellement encouragé moralement et psychiquement, et qui se sont sacrifiés pour moi.*

*Mes très chers frères Soufian, Sohaibe, ma soeur, et toute ma famille.*

*A tous mes amis de la promotion instrumentation électronique (2016-2017) sans préciser leurs noms.*

*A tous ceux qui m'ont aidé durant ma formation.*

***HAICHA Mokhtar***

# *Sommaire*

# Sommaire

## Introduction générale

### Chapitre I : Généralité sur les alimentations

I. Introduction :	2
II. Définition général d'une alimentation :	2
III. Les grands types d'alimentations stabilisées :	2
III.1. Les alimentations à régulateurs linéaires :	2
III.1.1. Les caractéristiques d'une alimentation :	3
III.1.2. Caractéristique de sortie :	3
III.1.3. Point de fonctionnement Q :	4
III.1.4. Principe de la régulation série ou linéaire :	5
III.1.5. Schéma fonctionnel :	6
III.1.6. Les différentes puissances de sortie des alimentations :	6
III.2. Les alimentations à découpages :	7
III.2.1. Les caractéristiques de cette alimentation :	7
III.2.2. Principe :	7
III.3.2. Schéma fonctionnel :	8
IV. Les critères de choix d'une alimentation :	9
IV.1. Puissance (W) disponible en sortie ( $P_s = U_s I_s$ ) :	9
IV.2. Sorties :	10
IV.3. Stabilité de la tension ou du courant de sortie :	11
IV.4. Temps de réponse ( $t_r$ ) :	12
IV.5. P.A.R.D. (Periodic and Random Deviation):	12
IV.5.1. Calcul de la valeur du taux d'ondulation :	12
IV.6. Autres critères :	13

## *Chapitre II : Les Fonctions principales et la sécurité dans une alimentation stabilisée*

<b>I.</b> Introduction.....	15
<b>II.</b> Les Fonctions principales d'une alimentation : .....	15
<b>II.1.</b> Adaptation : .....	15
<b>II.2.</b> Redressement :.....	19
<b>II.3.</b> Filtrage :.....	21
<b>II.3.1.</b> Comment dimensionner C (Calcul du condensateur) ? .....	23
<b>II.4.</b> Stabilisation : .....	24
<b>II.4.1.</b> Régulation de tension" ou "stabilisation de tension ? .....	24
<b>II.4.2.</b> Régulateurs fixes : .....	25
<b>II.4.3.</b> Régulateur à diode Zener .....	26
<b>II.4.4.</b> Régulateur série .....	27
<b>II.4.5.</b> Régulateur série avec asservissement de la tension de sortie : .....	28
<b>II.4.6.</b> Les régulateurs de tension réglable : .....	29
<b>III.</b> La sécurité dans une alimentation stabilisée (Protection) : .....	30
<b>III.1.</b> Le cordon électrique : .....	30
<b>III.2.</b> Le montage électronique :.....	31
<b>III.3.</b> Le boîtier : .....	31

## *Chapitre III : Réalisation pratique*

<b>I.</b> Introduction.....	33
<b>II.</b> Amplificateur opérationnel : .....	33
<b>III.</b> Transistor : .....	34
<b>III.1.</b> Transistor NPN : .....	35
<b>III.2.</b> Transistor PNP :.....	35

<b>IV. Diode :</b> .....	36
<b>V. Diode Zener :</b> .....	36
<b>VI. Diode électroluminescente :</b> .....	38
<b>VII. Schéma électrique du circuit :</b> .....	39
<b>VII.1. Description générale :</b> .....	40
<b>VII.2. Fonctionnement du circuit :</b> .....	40
<b>VII.2.1. Ajustement :</b> .....	42

**Conclusion générale**

**Bibliographie**

**Annexes**

# Liste des figures

## Chapitre I : Généralité sur les alimentations

<b>Figure I. 1</b> : Caractéristique de sortie [1] .....	3
<b>Figure I. 2</b> : Schémas équivalents d'une alimentation (tension ou courant) [1].....	4
<b>Figure I. 3</b> : Point de fonctionnement Q [1] .....	4
<b>Figure I. 4</b> : Principe de la régulation série ou linéaire [1].....	5
<b>Figure I. 5</b> : Schéma de principe d'une source de tension stabilisée [2].....	5
<b>Figure I. 6</b> : Régulateur de tension [2] .....	6
<b>Figure I. 7</b> : Schéma fonctionnel de la régulation [2].....	6
<b>Figure I. 8</b> : Principe d'une alimentation a découpages [2] .....	7
<b>Figure I. 9</b> : Schéma fonctionnel par la technologie convertisseur Flayback [3].....	8
<b>Figure I. 10</b> : Schéma fonctionnel par la technologie convertisseur Forward [3] .....	9
<b>Figure I. 11</b> : Association des sorties série et parallèle [4] .....	10
<b>Figure I. 12</b> : Association possible des sorties selon le principe Maître – Esclave [4] .....	11
<b>Figure I. 13</b> : Stabilité de la tension ou du courant de sortie.....	11
<b>Figure I. 14</b> : Schéma de P.A.R.D (Periodic and Random Deviation) [1] .....	12

## Chapitre II : Les Fonctions principales et la sécurité dans une alimentation stabilisée

<b>Figure II. 1</b> : La relation entre les différentes fonctions de l'alimentation.[6].....	15
<b>Figure II. 2</b> : Représentation schématique d'un transformateur [7].....	16
<b>Figure II. 3</b> : Principe de l'induction électromagnétique [7] .....	16
<b>Figure II. 4</b> : Principe de l'induction électrique [7].....	17
<b>Figure II. 5</b> : Réalisation pratique d'un transformateur [7] .....	18
<b>Figure II. 6</b> : Présentation schématique d'un autotransformateur et un transformateur [8] .....	18
<b>Figure II. 7</b> : Circuit d'un redressement double alternance [9].....	20
<b>Figure II. 8</b> : Allure de tension après redressement [9].....	20
<b>Figure II. 9a</b> : sortie sans lissage [9] .....	21
<b>Figure II. 9b</b> : sortie avec lissage [9] .....	21
<b>Figure II. 10</b> : Schéma d'un redresseur monophasé avec capacité en tête [9].....	21
<b>Figure II. 11a</b> : Redressement-filtrage inefficace [9] .....	23
<b>Figure II. 11b</b> : Redressement-filtrage efficace [9].....	23

<b>Figure II. 12</b> : Brochage du LM7812 [10] .....	26
<b>Figure II. 13</b> : Vu de devant du LM78XX et LM79XX [10] .....	26
<b>Figure II. 14</b> : Circuit de régulateur a diode Zener [10].....	26
<b>Figure II. 15</b> : Régulation à transistor 2N3055 [10].....	27
<b>Figure II. 16</b> : Circuit de régulateur série avec asservissement de la tension de sortie [11] .....	28
<b>Figure II. 17</b> : Photo réel d'un régulateur de tension réglable [12].....	29

### **Chapitre III : Réalisation pratique**

<b>Figure III. 1</b> : Photo réel des amplificateurs opérationnels.....	33
<b>Figure III. 2</b> : Photo réel des transistors.....	34
<b>Figure III. 3</b> : Transistor de type NPN .....	35
<b>Figure III. 4</b> : Transistor de type PNP.....	35
<b>Figure III. 5</b> : Symbole d'une diode.....	36
<b>Figure III. 6</b> : Symbole d'une diode Zener .....	36
<b>Figure III. 7</b> : Caractéristique de la diode Zener : courbe de $I(U_d)$ .....	37
<b>Figure III. 8</b> : Symbole d'une diode électroluminescente.....	38

# *Introduction générale*

Un circuit électrique est un ensemble simple ou complexe de conducteurs et de composants électriques ou électroniques parcouru par un courant électrique. Dans cette description général d'un circuit électrique, le nom « courant électrique » nous intéresse énormément. Qu'est ce que c'est que cette énergie électrique qui fait marcher le circuit ? Qu'elle est la composante principale qui le fournit dans un circuit électronique ?

Pour répondre à ces questions, nous nous intéressons dans notre projet à la réalisation d'une alimentation stabilisée. Une alimentation est un dispositif qui fournit de l'énergie électrique à une ou plusieurs charges électriques. Une alimentation régulée est celle qui contrôle la tension de sortie ou le courant à une valeur spécifique ; La valeur contrôlée est maintenue presque constante malgré les variations du courant de charge ou de la tension fournie par la source d'énergie de l'alimentation électrique.

Les alimentations utilisées pour alimenter différents appareils et composants peuvent être divisées en différents types :

- Batterie.
- Alimentation DC.
- Alimentation à régulateurs linéaires.
- Alimentation à découpage.
- Alimentation programmable.
- Alimentation haute tension, etc.

Nous allons nous intéresser spécialement aux alimentations linéaires réglables qui sont des équipements de test de laboratoire et de service, permettant de régler la tension et le courant de sortie.

D'une manière générale, l'alimentation stabilisée est constituée d'un transformateur, d'un pont redresseur, d'un filtre à condensateur en tête suivi d'une régulation.

Notre projet a pour objectif d'étudier et de réaliser une alimentation stabilisée réglable de 0V à 30V et de 2mA à 3A. La démarche que nous avons envisagée pour réaliser ce mémoire tout en indiquant les différentes parties qui constituent ce travail, il est scindé en trois chapitres :

Dans le premier chapitre, nous donnons des généralités sur les alimentations, leur grande famille et leurs caractéristiques.

Dans le deuxième chapitre, nous donnons le schéma synoptique d'une alimentation en général et nous allons étudier les différentes fonctions de cette alimentation (*Adaptation – redressement – filtrage – stabilisation*).

Dans le troisième chapitre, nous présentons le circuit électrique de notre alimentation (schéma électrique), sa réalisation pratique et nous expliquerons son fonctionnement détaillé.

Nous terminons notre mémoire par une conclusion générale.

# *Chapitre I*

*Généralité sur les alimentations*

### **I. Introduction :**

Dans toutes les applications électroniques, l'alimentation est un sous système incontournable.

Sa fonction consiste à fournir une ou plusieurs tensions et courants continus stabilisés, c'est-à-dire dont l'amplitude est indépendante, du courant délivré, des variations de tension de la source d'énergie principale, de la température et du vieillissement. On distingue deux grandes familles d'alimentations stabilisées, soit :

- les alimentations à régulateurs linéaires.
- Les alimentations à découpage.

### **II. Définition général d'une alimentation :**

Une alimentation est un convertisseur d'énergie, c'est-à-dire qu'elle transforme une énergie mécanique, chimique, électrique...et la restitue sous forme électrique à une « charge » connectée à ses bornes.

L'énergie électrique délivrée peut alors se présenter sous la forme d'une tension ou d'un courant constant ou encore variable (sinusoïdale, rectangulaire...). [1]

### **III. Les grands types d'alimentations stabilisées :**

#### **III.1. Les alimentations à régulateurs linéaires :**

Les alimentations à régulateurs linéaires sont basées sur un amplificateur de puissance, en général unidirectionnel, intégré dans une boucle de contre-réaction. Ces alimentations fonctionnent de manière continue, c'est-à-dire sans découpage de la tension.

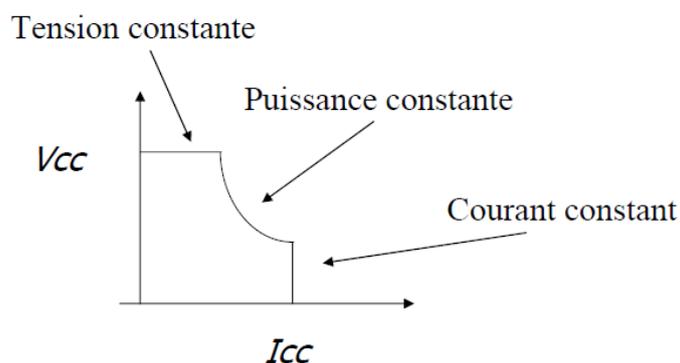
### **III.1.1. Les caractéristiques d'une alimentation :**

Les alimentations sont typiquement utilisées, en laboratoire, pour des puissances faibles à moyennes ou encore comme alimentation de puissance à très hautes exigences (ampli haute-fidélité), Les caractéristiques principales de cette alimentation sont :

- Une haute qualité de tension de sortie (excellente précision, stabilité, absence quasi totale d'ondulations parasites ou de bruit).
- Un temps de réponse très rapide en cas de perturbation.
- Un réglage aisé de la tension de sortie sur une large plage.
- Une faible sensibilité au niveau de la charge (circuit ouvert ou fortement chargé), sans problème de stabilité.
- Un rendement faible (dépendant de la charge et de la différence de tension entre leur entrée et leur sortie).
- Un encombrement important (souvent liés à la dissipation thermique)

Le but principal des alimentations à régulateurs linéaires est de fournir une tension, un courant ou une puissance constante à une charge connectée à ses bornes. [1]

### **III.1.2. Caractéristique de sortie :**



*Figure I. 1 : Caractéristique de sortie [1]*

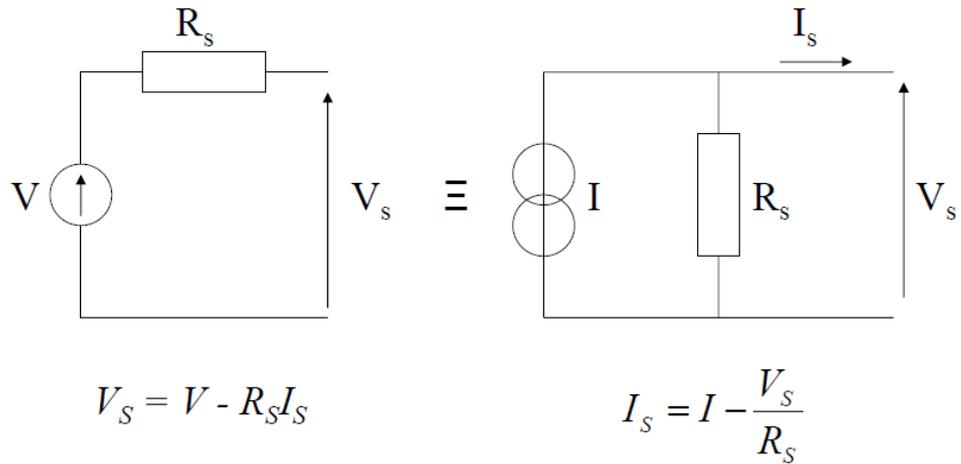


Figure I. 2 : Schémas équivalents d'une alimentation (tension ou courant) [1]

La source de tension doit délivrer une tension aussi indépendante que possible du courant débité : ( $V_s = V_0$  quel que soit I)

### III.1.3. Point de fonctionnement Q :

C'est le point d'intersection de la caractéristique de sortie de l'alimentation et de la droite de charge

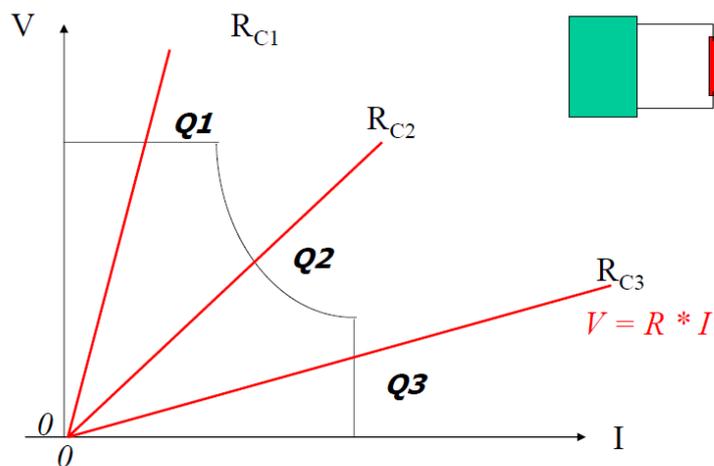
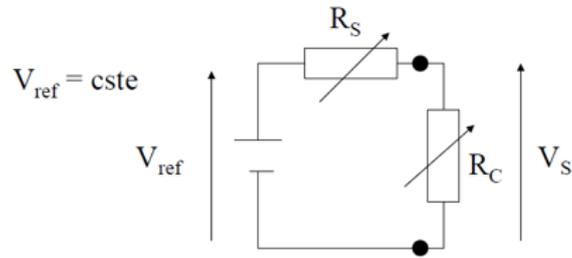


Figure I. 3 : Point de fonctionnement Q [1]

III.1.4. Principe de la régulation série ou linéaire :



$$V_S = \frac{R_C}{R_S + R_C} V_{ref} = V_{ref} - R_S I_S \quad (I.1)$$

Figure I. 4 : Principe de la régulation série ou linéaire [1]

Si  $R_C$  varie pour maintenir  $V_S$  constant,  $R_S$  doit varier.

Le schéma de principe d'une alimentation stabilisée est représenté dans la figure suivante (**Figure I.5**). A partir d'une source d'énergie à forte ondulation, comme par exemple un redresseur associé à un filtre de lissage en amont du réseau ou d'une alimentation à découpage dont la qualité de la tension de sortie est insuffisante, on stabilise la tension à un niveau acceptable par la mise en série d'un stabilisateur de tension.

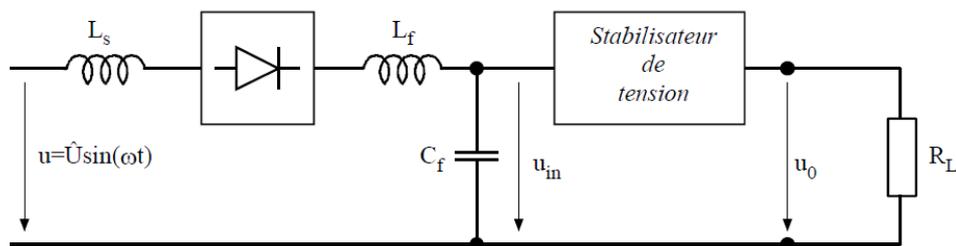
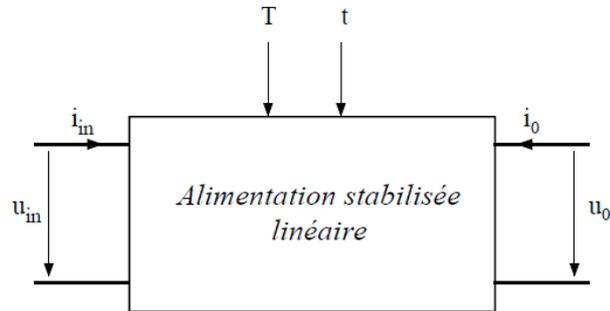


Figure I. 5 : Schéma de principe d'une source de tension stabilisée [2]

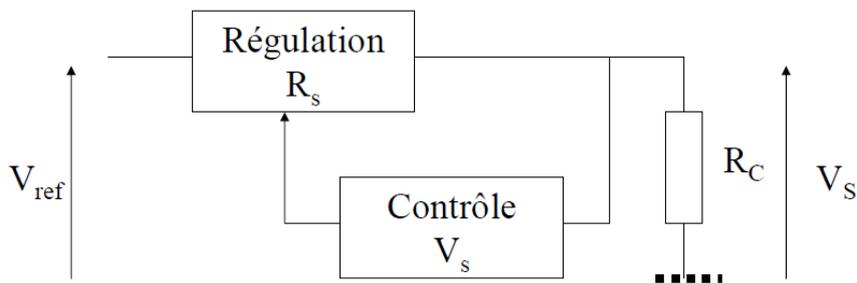
La **Figure I.6** illustre un système permettant la régulation de la tension de sortie dans une tolérance donnée, quelles que soient les variations de la tension d'entrée ( $u_{in}$ ),

le niveau de charge ( $i_0$ ), la gamme de température de fonctionnement ( $T$ ), ainsi que les modifications des caractéristiques des composants avec le vieillissement ( $t$ ). [2]



*Figure I. 6 : Régulateur de tension [2]*

### III.1.5. Schéma fonctionnel :



*Figure I. 7 : Schéma fonctionnel de la régulation [2]*

Le bloc  $R_s$  représente « un transistor » travaillant dans sa zone de fonctionnement linéaire = ALIMENTATION LINEAIRE

### III.1.6. Les différentes puissances de sortie des alimentations :

On a deux grandes types de puissances de sortie pour les alimentations et qui a donnée quelque résultat comme :

- Puissance de sortie faible ou moyenne ( $PS < 100W$ ) pas de problème de dimensionnement des éléments constitutifs de l'alimentation
- Puissance de sortie élevée ( $PS > 100W$ ) la taille et le poids des composants deviennent très importants (transformateur, radiateur)

### **III.2. Les alimentations à découpages :**

Les alimentations à découpages fonctionnent selon un principe totalement différent. Elles sont fondamentalement basées sur ces éléments :

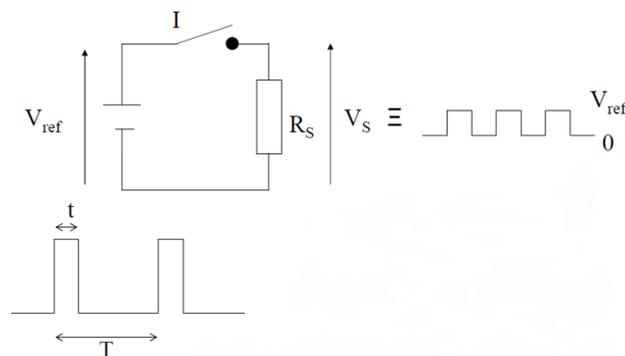
- Un contacteur statique commandé à fréquence fixe mais à rapport cyclique variable. La gamme de fréquence allant de quelques dizaines de kHz à plusieurs centaines de kHz.
- Une inductance permettant l'accumulation d'énergie durant une partie du cycle et sa restitution durant l'autre partie.
- Un condensateur de filtrage stocke l'énergie pour l'étage de découpage.
- Transistor de découpage (technologie MOS) monté sur un radiateur.
- Optocoupleur. Assure l'isolation des parties haute et basse tension.

#### **III.2.1. Les caractéristiques de cette alimentation :**

Les alimentations à découpages sont caractérisées par :

- une légère ondulation de la tension de sortie.
- Un très haut rendement.
- Un faible encombrement (lié au haut rendement).
- Une boucle d'asservissement relativement complexe.
- Une réponse plus lente aux perturbations.
- Une génération relativement importante de perturbations électromagnétiques. [1]

#### **III.2.2. Principe :**



*Figure I. 8 : Principe d'une alimentation à découpages [2]*

Valeur moyenne de  $V_s$  :

$$V_{Smoy} = \frac{1}{T} \int_0^T V_s(t) dt = \frac{1}{T} V_{ref} \quad (I.2)$$

$T$  = Période de découpage ( $20\text{kHz} < F < 1\text{MHz}$ )

### III.3.2. Schéma fonctionnel :

Deux technologies courantes :

- Convertisseur «Flyback»
- Convertisseur «Forward»

#### III.3.2.1. Découpage «Flyback» :

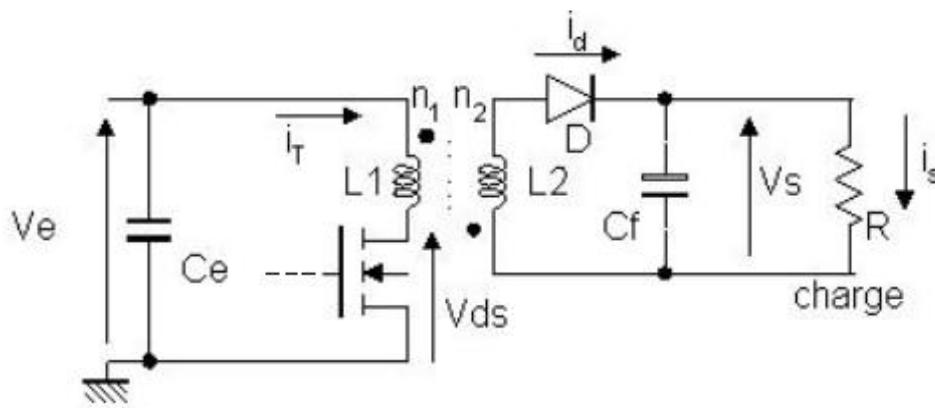


Figure I. 9 : Schéma fonctionnel par la technologie convertisseur Flyback [3]

La régulation de tension se fait par action sur le temps de conduction de l'interrupteur (Transistor)

Phase 1 : on accumule de l'énergie dans  $L_1$  (transistor passant et diode  $D$  bloquée)

Phase 2 : on bloque le transistor, la diode  $D$  s'amorce et l'énergie est transférée à la sortie à travers la diode  $D$ .

Le condensateur  $C_e$  sert de découplage pour le câblage de l'entrée et fournit la composante alternative du courant absorbé à l'entrée. Le condensateur  $C_f$  lisse la tension de sortie.

### III.3.2.2. Découpage «Forward» :

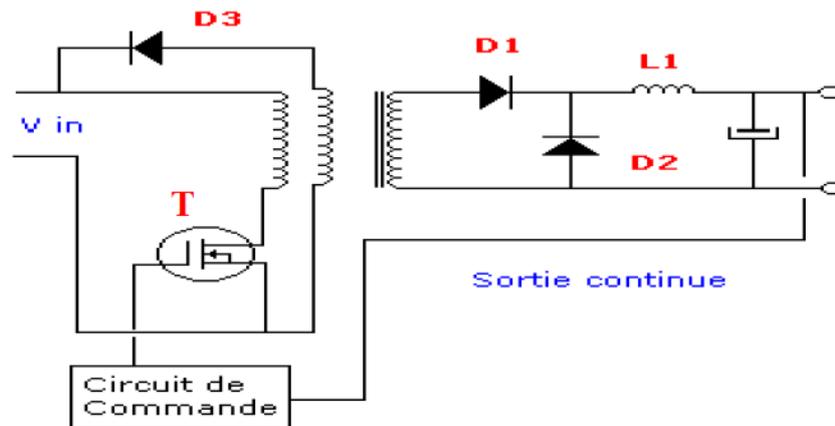


Figure I. 10 : Schéma fonctionnel par la technologie convertisseur Forward [3]

Phase 1: Quand le transistor  $T$  conduit, l'énergie est simultanément stockée dans la bobine  $L1$  et va vers la charge via la diode  $D1$ ; la diode  $D2$  est bloquée.

Phase 2: Quand le transistor  $T$  est bloqué, l'énergie de la bobine  $L1$  passe vers la charge via la diode  $D2$ .

Le troisième enroulement dit de "démagnétisation" a pour fonction de limiter la tension crête sur le drain du transistor.

## IV. Les critères de choix d'une alimentation :

### IV.1. Puissance (W) disponible en sortie ( $P_s = U_s I_s$ ) :

En général deux critères s'imposent :

- Faibles puissances ( $P < 500W$ ) : Alimentations linéaires
- Puissances moyennes et élevées : Alimentations à découpage sauf si le critère de stabilité est prépondérant.

IV.2. Sorties :

Plusieurs critères s'imposent :

- Nombre de sorties (1, 2, 3...)
- Plage de réglage de la tension :

Par exemple :

- (Unipolaire 0 –20V)
- (Bipolaire –20V –+20V)

- Association des sorties :

Par exemple :

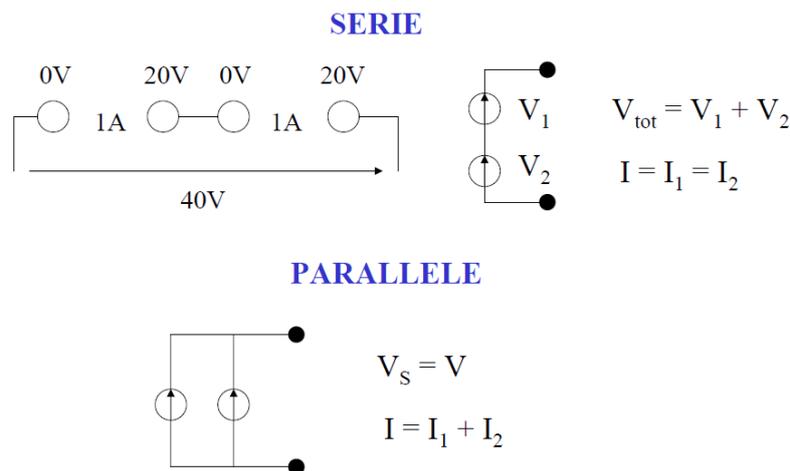


Figure I. 11 : Association des sorties série et parallèle [4]

L'Association possible des sorties selon le principe « Maître – Esclave » série ou parallèle (//) (*serial tracking – parallele (//) tracking*).

Les variations de la source esclave sont imposées par la source maître = Alimentations parfaitement symétriques

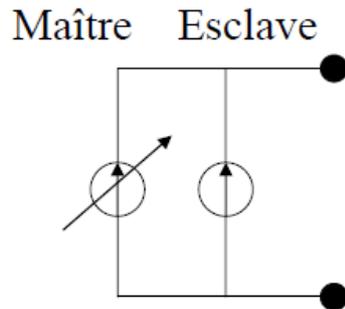


Figure I. 12 : Association possible des sorties selon le principe Maître – Esclave [4]

- Réglage du courant

**Exemple:**  $P = 90W$

$$V = 0 - 30V$$

$$I = 0 - 3A$$

Dépend de la valeur de l'étendue du courant maximal débité par l'alimentation. [4]

#### IV.3. Stabilité de la tension ou du courant de sortie :

**C'est un critère déterminant dans le choix d'une alimentation de laboratoire**

2 causes possibles de variations de V (ou de I) de sortie

Variation de la  
tension du secteur



Régulation secteur

Variation due à l'évolution  
de la résistance de charge



Régulation charge

Figure I. 13 : Stabilité de la tension ou du courant de sortie

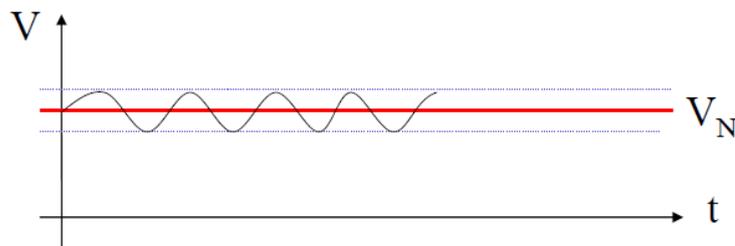
#### **IV.4. Temps de réponse (tr) :**

C'est le temps nécessaire pour que la sortie revienne à sa valeur stabilisée, après une variation brutale de la charge.

#### **IV.5. P.A.R.D. (Periodic and Random Deviation):**

Le P.A.R.D est parfois appelé « Ripple and noise » ondulation et bruit.

Il caractérise l'ondulation résiduelle de la tension de sortie autour de sa valeur nominale. Le P.A.R.D. est mesuré dans une gamme de fréquence spécifiée (Ex: 10Hz – 100MHz). [1]



*Figure I. 14 : Schéma de P.A.R.D (Periodic and Random Deviation) [1]*

#### **IV.5.1. Calcul de la valeur du taux d'ondulation :**

Soit un signal périodique a valeur moyenne non nulle, On peut donc l'écrire sous la forme :

$$y = (\bar{y}) + y_a \quad (I.3)$$

Avec  $(\bar{y})$  est la valeur moyenne du signal et  $y_a$  représente l'ondulation du signal et étant sa valeur efficace.

Le taux d'ondulation est donné par la relation suivante :

$$T = \frac{\text{Valeur efficace de l'ondulation de la fonction}}{\text{Valeur moyenne de la fonction}} = \frac{y_a}{(y)} \quad (I.4) [4]$$

**IV.6. Autres critères :**

Différents critères qu'il faut aussi prendre en compte :

- Possibilité de programmation :
- analogique commandé par une tension.
- numérique connecté à un BUS informatique (RS232, IEEE...).
- Conformité aux normes (dont compatibilité électromagnétique).
- Dérive dans le temps (Drift).
- Temps de maintien (hold-up time) en cas de microcoupure.
- Dérive en température.
- Résolution (plus petite valeur de V ou I pouvant être réglée).
- Impédance de sortie -Rendement (Efficiency).

$$Eff = \frac{V_{out}I_{out}}{V_{in}I_{in} \cos \phi} \quad (I.5)$$

$\phi$  = Déphasage I,V d'alimentation

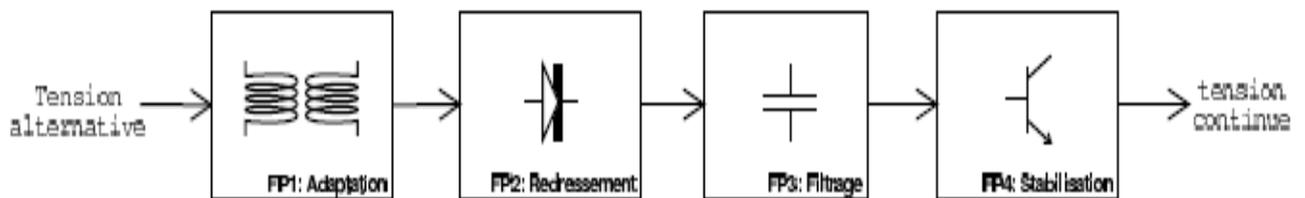
- Dimensions et poids.
- Prix. [5]

# *Chapitre II*

*Les Fonctions principales et la sécurité  
dans une alimentation stabilisée*

## I. Introduction

Pour mieux comprendre le fonctionnement général d'une alimentation nous allons nous intéresser maintenant à sa composition. Une alimentation stabilisée composée d'un transformateur (adaptation), d'un redresseur, d'un filtre et d'une stabilisation/régulation selon les besoins. Nous allons étudier chacune de ces différents composants en détails.



*Figure II. 1 : La relation entre les différentes fonctions de l'alimentation.[6]*

L'étude proposée consiste en une analyse fonctionnelle descendante. C'est à dire que le système est décomposé en fonctions plus simples. Chaque fonction est alors étudiée indépendamment des autres afin d'en comprendre le fonctionnement.

Nous allons maintenant entamer l'étude des quatre Fonctions Principales (FP).

## II. Les Fonctions principales d'une alimentation :

### II.1. Adaptation :

Cette fonction a pour le but :

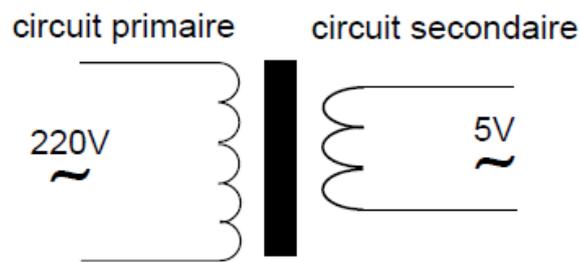
- D'adapter la tension fournie par le secteur.
- D'isoler le montage du secteur.

En effet, les caractéristiques, 220Volts alternatifs 50Hz, ne sont pas compatibles avec le but de ce montage. C'est pourquoi nous utiliserons un transformateur pour obtenir une tension plus faible.

Dans notre cas, deux caractéristiques seront importantes :

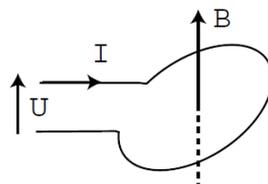
- La tension crête.
- Le courant disponible.

Il sert à transformer la tension alternative du secteur en une tension alternative plus basse ou plus élevée. Dans une alimentation, le transformateur devra, la plupart du temps, abaisser la tension. Pour la distribution d'électricité à haute tension, on aura des transformateurs élévateurs de tension. [6]



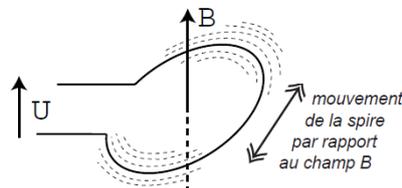
**Figure II. 2 : Représentation schématique d'un transformateur [7]**

Une spire de fil conducteur traversé par un courant électrique d'intensité  $I$  donne naissance à un champ magnétique  $B$



**Figure II. 3 : Principe de l'induction électromagnétique [7]**

Une spire de fil conducteur en mouvement dans un champ magnétique produit une différence de potentiel à ses bornes :



**Figure II. 4 : Principe de l'induction électrique [7]**

$$U = N.\omega.\theta.\phi \quad (II.1)$$

N = nombre de spires du bobinage

$\omega = 2\pi f$ , f=fréquence du mouvement.

$\phi$  = flux magnétique = B.S avec S = surface de la spire

Le transformateur est constitué d'un bobinage primaire alimenté en 220V et d'un bobinage secondaire qui va fournir la tension transformée (plus basse ou plus élevée). Les 2 bobinages sont enroulés autour d'un circuit magnétique en fer. Le bobinage primaire induit un champ magnétique alternatif dans le circuit magnétique. Dans le secondaire sera induit (effet inverse) un courant par le champ magnétique alternatif. Les tensions primaires et secondaires dépendent du nombre de spires des bobinages.

Le transformateur est caractérisé principalement par ses tensions primaires et secondaires et par la puissance maximale. [7]

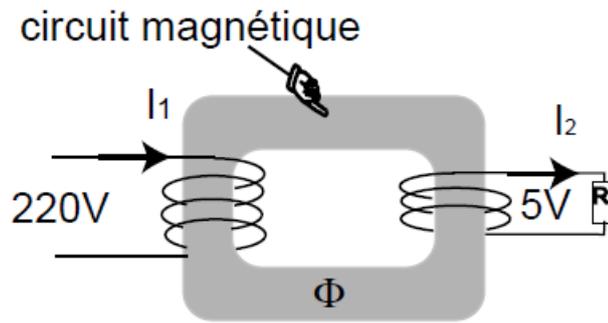


Figure II. 5 : Réalisation pratique d'un transformateur [7]

L'autotransformateur est un transformateur possède une isolation galvanique entre son entrée (primaire) et sa sortie (secondaire), c'est à dire qu'aucun conducteur électrique ne relie les deux parties. [7]

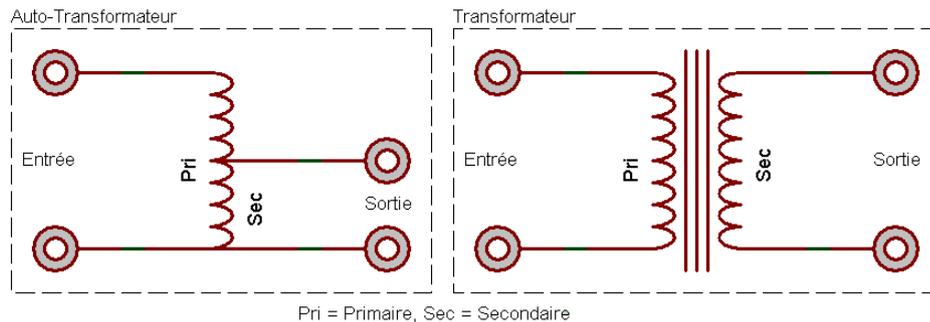


Figure II. 6 : Présentation schématique d'un autotransformateur et un transformateur [8]

Exemples de transformateurs à étrier :



Exemples de transformateurs à souder sur circuit imprimé :



Exemples de transformateurs toriques :



## **II.2. Redressement :**

Le redressement permet de transformer une tension alternative en une tension toujours positive ou nulle par rapport à une valeur de référence. Deux possibilités de redressement existent :

- Le redressement simple alternance.
- Le redressement double alternance, plus efficace.

Nous retiendrons donc le redressement double alternance pour la suite de l'étude.

Cette fonction utilise un pont de Gräetz composé de 4 diodes, réalisant le redressement double-alternance. Ces diodes, sont utilisées comme interrupteurs, le fonctionnement de ce montage est :

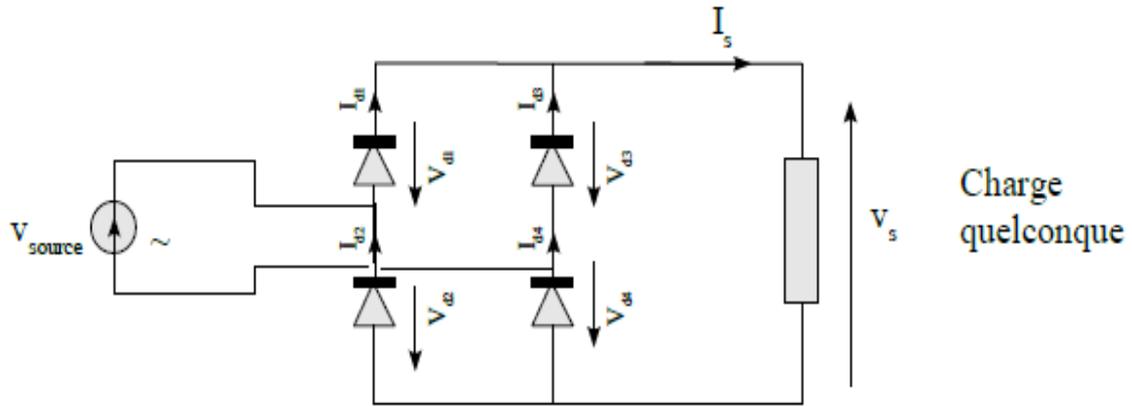


Figure II. 7 : Circuit d'un redressement double alternance [9]

De 0 à  $\pi$  D1 et D4 sont passantes tandis que D2 et D3 sont bloquées. On a donc

$$V_{charge}(t) = V_e(t) \quad (II.2)$$

De  $\pi$  à  $2\pi$  D1 et D4 sont bloquées tandis que D2 et D3 sont passantes. On a donc

$$V_{charge}(t) = -V_e(t) \quad (II.3)[6]$$

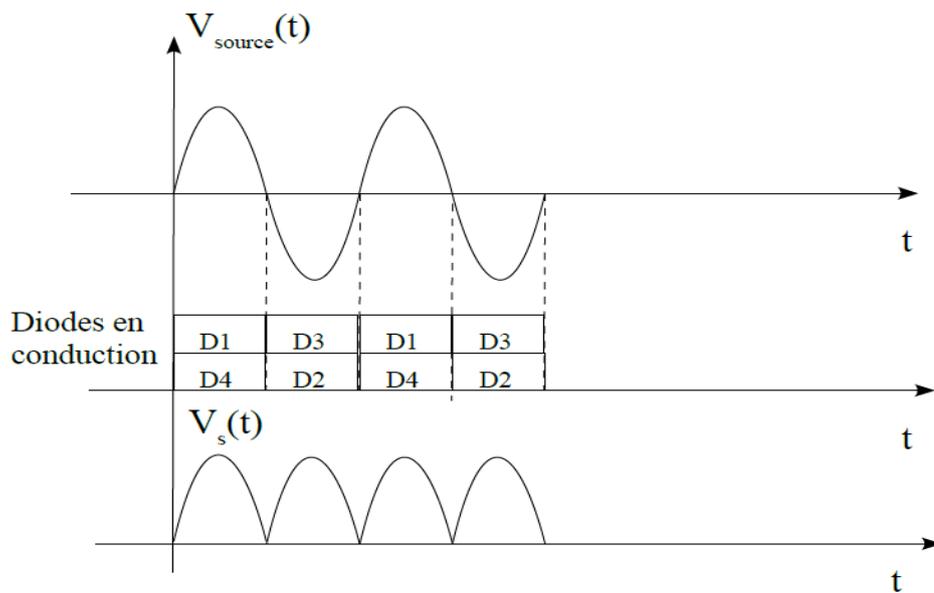
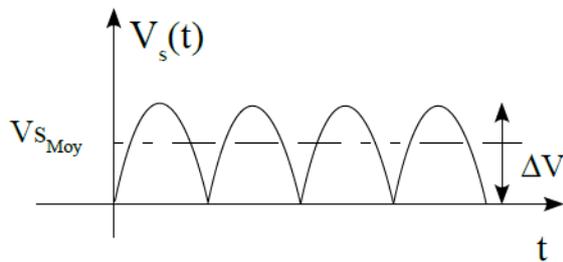


Figure II. 8 : Allure de tension après redressement [9]

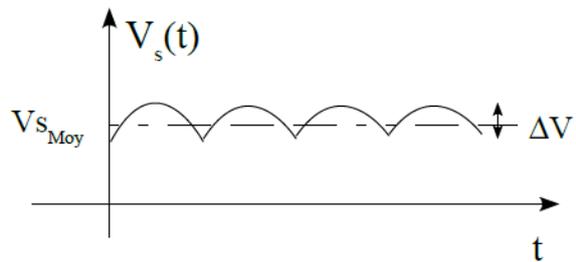
Quand D1 et D4 sont conductrice,  $V_s(t) = V_{source}(t)$ . A l'inverse, quand D3 et D2 conduisent,  $V_s(t) = -V_{source}(t)$  d'où le tracé de  $v_s(t)$  ci-dessus. [6]

### II.3. Filtrage :

Cette fonction permet au redresseur qui le précède de fournir une tension positive mais dont l'ondulation va être fortement réduite. L'ondulation est la différence  $\Delta V$ , entre le maximum de la tension est le minimum. On l'appelle souvent **ondulation résiduelle**.

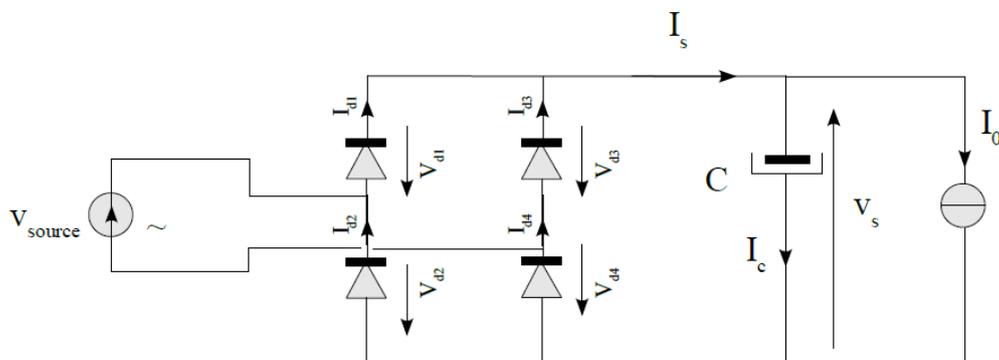


*Figure II. 9 a : sortie sans lissage [9]*



*Figure II. 9 b : sortie avec lissage [9]*

Pour y arriver, une méthode peu chère, pas très « propre » en termes de forme de courant, mais extrêmement répandue encore, consiste à placer un condensateur directement en sortie de redresseur. Cette fonction dite : « filtrage à capacité en tête », ne peut s'étudier séparément du redresseur puisque ce dernier va voir son comportement altéré par la nature de cette charge (conduction discontinue du pont).



*Figure II. 10 : Schéma d'un redresseur monophasé avec capacité en tête [9]*

Afin de simplifier l'analyse, on suppose que la charge demande un courant constant  $I_0$ . Si le montage redresseur est bien assimilé, le schéma peut être analysé :

- (1) Supposons le condensateur déchargé. Rien n'empêche la montée de la tension de sortie  $V_s$ , si ce n'est justement le condensateur qui se trouve dans une très mauvaise posture : sa tension lui est imposée, ce qui peut conduire à des courants dans le condensateur très importants. En effet, la relation  $u/i$  aux bornes d'un condensateur est :

$$i_c = C \cdot \frac{dv_s}{dt} \quad (II.4)$$

Ce qui montre qu'un accroissement important de la tension imposée provoque une montée importante de courant.

- (2) la tension  $V_s(t)$  atteint son maximum. Le condensateur est chargé à sa plus grande valeur. Au moment où l'accroissement de tension devient nul (sommet de la sinusoïde), le courant  $i_c$  devient nul.
- (3) La tension  $V_s(t)$  décroît. La loi des nœuds donne :

$$I_s(t) = I_c(t) + I_0 \quad (II.5)$$

Deux phénomènes vont alors se concurrencer :

- a. Le pont conduit, imposant la tension  $v_s(t)$ , et par voie de conséquence le courant  $i_c(t)$ .

$$i_c = C \cdot \frac{dv_s}{dt} \quad (II.6)$$

Est donc négatif, mais suffisamment peu pour que  $I_s(t)$  demeure positif (puisque  $I_0$  s'y ajoute). Cela signifie que  $C$  est faible.

- b. Le pont est coupé car le courant  $I_c(t)$  négatif a atteint la valeur  $-I_0$ . Dès lors, nous nous trouvons avec deux circuits qui sont déconnectés, d'un côté le pont qui est coupé, de l'autre le condensateur qui se vide dans la source de courant  $I_0$ .

- (4) Lorsque la tension  $V_{source}$ , en valeur absolue, atteint la valeur de  $v_s(t)$ , le pont reprend sa conduction. [6]

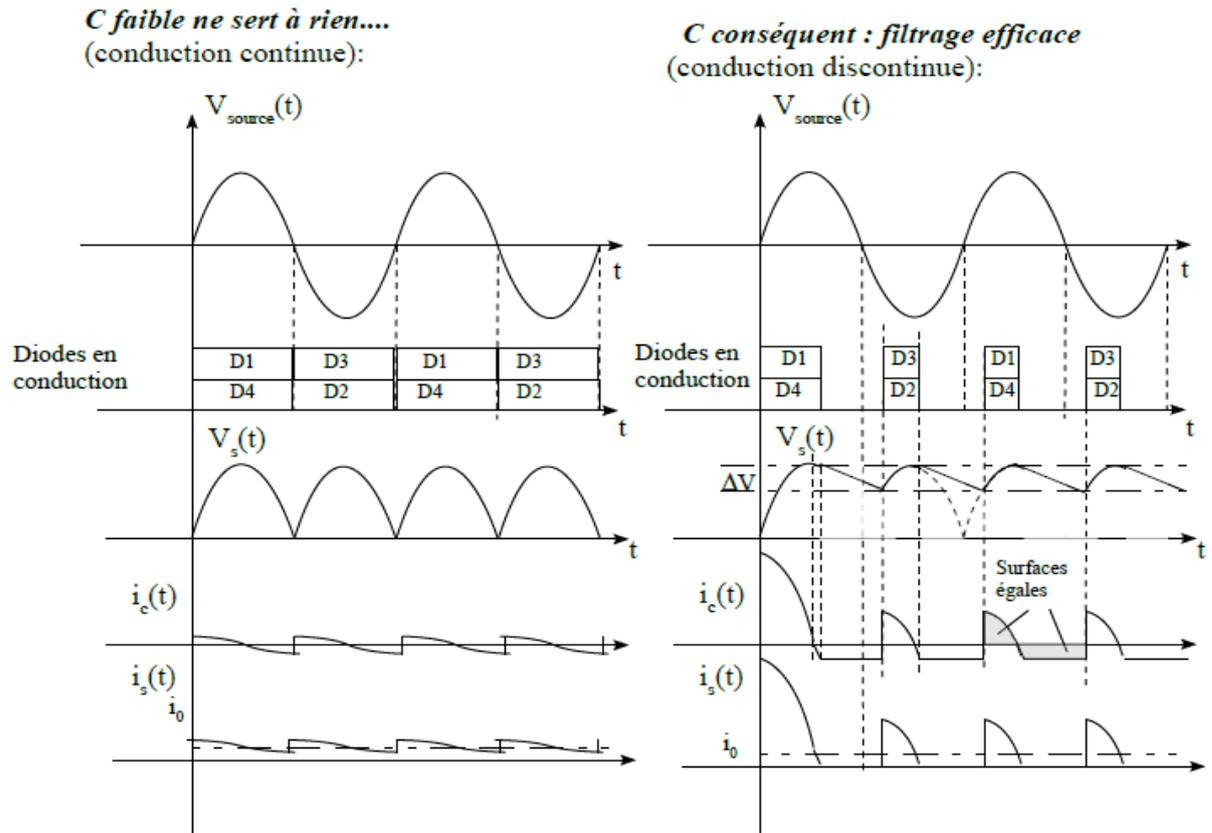


Figure II. 11a : Redressement-filtrage inefficace [9]

Figure II. 11b : Redressement-filtrage efficace [9]

### II.3.1. Comment dimensionner C (Calcul du condensateur) ?

Pour y parvenir, il faut s'imposer une ondulation de tension, et il faut connaître le courant absorbé par la charge,  $I_0$ .

En remarquant que, grosso modo, la décharge dure  $\frac{1}{2}$  période du signal sinusoïdal, on peut considérer que le condensateur se décharge sous courant constant pendant ce temps-là :

$$dv = \frac{1}{c} \int i. dt \text{ Soit } \Delta V = \frac{I_0}{c} \cdot \frac{T}{2} \quad (II.7)$$

Prenons un exemple :

$$I_0 = 2A, \Delta V = 5V \text{ donne : } C = I_0 \cdot \frac{T}{2} \cdot \frac{1}{\Delta V} = 2 \cdot \frac{10m}{2} \cdot \frac{1}{5} = 2000 \mu F [9]$$

#### **II.4. Stabilisation :**

Un régulateur de tension est un élément qui permet de stabiliser une tension à une valeur fixe, et qui est nécessaire pour les montages électroniques qui ont besoin d'une tension qui ne fluctue pas, ne serait-ce que peu. Un régulateur de tension peut être composé d'un ensemble de composants classiques (résistances, diodes Zener et transistor par exemple), mais il peut aussi être de type "intégré" et contenir tout ce qu'il faut dans un seul et même boîtier, pour faciliter son usage.



##### **II.4.1. Régulation de tension" ou "stabilisation de tension ?**

Dans la littérature, vous trouverez souvent les termes "tension stabilisée" ou "tension régulée". La différence entre les deux est-elle importante ? Rarement, car dans les deux cas on souhaite obtenir la même chose, à savoir une tension qui s'éloigne le moins possible de la valeur qu'on souhaite lui donner. La définition de réguler dans le domaine technique est "Maintenir une grandeur entre deux limites fixées" alors que dans le domaine physiologique (vivant) on dit "Assurer la constance des caractères d'un milieu intérieur en dépit des variations du milieu extérieur". La définition de stabiliser est quant à elle "Permettre à un système de revenir à une position établie après en avoir été écarté par une action extérieure" ou encore "Se maintenir durablement sans profondes variations". Dans tous les cas il est fait mention d'un état désiré (la valeur de la tension dans le cas qui nous concerne) et d'une plage de variation faible qu'on doit accepter car la perfection n'existe pas. Moi-même utilise depuis toujours les deux termes

sans réellement faire de distinction, ne soyez donc pas surpris quand j'écris "tension stabilisée en sortie du régulateur". [10]

#### **II.4.2. Régulateurs fixes :**

Les régulateurs fixes sont appelés ainsi parce qu'ils ont été conçus pour délivrer une tension continue d'une valeur donnée, qui ne peut pas être modifiée sans artifice. Il en existe de multiples sortes, mais les plus courants sont sans aucun doute ceux de la série LM78xx (ou uA78xx) et LM79xx (ou uA79xx). Ils sont très faciles à mettre en œuvre, et il suffit de peu de connaissances pour savoir lequel utiliser, leur nom indiquant de lui-même de quoi il en retourne. Pour tout savoir, décomposons le nom de ces régulateurs :

LM = préfixe utilisé par le fabricant. Il peut aussi s'agir de uA, ou MC (LM7812, MC7812, uA7812 - parfois pas de préfixe mais une lettre en plein milieu, comme 78M12)

78 = signifie qu'il s'agit d'un régulateur positif

79 = signifie qu'il s'agit d'un régulateur négatif

xx = tension de sortie fixe (valeur entière sur deux chiffres, par exemple "05" pour 5 V)

Valeurs courantes disponibles : 5V, 6V, 9V, 10V, 12V, 15V, 18V, 24V (certaines de ces valeurs étaient moins courantes par le passé que maintenant).

Sachant cela, vous devriez être en mesure de me dire à quoi correspondent les régulateurs marqués LM7812 et uA7915... Si ce n'est pas le cas, relisez les lignes qui précèdent. [10]

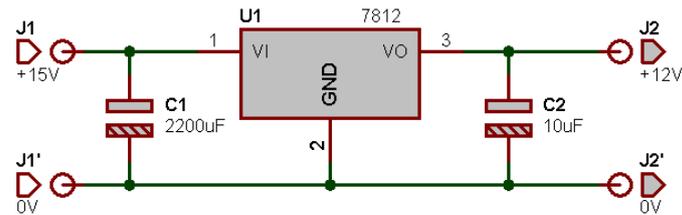


Figure II. 12 : Brochage du LM7812 [10]

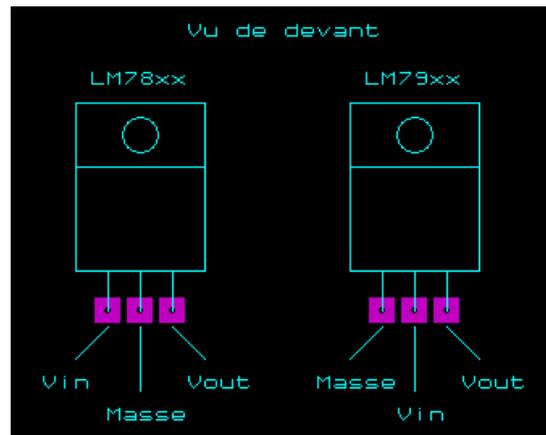


Figure II. 13 : Vu de devant du LM78XX et LM79XX [10]

#### II.4.3. Régulateur à diode Zener

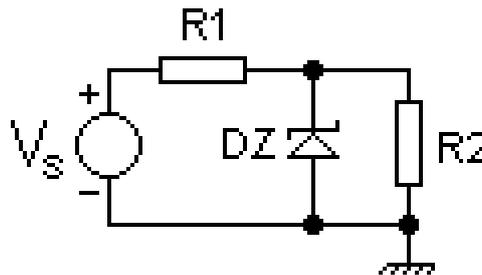


Figure II. 14 : Circuit de régulateur a diode Zener [10]

La figure montre un exemple de régulateur à diode Zener (à proprement parler, il s'agit-il plutôt d'un montage stabilisateur). La tension inverse de seuil, dite « tension Zener » (résultant de l'effet Zener) de la diode, permet de stabiliser la tension de sortie. La résistance R1 fournit le courant Zener  $I_Z$  ainsi que le courant de sortie  $I_{R2}$ , où R2

représente la charge. Lorsque la charge a une consommation  $I_{R2}$  constante,  $R1$  peut être calculée de la façon suivante :

$$R1 = \frac{V_S - V_Z}{I_Z - I_{R2}} \quad (II.8)$$

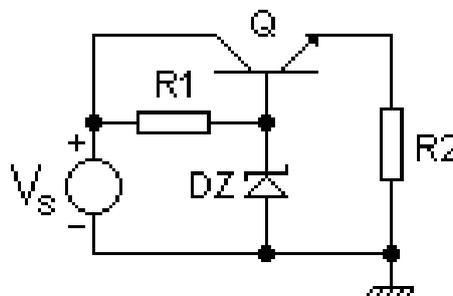
Avec  $V_Z$  la tension Zener et  $I_{R2}$  le courant absorbé par la charge.

On essaie de minimiser en général le courant  $I_Z$  traversant la diode (énergie perdue), en prenant comme valeur, le courant minimal de polarisation de la diode.

Lorsque la charge a une consommation de courant variable,  $R1$  est calculée avec la valeur maximum de  $I_{R2}$  lorsque le courant de charge est inférieur à cette valeur, la différence est drainée par la diode Zener.

Ce type de régulateur est utilisé pour les faibles puissances (tension de référence par exemple). La diode doit être prévue pour pouvoir supporter le surplus de courant la traversant au cas où la charge serait déconnectée. Les performances de ce type de montage sont très limitées, la stabilité de la tension de sortie dépendant de la variation du courant Zener et de la résistance dynamique de la diode. Le courant Zener variant lui-même en fonction de la tension d'entrée  $V_S$  et des variations du courant de la charge. La tension de seuil est également, pour les diodes Zener courantes, assez dépendante des variations de température. [10]

#### II.4.4. Régulateur série



*Figure II. 15 : Régulation à transistor 2N3055 [10]*

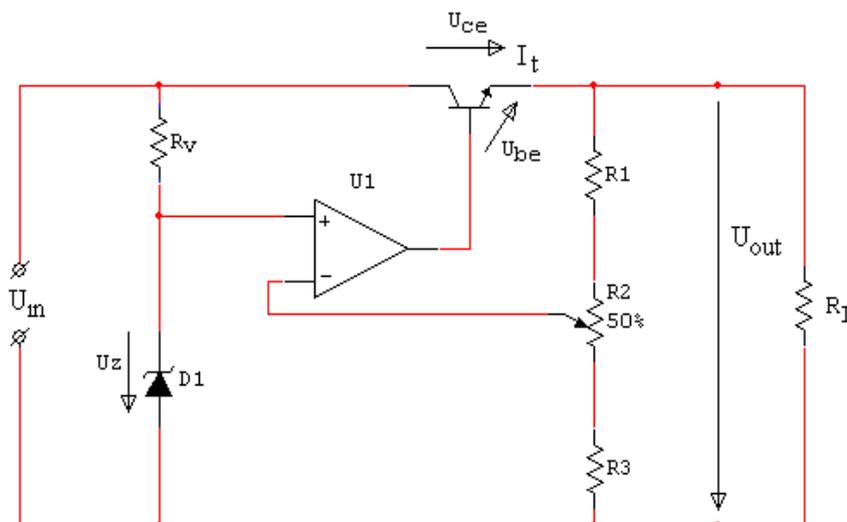
Dans ce cas, un transistor est directement relié à la référence de tension (diode Zener). C'est le transistor Q qui fournit le courant de sortie  $I_{R2}$  et absorbe les variations de  $V_s$ . La résistance R1 fournit quant à elle le courant Zener  $I_Z$ .

Ce type de montage offre de meilleures performances qu'un régulateur à diode Zener simple car le courant de base du transistor ne charge presque pas la diode Zener, limitant ainsi les variations de la tension Zener dues aux variations de charge. La tension de sortie sera inférieure de 0,65 V à la tension de référence en raison de la tension Base-Émetteur  $V_{BE}$  du transistor.

Bien que ce type de montage possède un bon pouvoir régulateur, il est toujours sensible aux variations de charge et ne permet pas de régler correctement la tension de sortie. Ces problèmes peuvent être résolus en incorporant une boucle de contre-réaction au montage afin d'assurer un asservissement de la tension de sortie.

Ce type de régulateur est qualifié de série car le transistor Q est en série avec la charge. [10]

#### **II.4.5. Régulateur série avec asservissement de la tension de sortie :**



*Figure II. 16 : Circuit de régulateur série avec asservissement de la tension de sortie [11]*

Sur la figure ci-dessus, l'asservissement de la tension de sortie se fait grâce à l'amplificateur opérationnel (AO) U1 ainsi qu'au pont diviseur de tension constitué de R1, R2 et R3. Le pont diviseur de tension fournit une image de la tension de sortie  $U_{out}$  à l'AO U1 qui augmente sa tension de sortie si la tension de référence est en dessous de l'image de la tension de sortie et vice-versa en cas de tension négative.

Ce genre de montage offre d'excellentes performances car il est très peu sensible aux variations de la charge ainsi qu'aux variations de  $U_{in}$ . De plus, en utilisant une résistance variable pour R2, on peut faire varier arbitrairement la tension de sortie entre  $U_Z$  et  $U_{in}$ .

#### **II.4.6. Les régulateurs de tension réglable :**



*Figure II. 17 : Photo réel d'un régulateur de tension réglable [12]*

De principe similaire aux régulateurs à tension fixe, ces régulateurs peuvent fournir n'importe quelle tension régulée (à l'intérieur d'une plage spécifiée par le fabricant). Généralement, une ou deux résistances externes sont utilisées pour régler la tension de sortie. Les modèles les plus courants se trouvent dans la série des « 317 » « 337 ». Certains composants intègrent un potentiomètre dans ou à la surface de leur boîtier, il suffit d'un petit tournevis pour les régler. [12]

### **III. La sécurité dans une alimentation stabilisée (Protection) :**

Dans n'importe quel domaine la sécurité est primordial, son but c'est de protéger le système et son utilisateur. Elle conserve l'effort et le travail fait au préalable et fournit une protection supplémentaire afin d'assurer le bon fonctionnement du système.

De nombreuses techniques simples permettent d'améliorer ou protéger les alimentations régulées. Les techniques présentées ici permettront de limiter les risques les plus courants par rapport à la charge :

- La charge impose une tension négative à l'alimentation ;
- Une surtension est provoquée par la charge.

Par ailleurs, les améliorations proposées sont :

- Un filtrage plus efficace contre les hautes fréquences ;
- Une meilleure réponse en cas de sollicitation brusque de la charge ;
- Une immunité aux parasites présents sur les lignes électriques.

Pour éviter ces dommages on propose des recommandations à appliquer sur les systèmes que ce soit en rapport avec le cordon électrique, le montage électrique ou bien avec le boîtier. [13]

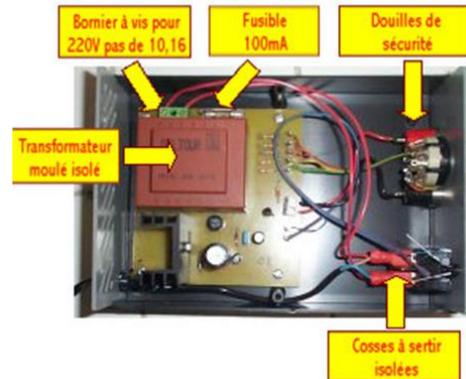
#### **III.1. Le cordon électrique :**

- ✓ Ne doit pas être soudé directement sur le circuit imprimé mais relié par cosses ou bornier.
- ✓ Disposer d'un dispositif anti-traction.
- ✓ Être au minimum d'une section de 0,75 mm<sup>2</sup>.
- ✓ De préférence avec une prise secteur moulée.



### III.2. Le montage électronique :

- ✓ Etre protégé contre les surcharges : fusible, dispositif électronique.
- ✓ Posséder un transformateur à double isolation de préférence, avec enroulement primaire séparé du secondaire.
- ✓ Protéger par une isolation toutes les parties de 220 V.



### III.3. Le boîtier :

- ✓ Un boîtier métallique obligatoirement relié à la terre
- ✓ Un boîtier en matière isolante (Plastique)
- ✓ Posséder une étiquette identifiant l'appareil par ses caractéristiques électriques, placée à l'arrière du boîtier. [14]



# *Chapitre III*

*Réalisation pratique*



Le gain en tension très important d'un amplificateur opérationnel en boucle ouverte fait de lui un composant utilisé dans une grande variété d'applications. Certains amplificateurs opérationnels, de par leurs caractéristiques (temps de montée, faible distorsion harmonique, etc.), sont spécialisés dans l'amplification de certains types de signaux comme les signaux audio ou vidéo.

### **III. Transistor :**



*Figure III. 2 : Photo réel des transistors*

Le transistor est un composant électronique qui est utilisé comme interrupteur dans les circuits logiques, comme amplificateur de signal, pour stabiliser une tension, moduler un signal ainsi que pour de nombreuses autres applications.

Un transistor est un dispositif semi-conducteur à trois électrodes actives, qui permet de contrôler un courant (ou une tension) sur une des électrodes de sorties (le collecteur pour le transistor bipolaire et le drain sur un transistor à effet de champ) grâce à une électrode d'entrée (la base sur un transistor bipolaire et la grille pour un transistor à effet de champ).

C'est un composant fondamental des appareils électroniques et des circuits logiques.

III.1. Transistor NPN :

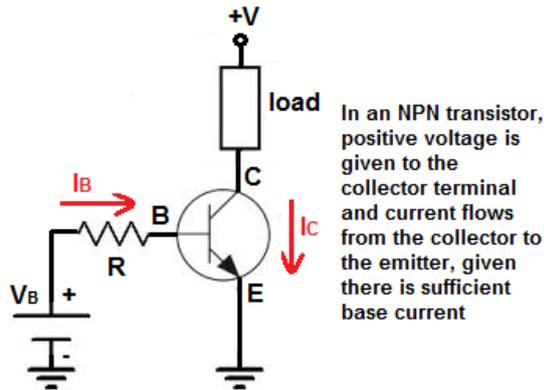


Figure III. 3 : Transistor de type NPN

Lorsque vous augmentez le courant à la base d'un transistor NPN, le transistor est allumé de plus en plus jusqu'à ce qu'il se déroule pleinement du collecteur à l'émetteur.

Et comme vous réduisez le courant à la base d'un transistor NPN, le transistor devient de moins en moins, jusqu'à ce que le courant soit si bas, le transistor ne se déroule plus sur le collecteur vers l'émetteur et s'éteint.

III.2. Transistor PNP :

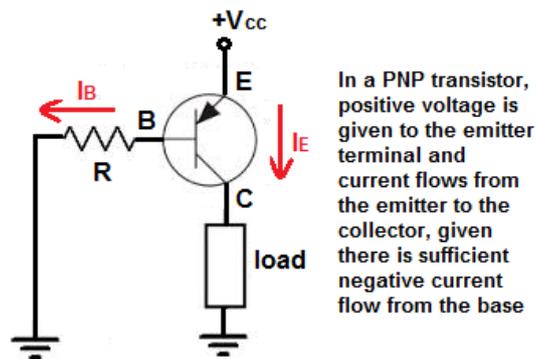


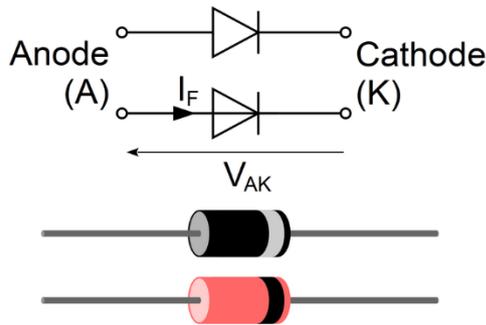
Figure III. 4 : Transistor de type PNP

Un transistor PNP fonctionne de manière opposée totale.

Comme le courant est coulé de la base (s'écoule de la base à la masse), le transistor est allumé et conduit partout pour alimenter la charge de sortie.

Ce sont donc les concepts principaux des transistors NPN vs PNP.

#### **IV. Diode :**



*Figure III. 5 : Symbole d'une diode*

La diode est un composant électronique. C'est un dipôle non-linéaire et polarisé. Le sens de branchement d'une diode a donc une importance sur le fonctionnement du circuit électronique dans lequel elle est placée.

Sans précision ce mot désigne un dipôle qui ne laisse passer le courant électrique que dans un sens. Ce dipôle est appelé diode de redressement lorsqu'il est utilisé pour réaliser les redresseurs qui permettent de transformer le courant alternatif en courant unidirectionnel.

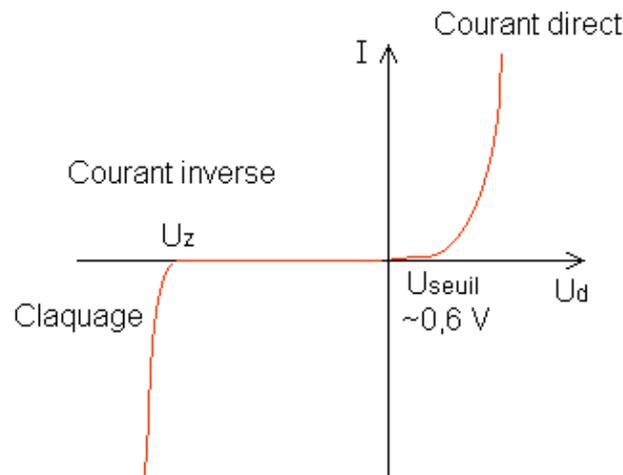
#### **V. Diode Zener :**



*Figure III. 6 : Symbole d'une diode Zener*

Une diode Zener est un assemblage de deux semi-conducteurs dont les propriétés électriques ont été découvertes par le physicien américain Clarence Zener. Contrairement à une diode conventionnelle qui ne laisse passer le courant électrique

que dans un seul sens, le sens direct, les diodes Zener sont conçues de façon à laisser également passer le courant inverse, mais ceci uniquement si la tension à ses bornes est plus élevée que le seuil de l'effet d'avalanche. Ce seuil en tension inverse (tension Zener) est de valeur déterminée pouvant aller de 1,2 V à plusieurs centaines de volts. Certaines diodes Zener comportent une troisième broche qui permet de régler cet effet d'avalanche.



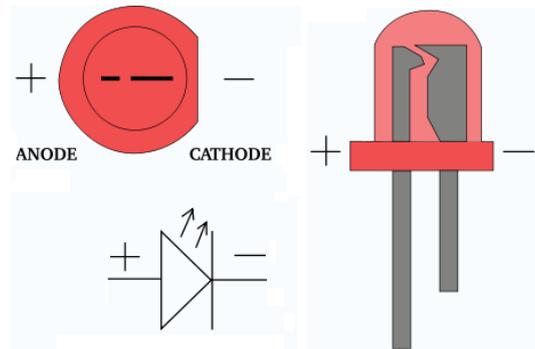
**Figure III. 7 : Caractéristique de la diode Zener : courbe de  $I(U_d)$**

Une diode est le contact de deux types de semi-conducteurs, l'un de type P et l'autre de type N. Soumise à une tension inverse, elle conduit un courant inverse très faible, que l'on considère nul dans la pratique. L'énergie des bandes de valence des atomes dans les matériaux de type P ont souvent un recouvrement avec les bandes de conduction du matériau de type N. Si la jonction P-N d'une diode est fortement dopée, la zone de charge d'espace est très mince et des électrons peuvent traverser la jonction dans la bande d'énergie commune par l'effet tunnel. Ainsi, la diode soumise à une tension inverse peut conduire un courant par l'effet tunnel<sup>2</sup>. La tension d'apparition de l'effet tunnel est très faible si le dopage est très grand. Cette tension dépend du niveau de dopage et de la tension inverse.

D'autre part, lorsque la tension inverse devient suffisamment grande, le champ électrique interne à la jonction P-N est tel que certaines charges électriques minoritaires très énergétiques génèrent de nouvelles charges électriques par processus

d'ionisation par chocs<sup>2</sup>. Il y a augmentation du courant inverse par effet d'avalanche, et destruction de la diode si cet effet n'est pas limité par une résistance mise en série. La diode peut ainsi laisser passer un courant important en inverse.

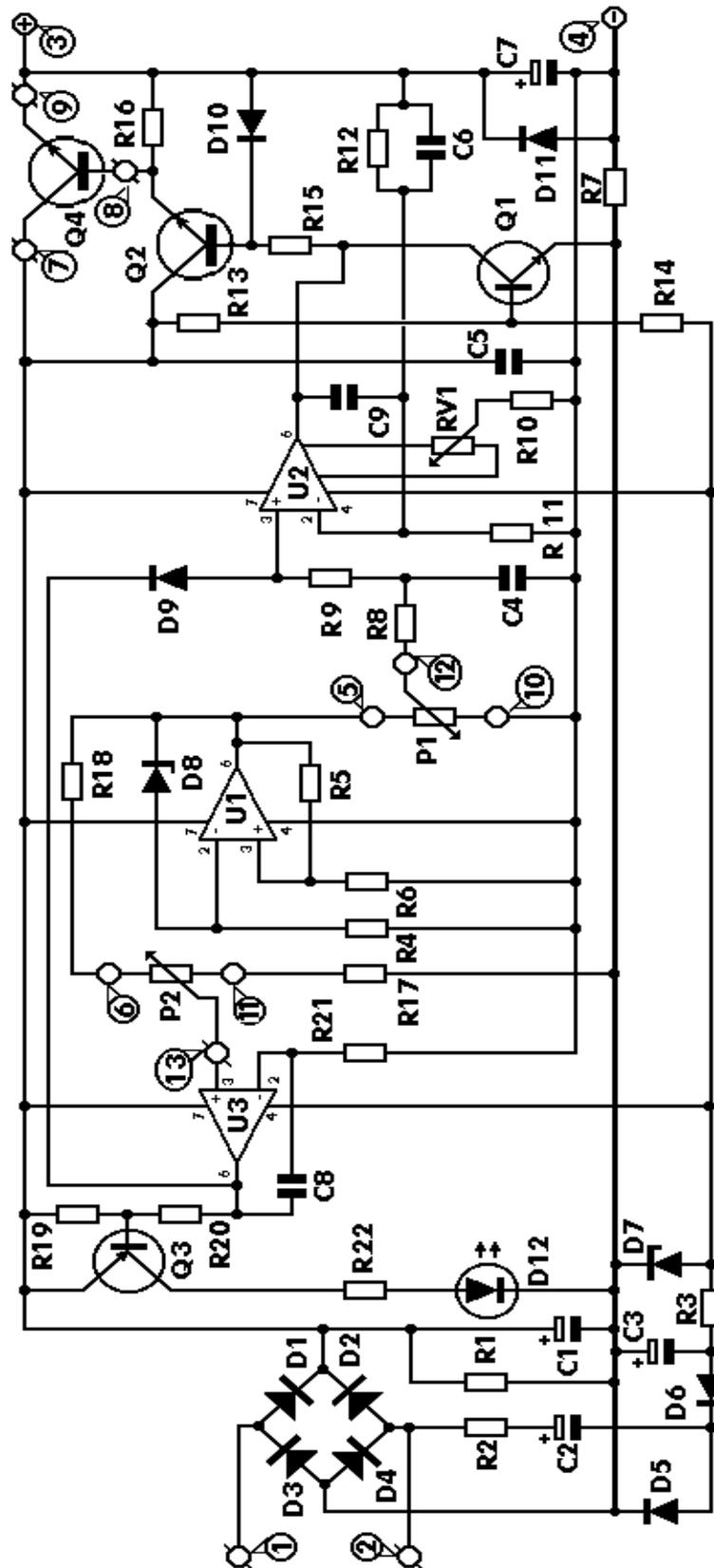
## **VI. Diode électroluminescente :**



*Figure III. 8 : Symbole d'une diode électroluminescente*

Une diode électroluminescente (abrégé en DEL en français, ou LED, de l'anglais : (light-emitting diode), est un dispositif opto-électronique capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique. Une diode électroluminescente ne laisse passer le courant électrique que dans un seul sens (le sens passant, comme une diode classique, l'inverse étant le sens bloquant) et produit un rayonnement monochromatique ou polychromatique non cohérent à partir de la conversion d'énergie électrique lorsqu'un courant la traverse.

VII. Schéma électrique du circuit :



#### **- Les connexions externes sont :**

- 1 et 2 entrée AC, le secondaire du transformateur.
- 3 (+) et 4 (-) sortie CC.
- 5, 10 et 12 à P1.6, 11 et 13 à P2.
- 7, 8, et 9 au transistor de puissance Q4.

#### **VII.1. Description générale :**

Il s'agit d'une alimentation électrique de haute qualité avec une sortie stabilisée variable en continu réglable à tout Valeur entre 0 et 30VDC. Le circuit intègre également un limiteur de courant de sortie électronique qui Contrôle automatiquement le courant de sortie de quelques millimètres (2 mA) à la sortie maximale de Trois ampères (3A) que le circuit peut délivrer. Cette fonctionnalité rend cette alimentation indispensable dans Le laboratoire des expérimentateurs car il est possible de limiter le courant au maximum typique qu'un circuit testé peut exiger, et le mettre sous tension alors, sans aucune crainte qu'il puisse être endommagé si quelque chose ne va pas. Il existe également une indication visuelle selon laquelle le limiteur de courant est en cours de fonctionnement. Que vous pouvez voir

#### **VII.2. Fonctionnement du circuit :**

Pour commencer, il y a un transformateur de réseau descendant avec un enroulement secondaire évalué à 24 V / 3 A, Qui est relié entre les points d'entrée du circuit aux broches 1 et 2. (la qualité des fournitures La sortie sera directement proportionnelle à la qualité du transformateur). La tension alternative de l'enroulement secondaire des transformateurs est rectifiée par le pont formé par les quatre diodes D1-D4. Le La tension continue prise à travers la sortie du pont est lissée par le condensateur C1 et la résistance R1. Le circuit intègre (TL081) a des certaines caractéristiques uniques qui le rendent tout à fait différent des autres sources

d'alimentation de sa classe. Notre circuit utilise un amplificateur de gain constant pour fournir la tension de référence nécessaire pour son fonctionnement stable. La tension de référence est générée à la Sortie de U1.

Le fonctionnement de notre circuit est comme suit : la diode D8 est une diode zener de 5,6 V. La tension de sortie de l'amplificateur opérationnel U1 augmente progressivement jusqu'à ce que la diode D8 soit activée. Lorsque cela se produit, le circuit se stabilise et la tension de référence Zener (5,6 V) apparaît sur la résistance R5. Le courant qui circule à travers l'entrée non inverseuse de l'amplificateur U1 est négligeable, le courant circulant dans les résistances R5 et R6 est le même. Comme les deux résistances ont la même valeur, la somme de la tension entre ces deux résistances en série sera exactement le double de la tension sur chacun. La tension présente à la sortie de l'amplificateur (broche 6 de AOP U1) est de 11,2 V, deux fois la tension de référence Zener. L'amplificateur U2 a un facteur d'amplification constant d'environ 3 fois selon la formule  $A = (R11 + R12) / R11$ . Le potentiomètre à vis RV1 et la résistance R10 sont utilisées pour le réglage des limites des tensions de sortie afin qu'elles puissent être réduites à 0 V, malgré toutes les tolérances de valeur des autres composants dans le circuit.

Une autre caractéristique très importante du circuit, est la possibilité de pré-régler le courant de sortie maximum, en le transformant efficacement en une source de tension constante en courant constant. Pour rendre cela possible, le circuit détecte la chute de tension sur la résistance (R7) connectée en série avec la charge (la sortie). Le circuit responsable de cette fonction est l'amplificateur U3. La tension aux bornes de l'entrée inverseuse de l'amplificateur U3 a un potentiel de 0 V. En même temps, l'entrée non inverseuse du même AOP peut être réglée sur n'importe quelle tension au moyen de potentiomètre P2.

Supposons que pour une sortie donnée de plusieurs volts, le potentiomètre P2 est réglé de sorte que l'entrée inverseuse de AOP U3 soit maintenue à 1V. Si la charge augmente, la tension de sortie sera maintenue constante par la section de l'amplificateur de tension du circuit et la présence de R7 en série avec la sortie aura un effet négligeable en raison de sa faible valeur et en raison de son emplacement en

dehors de la boucle de retour du circuit de contrôle de tension. Si la charge augmente de sorte que la chute de tension sur R7 soit supérieure à 1V, l'AOP U3 entre en fonction, et le circuit sera en mode courant constant. La sortie de l'amplificateur U3 est couplée à l'entrée non inverseuse de l'amplificateur U2 par D9. L'amplificateur U2 est responsable de la commande de tension et lorsque l'amplificateur U3 est couplé à son entrée qui peut effectivement remplacer sa fonction. Ce qui se passe, c'est que la tension sur R7 est contrôlée et ne peut être augmentée au-dessus de la valeur prédéfinie en réduisant la tension de sortie du circuit.

Ceci est en effet un moyen de maintenir le courant de sortie constant. Nous pouvons ainsi régler la limite du courant jusqu'à 2 mA. Le condensateur C8 est utilisé pour augmenter la stabilité du circuit. Le transistor Q3 est utilisé pour exciter la LED chaque fois que le limiteur de courant est activé afin de fournir une indication visuelle (court-circuit). Afin de permettre à l'AOP U2 de contrôler la tension de sortie jusqu'à 0V. Toutes les situations indésirables produites par un circuit de tension simple est stabilisé au moyen de R3 et D7

En fin, d'éviter des situations incontrôlables et indésirables, il existe un circuit de protection construit autour de Q1. S'il y a un court-circuit le transistor Q1 protégé la sortie de l'alimentation. Cela entraîne en effet la tension de sortie vers la valeur de zéro volt donc le circuit protège les appareils connectés à sa sortie. Pendant le fonctionnement normal le transistor Q1 est maintenu par R14, mais lorsque on a un court-circuit le transistor réduit la puissance de l'amplificateur U2. Cet amplificateur (AOP) possède une protection interne et ne peut pas être endommagé en raison de ce court-circuit de sortie efficace.

#### **VII.2.1. Ajustement :**

Pour que la sortie de notre alimentation soit réglable entre 0 et 30 V, on doit ajuster le potentiomètre à vis RV1 pour assurer que le potentiomètre P1 est à son niveau minimum, la sortie de l'alimentation est exactement 0 V. Comme il est impossible de mesurer les valeurs très petites avec un voltmètre analogique, On a

### *Chapitre III : Réalisation pratique*

---

utilisé un voltmètre numérique pour cet ajustement, et de le mettre à une échelle très basse pour augmenter sa sensibilité.

# *Conclusion générale*

## *Conclusion générale*

---

L'alimentation électrique qu'on a réalisée est une alimentation continue (DC) régulée (alimentations linéaires réglables). Pour les applications électroniques critiques, un régulateur linéaire peut être utilisé pour régler la tension à une valeur précise, stabilisée contre les fluctuations de la tension d'entrée et de la charge. Le régulateur réduit également considérablement l'ondulation et le bruit dans le courant continu de sortie. Les régulateurs linéaires fournissent souvent des limites de courant, protégeant l'alimentation et le circuit attaché du courant excessif.

Pour plus de précision nous avons donné d'abord le schéma synoptique d'une alimentation stabilisée, puis nous avons étudié toutes les fonctions qui constituent ce schéma. Après ; nous avons présenté le circuit électrique du montage, nous avons expliqué en détail son fonctionnement, puis nous en avons fait la réalisation pratique.

Sans aucun doute, notre montage est loin d'être parfait ; des améliorations seraient donc possibles pour réaliser un circuit plus performant. Des critiques et commentaires des utilisateurs apporteraient un plus à notre réalisation.

# *Bibliographie*

# *Bibliographie*

[1] Elsevier Science, *Power Supply Projects: A Collection of Innovative and Practical Design Projects*, Elsevier livre, Oct 22, 2013.

[2] [http://www.leselectroniciciens.com/sites/default/files/cours/alimentation\\_stabilisees.pdf](http://www.leselectroniciciens.com/sites/default/files/cours/alimentation_stabilisees.pdf).

[3] <https://www.scribd.com/doc/6139980/Power-Supply-Classification>.

[4] <https://www.scribd.com/doc/50837664/power-supply-ebook>.

[5] <https://www.scribd.com/document/166062633/Variable-Power-Supply>.

[6] <http://yvan.radenac.pagespersoorange.fr/electronique/realisations/alimentation.pdf>.

[7] <http://www.eleccircuit.com/0-50v-3a-variable-dc-power-supply/>.

[8] [https://www.sonelec-musique.com/electronique\\_theorie.html](https://www.sonelec-musique.com/electronique_theorie.html)

[9] R. Erickson et D. Maksimovic, *Fundamentals of Power Electronics*, Université de Nonwell. Éditeurs académiques, 1999.

[10] P. Klein. *Elements of Power Electronics*. New York, Université d'Oxford, 1998.

[11] <https://www.craiovaforum.ro/electronica/carti-de-electronica-scanate-645905.html>.

[12] <https://www.scribd.com/book/282658316/Power-Supply-Projects-A-Collection-of-Innovative-and-Practical-Design-Projects>.

[13] <http://www.hardwaresecrets.com/everything-you-need-to-know-about-power-supply-protections/>.

[14] <http://inforadio.free.fr/protecalim.htm>.

# *Annexes*

## **Annexe -A- (S9014)**

### **Caractéristiques Transistor bipolaire S9015 :**

- Type - **npn**
- Voltage collecteur-émetteur : 45 V
- Tension de collecteur-base : 50 V
- Tension Emetteur-Base : 5 V
- Courant du collecteur : 0.1 A
- Dissipation du collecteur - 0,4 W
- Gain courant continu ( $h_{fe}$ ) - 60 à 1000
- Fréquence de transition - 150 MHz
- Plage de température de la jonction de fonctionnement et de stockage -55 à +150°C
- Forfait - TO-92

### **Configuration des broches (Pinout)**

Le S9014 est fabriqué dans un boîtier en plastique TO-92. En regardant le côté plat avec les fils tournés vers le bas, les trois fils émergeant du transistor sont, de gauche à droite, les fils d'émetteur, de base et de collecteur.



## S9014 pinout

1. Emitter
2. Base
3. Collector

### Classification de $h_{fe}$ :

S9014 pourrait avoir un gain courant n'importe où entre 60 et 1000. Le gain d'un S9014A serait dans la gamme de 60 à 150, S9014B - la gamme de 100 à 300, S9014C - la gamme de 200 à 600, S9014D - la gamme de 400 à 1000.

## **Annexe -B- (S9015)**

### **Caractéristiques Transistor bipolaire S9015 :**

- Type - **npn**
- Tension du collecteur-émetteur : -45 V
- Tension de base du collecteur : -50 V
- Tension émetteur-base : -5 V
- Courant du collecteur : -0.1 A
- Dissipation du collecteur - 0,4 W
- Gain courant continu ( $h_{fe}$ ) - 60 à 1000
- Fréquence de transition - 150 MHz
- Plage de température de la jonction de fonctionnement et de stockage -55 à +150°C
- Forfait - TO-92

### **Configuration des broches (Pinout) :**

Le S9015 est fabriqué dans un boîtier en plastique TO-92. En regardant le côté plat avec les fils tournés vers le bas, les trois fils émergeant du transistor sont, de gauche à droite, les fils d'émetteur, de base et de collecteur.



## S9015 pinout

1. Emitter
2. Base
3. Collector

### Classification de $h_{fe}$ :

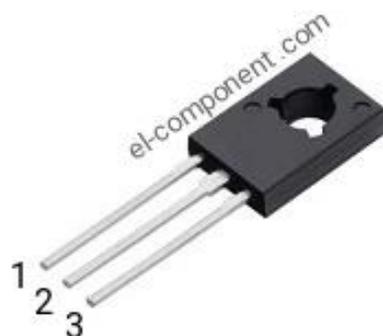
S9015 pourrait avoir un gain actuel n'importe où entre 60 et 1000. Le gain d'un S9015A serait dans la plage de 60 à 150, S9015B - la gamme de 100 à 300, S9015C - la gamme de 200 à 600, S9015D - la gamme de 400 à 1000.

## Annexe -C- (2SD882)

### Caractéristiques Transistor bipolaire 2SD882 :

- Type - **npn**
- Voltage collecteur-émetteur : 30 V
- Tension du collecteur-base : 40 V
- Tension Emetteur-Base : 5 V
- Courant du collecteur : 3 A
- Dissipation du collecteur - 10 W
- Gain courant continu ( $h_{fe}$ ) - 60 à 400
- Fréquence de transition - 90 MHz
- Plage de température de la jonction de fonctionnement et de stockage -55 à +150°C
- Forfait - TO-126

### Configuration des broches (Pinout) :



2SD882 pinout

1. Emitter
2. Collector
3. Base

**Classification de  $h_{fe}$  :**

2SD882 pourrait avoir un gain courant n'importe où entre 60 et 400. Le gain d'un 2SD882R serait dans la plage de 60 à 120, 2SD882O - la gamme de 100 à 200, 2SD882Y - la gamme de 160 à 320, 2SD882GR - la gamme de 200 à 400, 2SD882Q - la gamme de 100 à 200, 2SD882P - la gamme de 160 à 320,

**Remarque :**

Parfois, le préfixe "2S" n'est pas marqué sur le paquet - le transistor 2SD882 peut être marqué " D882 ".

## Annexe -D- (2SD1047-D)

### Caractéristiques 2SD1047 transistor bipolaire :

Type - **npn**

Voltage collecteur-émetteur : 140 V

Tension de collecteur-base : 160 V

Tension Emetteur-Base : 6 V

Courant du collecteur : 12 A

Dissipation du collecteur - 100 W

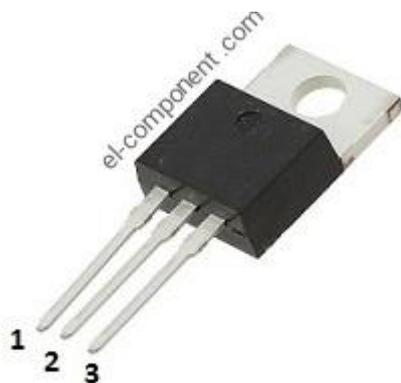
Gain courant continu ( $h_{fe}$ ) - 60 à 200

Fréquence de transition - 15 MHz

Plage de température de la jonction de fonctionnement et de stockage -40 à +150 ° C

Forfait - TO-220

### Configuration des broches (Pinout) :



### 2SD1047 pinout

1. Base
2. Collector
3. Emitter

**Classification de  $h_{fe}$  :**

2SD1047 peut avoir un gain courant n'importe où entre 60 et 200. Le gain d'un 2SD1047-D serait dans la plage de 60 à 120, 2SD1047-E - la gamme de 100 à 200.

**Remarque :**

Parfois, le préfixe "2S" n'est pas marqué sur le paquet, le transistor 2SD1047 peut être marqué " D1047 ".

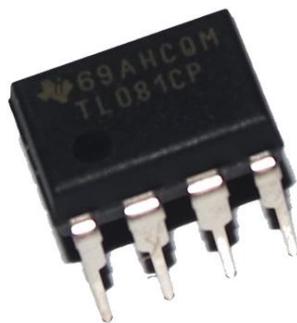
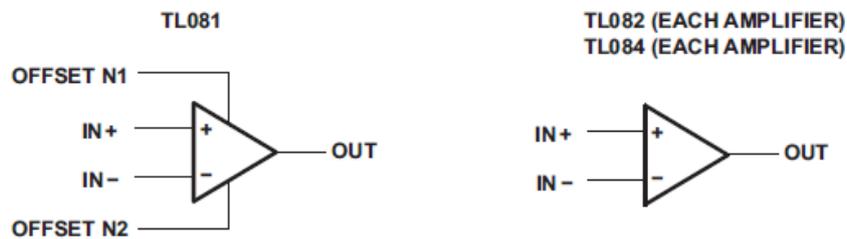
## Annexe -E- (TL081)

### Description :

La famille d'amplificateurs opérationnels TL08xx JFET est conçue pour offrir une sélection plus large que toute famille d'amplificateurs opérationnels développés précédemment.

Chacun de ces amplificateurs opérationnels d'entrée JFET intègre des transistors JFET et bipolaires à haute tension bien adaptés dans un circuit intégré monolithique. Les dispositifs présentent des vitesses de rotation élevées, des fréquences de faible entrée et des courants de décalage, et un faible coefficient de température de la tension décalée.

### Schematic Symbol

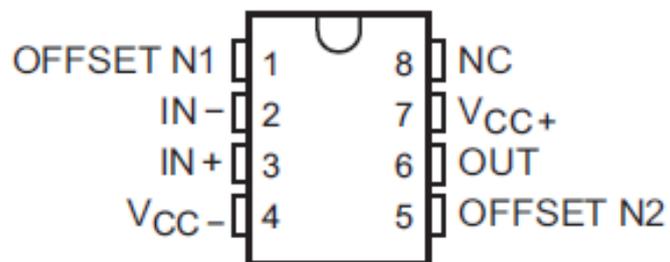


### Caractéristiques TL081 :

- Faible consommation d'énergie : 1,4 mA / ch Typique.
- Large plage de tension en mode commun et différentiel.
- Courant de polarisation d'entrée faible : 30 pA Typique.
- Courant de décalage d'entrée faible : 5 pA Typique.
- Protection contre court-circuit de sortie.
- Faible distorsion harmonique totale : 0,003% Typique.
- Impédance haute entrée : Etape d'entrée JFET.
- Fonctionnement sans verrouillage.
- Taux de vitesse élevé : 13 V /  $\mu$ s Typique.
- Plage de tension d'entrée en mode commun inclut  $V_{cc+}$ .

### Configuration des broches :

TL081 and TL081x D, P, and PS Package  
8-Pin SOIC, PDIP, and SO  
Top View



## Annexe -E- (Eagle (logiciel))



Eagle (*Easily Applicable Graphical Layout Editor*) est un logiciel de conception assistée par ordinateur de circuits imprimés.

Il comprend un éditeur de schémas, un logiciel de routage de circuit imprimé avec une fonction d'autoroutage, et un éditeur de bibliothèques. Le logiciel est fourni avec une série de bibliothèques de composants de base.

C'est un logiciel multiplate-forme.

Il est populaire auprès des amateurs parce qu'il existe une version de démonstration gratuite. La version gratuite est limitée à deux couches au format européen (100x80 mm) et permet de faire de l'autoroutage sur les deux couches.

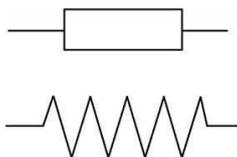
- Développeurs : CadSoft Computer GmbH.
- Écrit en : Qt.
- Environnements : Windows, Unix, Mac OS.
- Type : Logiciel de conception assistée par ordinateur pour l'électronique.
- Site web : [www.cadsoftusa.com](http://www.cadsoftusa.com).

## Annexe -F-

### 1. Résistance :



Les résistances ont toutes une valeur ohmique, qui peut être faible (par exemple 0,1 ohm) ou élevée (par exemple 10 Mohms). La valeur d'une résistance est inscrite sur le composant lui-même, afin d'éviter toute erreur de choix lors de leur manipulation. Pour que tout le monde s'y retrouve sans ambiguïté, un code d'écriture de la valeur ohmique a été adopté et normalisé. Selon la taille du composant, la valeur peut être inscrite en clair, en code de couleurs ou en code chiffré.



Une résistance marquée 10 signifie qu'elle fait 10 ohms. Le marquage 10U, 10E ou 10R signifie aussi qu'elle fait 10 ohms.

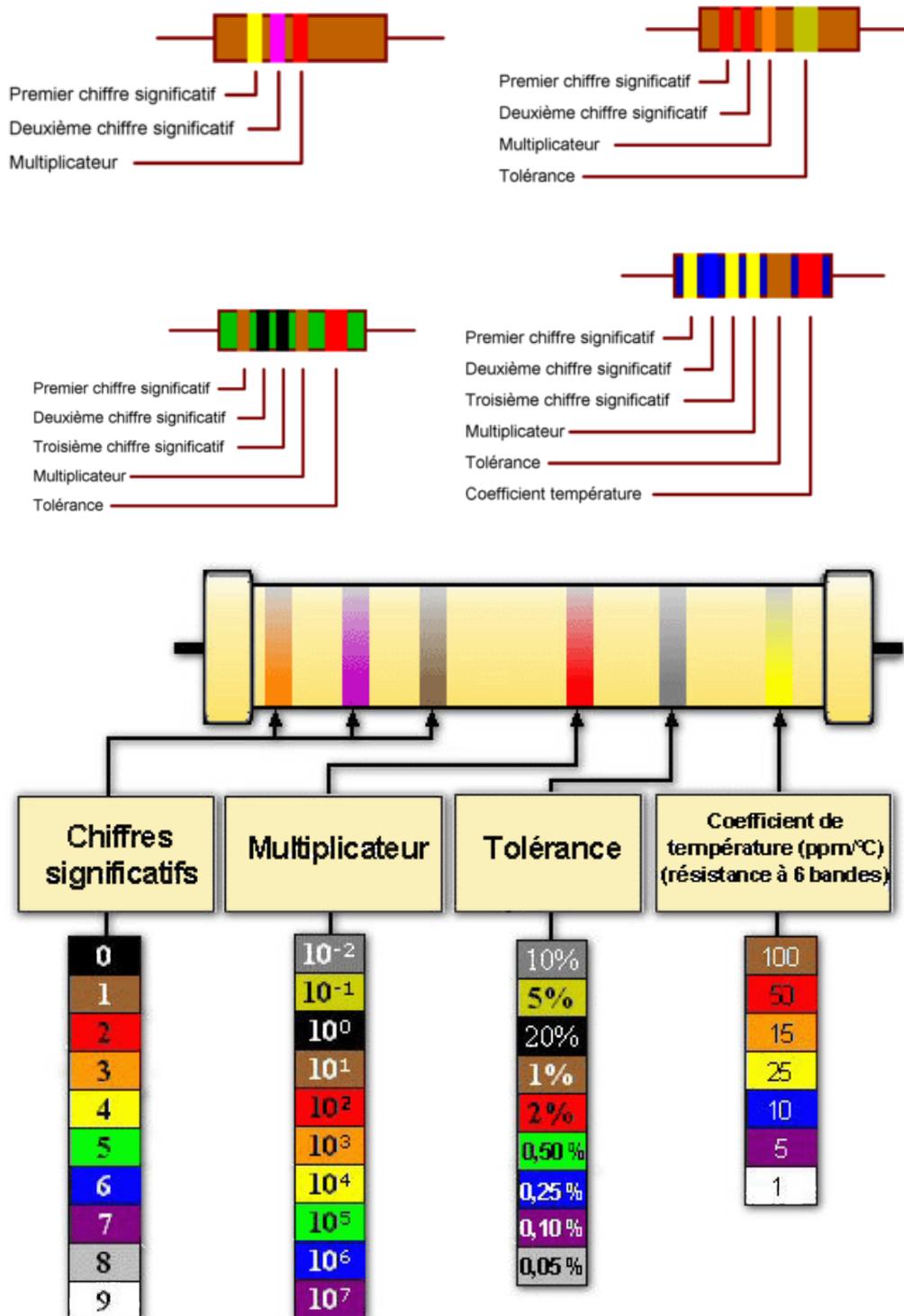
- Le marquage 4K7 correspond à 4700 ohms,
- Le marquage 1M2 correspond à 1200000 ohms, ou encore à 1200 KOhms.
- Le marquage 0.1, .1, 0U1 ou U1 révèle une valeur de 0,1 ohm.

#### 1.1. Affichage en code de couleurs :

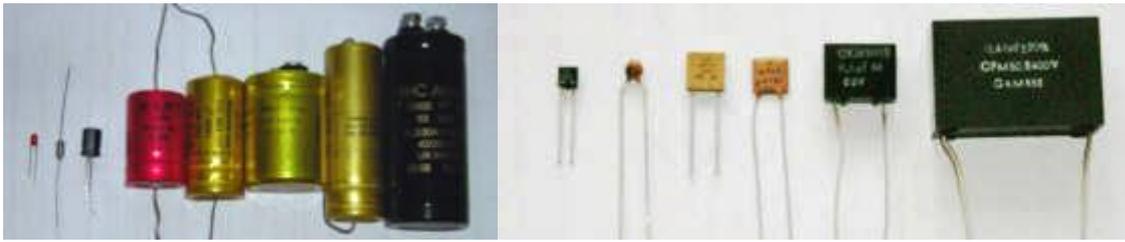
Le codage de la valeur de la résistance peut être réalisé avec trois anneaux de couleur, quatre anneaux de couleur, cinq anneaux de couleur (haute précision) ou six anneaux de couleur (haute précision et haute stabilité). A chaque couleur (et donc à chaque anneau) correspond un chiffre, selon une table de correspondance normalisée et utilisée par tout le monde. Certains anneaux de couleur permettent de définir la valeur de base du composant, un anneau définit le facteur de multiplication à appliquer à la

## Annexes

valeur de base, un autre peut définir sa tolérance (précision), et un dernier enfin peut définir le degré de stabilité de la valeur du composant en fonction de conditions extérieures telle que la température ambiante.



## 2. Capacité (Condensateur) :



Le Condensateur est un composant électronique élémentaire, constitué de deux armatures conductrices appelées « électrodes » en influence totale et séparées par un isolant polarisable ou « diélectrique ». Sa propriété principale est de pouvoir stocker des charges électriques opposées sur ses armatures. La valeur absolue de ces charges est proportionnelle à la valeur absolue de la tension qui lui est appliquée. Le condensateur est caractérisé par le coefficient de proportionnalité entre charge et tension appelé capacité électrique et exprimée en farads (F). La relation caractéristique d'un condensateur idéal est :

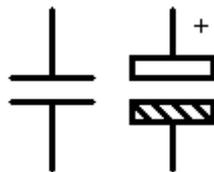
$$i = C \frac{du}{dt}$$

**i** : est l'intensité du courant qui passe par le composant, exprimée en ampères (symbole : A) ;

**u** : est la tension aux bornes du composant, exprimée en volts (symbole : V) ;

**C** : est la capacité électrique du condensateur, exprimée en farads (symbole : F) ;

$\frac{du}{dt}$  : est la dérivée de la tension par rapport au temps.



Le condensateur est utilisé principalement pour :

- Stabiliser une alimentation électrique (il se décharge lors des chutes de tension et se charge lors des pics de tension).

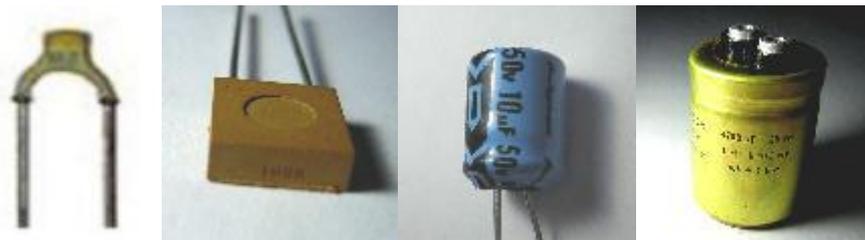
-Traiter des signaux périodiques (filtrage...).

-Séparer le courant alternatif du courant continu, ce dernier étant bloqué par le condensateur.

-Stocker de l'énergie, auquel cas on parle de super condensateur.

### 2.1. Valeur :

La valeur d'un condensateur est fixe et est principalement déterminée par la surface des armatures mises en regard, mais elle dépend aussi du diélectrique (isolant) placé entre celles-ci. La valeur est exprimée en Farad, ou en sous-multiples de Farad (pF pour Pico-Farad, nF pour Nano-Farad, uF pour Micro-Farad, mF pour Milli-Farad, F pour Farad). En règle générale, et pour un type de condensateur donné, la taille du composant est liée à sa valeur : un condensateur céramique de 100nF est plus gros qu'un condensateur céramique de 47pF.



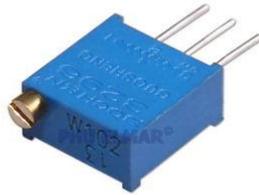
### 3. Potentiomètre linéaire :



Un potentiomètre linéaire est un potentiomètre dont la valeur de résistance varie proportionnellement à la distance entre ses bornes et le curseur. Il est utilisé, par exemple dans une source de tension variable. Ce principe est utilisé dans les appareils de mesures tels que le pied à coulisse.

La variation est progressive : quand le curseur se trouve au centre de la piste, la résistance ohmique que l'on peut mesurer entre le curseur et une extrémité est la même que celle que l'on peut mesurer entre le curseur et l'autre extrémité :  $R_a = R_b$  (si le potentiomètre est un modèle 100 k $\Omega$ ,  $R_a = R_b = 50$  k $\Omega$ ). Quand le curseur est à 80 % de sa course (plus vers l'extrémité haute),  $R_a = 20$  % de la résistance totale et  $R_b = 80$  % de la résistance totale. Il s'agit du type de potentiomètre qui est utilisé par défaut si rien n'est spécifié par l'auteur du schéma électronique, sauf s'il s'agit d'un potentiomètre de volume (dans ce cas un modèle logarithmique est requis).

#### 4. Potentiomètre a vis (Trimmer) :



Quand dans un circuit électronique on a besoin d'une résistance capable de fournir de façon graduelle une valeur ohmique variant de 0 ohm à une valeur maximum donnée, on doit utiliser un composant appelé trimmer ou résistance ajustable.

Ce composant est représenté dans les schémas électriques avec le même symbole qu'une résistance, auquel on ajoute une flèche centrale, appelée curseur

Un trimmer de 1000 ohms peut être réglé de façon à obtenir une valeur de 0.5, 1, 2, 3, 10  $\Omega$  ou de 240,3  $\Omega$ , 536,8  $\Omega$ , 910,5  $\Omega$ , 999,9  $\Omega$ , jusqu'à arriver à un maximum de 1000  $\Omega$ .

Avec un potentiomètre (trimmer) de 47 k  $\Omega$ , nous pourrions obtenir n'importe quelle valeur ohmique comprise entre 0 et 47 k $\Omega$ .

## Nomenclature

R1=2.2K 1W	R2=82R
R3=220R	R4=4.7K
R5.R6.R13.R20.R21= 10K	R7=0.47R 5W
R8.R11=27K	R9.R19=2.2K
R10=270K	R12.R18=56K
R14=1.5K	R15.R16=1K
R17=33R	R22=3.9K
RV1=100K	P1.P2=10K
C1=3300uF/50V	C2.C3=47uF/50V
C4=0.1uF	C5=0.22uF
C6=100P	C7=10uF/50V
C8=330P	C9=100P
D1.D2.D3.D4=1N5408	D5.D6=1N4148
D7.D8=5.1V	D9.D10=1N4148
D11=1N4004	Q1=9014
Q2=2SD882	Q3=9015
Q4=2SD1047	U1.U2.U3=TL081
D12=LED	

## الملخص:

يهدف هذا المشروع لشرح الجودة العالية لمزود الطاقة (المغذية) المستقر والقابل لتعديل امدادات الطاقة الخاصة به حيث يتكون من محول، وجسر المعدل، مكثف ومنظم للتحكم لتغيير الطاقة الناتجة القابلة للتعديل بين 0 و30 فولط مستمر وتشمل الدائرة أيضا التحكم في التيار المستمر الناتج من بضعة ميلي أمبير (2 ميلي أمبير) إلى ثلاثة أمبير (3 أمبير). مما يجعل هذا المزود لا غنى عنه من طرف المجربين في المخابر، فمن الممكن أن يتم تشغيله دون الخوف أن يتلف أو أن يكون عرضة للتلف. وهناك أيضا إشارة مرئية لمعرفة ما إذا كان محدد الحماية (ليد) يعمل وما إذا كان المزود لا يتجاوز المقاييس المحددة مسبقا.

**الكلمات المفتاحية:** مزود الطاقة المستقر - محول - جسر المعدل - مكثف - منظم - تيار مستمر - - أمبير - ليد.

## Résume :

Ce projet est destiné à expliquer une alimentation stabilisée réglable de haute qualité qui constitué d'un transformateur, d'un pont redresseur, d'un filtre à condensateur et une régulation avec une sortie stabilisée variable en continu réglable à n'importe quelle valeur entre 0 et 30VDC. Le circuit comprend également régulation de courant de sortie qui contrôle efficacement ce dernier de quelques milliampères (2 mA) à trois ampères (3A) que le circuit peut délivrer. Cette fonctionnalité rend cette alimentation électrique indispensable dans le laboratoire des expérimentateurs, il est possible de l'allumer sans craindre qu'il soit endommagé notre alimentation. Il existe également une indication visuelle pour voir si le limiteur de protection (LED) est en fonctionnement et que notre circuit dépasse ou non ses limites présélectionnées.

**Mots clés :** Alimentation stabilisée réglable – transformateur – pont redresseur – filtre a condensateur – régulation – VDC – Courant – ampère – LED.

## Abstract :

This project is intended to explain a high-quality adjustable stabilized power supply consisting of a transformer, a rectifier bridge, a capacitor filter and a regulator with a continuously variable stabilized output adjustable to any value between 0 and 30VDC. The circuit also includes output current control which effectively controls this current from a few milliamps (2 mA) to three amperes (3A) that the circuit can deliver. This functionality makes this power supply indispensable in the laboratory of the experimenters, it is possible to light it without fear that it's damaged our supply. There is also a visual indication to see if the protection limiter (LED) is operating and whether or not our circuit exceeds its preselected limits.

**Key words :** Adjustable stabilized power supply - transformer - rectifier bridge - capacitor filter - regulation - VDC - Current - ampere - LED.