

---

## SOMMAIRE

### **LISTE DES ABREVIATIONS**

### **LISTE DES TABLEAUX**

### **LISTE DES FIGURES**

### **INTRODUCTION**

### **PARTIE 1 : GENERALITES SUR L'ELECTRONIQUE DE PUISSANCE ET LES SYSTEMES D'ALIMENTATION**

CHAP 1 : RAPPELS SUR LES COMPOSANTS ELECTRONIQUES

CHAP 2 : ALIMENTATION LINEAIRE ET ALIMENTATION A DECOUPAGE

CHAP 3 : COMPARAISON ENTRE L'ALIMENTATION LINEAIRE ET L'ALIMENTATION A DECOUPAGE

### **PARTIE 2 : METHODE DE CONCEPTION D'UNE ALIMENTATION A DECOUPAGE SYMETRIQUE**

CHAP 1 : CAHIER DES CHARGES

CHAP 2 : SCHEMA GENERAL DE MONTAGE

CHAP 3 : FONCTIONNEMENT DETAILLE

### **PARTIE 3 : REALISATION**

CHAP 1 : REALISATION DU CIRCUIT IMPRIME

CHAP 2 : MISE AU POINT, ESSAI ET RESULTAT

CHAP 3 : DISCUSION ET COMMENTAIRE

### **PARTIE 4 : IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX**

### **CONCLUSION**

**LISTE DES ABREVIATIONS**

AOP	Amplificateur Opérationnel
Ar	Ariary
CEM	Compatibilité électromagnétique
$C_{eq}$	Capacité équivalente en F
Dz	Diode Zener
I	Courant efficace en A
MOS	Metal Oxyde Semiconductor
MTBF	Mean Time Between Failure en h
P	Puissance en W
$P_d$	Puissance disponible en W
Q	Quantité de charge en C
R	Résistance en $\Omega$
$R_c$	Résistance de charge en $\Omega$
$R_{eq}$	Résistance équivalente en $\Omega$
RMMC	Réjection en mode commun en dB
t	Temps en s
$T_E$	Tension d'entrée en V
TEC	Transistor à Effet de Champ
$T_S$	Tension de sortie en V
$\alpha$	Rapport cyclique
$\beta$	Gain

---

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1: Multiple et sous-multiple de l'Ohm.....	3
Tableau 2 : Valeurs Normalisées .....	7
Tableau 3: Code de couleur .....	12
Tableau 4:Tension maximale des diodes de la série 40000.....	16
Tableau 5:TABLEAU DE COMPARAISON .....	54
Tableau 6: Listes des composants.....	58
Tableau 7: Consommation de l'oscillateur .....	63
Tableau 8: Essais et résultats .....	73
Tableau 9: types des alimentations à découpage .....	75

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Symbole d'une résistance .....	4
Figure 2: Résistance d'un fil conducteur .....	5
Figure 3: Marquage D'une Résistance A 5 %Ou 10% .....	7
Figure 4: Marquage D'une Résistance A 1 %Ou 2% .....	8
Figure 5: Symbole d'un condensateur .....	9
Figure 6: Courbe de charge d'un condensateur .....	10
Figure 7: Courbe de décharge d'un condensateur .....	11
Figure 8: Constitution de principe d'une diode .....	13
Figure 9: Symbole d'une diode.....	13
Figure 10: Polarisation direct.....	14
Figure 11: Polarisation indirect.....	14
Figure 12: Symbole normalisé.....	15
Figure 13: Symbole normalisé.....	15
Figure 14: Symbole normalisé.....	15
Figure 15: Symbole normalisé.....	15
Figure 16: Anneau permettant de repéré la cathode .....	16
Figure 17: Marquage d'une diode par le code des couleurs .....	16
Figure 18: Constitution de principe d'un transistor NPN .....	17
Figure 19: Constitution d'un transistor PNP.....	18
Figure 20: Symboles normalisés des transistors .....	18
Figure 21: Transistor en émetteur commun .....	20
Figure 22: Transistor bloqué.....	20
Figure 23: Transistor passant .....	20
Figure 24: Transistor saturé .....	21
Figure 25: Polarité pour le transistor PNP .....	21
Figure 26: Symboles normalisés d'un transistor à effet de champ .....	22
Figure 27: MOS à appauvrissement.....	22
Figure 28: MOS à enrichissement .....	23
Figure 29: Transistors MOS IRF740 .....	23
Figure 30: Symbole normalisé des phototransistors .....	23

Figure 31:Symbole d'une photo coupleur .....	24
Figure 32: Transistor MOS associé à un circuit CMOS .....	24
Figure 33:Représentation schématique .....	25
Figure 34:Schéma équivalent d'un AOP .....	26
Figure 35:AOP en boucle ouverte .....	27
Figure 36:Amplificateur réel .....	28
Figure 37: Amplificateur idéal.....	28
Figure 38:AOP en mode commun .....	29
Figure 39:Amplificateur inverseur.....	30
Figure 40: Montage non- inverseur .....	31
Figure 41:Montage suiveur .....	31
Figure 42:comparateur .....	32
Figure 43: exemple d'un montage en oscillateur .....	32
Figure 44:Représentation assemblée .....	33
Figure 45:Représentation développée.....	33
Figure 46: Inductance avec noyau .....	35
Figure 47 : Inductance sans noyau.....	35
Figure 48: Inductance de mode commun.....	36
Figure 49: Schéma électrique d'un transformateur parfait .....	36
Figure 50:Alimentation linéaire issue du secteur .....	38
Figure 51: Principe de base de l'étage régulateur d'une alimentation linéaire.....	38
Figure 52:Alimentation non-stabilisée.....	39
Figure 53:Polarisation de la diode Zener .....	40
Figure 54:Courbe de représentation.....	40
Figure 55: Schéma synoptique.....	41
Figure 56:Schéma de principe .....	41
Figure 57: Schéma équivalent si K fermé.....	42
Figure 58: Schéma équivalent si K ouvert.....	42
Figure 59:chronogrammes .....	44
Figure 60: Schéma de principe .....	45
Figure 61: Chronogrammes .....	46
Figure 62:Schéma de principe .....	47

---

Figure 63:chronogrammes .....	48
Figure 64: Schéma de principe .....	49
Figure 65:Chronogramme de la tension en fonction du temps t.....	50
Figure 66: Chronogramme du courant en fonction du temps t.....	50
Figure 67:Schéma de principe .....	51
Figure 68:Chronogrammes .....	53
Figure 69:COURBE DE COMPARAISON .....	55
Figure 70: Schéma général de l'alimentation à découpage symétrique.....	59
Figure 71: Etage d'entrée de l'alimentation à découpage.....	60
Figure 72:Partie condensateur de filtrage et relais.....	61
Figure 73: Oscillateur .....	62
Figure 74: Inductances de mode commun utilisé comme transformateur d'impulsion..	64
Figure 75: Transistor de l'alimentation .....	65
Figure 76: Exemple d'une piste courte .....	65
Figure 77: Exemple d'un transformateur d'une alimentation à découpage.....	66
Figure 78: Secondaire et sortie de l'alimentation .....	67
Figure 79: Secondaire et primaire du transformateur de l'alimentation.....	68
Figure 80: Circuit imprimé de l'oscillateur .....	71
Figure 81: boîtier .....	72

# ***INTRODUCTION***

## INTRODUCTION

Comme toute technologie, l'électronique ne cesse d'évoluer pour avoir plus de performance et de rendement. Aujourd'hui presque tous les appareils, instrument utilisés dans les marchés, les hôpitaux, l'industrie sont des systèmes électroniques. L'alimentation est une partie importante d'un système. Elle évolue aussi en même temps que l'évolution de l'électronique. L'alimentation linéaire qui ne présente plus d'avantages sur la technologie de l'électronique est presque abandonnée dans le marché mais on a recours à la nouvelle alimentation qui n'est autre que l'alimentation à découpage utilisée surtout dans le système audiovisuel.

C'est pourquoi, on a proposé ce thème de mémoire : << **ALIMENTATION A DECOUPAGE SYMETRIQUE FAIBLE COÛT**>>

Le présent mémoire a pour objectif de présenter les avantages apportés par une alimentation à découpage symétrique et de réaliser ensuite un prototype.

Pour mieux cerner notre étude, nous divisons ce travail en quatre parties:

- Dans la première partie, nous allons voir les généralités sur l'électronique de puissance et les systèmes d'alimentation.
- Dans la deuxième partie, nous allons aborder la méthode de conception d'une alimentation à découpage symétrique faible coût.
- En troisième partie, nous verrons à la réalisation.
- Et la dernière partie est consacrée aux impacts environnementaux.

***PARTIE 1 :***

***GENERALITES SUR***

***L'ELECTRONIQUE DE***

***PUISSANCE ET LES***

***SYSTEMES***

***D'ALIMENTATION***

## PARTIE 1 : GENERALITES SUR L'ELECTRONIQUE DE PUISSANCE ET LES SYSTEMES D'ALIMENTATION

### CHAPITRE 1 : RAPPEL SUR LES COMPOSANTS ELECTRONIQUES

#### 1.1 Résistances

Les résistances sont très visibles grâce à leurs anneaux. Leurs anneaux sont de différentes couleurs, les résistances sont des composants que l'on remarque tout de suite sur pratiquement quelques soient les cartes électroniques. Malgré leur comportement extrêmement simple, elles restent les premiers éléments les plus répandus de l'électronique.

##### 1.1.1 Principes et propriétés

###### 1.1.1.1 Loi d'Ohm

Une résistance est un dipôle (composant à deux bornes) tel que la tension  $U$  à ses bornes est proportionnelle au courant  $I$  qui le traverse (loi d'Ohm) :

$$U=R I$$

Le coefficient de proportionnalité  $R$  est appelé résistance du dipôle. Ce coefficient  $R$  chiffre la plus ou moins grande difficulté que rencontre le courant électrique pour traverser le dipôle.

L'unité de résistance est l'Ohm (symbole  $\Omega$ ) du nom du physicien allemand G. S. Ohm qui a étudié les lois des circuits électriques. Devant la diversité des valeurs des résistances, on emploie les multiples et éventuellement les sous-multiples de l'Ohm. Les correspondances sont données dans le *tableau 1*.

MULTIPLES ET SOUS - MULTIPLES	SYMBOLE	VALEURS en $\Omega$
Méga ohm	$M\Omega$	1 000 000
Kilo ohm	$k\Omega$	1 000
Mili ohm	$m\Omega$	0,001

*Tableau 1: Multiple et sous-multiple de l'Ohm*

Le  $M\Omega$  et le  $k\Omega$  sont les plus utilisés dans les composants électroniques. Le  $m\Omega$  est utilisé pour le chiffrage des résistances parasites par exemple les résistances de contact. Mais les fils des liaisons dans les montages électroniques sont des résistances de faibles valeurs dans ce cas on rencontre à un court-circuit puisque quelque-soit la tension aux bornes de la résistance le courant qui la traverse tend vers l'infini.

#### 1.1.1.2 Symbole



Figure 1: Symbole d'une résistance

#### 1.1.1.3 Résistivité

La résistance dépend à la fois des dimensions du conducteur et de sa nature. Par exemple, la résistance d'un fil est proportionnelle à sa longueur  $l$  et inversement proportionnelle à sa section  $s$ :

Donc on a la formule de la résistance d'un fil conducteur :

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

$\rho$ : résistivité du matériau donné

$R$ : la résistance

$l$ : longueur du fil

$S$ : la section du fil

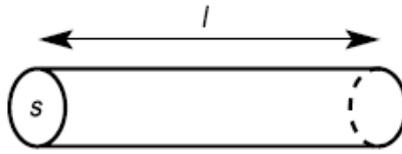


Figure 2: Résistance d'un fil conducteur

#### 1.1.1.4 Effet Joule

L'effet joule est un phénomène le plus importante sur la résistance. Elle se manifeste par un échauffement qui entraîne une perte c'est pourquoi elle se nomme aussi <<PERTE PAR EFFET JOULE >>. Elle se traduit par la formule suivante :

$$P=RI^2$$

Elle est mesurée en Watt(W).

#### 1.1.1.5 Associations des résistances

##### a. En série

Chaque résistance dans le groupement est traversée par une même intensité I. Par contre, elle a de tension aux bornes U de valeurs différentes.

Donc on a la formule de la résistance équivalente en série  $R_{eq}$  suivante :

$$R_{eq}=\sum R$$

##### b. En parallèle

La deuxième association est le groupement en parallèle ou en dérivation. Contrairement celui du groupement en série la tension aux bornes U de chaque résistance est la même valeur. Inversement chaque résistance a des valeurs de courant I différent selon sa résistance.

Alors, on peut en déduire la formule de la résistance équivalente  $R_{eq}$  suivante :

$$R_{eq} = \sum \frac{1}{R}$$

### 1.1.2 Caractéristiques technologiques

#### 1.1.2.1 Précision

La valeur portée par les composants indique la valeur nominale de la résistance. Par conséquent, on adopte les tolérances de fabrication. Les constructeurs donnent une fourchette dans laquelle peut se trouver cette valeur. L'intervalle est défini par un pourcentage de la résistance nominale qui indique l'écart maximal, en plus ou en moins, qu'il peut y avoir entre la valeur réelle et la valeur nominale. Par exemple, un composant marqué 10 k $\Omega$ , 5 % peut avoir une résistance réelle comprise entre 9,5 k $\Omega$  et 10,5 k $\Omega$  puisque 5 % de 10 k $\Omega$  correspond à un écart possible de 0,5 k $\Omega$ .

#### 1.1.2.2 Valeurs normalisées

Dans la pratique, on ne trouve pas une valeur parfait, c'est pourquoi on considère toujours les tolérances de fabrication pour avoir une précision. En plus on adopte une valeur appelée <<VALEURS NORAMALISEES>>.

Progression	Tolérances	Séries normalisées
E3		10 22 47
E6	$\pm 20 \%$	10 15 22 33 47 68
E12	$\pm 10 \%$	10 12 15 18 22 27 33 39 47 56 68 82
E24	$\pm 5 \%$	10 11 12 13 15 16 18 20 22 24 27 30 33 36 39 43 47 51 56 62 68 75 82 91
E48	$\pm 2 \%$	100 105 110 115 121 127 133 140 147 154 162 169 178 187 196 205 215 226 237 249 261 274 287 301 316 332 348 365 383 402 422 442 464 487 511 536 562 590 619 649 681 715

		750 787 825 866 909 953
E96	$\pm 1 \%$	100 102 105 107 110 113 115 118 121 124 127 130 133 137 140 143 147 150 154 158 162 165 169 174 178 182 187 191 196 200 205 210 215 221 226 232 237 243 249 255 261 267 274 280 287 294 301 309 316 324 332 340 348 357 365 374 383 392 402 412 422 432 442 453 464 475 487 499 511 523 536 549 562 576 590 604 619 634 649 665 681 698 715 732 750 768 787 806 825 845 866 887 909 931 953 976

Tableau 2 : Valeurs Normalisées

### 1.1.2.3 Marquage

Les résistances sont en général identifiées par différents anneaux de couleur tracés sur le corps du composant qui indiquent la valeur nominale et la tolérance. Les éléments ordinaires (5 % ou 10 %) comportent quatre anneaux tandis que les éléments de précision (1% ou 2 %) en ont cinq.

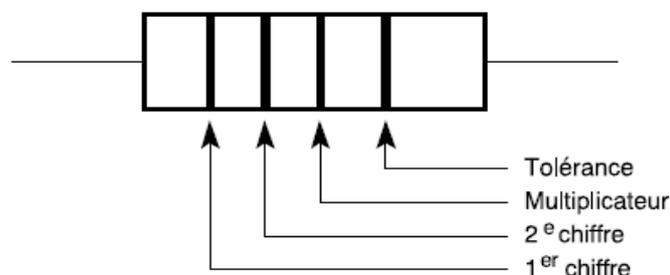


Figure 3: Marquage D'une Résistance A 5 %Ou 10%

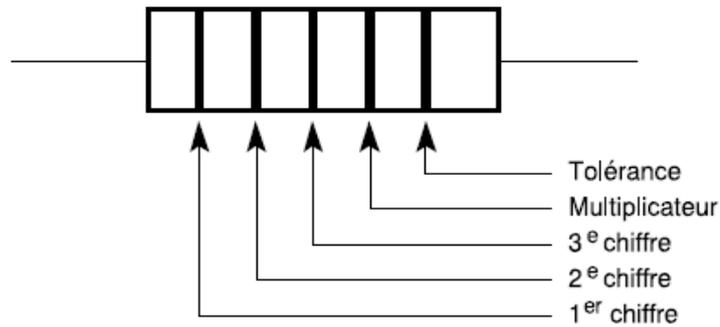


Figure 4: Marquage D'une Résistance A 1 %Ou 2%

### 1.1.3 Domaine d'utilisation

Il est difficile de donner une liste exhaustive des usages possibles pour les résistances. On rencontre en effet ces composants dans pratiquement tous les montages électroniques, dans des configurations très diverses. Les résistances sont souvent associées à d'autres éléments.

## 1.2 Condensateurs

Après les résistances, les condensateurs sont cependant très répandus sur les circuits imprimés. Contrairement aux composants résistifs qui sont presque tous identiques, les condensateurs ont des formes et des encombrements très variantes. Cela s'explique par les technologies variées qui conviennent aux différentes applications de ces éléments.

### 1.2.1 Principes et propriétés

#### 1.2.1.1 Capacité

Un condensateur est formé de deux armatures métalliques. Ces armatures sont séparées par un isolant appelé diélectrique. Si on alimente le condensateur par une tension continue entre ses bornes (qui sont reliées aux armatures), des charges positive(+) et négative(-) vont s'accumuler les unes en face des autres de chaque côté de l'isolant. Dans ce cas on peut dire que le condensateur s'est chargé. Si ensuite on détache la source de tension et que l'on connecte le condensateur sur un récepteur comme une résistance, les charges vont s'écouler jusqu'à leur suppression. Dans ce cas, on dit que le condensateur se décharge. On peut remarquer qu'aucun courant ne traverse le condensateur à cause de l'isolant, mais qu'un certain courant circule dans le reste du circuit pendant une durée assez brève lors des charges et des décharges. Donc c'est le

régime de fonctionnement transitoire. Lorsqu'un condensateur est chargé, il conserve l'électricité accumulée jusqu'à une décharge : le condensateur a une certaine mémoire.

Sur un condensateur employé, la quantité de charge emmagasinée sous une tension  $U$  donnée est obtenue par la relation suivante:

$$Q=CU$$

$C$ : capacité du condensateur en farads (symbole F).

On emploie plutôt les sous-multiples de cette unité : le microfarad ( $10^{-6}$  F), symbole  $\mu\text{F}$ , le nanofarad (un millième de microfarad), symbole nF et le picofarad ( $10^{-12}$ F), symbole pF.

#### 1.2.1.2 Énergie emmagasinée

Le comportement des condensateurs et des résistances sont très différent du point de vue énergétique. Puisque la résistance dissipe l'énergie électrique en énergie chaleur, tandis que le condensateur emmagasine l'énergie quand il se charge et la restitue lorsqu'il se décharge. Il n'y a pas de pertes d'énergie électrique (sauf de petits défauts dont l'importance est secondaire). Donc un condensateur chargé forme une réserve d'énergie. Ce phénomène est utilisé dans certaines applications.

#### 1.2.1.3 Symboles



Figure 5: Symbole d'un condensateur

#### 1.2.1.4 Associations des condensateurs

##### a. En série

Les condensateurs aussi peuvent être groupés en série ou en dérivation comme les résistances. Pour plusieurs éléments en série, de capacités  $C_1, C_2, C_n$  on obtient un condensateur équivalent dont la capacité  $C_{eq}$  est telle que :

$$C_{eq}=\sum \frac{1}{C}$$

*b. En parallèle*

Si plusieurs condensateurs sont en parallèle, on peut calculer leur capacité équivalente  $C_{eq}$  à l'aide de la formule suivante :

$$C_{eq} = \sum_k^n C$$

## 1.2.1.5 Courbe de charge et de décharge

## 1.2.1.5.1 Courbe de charge

On obtient la courbe de charge la plus simple à l'aide de courant constant. Puisque la tension  $U$  aux bornes du condensateur croît avec le temps  $t$ . Alors, on a :

$$U = \frac{I}{C} t$$

Il faut tenir compte que cette formule n'est valable que si le condensateur est totalement déchargé au départ (la tension  $U$  est nulle à  $t=0$ ). Donc, on obtient la courbe de charge ci-dessous:

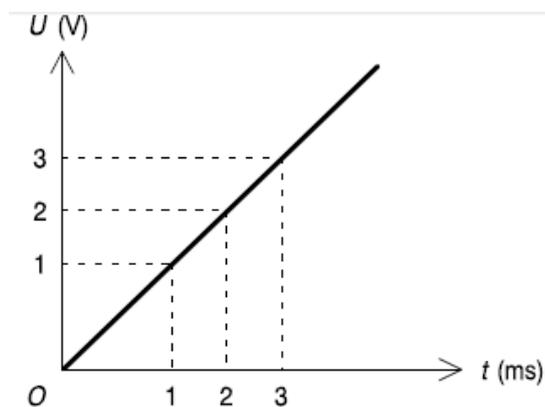


Figure 6: Courbe de charge d'un condensateur

## 1.2.1.5.2 Courbe de décharge

Lorsqu'on débranche le fil d'alimentation du condensateur autrement dit si le condensateur n'est plus alimenté il restitue son charge à un récepteur comme une résistance.

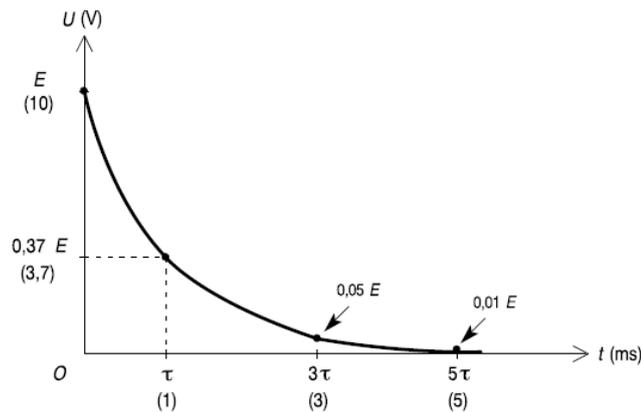


Figure 7: Courbe de décharge d'un condensateur

## 1.2.2 Caractéristiques technologiques

### 1.2.2.1 Précision

De la même façon que pour les résistances, les capacités des condensateurs disponibles appartiennent aux séries normalisées. Toutefois, le problème est un peu moins simple pour les condensateurs. Du fait des technologies différentes employées, on ne dispose pas d'éléments de précision identique dans toute la gamme des valeurs possibles. Pour les capacités les plus courantes entre 1 nF et 1  $\mu$ F, on trouve souvent des progressions E12, avec des précisions de 10 % ou 5 %. Pour les valeurs plus faibles (1 pF à 1 nF) et plus élevées (1  $\mu$ F à 47  $\mu$ F environ), on se contente en général de séries E6 ou même E3 car les précisions sont médiocres :  $\pm 20\%$  et même  $- 20\%$ ,  $+ 50\%$  pour les fortes valeurs.

### 1.2.2.2 Tension de claquage

Un condensateur est claqué lorsque le diélectrique se perce et le composant est détruit. Ce phénomène est à cause de la tension trop importante appliquée à leurs bornes. Il existe donc une tension limite précisée par les constructeurs pour chaque modèle. Suivant la technologie et la capacité du condensateur, les tensions maximales sont assez variables : quelques volts à plusieurs milliers de volts.

### 1.2.2.3 Code couleur

On peut définir la valeur d'un condensateur à l'aide du tableau suivant :

Couleur	Premier Anneau Premier Chiffre	Deuxième Anneau Deuxième Chiffre	Troisième Anneau Multiplicateur	Quatrième Anneau Précision	Cinquième Anneau Tension Maximale
Noir		0		20 %	
Marron	1	1	10 pF		
Rouge	2	2	100 pF		250V
Orange	3	3	1 nF		
Jaune	4	4	10 nF		400V
Vert	5	5	100 nF		
Bleu	6	6	1 $\mu$ F		
Violet	7	7	10 $\mu$ F		
Gris	8	8			
Blanc	9	9		10 %	

Tableau 3: Code de couleur

### 1.2.3 Domaine d'utilisation

Les condensateurs ont de multiples usages. Selon les cas, on exploite le fait qu'ils accumulent une certaine énergie, dans d'autres cas, c'est la variation de leur impédance avec la fréquence qui est utile. L'exemple le plus frappant de l'accumulation d'énergie est le flash d'un appareil photo. Mais voici quelques rôles des condensateurs :

- Réservoir d'énergie
- Filtrage
- Liaison
- Découplage
- Accord

### 1.3 Diodes

La diode est un composant à semi-conducteur plus simple. Elle est très utilisée en électronique de signal par rapport à son utilisation en électronique puissance.

### 1.3.1 Principes et propriétés

Une diode est un dipôle passif et non-linéaire. Passif parce que ce composant ne peut jamais fournir d'énergie au circuit et non linéaire parce que la tension à ses bornes n'est pas proportionnelle au courant. Pour former une diode, on utilise un matériau semi-conducteur (le silicium en général) sur lequel on crée une jonction en dopant différemment deux zones, c'est-à-dire en ajoutant des impuretés qui modifient le comportement électrique de la substance. On crée ainsi une zone P et une zone N. C'est la jonction qui donne à la diode ses propriétés particulières. La connexion reliée à la partie dopée P est appelée anode et celle qui est reliée à la partie N est nommée cathode.

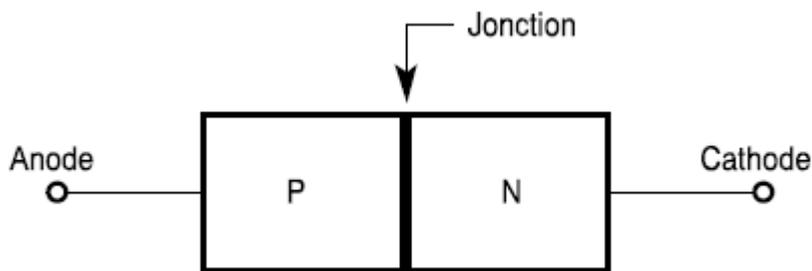


Figure 8: Constitution de principe d'une diode

### 1.3.2 Symbole



Figure 9: Symbole d'une diode

### 1.3.3 Fonctionnement

#### 1.3.3.1 Polarisation direct

Une diode est dite polarisée en direct si elle laisse passer le courant c'est-à-dire le courant entre dans l'anode et sort dans la cathode comme la montre la figure. Dans ce cas, on dit qu'elle est conductrice ou passante.

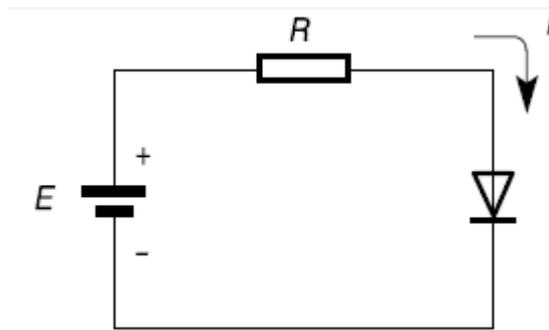


Figure 10: Polarisation direct

### 1.3.3.2 Polarisation inverse

Contrairement à la polarisation directe, la diode bloque le passage du courant dans la polarisation indirect. En d'autre terme la tension positive est dans la cathode. Par conséquent, on peut dire que la diode est bloquée.

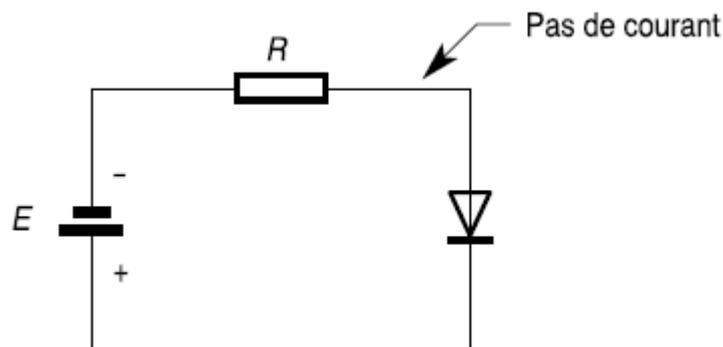


Figure 11: Polarisation indirect

En polarisation inverse, on constate que si l'on dépasse une certaine valeur de tension, il apparaît également un courant : c'est le claquage de la jonction. Ce phénomène est dû soit à l'effet d'avalanche, soit à l'effet Zener. Le claquage n'est pas destructif à condition que le courant soit limité à une valeur raisonnable par une résistance.

### 1.3.4 Diode Zener

Une diode utilisée dans la zone de claquage garde une tension constante à ses bornes. La dernière dépend du composant choisi. Pour les diodes ordinaires, on cherche à rejeter ce phénomène le plus loin possible : la tension correspondante est souvent de plusieurs centaines de volts. Dans certains cas, on veut au contraire utiliser cette zone de claquage afin de maintenir une tension constante : on fait appel pour cela à des éléments

particuliers, les diodes stabilisatrices de tension ou diodes Zener, pour lesquelles la tension de claquage est faible (quelques volts ou quelques dizaines de volts).

La diode Zener est représentée par le symbole normalisé suivante.



Figure 12:Symbole normalisé

Il y a plusieurs types de diode existant mais on les définit par son rôle dans le montage. Les différents types des diodes le plus utilisées sont :

-La diode Varicap :

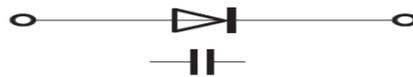


Figure 13:Symbole normalisé

-La photodiode :



Figure 14:Symbole normalisé

-La DEL ou Diode Electroluminescente



Figure 15:Symbole normalisé

### 1.3.4Caractéristiques technologiques

Les principaux critères de choix d'une diode sont le courant maximal en direct, la tension maximale en inverse et la rapidité. Les ordres de grandeur de ces paramètres sont très variés : le courant maximal peut être de 100 mA pour une diode utilisée en

électronique de signal, mais aussi de 100 A pour un composant faisant partie d'un convertisseur de puissance. Evidemment, la représentation de ces éléments est différente ainsi que leur prix.

La tension maximale d'une diode est normalisée selon des séries. **On prend par exemple la série 4000.**

Référence série	4001	4002	4004	4005	4006	4007
Tension Maximal en (V)	50	100	400	600	800	1000

Tableau 4: Tension maximale des diodes de la série 40000

### 1.3.4 Marquage et code des couleurs

Les petites diodes se présentent sous une forme voisine de celle des résistances. La cathode est indiquée par un trait sur le corps du composant.

Le marquage est souvent en clair, mais on peut parfois rencontrer des éléments marqués par un code des couleurs



Figure 16: Anneau permettant de repéré la cathode

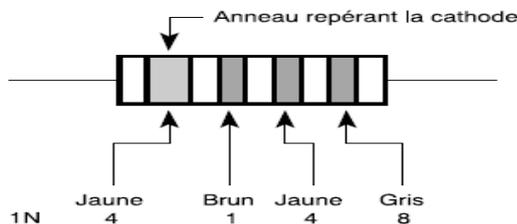


Figure 17: Marquage d'une diode par le code des couleurs

### 1.3.5 Ponts moulés

On utilise souvent pour les redresseurs des ponts moulés qui comprennent les quatre diodes d'un montage double alternance de Graetz.

### 1.3.6 Domaines d'utilisation

Les diodes sont souvent utilisées dans le redressement, en particulier dans l'alimentation continue. Mais, on peut rencontrer aussi dans la détection d'amplitude de tension (par exemple dans certains amplificateurs à commande automatique de gain).

## 1.4 Transistor

Le transistor est l'élément de base de l'électronique moderne. Lorsque les circuits intégrés sont formés des plusieurs transistors regroupés sur la même pastille de semi-conducteur, on trouve aussi dans beaucoup de domaines des transistors discrets (un seul élément par boîtier).

### 1.4.1 Principes et propriétés

Il existe trois catégories de transistors : les transistors bipolaires, les transistors à effet de champ à jonction et les transistors MOS.

#### 1.4.1.1 Les transistors bipolaires

Les transistors bipolaires sont des composants le plus répandus dans les cartes électroniques. L'élément actif du transistor bipolaire est un cristal de semi-conducteur (le silicium est généralement employé) On obtient ainsi trois zones dopées de façons différentes. Deux variantes apparaissent suivant la nature des dopages (P ou N) : le transistor NPN (et le transistor PNP. De façon générale, le transistor peut être considéré comme un nœud d'intensité.

$$I_E = I_C + I_B$$

Les caractéristiques sont données pour un fonctionnement en émetteur commun (l'émetteur est commun aux circuits d'entrée et de sortie).

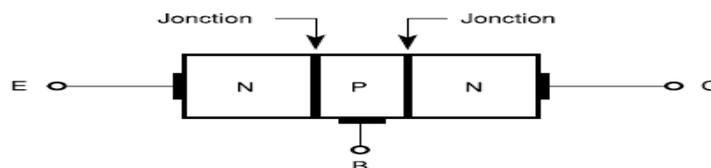


Figure 18: Constitution de principe d'un transistor NPN

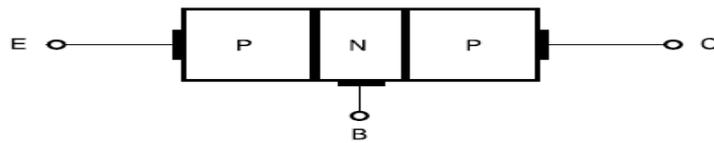


Figure 19: Constitution d'un transistor PNP

#### 1.4.1.2 Symbole

Les transistors bipolaires sont représentés par leurs symboles normalisés ci-dessus :

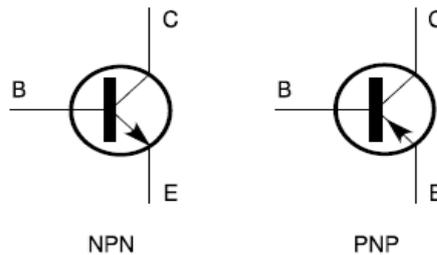


Figure 20: Symboles normalisés des transistors

#### 1.4.1.3 Les montages de base

Dans le montage de base, on a relié un générateur de tension continue  $E_C$  et une résistance  $R_C$  entre le collecteur et l'émetteur du transistor et un autre générateur de tension continue  $E_B$  et une résistance  $R_B$  entre base et émetteur. L'entrée du montage est côté base, la sortie est côté collecteur et l'émetteur est la borne commune aux circuits d'entrée et de sortie : on dit que le transistor est monté <<en émetteur commun>>. En faisant varier la tension  $E_B$ , on peut atteindre les différents régimes de fonctionnement du transistor. Si les polarités du générateur  $E_B$  sont inversées par rapport à celles de la figure en émetteur commun, il n'y a aucun courant dans le montage : le transistor est <<bloqué>>. La tension  $V_{CE}$  entre collecteur et émetteur est égale à  $E_C$  puisqu'il n'y a aucune chute de tension dans  $R_C$ . La tension  $V_{BE}$  est égale  $E_B$ . Quand on met le générateur  $E_B$  dans le sens tel que Pôle + du côté de la base, il n'y a toujours aucun courant si  $E_B$  ne dépasse pas un seuil d'environ 0,6 V (comme pour une diode). Si  $E_B$  a dépassé 0,6 V, il apparaît des courants dans les différentes branches du circuit. Si l'on fait croître  $E_B$ , ces courants augmentent, la tension de base  $V_{BE}$  reste pratiquement constante (égale à 0,6 V) et la tension de collecteur  $V_{CE}$  diminue progressivement. Le courant de base  $I_B$  est assez faible devant les courants de collecteur  $I_C$  et d'émetteur  $I_E$ .

Comme la tension  $V_{BE}$  est sensiblement constante, on peut facilement calculer  $I_B$  par la loi d'Ohm :

$$E_B - V_{BE} = R I_B, \text{ avec } V_{BE} \approx 0,6$$

Le courant de collecteur  $I_c$  est proportionnel au courant de base  $I_b$  c'est-à-dire :

$$I_c = \beta I_b$$

$\beta$  (bêta): amplification en courant ou plus simplement gain.

Son ordre de grandeur est variable : plusieurs centaines pour les petits transistors, quelques dizaines pour les composants de plus forte puissance. Le courant  $I_C$  crée une chute de tension dans  $R_C$  qui a pour conséquence de faire baisser la tension de collecteur:

$$V_{CE} = E_C - R_C I_C$$

$$\text{Et on a : } I_E = I_C + I_B$$

En plus comme  $I_C \gg I_B$ , alors on :  $I_E \approx I_C$ . On dit alors dans ce cas que le <<transistor est passant>>).

Si l'on continue à augmenter la tension  $E_B$ , on est arrivé à un moment où  $I_c$  cesse de croître, on dit que <<le transistor est saturé >>

La tension  $V_{CE}$  est pratiquement nulle (quelques dixièmes de volt) et la chute de tension aux bornes de la résistance de collecteur est pratiquement égale à  $E_C$ .

Les deux états extrêmes, <<blocage et saturation>>, correspondent à un transistor qui fonctionne comme un <<interrupteur placé entre collecteur et émetteur et commandé par la base>>. On dit que le fonctionnement est en <<commutation>>. L'état conducteur est utilisé pour les applications en amplification.

**Remarque:** Le raisonnement a été fait pour un transistor NPN (le plus courant).

Pour un transistor PNP, les résultats sont analogues, mais on ne modifie que les polarités des tensions et les sens des courants.

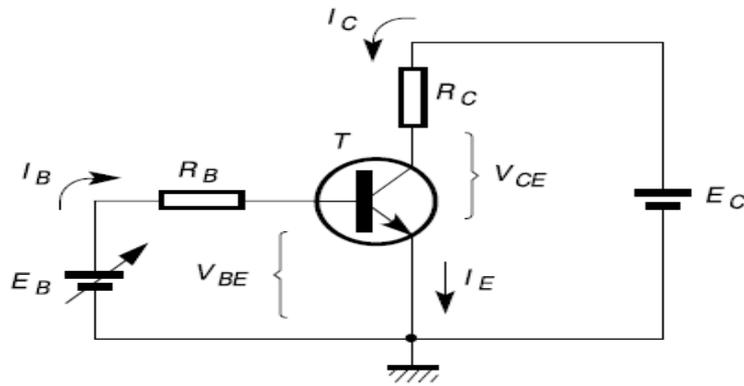


Figure 21: Transistor en émetteur commun

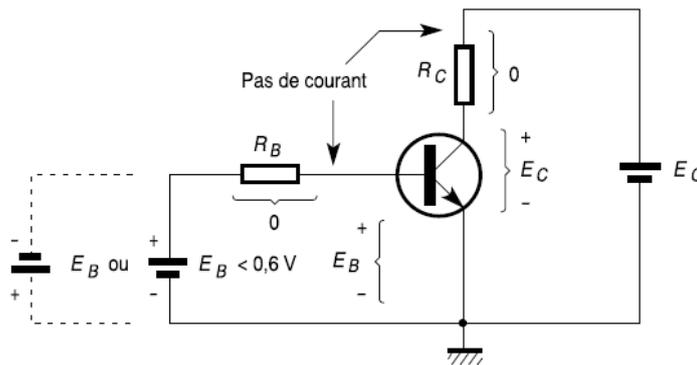


Figure 22: Transistor bloqué

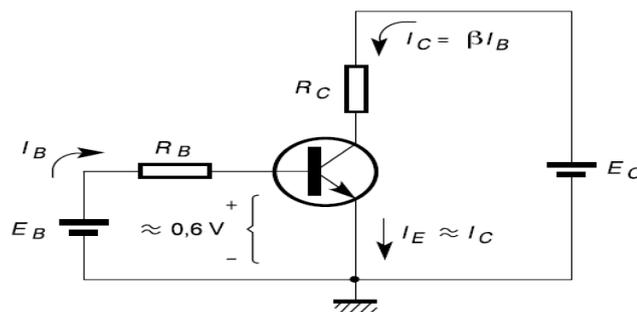


Figure 23: Transistor passant

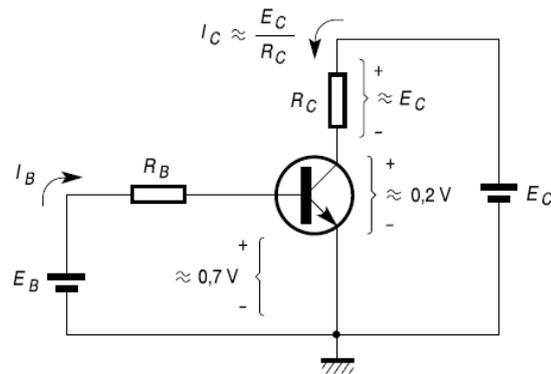


Figure 24: Transistor saturé

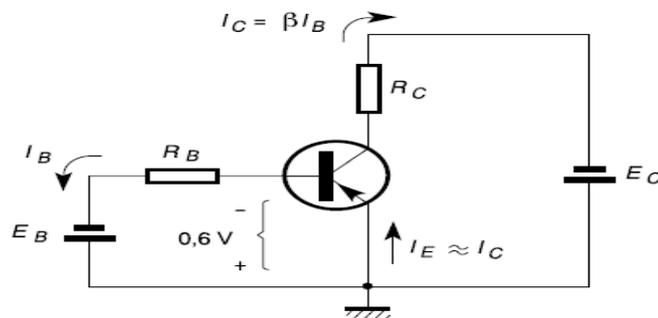


Figure 25: Polarité pour le transistor PNP

#### 1.4.1.4 Transistor à effet de champ

On les désigne par TEC ou par FET (*Field Effect transistor*). On trouve aussi l'appellation plus complète mais un peu vieillie de JFET (*Junction Field Effect transistor*). Ce composant est formé d'un barreau de semi-conducteur dont les extrémités sont la source (S) et le drain (D). Une jonction, normalement bloquée, est créée par la grille (G). Selon la nature du dopage du barreau, on distingue les TEC canal N ou canal P. Suivant la tension appliquée entre grille et source, le canal situé entre drain et source va plus ou moins se rétrécir et en conséquence le courant va être modifié. Comme la jonction de grille est bloquée, il n'y a aucun courant qui circule dans cette électrode. C'est l'avantage du TEC sur le transistor bipolaire. La commande ne nécessite aucune puissance. La grandeur d'entrée est la tension  $V_{GS}$  entre grille et source alors que c'est le courant de base  $I_B$  pour le transistor bipolaire. On dit qu'un TEC est commandé en tension alors qu'un transistor bipolaire est commandé en courant. On représente les transistors à effet de champ par leurs symboles normalisés.

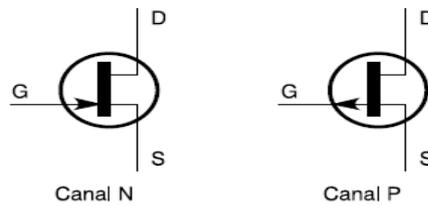


Figure 26: Symboles normalisés d'un transistor à effet de champ

#### 1.4.1.5 Transistor MOS

On aborde un autre transistor appartenant aux familles des éléments à effet de champ qui n'est que le << transistor MOS >>. Mais il a une exception sur sa grille, au lieu d'être une jonction bloquée, elle devient un isolant <<oxyde>>. Son appellation MOS signifie <<metal-oxyde-semiconductor>>. Auparavant, il est appelé MOSFET c'est-à-dire << metal-oxyde-semiconductor field effect transistor >>. Mais on peut aussi la nommer << transistor à effet de champ à grille isolé >> correspondant à son appellation IGFET (Insulated Gate Field Effect Transistor). On retrouve les canaux N et P. On distingue le MOS à enrichissement et à appauvrissement.

1. MOS A ENRICHISSEMENT: ils fonctionnent comme les TEC à jonction : le canal se rétrécit lorsque l'on applique une tension de grille.
2. MOS A APPAUVRISSEMENT: ils n'ont pas de canal préalable. C'est la tension appliquée qui permet la création de ce canal.

On peut les distinguer à l'aide des symboles suivants :

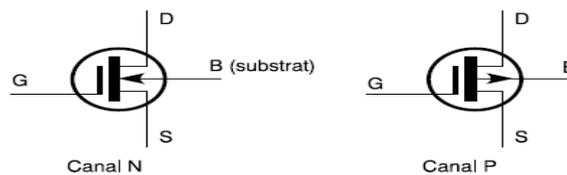


Figure 27: MOS à appauvrissement



*Figure 28: MOS à enrichissement***Exemple d'un transistor MOS:**

*Le transistor IRF740*

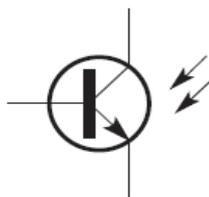
*Figure 29: Transistors MOS IRF740*

**Remarque:** Les **MOSFET de puissance** utilisés dans les alimentations à découpages et autres convertisseurs DC/DC (continu-continu), DC/AC (continu-alternatif) sont généralement de **type N**.

1.4.1.6 Autres configuration des transistors :

1.4.1.6.1 Les phototransistors:

On les rencontre dans le domaine de l'optoélectronique. Ils sont utilisés comme capteur. La conduction étant commandée par l'éclairement et non par un courant de base, cette dernière électrode n'est parfois pas sortie.

*Figure 30: Symbole normalisé des phototransistors*

1.4.1.6.2 Le photo coupleur:

On l'appelle aussi <<optocoupleur>>. Il s'agit d'une association d'une diode électroluminescente et d'un phototransistor. Ce circuit permet de transmettre un signal en assurant un isolement entre deux parties du montage. Ce rôle est similaire à celui du transformateur, mais les domaines d'application sont différents.

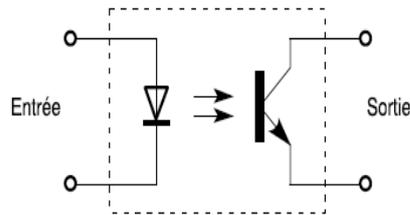


Figure 31: Symbole d'une photo coupleur

#### 1.4.2 Caractéristiques technologiques des transistors MOS:

Les transistors MOS sont peu répandus comme composants discrets de petite puissance, mais on les rencontre de plus en plus comme éléments de commutation de puissance. Dans ce domaine, ils sont en concurrence avec les transistors bipolaires, présents depuis plus longtemps.

#### 1.4.3 Exemple d'application des transistors MOS:

Le transistor MOS est très intéressant pour un fonctionnement en commutation. Etant donné qu'aucun courant n'est nécessaire pour commander ce composant, sauf au moment des commutations, ce qui est un avantage certain par rapport au transistor bipolaire, en particulier pour des charges qui consomment un courant important.

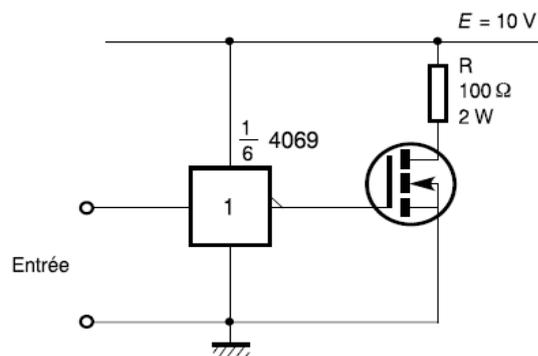


Figure 32: Transistor MOS associé à un circuit CMOS

Il s'agit de commander une charge de  $100\ \Omega$  branchée sous  $10\ \text{V}$  à l'aide d'un circuit logique CMOS. Le courant nécessaire de  $100\ \text{mA}$  ne peut pas être fourni par le circuit intégré. On utilise un transistor MOS canal N. Le branchement est très simple : il suffit de relier la grille du transistor à la sortie de l'inverseur. Lorsque cette sortie est à l'état bas (0), le transistor MOS est bloqué tandis que quand la sortie est à l'état haut ( $10\ \text{V}$ ),

le transistor est conducteur et se comporte entre drain et source comme une faible résistance. Le circuit intégré ne fournit aucun courant pendant les états stables. Seul un pic de courant est nécessaire à chaque commutation. Ici, l'alimentation est commune au circuit logique et au transistor, mais on peut aussi employer des alimentations séparées.

## 1.5 Amplificateur opérationnel

### 1.5.1 Introduction

L'amplificateur opérationnel doit son nom au fait qu'il a d'abord été conçu pour effectuer des opérations arithmétiques dans des calculateurs analogiques : addition, soustraction, résolution d'équations différentielles, ...Aujourd'hui il est devenu le composant universel de l'électronique analogique grâce à sa facilité d'emploi et son faible coût. Il peut fonctionner en deux régime tels que :

- le **régime linéaire** (amplificateurs, filtres, ...)
- **régime de commutation** (comparateurs, générateurs de signaux carrés, ...).

### 1.5.2 Représentation schématique et Caractéristiques

C'est un composant muni de 3 bornes de raccordements fonctionnelles: deux entrées + et - et une sortie. Il possède 2 bornes d'alimentation dont la tension est en général symétrique  $\pm 5V$ ,  $\pm 10V$ ,  $\pm 12V$ ,  $\pm 15V$ ... Dans certains cas l'alimentation peut aussi être dissymétrique, par exemple :  $0V-5V$ .

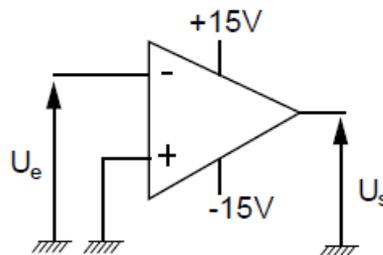


Figure 33: Représentation schématique

Un amplificateur opérationnel est en général caractérisé par les points suivants:

- Résistance différentielle d'entrée** : c'est l'impédance qui est vue entre les entrées inverseuse et non inverseuse.

Cette résistance est en général très grande, surtout pour les amplificateurs qui ont une entrée différentielle constituée d'une paire de transistors à effet de champ. Prenons par exemple pour TL082,  $R_E = 10^{12} \Omega$ .

**Résistance de sortie** : c'est l'impédance de sortie d'un amplificateur opérationnel est en général très faible. Dans la plupart des cas, elle peut être considérée comme nulle.

**Gain en boucle ouverte** : le gain en boucle ouverte est défini comme étant le rapport de la tension de sortie à la différence des tensions appliquées sur les entrées non inverseuse et inverseuse.

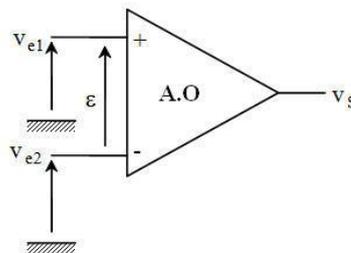


Figure 34: Schéma équivalent d'un AOP

Alors, on obtient l'expression du gain en boucle fermée:

$$A_0 = \frac{v_s}{v_{e1} - v_{e2}} = \frac{v_s}{\epsilon}$$

Il a une valeur très grande en générale. On prend comme titre d'exemple le gain en boucle ouverte du TL082:  $A_0 = 4 \text{Mz}$ . Il est important de le tenir compte dans le calcul puisqu'il détermine la différence de potentiel aux bornes des entrées de l'AOP. Autrement dit, si  $A_0$  tend vers l'infini  $v_{e1} - v_{e2} \approx 0$ .

**Gain en boucle fermée** : à part son utilisation en tant que comparateur l'amplificateur est pratiquement monté dans la plupart des cas en boucle fermée comme le montre le montage de base. Pour simplifier l'étude, on suppose qu'on est en présence d'un amplificateur opérationnel idéal.

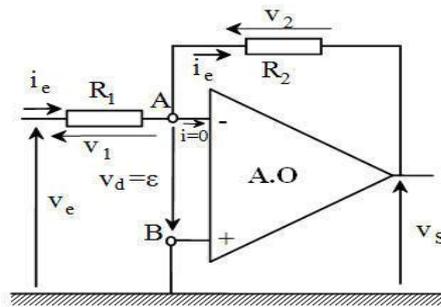


Figure 35:AOP en boucle ouverte

D'après ce montage, on a :

$$V_d = V_{e+} - V_{e-} = V_S / A_O,$$

On sait que  $A_O \approx \infty$ , alors  $V_d = 0$ .

Comme le point **B** est relié à la masse, on dit alors que le point **A** est une masse virtuelle. Donc on peut écrire:

$$V_e = R_1 i_e + V_A, \quad V_A = V_B = 0; \quad V_e = R_1 i_e$$

Puisque l'impédance différentielle  $Z_d$  (vue entre les entrées inverseuse et non inverseuse) est très grande (infinie dans le cas d'un amplificateur opérationnel idéal), on peut dire qu'il n'y a pas de courant qui rentre par l'entrée inverseuse. On peut alors écrire que:

$V_S = -R_2 i_e + V_A = -R_2 i_e$ , on obtient alors le gain en boucle fermée traduit par l'expression suivante:

$$A_V = \frac{v_S}{v_e} = \frac{-R_2}{R_1}$$

Il faut que  $R_2$  soit supérieur à  $R_1$  pour que ce circuit puisse fonctionner en amplificateur. On peut constater que le gain en boucle fermée ne dépend que des éléments qui constituent la boucle de réaction en l'occurrence  $R_2$  et  $R_1$ .

### Caractéristique de transfert:

Pour qu'il puisse fonctionner correctement, un amplificateur opérationnel doit être alimenté (polarisé) par deux alimentations notées  $+V_{cc}$  et  $-V_{cc}$ . La tension de sortie ne pourra en aucun cas dépasser ces deux valeurs limites. Ainsi si l'on applique

une tension différentielle variable, les variations de la tension de sortie lorsque l'amplificateur opérationnel est monté en boucle ouverte sont indiquées par la courbe de la figure 9. Cette courbe présente une zone linéaire (zone de fonctionnement normal). Cette zone dépend simultanément du gain introduit par l'amplificateur et la tension d'entrée qui lui est appliquée.



Figure 36: Amplificateur réel

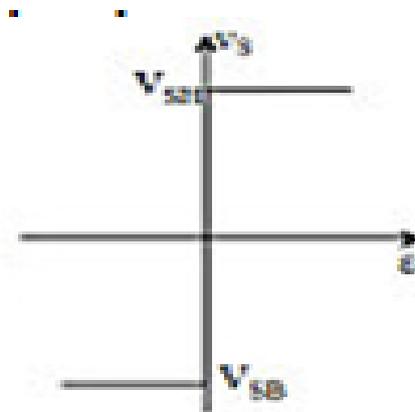


Figure 37: Amplificateur idéal

### **Remarque:**

Le produit gain – tension doit être inférieur aux tensions d'alimentation  $-V_{CC}$  et  $+V_{CC}$  pour que l'AOP n'arrive pas dans zone de saturation basse ou saturation haute. Lorsque l'amplificateur opérationnel est idéal, le passage de l'état bas ( $-V_{CC}$ ) vers l'état haut ( $+V_{CC}$ ) se fait instantanément en raison de la considération d'un gain en boucle ouverte infini.

### **Rejection en mode commun:**

On réunit les deux entrées d'un amplificateur opérationnel et on applique une tension dite de mode commun « T.M.C ». En général, la tension de sortie doit être

nulle quelque-soient les variations de la tension d'entrée. Il diffère à la réalité et les variations de cette tension en mode commun entraînent une influence sur la tension de sortie.

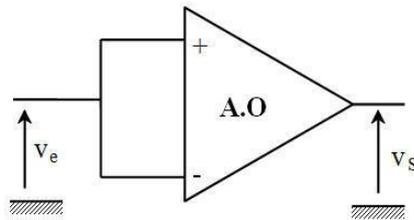


Figure 38:AOP en mode commun

Un AOP performant doit avoir un RMMC plus élevée. Pour un AOP en boucle ouverte soient:

$A_0$ : gain en mode différentiel

$A_{MC}$ : mode commun ; et obtient

$$v_s = A_0 v_d \left[ 1 + \frac{A_{MC}}{A_0} \frac{v_{MC}}{v_d} \right]$$

On a alors l'expression du rejection en mode commun:

$$R.R.MC = \frac{A_0}{A_{MC}}$$

Plus RMMC est grande plus la tension d'erreur est important. Prenons le cas du TL082, RMMC=100 dB

**Vitesse d'excursion:** la vitesse d'excursion ou vitesse de balayage ou encore appelée slew rate en anglais indique la capacité d'un amplificateur opérationnel à transmettre un signal fortement variable et possédant aussi une amplitude élevée.

Exemple pour un TL082, SR= 8 à 13V/ $\mu$ s.

### 1.5.3 Montages

#### 1.5.3.1 Amplificateur inverseur

En utilisant les caractéristiques propres de l'amplificateur opérationnel définis précédemment:

- résistance d'entrée infinie signifie que le courant qui traverse  $R_1$  et  $R_2$  est le même.
- le gain de l'ampli opérationnel en fonctionnement linéaire est infini, ce qui entraîne que la différence de potentiel  $u$  est nulle.

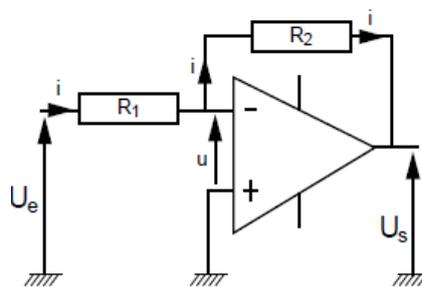


Figure 39: Amplificateur inverseur

On obtient alors les expressions suivantes:

$$\left. \begin{array}{l} i = \frac{U_e - u}{R_1} = \frac{U_e}{R_1} \\ i = -\frac{U_s - u}{R_2} = -\frac{U_s}{R_2} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{U_s}{U_e} = G = -\frac{R_2}{R_1}$$

Ce montage est plus commode puisque le gain ne dépend que les deux résistances  $R_1$  et  $R_2$ . En plus les résistances sont des composants très bons marchés, de bonne qualité et de valeurs extrêmement variées.

1.5.3.2 Montage non- inverseur

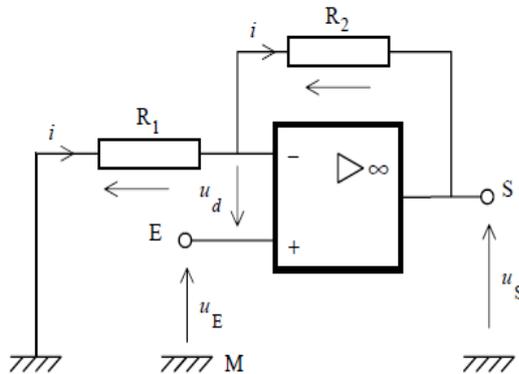


Figure 40: Montage non- inverseur

On peut donner l'expression du gain à l'aide de lois des mailles:

$$\begin{aligned} u_E - u_d + R_1 i &= 0 & u_E &= -R_1 i \\ u_S + R_2 i + R_1 i &= 0 & u_S &= -(R_1 + R_2) i \end{aligned}$$

Et on arrive à:

$$G = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

1.5.3.2 Montage suiveur

On rencontre à un montage suiveur si le gain est égal à 1 autrement dit  $U_S=U_E$ .

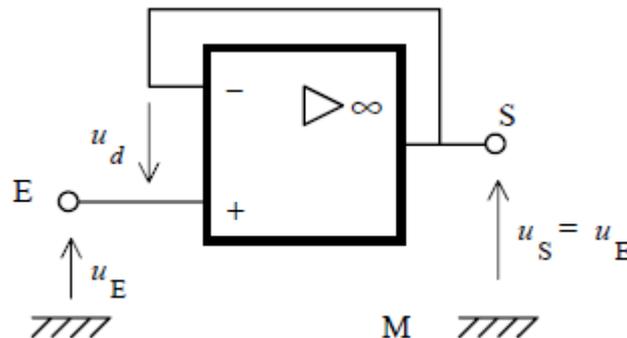


Figure 41: Montage suiveur

### 1.5.3.2 Montage comparateur

La fonction comparateur consiste à comparer les niveaux des tensions d'entrée  $U_1$  et  $U_2$ . C'est à dire que :

-Si  $U_1 > U_2$ ,  $U_S = -U_a$

-Si  $U_1 < U_2$ ,  $U_S = +U_a$

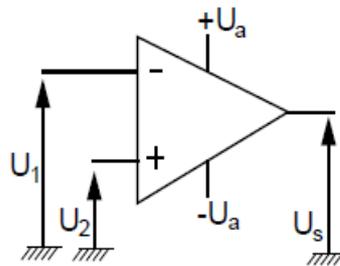


Figure 42: comparateur

#### Remarque:

Il y en encore des montages et applications de l'AOP tels que:

-Montage sommateur

-Conversion courant/tension

-Intégrateur ou filtre

-Montage en oscillateur

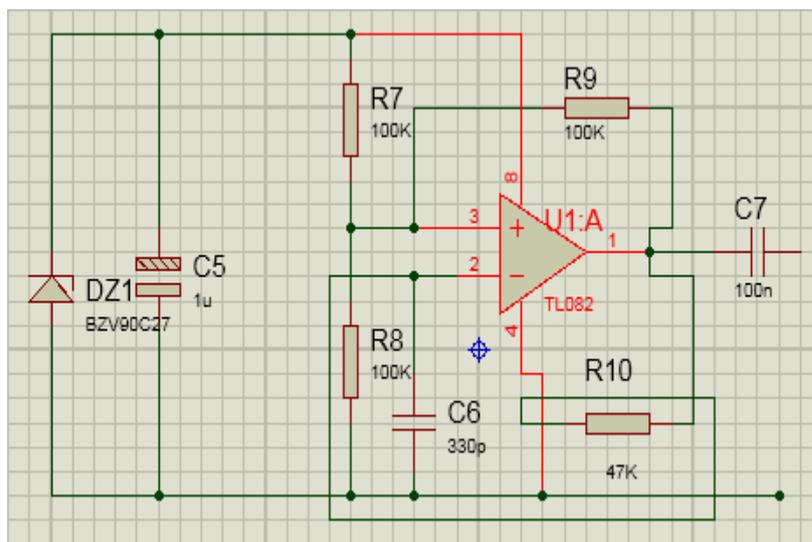


Figure 43: exemple d'un montage en oscillateur

## 1.6 Relais

### 1.6.1 Définition

C'est un appareil composé d'une bobine (électroaimant) qui lorsqu'elle est parcourue par un courant électrique agit sur un ou plusieurs contact.

### 1.6.2 Exemple

#### Les relais à simple enroulement ou type monostable :

Ce sont les relais les plus utilisés en électronique. Ils sont représentés par les symboles suivants:

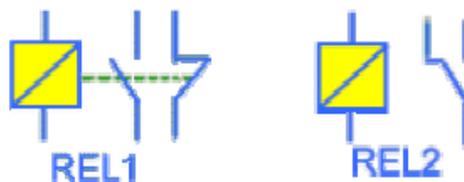


Figure 44: Représentation assemblée

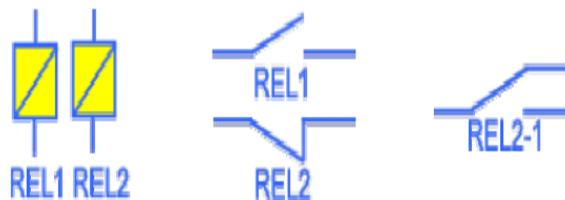


Figure 45: Représentation développée

### 1.6.3 Caractéristiques

#### 1.6.3.1 bobine

Tension minimale d'alimentation : C'est la tension continue à appliquer à la bobine du relais et permettant le bon fonctionnement de celui-ci.

**Remarque :** certains relais sont prévus pour fonctionner avec une tension alternative.

Tension de collage : C'est la valeur limite d'alimentation (pour action) à laquelle tous les contacts, de tous les relais, doivent être à l'état de travail.

Tension de coupure : C'est la valeur limite d'alimentation (pour relâchement) à laquelle tous les contacts de tous les relais doivent être à l'état de repos.

Résistance de la bobine : Cette valeur permet de calculer l'intensité dans la bobine

### 1.6.3.2 Contacts

Tension maximale de commutation : C'est la tension maximale entre les lames avant fermeture ou après ouverture.

Courant maximal de commutation : C'est le courant juste avant l'ouverture (coupure) ou juste après fermeture (collage).

Courant permanent limite (ou courant de passage maximum) : C'est la valeur du courant à ne pas dépasser.

Puissance de commutation (ou pouvoir de coupure) :

C'est le produit du courant de commutation et la tension de commutation à ne pas dépasser

Résistance de contact : C'est la résistance entre les bornes d'un contact fermé.

Tension de claquage contact/bobine : C'est la tension maximum entre les contacts et la bobine

Résistance d'isolement : C'est la résistance entre les contacts.

## 1.7 Inductances et Transformateurs

### 1.7.1 Introduction

Les transformateurs et inductances appartiennent à la famille des composants passifs et sont utilisés dans tous les domaines de l'électronique.

Différents domaines doivent être distingués :

- la distribution industrielle (courants forts);
- le professionnel;
- la micro-électronique;
- la très haute fréquence; pour lesquels ces composants ont un rôle fondamental dans le fonctionnement d'un convertisseur, l'isolement galvanique et le filtrage.

### 1.7.2 Inductances

Les inductances permettent le stockage (sous forme d'énergie magnétique) et la restitution d'énergie électrique.

Les inductances interviennent dans 3 domaines :

- la réalisation de convertisseur;
- le filtrage;
- la réalisation d'interrupteurs magnétiques.

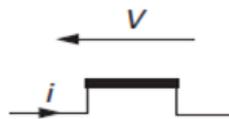


Figure 46: Inductance avec noyau

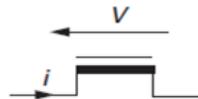


Figure 47 : Inductance sans noyau

On peut donner alors les expressions:

- De la tension  $V=L\frac{di}{dt}$ ;
- De l'énergie stockée  $W=0.5L(I_M)^2$

### 1.7.3 Exemple

L'inductance de mode commun

Pour filtrer les parasites de mode commun, l'inductance doit posséder deux ou trois enroulements identiques.

Ce type d'inductance n'a aucun effet sur le signal utile.

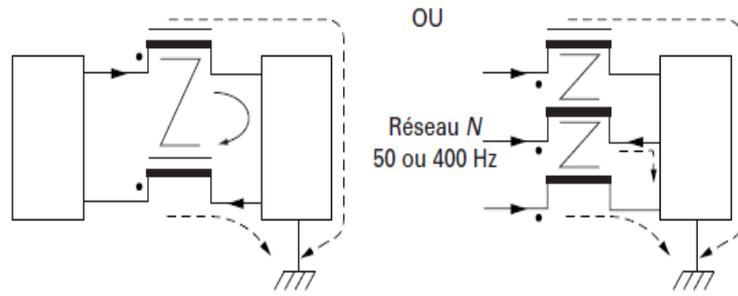


Figure 48: Inductance de mode commun

### 1.7.4 Transformateurs

Les transformateurs permettent de transmettre une puissance électrique. La tension et le courant alternatif fournis au primaire sont transformés en une ou plusieurs tensions secondaires générées par un ou des enroulements secondaires. Cette transformation se fait à travers un circuit magnétique; les primaires et les secondaires sont donc en général parfaitement isolés.

Les transformateurs interviennent dans 3 domaines :

- la distribution et la conversion de l'énergie;
- la réalisation de convertisseur;
- l'isolement galvanique.



$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

$$n_1 i_1 = n_2 i_2$$

$$P = V_1 i_1 = V_2 i_2$$

avec  $V_1$  et  $V_2$  tensions primaires et secondaires

$i_1$  et  $i_2$  courants primaires et secondaires

Figure 49: Schéma électrique d'un transformateur parfait

### 1.7.5 Remarques:

L'inductance a des processus de dimensionnement tels que:

- dimensionnement magnétique;
- dimensionnement électrique;
- dimensionnement mécanique et thermique.

Mais pour le transformateur aussi, il y en tels que:

- le dimensionnement magnétique;
- le dimensionnement électrique et des isolants;
- l'optimisation du bobinage;
- l'optimisation thermique et mécanique.

*Rapport-gratuit.com*   
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

## CHAPITRE2: ALIMENTATION LINEAIRE ET ALIMENTATION A DECOUPAGE

### 2.1 Introduction

Une alimentation est un dispositif destiné à fournir en sortie une tension continue régulée à partir d'une source continue ou alternative. Deux technologies de régulation sont possibles :

- La régulation linéaire ou « ballast »,
- La régulation à découpage.

### 2.2 Alimentation linéaire

#### 2.2.1 Schema synoptique:

Dans la **régulation linéaire**, un transistor ballast maintient la tension de sortie constante en **dissipant de l'énergie**.

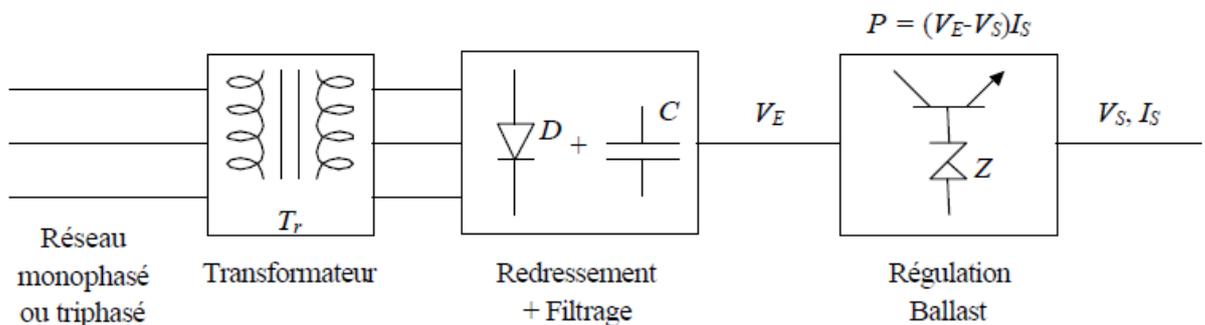


Figure 50:Alimentation linéaire issue du secteur

#### 2.2.1 Principe de fonctionnement

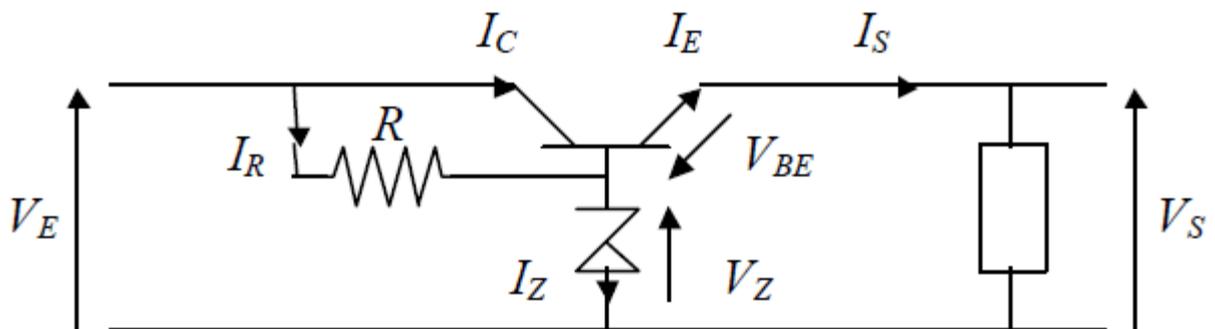


Figure 51: Principe de base de l'étage régulateur d'une alimentation linéaire.

Le principe de base du montage régulateur « ballast » avec transistor série est décrit sur la figure 51

La dénomination « linéaire » pour le type d'alimentation décrite vient du fait que le transistor fonctionne dans sa zone linéaire.

### 2.2.2 Alimentation linéaire non-stabilisée

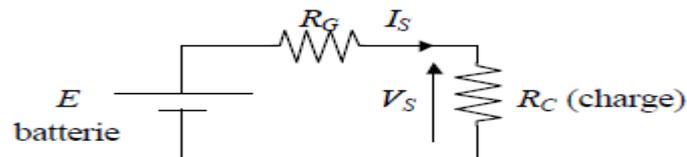


Figure 52:Alimentation non-stabilisée

$R_G$  : résistance interne du générateur

A vide pour  $R_C=0$ ,  $V_S=E$

En charge  $V_S (R_G + R_C) = R_C E$

L'augmentation de la charge entraîne donc une diminution de  $V_S$  et évidemment une augmentation de la courant  $I_S$  qui a pour expression:

$$I_S = \frac{E}{R_G + R_C}$$

Pour le montage de la figure43, toute variation de la charge sera absorbée, dans une certaine limite, par la diode Zener.

Le principe de base est le suivant :

Si  $I_S$  augmente (augmentation de la charge), alors  $I_E = I_S$  augmente et  $V_{BE}$  augmente. Donc  $I_E \approx \beta I_B$  augmente. Mais cette augmentation est  $\beta$  fois (100 au minimum) plus faible que celle de  $I_S$ . Ainsi  $V_Z$  varie peu du fait que  $I_Z$  varie peu (voir figure45).

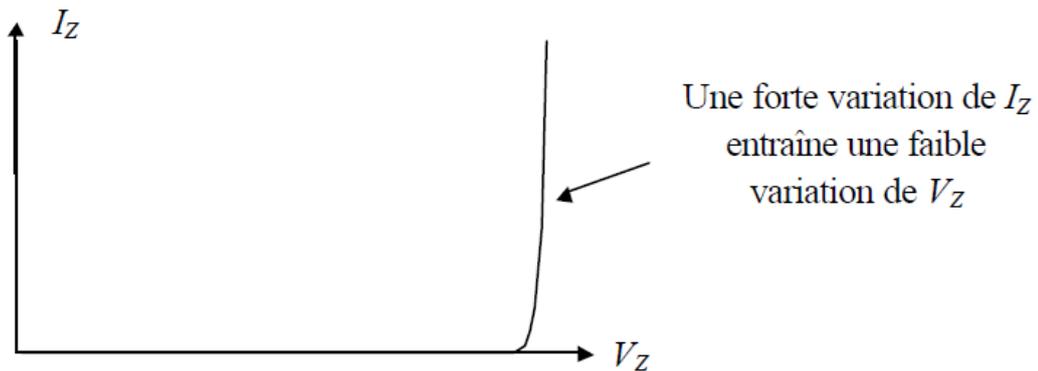


Figure 53: Polarisation de la diode Zener

Si  $I_s$  diminue (diminution de la charge), de la même façon on montre que  $I_Z$  augmente peu, et donc  $V_Z$  varie peu. Les éléments fondamentaux utilisés dans une alimentation linéaire sont :

- Un transformateur fonctionnant à 50Hz assure une isolation galvanique et la modification de la valeur efficace de la tension (en général abaisseur).
- Un redresseur à diodes suivi d'un condensateur de filtrage permettent de transformer la tension sinusoïdale issue du transformateur en une tension de valeur moyenne non nulle et ondulant peu.
- Une diode Zener accompagnée d'un montage « ballast » à transistor permettent de fournir une tension régulée en sortie de l'alimentation.

### 2.2.3 Courbe de représentation

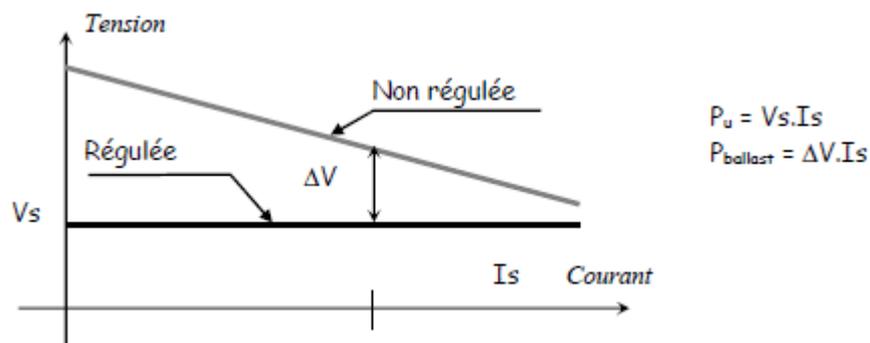


Figure 54: Courbe de représentation

### 2.3 Alimentation à découpage

Dans une régulation à découpage, le transistor fonctionne en tout ou rien (bloqué-saturé) et transfère plus ou moins d'énergie à une bobine qui la stocke momentanément sous forme d'énergie magnétique. Principe de fonctionnement

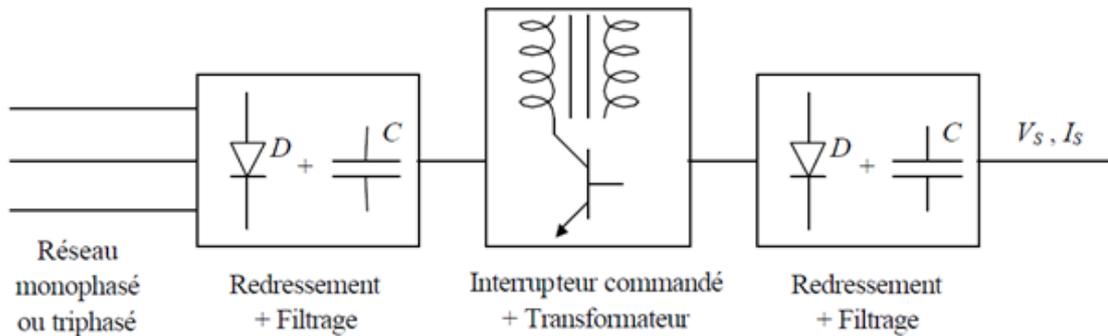


Figure 55: Schéma synoptique

#### 2.3.1 Alimentation à découpage non-isolées

##### 2.3.1.1 Convertisseur abaisseur (BUCK)

Le circuit est alimenté par une source de tension  $V_e$ , la sortie est chargée par une résistance  $R$  et débite un courant  $I_s$ . L'interrupteur  $K$  est rendu périodiquement conducteur avec un rapport cyclique  $\alpha$  à la fréquence  $F = 1/T$ .

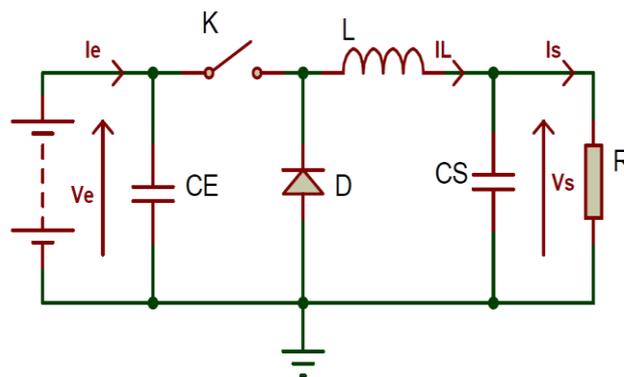


Figure 56: Schéma de principe

On étudie le fonctionnement sur une période  $T$  en distinguant deux phases selon que l'interrupteur  $K$  est fermé ou ouvert :

#### Phase 1 Interrupteur fermé ( $0 < t < \alpha T$ )

A l'instant  $t=0$  on ferme l'interrupteur  $K$ , la diode  $D$  se bloque.

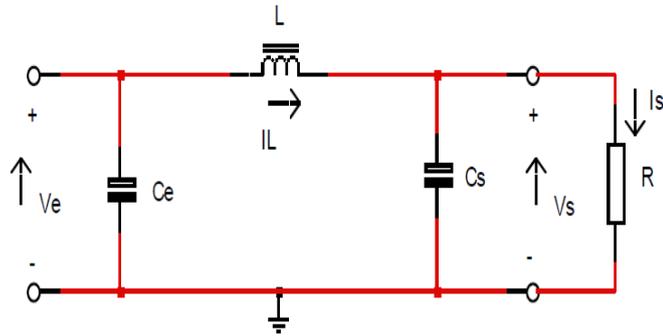


Figure 57: Schéma équivalent si K fermé

A l'instant  $t = \alpha T$  le courant dans l'inductance atteint la valeur crête :

On a alors l'équation (1) suivante:

$$I_M = I_m + \frac{V_e - V_s}{L} \alpha T$$

Pendant cette première phase, le courant  $I_L$  dans l'inductance croît linéairement de la valeur  $I_m$  à la valeur  $I_M$ .

### Phase 2 Interrupteur ouvert ( $\alpha T < t < T$ )

A l'instant  $t = \alpha T$  on ouvre l'interrupteur K. La diode D devient conductrice (car il ne peut pas y avoir de discontinuité de courant dans une inductance) et le schéma équivalent du circuit devient :

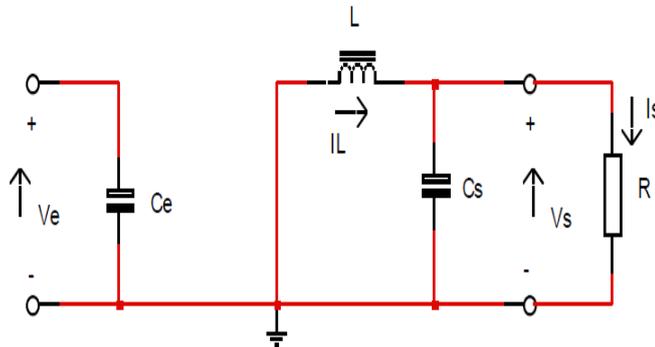


Figure 58: Schéma équivalent si K ouvert

A l'instant  $t = T$  le courant dans l'inductance atteint sa valeur minimale :

Donc, on a l'équation (2) suivante :

$$I_m = I_M - \frac{V_s}{L} (1 - \alpha)T$$

Durant cette seconde phase, le courant IL dans l'inductance décroît linéairement de la valeur  $I_M$  à la valeur  $I_m$ .

A  $t=T$  on referme l'interrupteur K et un nouveau cycle commence de manière identique au précédent puisque le régime est supposé établi.

Soit  $\Delta I$  l'ondulation du courant dans l'inductance telle que,

$$\Delta I = I_M - I_m$$

En combinant les deux équations (1) et(2), on obtient la tension de sortie:

$$V_s = \alpha V_e$$

**On constate que la tension de sortie du convertisseur ne dépend que de la tension d'entrée et du rapport cyclique  $\alpha$ . Celui-ci étant toujours compris entre 0 et 1, le convertisseur est toujours abaisseur de tension.**

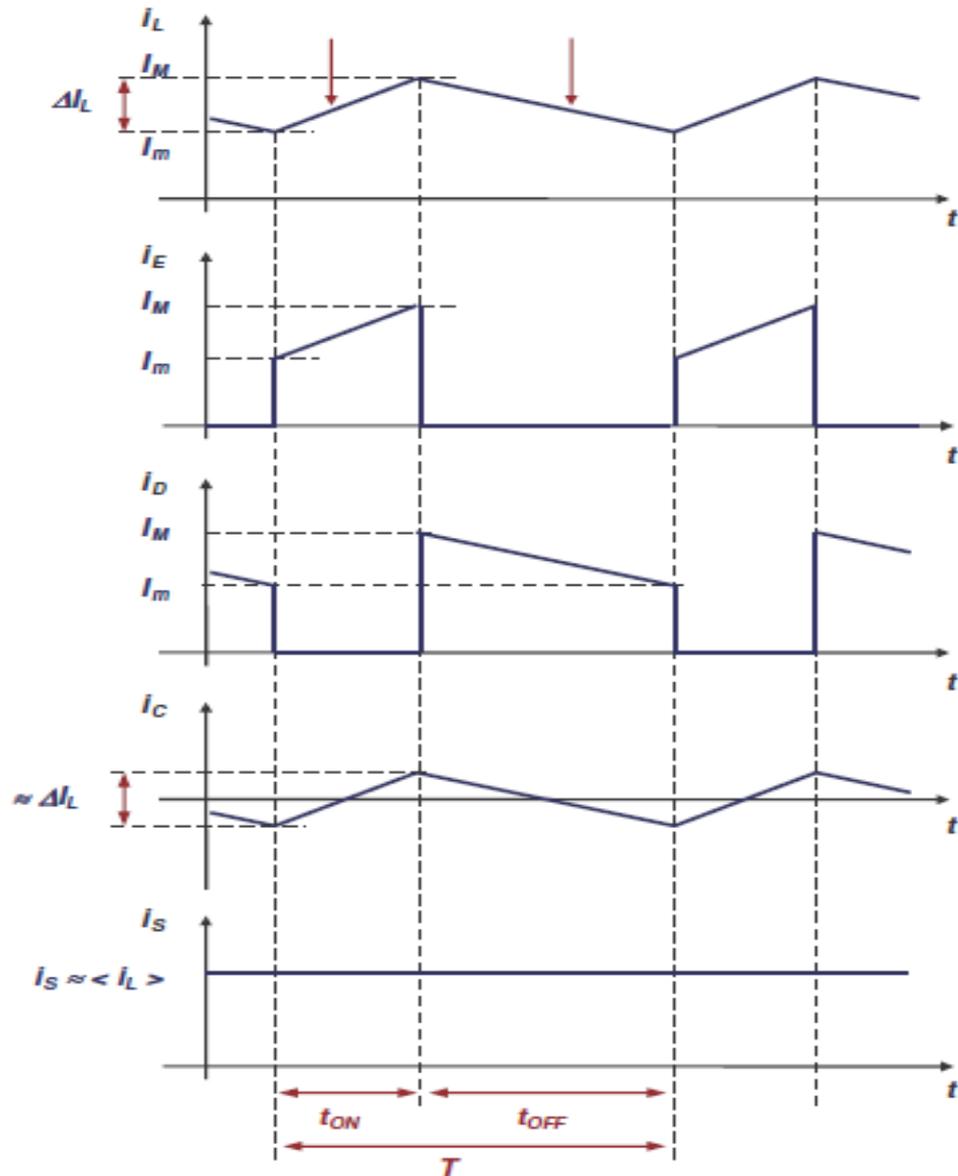


Figure 59:chronogrammes

### 2.3.1.2 Découpage parallèle(BOOST)

Le montage possède encore deux régimes de fonctionnement suivant que le courant s'interrompt ou non dans la bobine.

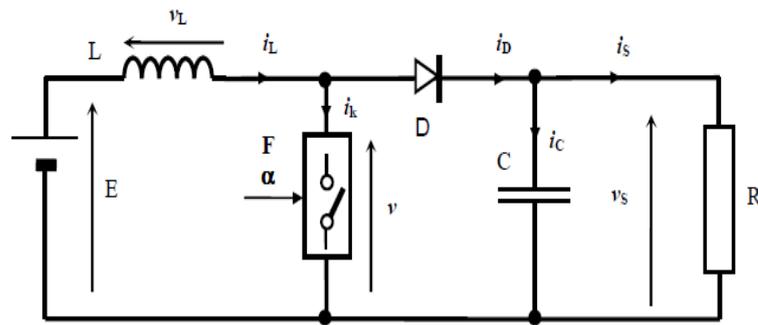


Figure 60: Schéma de principe

La période doit donc être décomposée en deux(ou trois) phases successives :

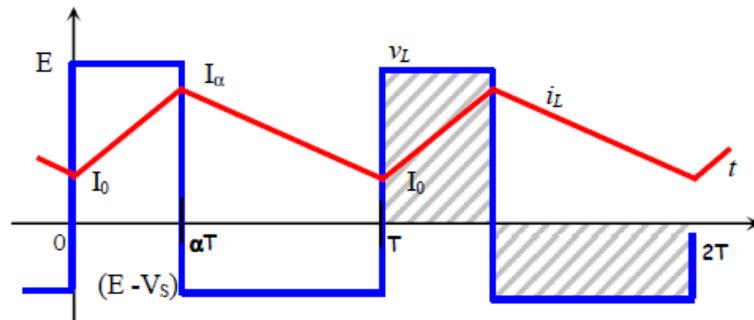
**Phase d'accumulation,  $0 < t < \alpha T$**  l'interrupteur est fermé, la tension  $v$  est nulle et la diode  $D$  bloquée. C'est  $C$  qui assure le courant d'utilisation. La bobine est soumise à  $V_L=E$

**Phase active,  $\alpha T < t < T$  (ou  $\beta T$ )** l'interrupteur est ouvert, le courant dans la bobine n'est pas nul, la diode  $D$  est donc passante.

De ce fait,  $V=V_S$  est  $V_L=E- V_S$

Si l'énergie stockée dans la bobine lors de la première phase n'est pas suffisante pour maintenir le courant jusqu'à la fin de la période, il y a une troisième phase dite phase de repos.

L'interrupteur est ouvert, la diode bloquée. Tous les courants sont nuls à l'exception de  $i_S$  qui vaut  $-i_C$  (c'est  $C$  qui assure à nouveau le courant). On obtient alors la courbe suivante.



Mais d'après cette courbe, on a en annulant  $V_L$  moyenne:

$$V_S = \frac{1}{1-\alpha} E$$

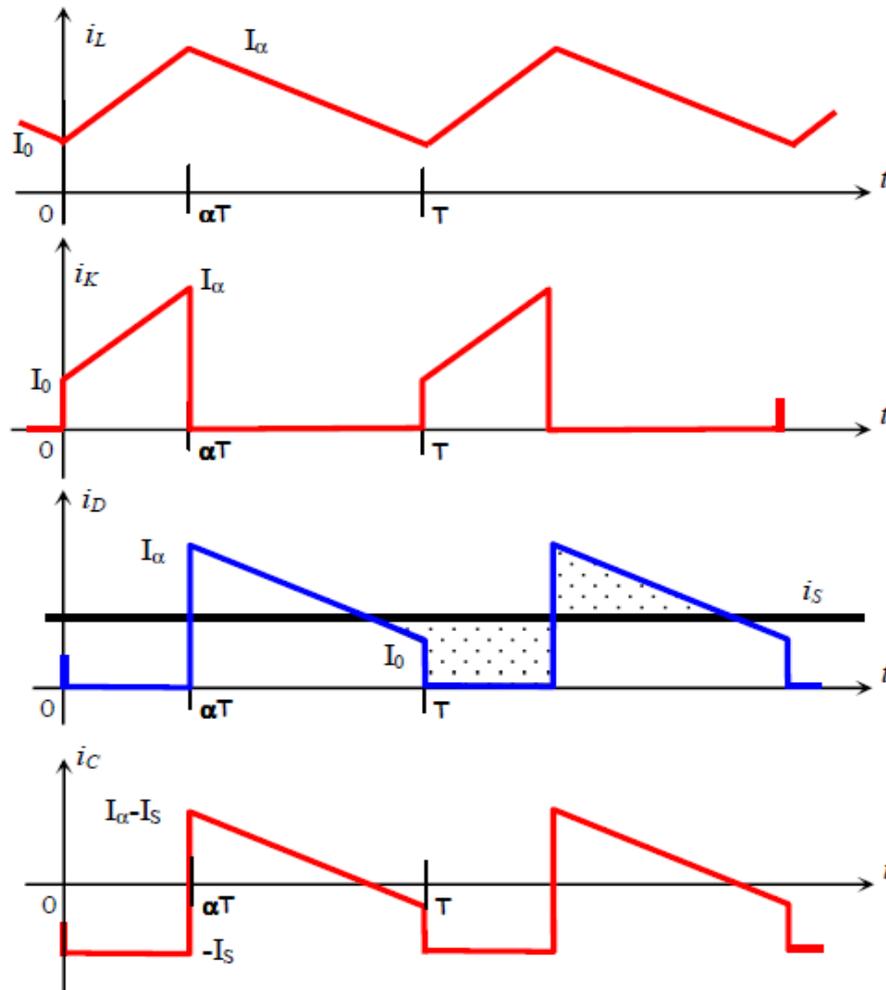


Figure 61: Chronogrammes

### 2.3.2 Les alimentation à découpages isolées

#### 2.3.2.1 Fly-back

Elle est appelée aussi alimentation à découpage à stockage inductif.

##### 2.3.2.1.1 Schéma de principe

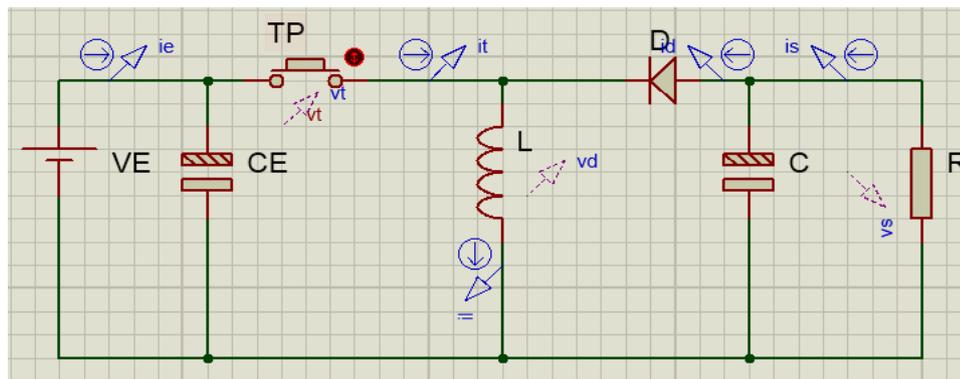


Figure 62: Schéma de principe

### 2.3.2.1.2 Principe de fonctionnement

L'interrupteur  $T_p$  est fermé pendant la fraction  $\alpha T$  de la période de découpage  $T$ . La source primaire fournit alors de l'énergie à l'inductance  $L$  (croissance du courant), la diode  $D$  est bloquée ( $V_d < 0$ ). Le courant dans la charge est fourni par la décharge du condensateur  $C$ . Lors du blocage de  $T_p$ , la diode  $D$  assure la continuité du courant dans l'inductance  $L$ . On a alors décharge de  $L$  dans  $R$  et  $C$ .

Si la valeur du condensateur est bien calculée (suffisante), on peut considérer la décharge de  $C$  entre  $\alpha T$  et  $T$  comme négligeable, et donc assimiler la tension de sortie à une constante. La décroissance du courant de  $\alpha T$  et  $T$  peut alors être considérée comme linéaire, et l'on obtient les chronogrammes ci-contre :

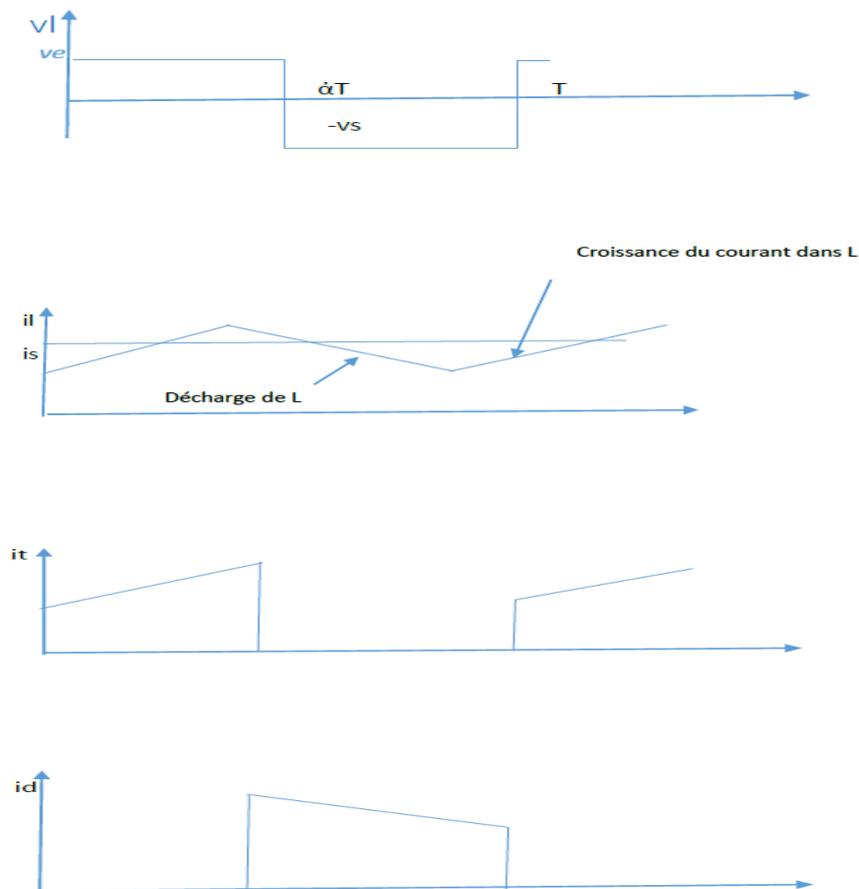


Figure 63:chronogrammes

### 2.3.2.1.3 Avantages et inconvénients

#### Les avantages:

- Peu de composants.
- Un seul composant bobiné
- Architecture économique pour les faibles puissances (<150W)

#### Les inconvénients:

- L'énergie étant stockée dans l'inductance couplée et dans le condensateur de sortie, ceux-ci deviennent encombrants pour des puissances supérieures à 200 W, et cette alimentation devient alors moins intéressante.
- Risque de surtension lors du fonctionnement à vide : l'énergie stockée durant la phase de magnétisation est alors transmise au condensateur durant la phase de

démagnétisation. Cette énergie est alors stockée par le condensateur qui voit sa tension monter, et il y a alors risque de destruction.

### 2.3.2.2 Forward

On l'appelle aussi alimentation à découpage à conduction direct

#### 2.3.2.2.1 Schéma de principe

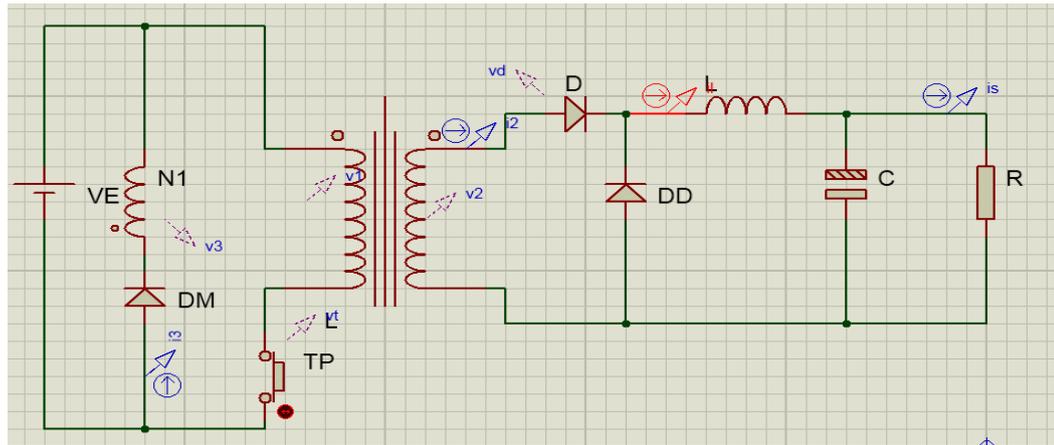


Figure 64: Schéma de principe

#### 2.3.2.2.2 Principe de fonctionnement

Le transformateur est placé en série avec l'interrupteur statique du hacheur, la diode de roue libre étant placée au secondaire du transformateur. Un troisième enroulement (tension  $V_3$ ) est placé sur le noyau du transformateur. Il permet la démagnétisation du transformateur après la phase de conduction de l'interrupteur  $T$ . La diode  $D$  permet de forcer la démagnétisation par le troisième enroulement. Le fonctionnement peut être divisé en deux phases :

De  $0$  à  $\alpha T$ , **l'interrupteur est passant**, le primaire est soumis à la tension  $E$ . Il s'en suit la magnétisation du transformateur, et un transfert d'énergie de la source vers le filtre et la charge,

via le transformateur et la diode  $D$ .

De  $\alpha T$  à  $T$ , **l'interrupteur est bloqué**. Il apparaît une phase de roue libre au niveau du secondaire (continuité du courant dans l'inductance via la diode de roue libre), et une phase de démagnétisation du transformateur par continuité du courant magnétisant à travers le troisième enroulement. Il est nécessaire d'attendre la fin de la démagnétisation

du transformateur avant d'entrer à nouveau dans une phase de magnétisation et de transfert d'énergie.

### 2.3.2.2.3 Chronogrammes

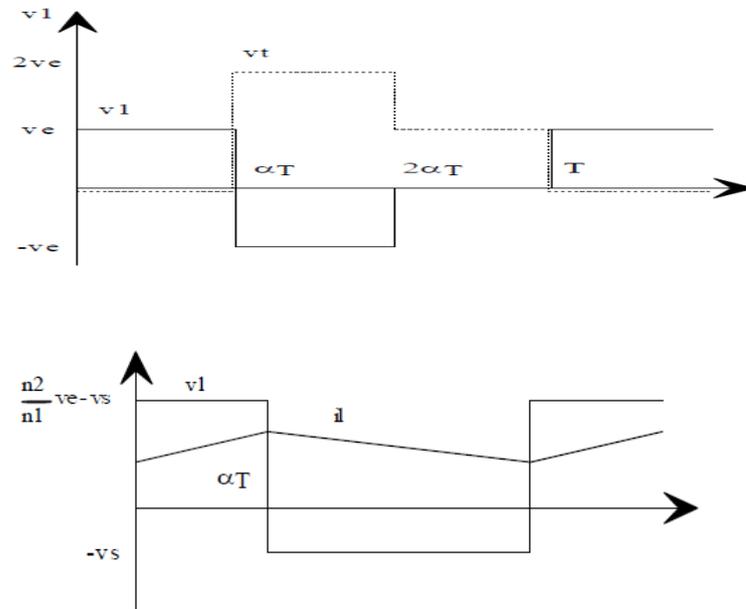


Figure 65: Chronogramme de la tension en fonction du temps  $t$

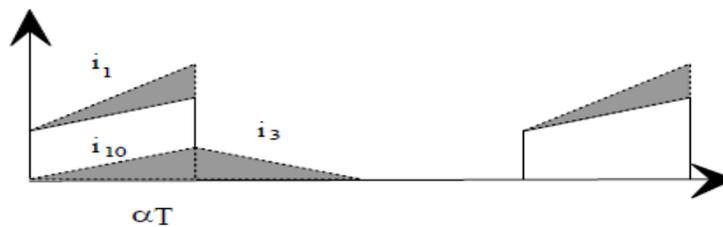


Figure 66: Chronogramme du courant en fonction du temps  $t$

### 2.3.2.2.4 Avantages et inconvénients

Cette architecture s'adapte bien aux sorties basse tension fort courant car le filtrage de sortie est aisé, pour des puissances d'environ 100 à 500W. Elle présente néanmoins des inconvénients inhérents à la structure :

- Présence de deux composants magnétiques
- Nécessité de prévoir un système de démagnétisation du transformateur.
- Mauvaise utilisation du circuit magnétique du transformateur, qui n'est utilisé que dans un quadrant magnétique (de 0 à  $B_m$ , le flux ne changeant pas de signe).

### 2.3.2.3 Alimentation à découpage symétrique, le montage PUSH-PULL

Ce type d'alimentation a été conçu pour palier à un des inconvénients de l'alimentation Forward, à savoir l'utilisation dans un seul quadrant magnétique du transformateur. Pour permettre l'utilisation dans deux quadrants du circuit magnétique ( $B > 0$  et  $B < 0$ ), il est nécessaire de pouvoir magnétiser le transformateur sous une tension positive, puis sous une tension négative. Parmi les différentes structures existantes, celle basée sur l'utilisation d'un hacheur en pont est la plus simple au niveau de l'étude.

#### 2.3.2.3.1 Schéma de principe

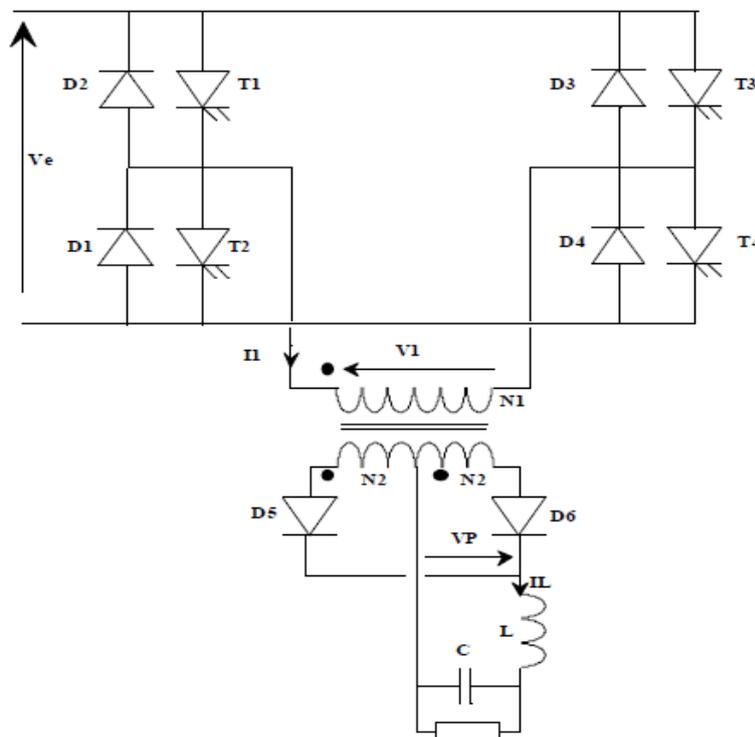


Figure 67: Schéma de principe

#### 2.3.2.3.2 Principe de fonctionnement

Les interrupteurs d'un même bras de pont sont commandés de façon complémentaire, avec un temps de conduction d'une demi-période. Le déphasage entre les commandes des deux bras de pont est noté  $\alpha T$  avec  $\alpha < 1/2$ .

Nous allons étudier qualitativement le fonctionnement de cette alimentation dans ces différentes phases de fonctionnement, en négligeant le courant magnétisant :

**Pour  $t \in [0, \alpha T]$  :**

- Les transistors T1 et T4 sont commandés,  $V_1 = V_e$ , il y a croissance du flux dans le circuit magnétique
- La diode D5 conduit, l'inductance est soumise à une tension positive ( $mV_e - V_s$ ), il y a croissance du courant  $I_L$ .
- Il y a croissance du courant I1 ( $I_1 = mI_s$ )

**Pour  $t \in [\alpha T, T/2]$  :**

- Les transistors T1 et T3 sont commandés, la continuité du courant magnétisant I1 impose

la mise en conduction de la diode D3, alors  $V_1 = 0$ , le flux dans le circuit magnétique est constant

- L'inductance est soumise à une tension négative, ( $-V_s$ ), il y a décroissance du courant  $I_L$ , qui est fourni par la diode D5.
- Il y a décroissance du courant I1 ( $I_1 = mI_s$ )

**Pour  $t \in [T/2, T/2 + \alpha T]$  :**

- Les transistors T2 et T3 sont commandés,  $V_1 = -V_e$ , le flux dans le circuit magnétique est décroissant
- La diode D6 conduit, l'inductance est soumise à une tension positive ( $mV_e - V_s$ ), il y a croissance du courant  $I_L$ .
- Il y a décroissance du courant I1 ( $I_1 = -mI_s$ )

**Pour  $t \in [T/2 + \alpha T, T/2]$  :**

- Les transistors T2 et T4 sont commandés, la continuité du courant magnétisant I1 impose la mise en conduction de la diode D4,  $V_1 = 0$ , le flux dans le circuit magnétique est constant.
- L'inductance est soumise à une tension négative, ( $-V_s$ ), il y a décroissance du courant  $I_L$ , qui est fourni par la diode D6.
- Il y a croissance du courant I1 ( $I_1 = -mI_s$ )

Les formes d'ondes sont alors les suivantes :

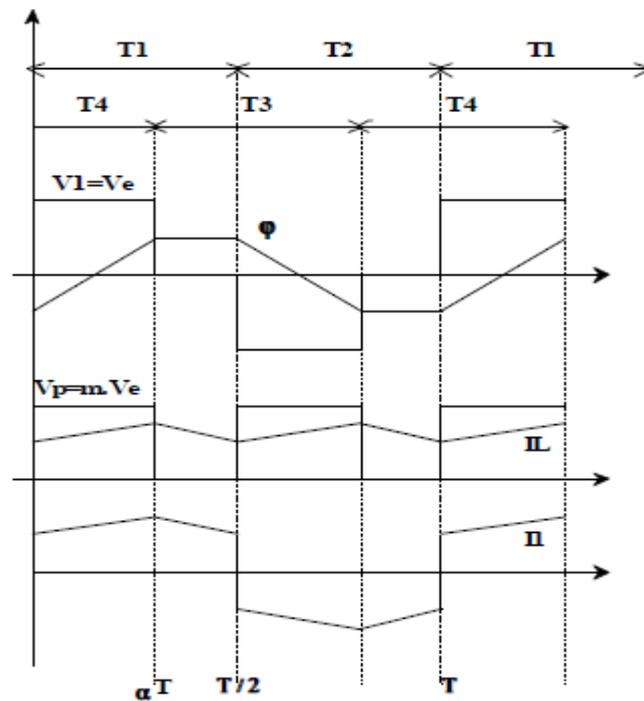
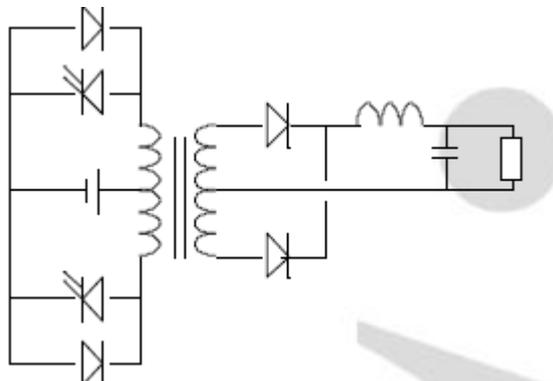


Figure 68: Chronogrammes

En calculant la valeur moyenne de la tension  $V_p$ , on démontre facilement la relation

$$V_s = 2 \alpha m V_e$$

On rencontre également parfois des alimentations à découpage travaillant dans deux quadrants magnétiques, mais ne présentant que deux interrupteurs statiques au niveau primaire. Dans ce cas, il est nécessaire de prévoir deux enroulements au niveau du primaire pour assurer le changement du signe de la tension de magnétisation :



### CHAPITRE3: COMPARAISON ENTRE ALIMENTATION LINEAIRE ET ALIMENTATION A DECOUPAGE

#### Avantages, Inconvénients et Coûts

Les deux systèmes présentent chacun des avantages et des inconvénients.

#### 1 TABLEAU DE COMPARAISON

Caractéristiques	Découpage	Régulation linéaire
Rendement	65 à 90%	35 à 55%
Puissance massique	30 à 300 W/kg	10 à 30 W /kg
Puissance volumique	50 à 300W/l	20 à 50W/l
Plage de tension d'entrée	0,85 à 1,2U <sub>N</sub>	0,9 à 1,1U <sub>N</sub>
Régulation dynamique	5%-1ms	1%-50µs
Dépassement-durée		
Ondulation résiduelle Crête à crête	1%	0,1%
Perturbations conduites et rayonnées	Importantes	Négligeables
MTBF	60 000h	100 000h

Tableau 5:TABLEAU DE COMPARAISON

#### Celui par découpage aura:

- un bon rendement.
- Le transformateur travaille à une fréquence  $f \geq 20\text{KHz}$  très supérieure à celle du réseau 50Hz, il est donc de dimension réduite.
- Le transistor de puissance fonctionne en régime de commutation ( $V_{CE} \approx 0$  et  $I_c$  pour l'état *on* ;  $I_c = 0$  pour l'état *off* ; soit  $P = I_c \cdot V_{CE} \approx 0$ ) et présente des pertes réduites.
- des puissances massiques et volumiques élevées;
- des parasites conduits et rayonnés importants;
- une ondulation résiduelle relativement grande ;

Donc, le dissipateur associé est de faibles dimensions, d'où un gain en volume et en masse.

Le rendement de l'alimentation est supérieur à 80 % (contre 60 % maximum pour les alimentations linéaires).

### Le linéaire aura:

- une tension de sortie parfaitement continue.
- faciles à mettre en œuvre
- une régulation dynamique rapide.
- Le transistor « ballast » dissipe une puissance donc il impose l'utilisation d'un radiateur encombrant et nuit au rendement de l'alimentation.

### 2 COURBE DE COMPARAISON

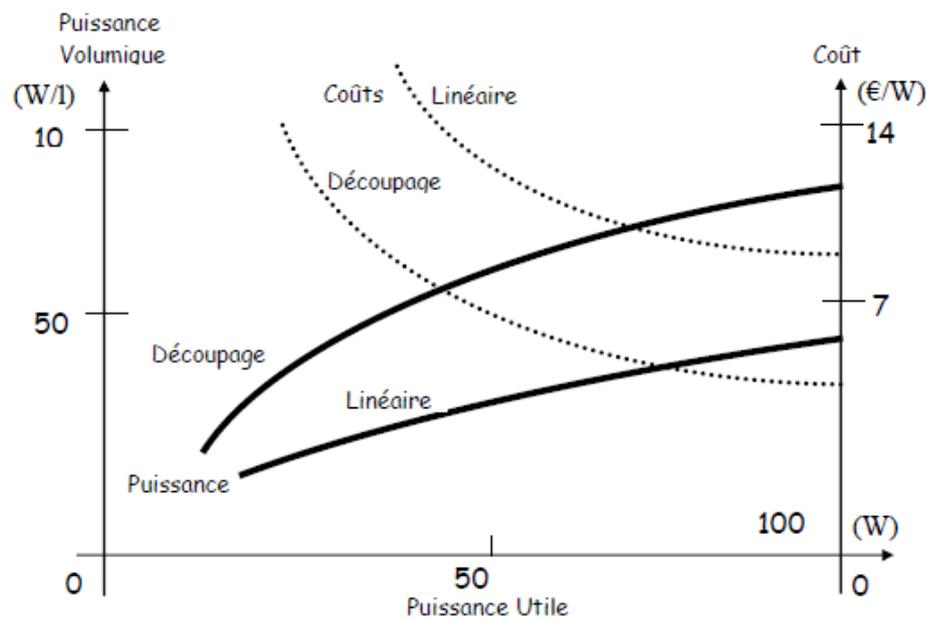


Figure 69: COURBE DE COMPARAISON

En conclusion, dans le cas des alimentations à découpages, nous obtiendrions un bon rendement, des puissances massiques et volumiques élevées. Par contre le découpage introduit des parasites rayonnées et conduits, de même qu'une ondulation résiduelle relativement importante de la tension de sortie. Les alimentations à régulation linéaire sont préférables lorsqu'une tension de sortie parfaitement continue, munie d'une régulation dynamique rapide (alimentation de systèmes analogiques) est nécessaire.

***PARTIE 2 : METHODE  
DE CONCEPTION D'UNE  
ALIMENTATION A  
DECOUPAGE  
SYMETRIQUE FAIBLE  
COÛT***

## PARTIE 2 : METHODE DE CONCEPTION D'UNE ALIMENTATION A DECOUPAGE SYMETRIQUE

### CHAPITRE 1 : CAHIER DES CHARGES :

-Tension d'entrée : 230V~ - Tension de sortie : symétrique (+/-24V par exemple) pour un amplificateur de 2x250WRMS à 4 Ohms

- Puissance de sortie : 300W en moyenne, 700W pendant 2 secondes environ

- Tensions de sortie auxiliaires (en option) : 12V, 24V, au choix pour ventilation, afficheur,...

- Pas de composant spécifique : régulateur à découpage, optocoupleur...

De toute façon, la tension de sortie peut être choisie en fonction du besoin.

#### 1.1 Listes des composants

SUR LE SCHEMA	DANS LA REALISATION
Fusible 5A	Fusible 3A
Pont de diode 5A	Pont de diode 4A(GBL06)
$C_1=330\text{nF}$	$X_{21}/X_{22}=100+220=320\text{nF}$
$R_1=470\text{k}\Omega$	$R_1=470\text{k}\Omega$
$R_2=100\Omega/5\text{W}$	$R_2=100\Omega/5\text{W}$
RL1=48V	RL1=48V
$R_3=6.8\text{k}\Omega$	$R_3=6.8\text{k}\Omega$
$R_4=R_5=220\text{ k}\Omega$	$R_4=R_5=220\text{ k}\Omega$
$C_2=C_3=680\mu\text{F}/200\text{V}$	$C_2=C_3=470\mu\text{F}/200\text{V}$
$R_6=22\text{ k}\Omega/10\text{W}$	$R_6=15\text{ k}\Omega/10\text{W}$
TL082	TL082
DZ1=27V/1.3W	DZ1=27V/1W
$C_4=1\mu\text{F}/250\text{V}$	$C_4=1\mu\text{F}/250\text{V}$
$C_5=1\mu\text{F}/35\text{V}$	$C_5=1\mu\text{F}/50\text{V}$
$R_7=R_8=R_9=100\text{ k}\Omega$	$R_7=R_8=R_9=100\text{ k}\Omega$
$R_{10}=47\text{ k}\Omega$	$R_{10}=47\text{ k}\Omega$
$C_6=330\text{pF}$	$C_6=330\text{pF}$
$C_7=100\text{nF}$	$C_7=100\text{nF}$

$Q_1=Q_2=20N60C3$	$Q_1=Q_2=IRF740$
$D_1 = D_2=1N4148$	$D_1 = D_2=1N4148$
$R_{11}= R_{12} =220\Omega$	$R_{11}= R_{12} =220\Omega$
$D_3= D_4=MUR1520$	$D_3= D_4=MUR1520$
$C_8=C_9=C_{10}=C_{11} =1000 \mu F$	$C_8=C_9=C_{10}=C_{11} =220 \mu F/63V$

Tableau 6: Listes des composants

**Remarque:**

Nous voyons dans la deuxième colonne qu'il y en a des composants non tous les mêmes sur le schéma à cause de la difficulté de trouver ces composants dans les magasins même chez les brocantes. En plus les composants électroniques ont beaucoup d'équivalence sans parler de 20N60C3 identique à IRF740. Et pour les raisons d'améliorer les performances de notre réalisation. Enfin, une autre raison c'est la diminution des couts mais beaucoup d'avantage que la suggestion par exemple le prix du IRF740 est trois fois moins cher que celui du 20N60C3.

**1.2 Exemples d'utilisation**

Comme l'alimentation est une grande partie sur tous les appareils électroniques, elle tienne plusieurs rôles. Par conséquent, il y a beaucoup d'utilisation de l'alimentation sans parler de notre cas qui n'est autre que <<**l'alimentation à découpage symétrique**>>. Ce dernier est plus utilisé dans:

- le domaine industriel: alimentation moteur à courant continu, variateur de vitesse...
- les laboratoires: laboratoire électronique, laboratoire médicale (dans les appareils de chirurgie)...
- en particulier dans les appareils audio-visuels: la radio, télévision, amplificateur...

**Remarque:**

Notre alimentation peut alimenter des appareils de puissance (100W à 500W) mais pour les essais on utilise un ventilateur de faible puissance ( $2*7W/2*24V$ ).

CHAPITRE 2 : SCHEMA GENERAL DE MONTAGE

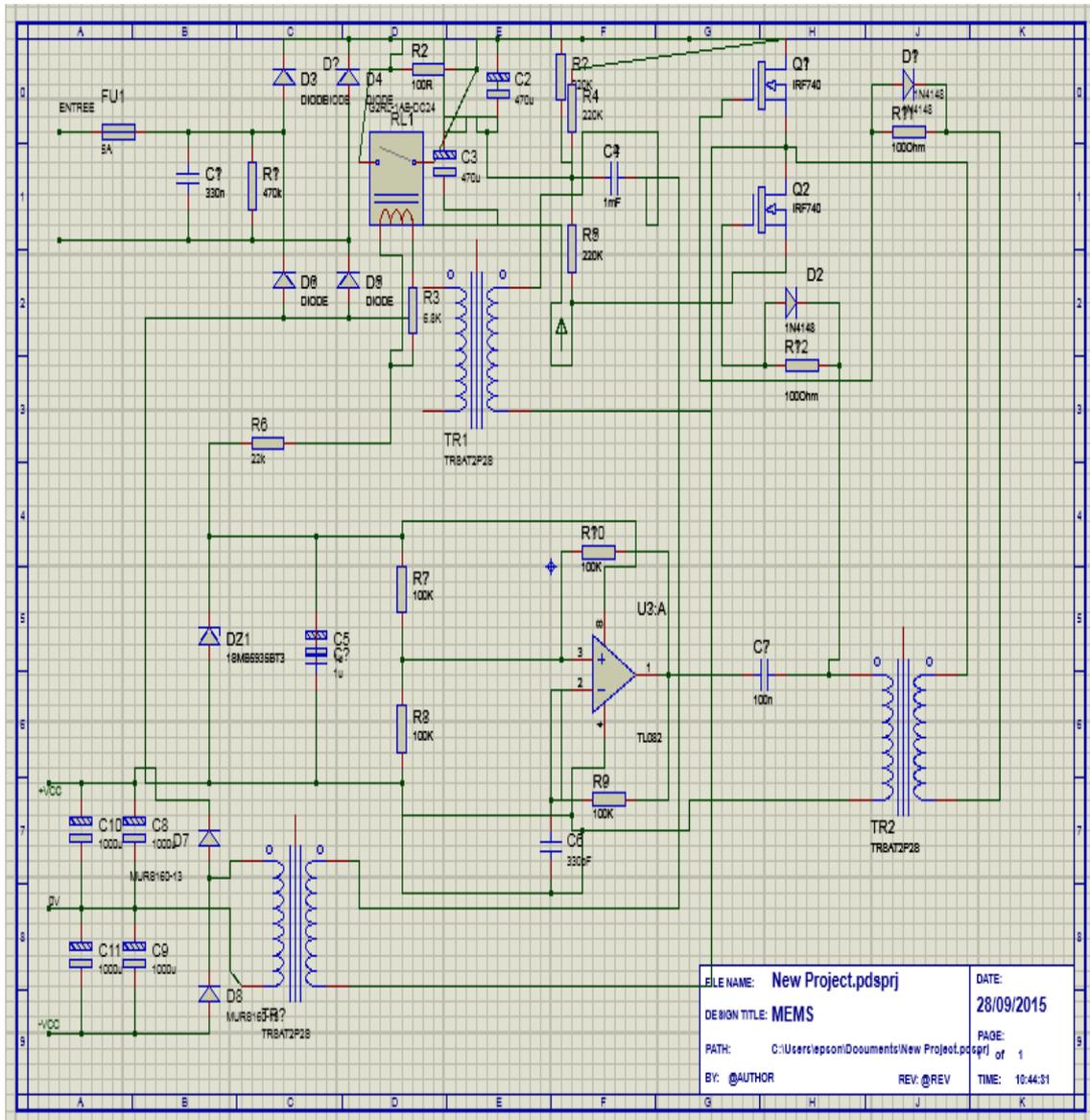


Figure 70: Schéma général de l'alimentation à découpage symétrique

### CHAPITRE 3 : FONCTIONNEMENT DETAILLE :

On peut choisir les composants en fonction de ce qu'on a sous la main et de la puissance souhaitée pour les utilisations.

#### 3.1 Etage d'entrée

On utilise un fusible et un pont de diode 5 ou 4A. Concernant les émissions de parasites (CEM), on place un condensateur C1 et sa résistance de saignée R1 pour le décharger lorsqu'on débranche la prise de courant.

**Remarque:** La valeur est empirique, inspirée de valeurs courantes sur des alimentations à découpage de PC.

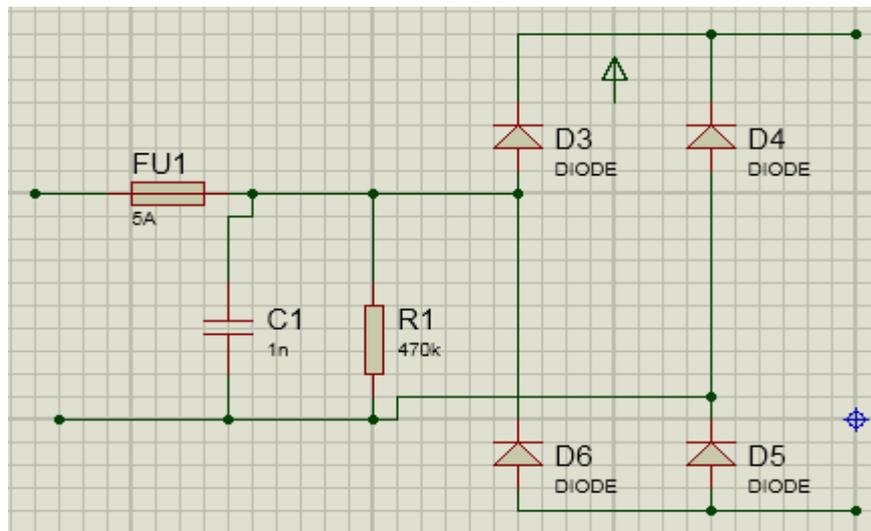


Figure 71: Etage d'entrée de l'alimentation à découpage

#### 3.2 Condensateurs de filtrage et relais de l'alimentation à découpage

C2 et C3 sont placés en série et leurs tensions (160VDC) sont équilibrées par R4 et R5. Ces condensateurs doivent être d'au moins 330uF et avoir une tension de 200V. On peut les récupérer dans les alimentations de PC hors service.

Lorsque l'alimentation est mise sous tension, C2 et C3 se chargent à travers R2. Après 0.2 seconde environ, le relais RL1 se ferme et court-circuite R2 (modèle 5W à choisir). Le relais se ferme dès que la tension aux bornes de sa bobine atteint 60% environ de sa tension nominale. Cela limite parfaitement l'appel de courant au démarrage (3.2A crête max). R2 peut avoir une valeur autour de 100 Ohms. Le relais doit être un modèle 48V

ou éventuellement 24V mais alors R6 doit passer de 22k à 18k pour garantir un courant de bobine suffisant (17mA).

Pour un relais 48V, R3 est placée en parallèle avec sa bobine pour limiter à 48V la tension à ses bornes. Le courant total (traversant la R6) est de 11mA environ. Plusieurs valeurs pourront être testées, en commençant par  $R3 = 6.8k\Omega$  par exemple. Nous allons voir le schéma.

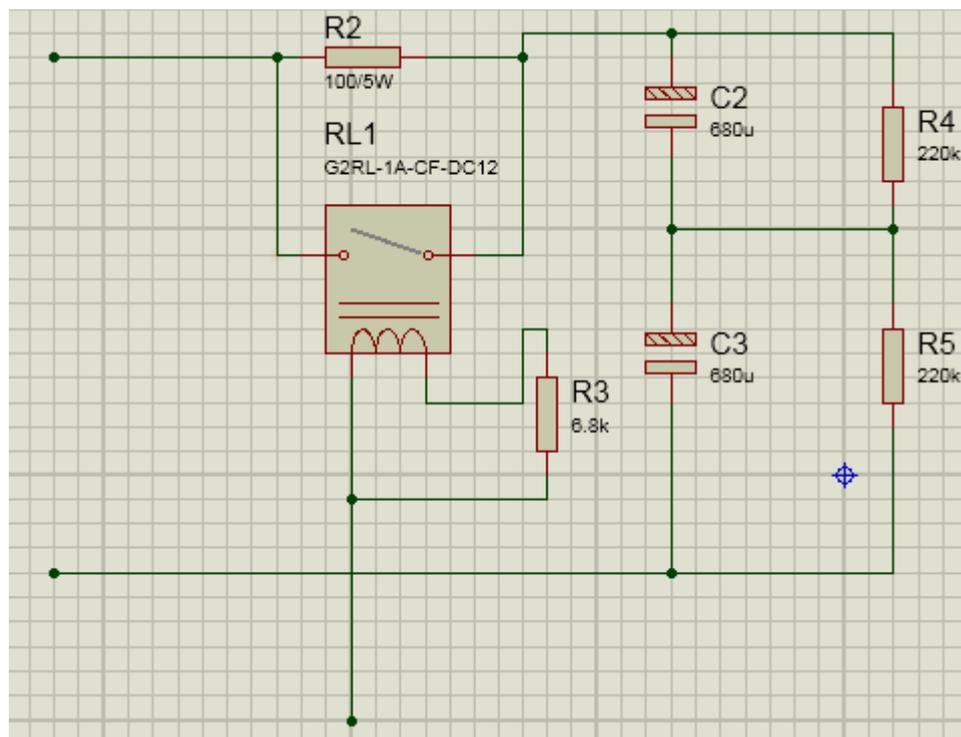


Figure 72: Partie condensateur de filtrage et relais

### 3.3 Oscillateur

#### 3.3.1 Présentation

L'oscillateur n'est basé que sur un amplificateur opérationnel. On peut choisir un TL082, TL081, TL072 sans aucune contrainte.

Remarque: Dans le cas amplificateur opérationnel double, les deux entrées de l'amplificateur opérationnel non utilisé seront connectées au 0V comme la patte 4.

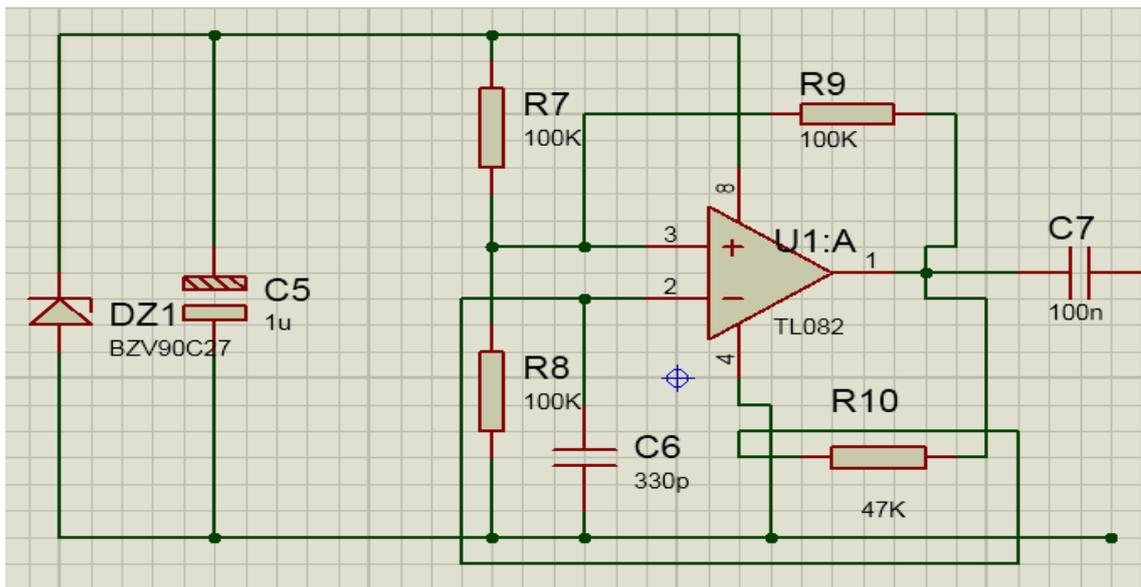


Figure 73: Oscillateur

L'alimentation de l'oscillateur se fait par diode zener 27V (ou 24V, cela marche aussi) et résistance (R6). Le courant dans R6 sert aussi à alimenter la bobine du relais. On peut insérer une LED en série pour visualiser la tension secteur redressée. C5 assure des transitoires de consommation et lisse la tension. Il doit avoir une valeur de 470nF minimum.

### 3.3.2 Fréquence de découpage

La fréquence est inversement proportionnelle à la constante de temps  $R_{10}.C_6$  et vaut 30kHz avec les valeurs choisies. La fréquence de découpage ici doit se trouver entre 25 et 50kHz. Les valeurs de 100kOhms pour les quatre résistances ont surtout été choisies par simplicité et ne sont pas critiques. Et on peut calculer la fréquence de découpage par la formule:

$$f = (2,2 R_{10} C_6)^{-1}$$

#### Application numérique:

$$f = \frac{1}{2,2 * 47000 * 0,0000000000012}$$

Après cette application numérique, on a  $f \approx 30\text{kHz}$ .

### 3.3.3 Consommation de l'oscillateur

La consommation est en fonction de la consommation de repos de l'amplificateur opérationnel, de la fréquence et de la tension d'alimentation (choix de la diode Zener). Par mesure expérimentale, on a les données suivantes :

TENSION D'ALIMENTATION (V)	CONSOMMATION		
	50HZ	30HZ	Pas d'oscillation
30	15.1	11.2	3.5
25	13.2	9.9	3.5
20	11.1	8.4	3.4
15	8.9	6.9	3.4
10	6.1	5.0	3.3

Tableau 7: Consommation de l'oscillateur

Pour cette mesure, l'oscillateur est alimenté par une alimentation stabilisée isolée c'est à dire alimentation de laboratoire). On a supprimé la diode Zener 27V pour ce test.

15V est la limite basse pour commander Q1 et Q2 correctement.

La consommation diminue de 0.2mA si on coupe l'alimentation 230V (plus de hachage).

A fréquence plus élevée, la consommation augmente parce qu'il faut charger ou décharger plus fréquemment les capacités de grille. Lorsque R9 et C6 sont supprimées, l'oscillation n'a pas lieu. On mesure alors la consommation de repos de l'amplificateur opérationnel TL082 (3.3mA à 3.5mA sur la plage 10V-30V).

Le condensateur C7 supprime la composante continue (égale à 13.5V pour une alimentation de 27V : alternance de tensions égales à 1.5V et 25.5V) du signal créneau de l'oscillateur. En réalité, le signal n'est pas créneau mais présente des fronts arrondis (slew rate typique : 13V/ $\mu$ s).

### 3.4 Commande des transistors

On remplace le transformateur d'impulsion par une inductance de mode commun mais il est délicat de trouver des transformateurs d'impulsions spécifiques pour alimentation à découpage.

On a le schéma de fonctionnement suivant.

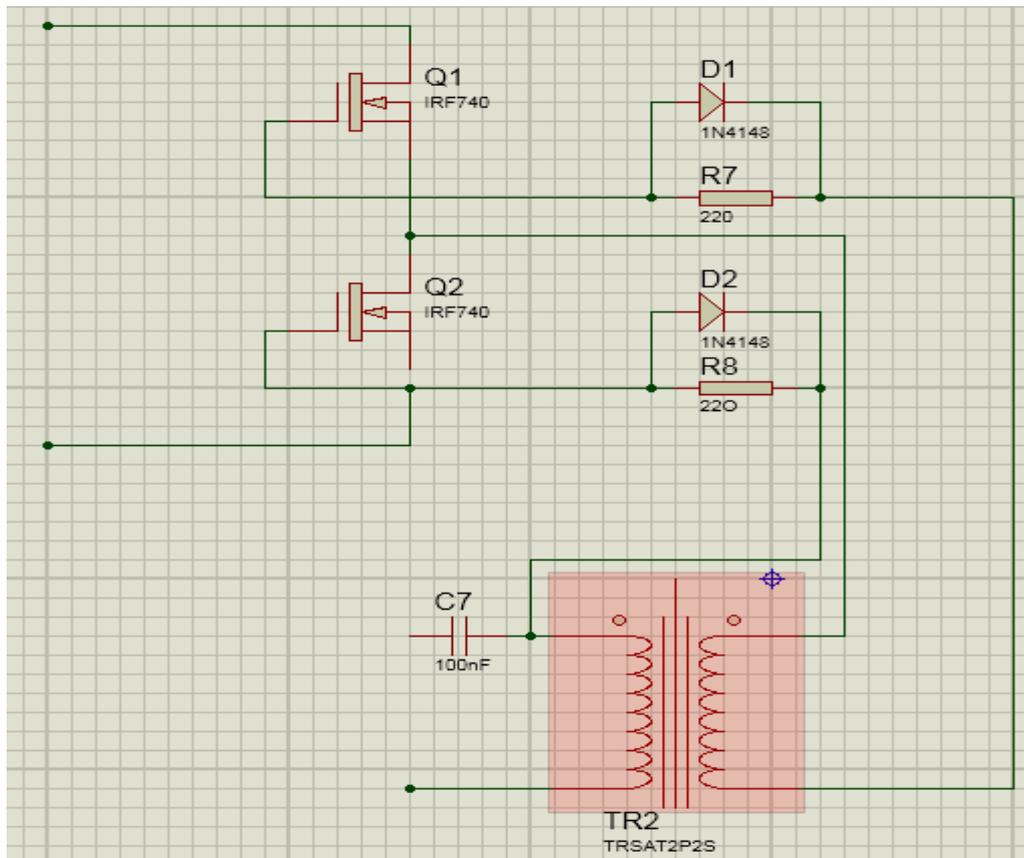


Figure 74: Inductances de mode commun utilisé comme transformateur d'impulsion

Cela fonctionne parce que le rapport des nombres de spires est 1:1. L'inductance doit être entre 2x3mH et 2x10mH environ. L'isolation entre les 2 bobinages est suffisante puisqu'ils sont prévus pour tenir 230V.

Comme les tensions grille-source des 2 transistors doivent être en opposition de phase, On doit respecter la polarité de l'inductance de mode commun.

Ce composant est avantageux puisqu'on la retrouve facilement. On peut aussi en récupérer de filtres d'alimentations à découpage (alimentations de PC, TV,...).

### 3.5 Transistor de l'alimentation

#### 3.5.1 Fonctionnement

Les 2 transistors fonctionnent en opposition de phase comme dans tout montage demi pont. Leur commande se fait via R7/D1 et R8/D2. D1 et D2 accélèrent la décharge de la capacité de grille alors que R7 et R8 la ralentissent. Le but est de créer un <<temps

**mort**>> où ni Q1 ni Q2 n'est conducteur. C'est crucial pour le fonctionnement de l'alimentation demi pont. Pour pouvoir bien comprendre, on va voir le schéma suivant.

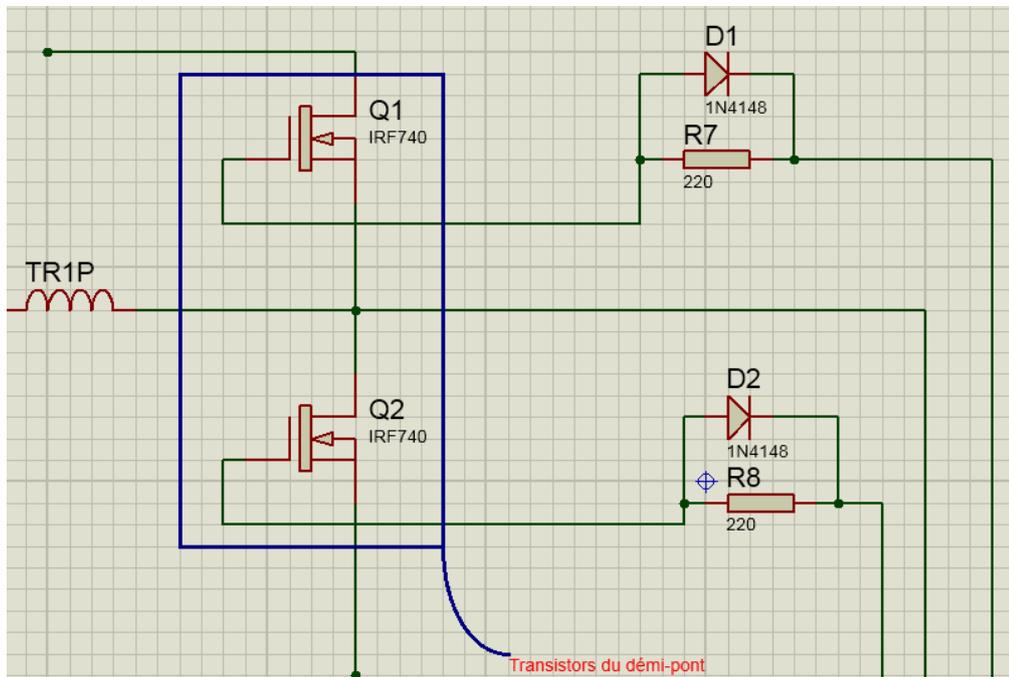


Figure 75: Transistor de l'alimentation

### 3.5.2 Piste aussi courte que possible

Q1 peut éventuellement être monté directement sur radiateur sans isolant (mica ou silicone) étant donné que le potentiel de son drain (boitier) est à +320V. C'est donc un point froid (pas de hachage). Q2 doit au contraire être isolé. Si on n'isole que Q1, le radiateur se trouve au potentiel +320V. Les pistes correspondant à la source de Q1 et au drain de Q2 doivent être aussi courtes que possible.

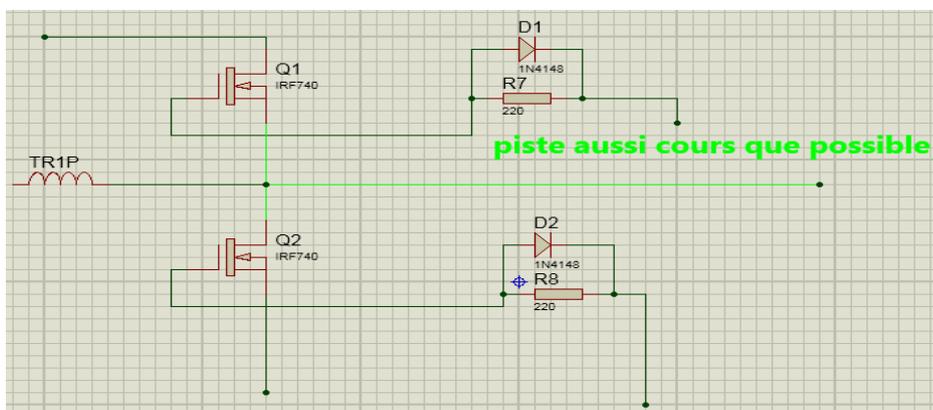


Figure 76: Exemple d'une piste courte

**Remarque:** Point chaud (potentiel variable) : pistes à faire aussi courtes que possible.

On va voir un exemple d'une piste courte.

### 3.6 Condensateur de liaison du primaire

En démontant des alimentations ATX de PC, on voit qu'il y a toujours un condensateur non polaire 1 $\mu$ F/250V en série avec le primaire du transformateur. Dans l'alimentation pour amplificateur audio par exemple, C<sub>4</sub> peut être court-circuité, mais en cas de défaut d'un des deux hacheurs, un des condensateurs chimiques 200V tels que C<sub>2</sub> ou C<sub>3</sub> verra toute la tension 320V à ses bornes : il va exploser, ce condensateur est donc là pour éviter une explosion de condensateur chimique en cas de défaut de Q<sub>1</sub> ou Q<sub>2</sub>.

Lorsque C<sub>4</sub> est court-circuitée, la tension aux bornes de C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> se répartit en fonction du rapport cyclique des hacheurs qui est proche de 50%. La tension aux bornes de C<sub>3</sub> vaut 320V multipliée le rapport cyclique. En effet, la tension moyenne aux bornes du primaire est nulle, comme aux bornes de toute inductance. C<sub>4</sub> doit être placée du côté du point froid pour réduire les émissions de parasites. Seule une des deux bornes du primaire est au point chaud.

### 3.7 Transformateurs de l'alimentation

On peut le récupérer à partir d'une alimentation de PC qui utilise une topologie demi - pont (la plupart des alimentations ATX sont ainsi, quelques-unes sont de type Forward).

**Exemple:**

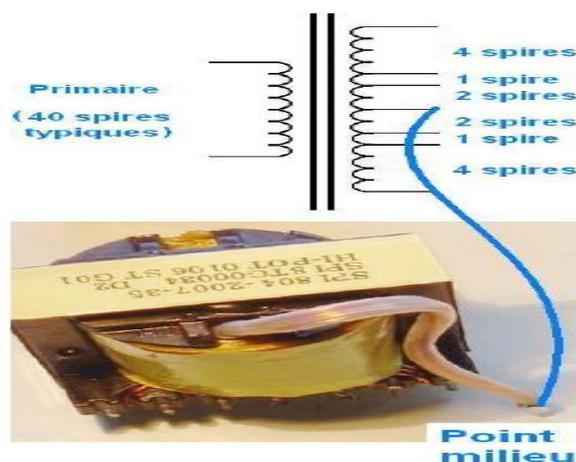


Figure 77: Exemple d'un transformateur d'une alimentation à découpage

La tension de sortie peut être choisie en fonction du besoin de l'utilisation. Il faut choisir le bon point ou "prélever" la tension secondaire.

Il suffit de choisir le nombre de spires adéquat pour la tension souhaitée

L'intérêt est d'utiliser un transformateur prévu pour cette application :

- demi-pont
- fréquence de découpage entre 25kHz à 50kHz en général
- isolation électrique principale entre primaire et secondaire (il faut relier la masse à la terre pour assurer une isolation renforcée).
- tension de sortie de +/-12V à +/-56V

Concernant la puissance, elle dérive du récepteur, prenons par exemple:

Pour un amplificateur de 500W, la puissance moyenne réelle consommée est bien inférieure (150 à 300W environ). Un transformateur d'alimentation ATX 250W est ainsi suffisant s'il est légèrement ventilé.

### 3.8 Sortie et secondaire de l'alimentation

#### 3.8.1 Principe

La tension est directement redressée en simple alternance comme on pourrait le faire sur un transformateur 50Hz classique. L'inductance de fuite du transformateur ralentit la montée en courant lors des fronts de tension. En réalité, le redressement fonctionne bien malgré la simplicité du montage c'est-à-dire pas d'inductance en série avec les diodes...). On applique ici le principe du montage redressement <<doubleur la tour>> comme le montre le schéma suivant:

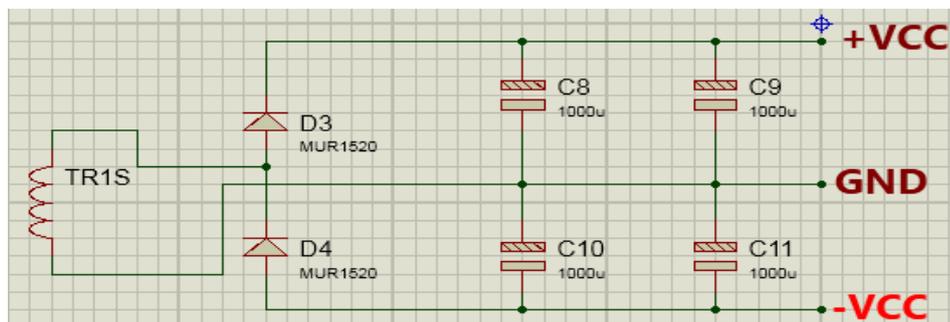


Figure 78: Secondaire et sortie de l'alimentation

### 3.8.2 Choix de la diode

Il faut choisir des diodes ultra rapides 10A et 200V. Un modèle 15A (MUR1520, BYV32E-200) convient à merveille. Une courante crête de 50A peut y circuler. Les diodes doivent être montées sur un petit radiateur de quelques cm de côté.

**Remarque:** Ne jamais utiliser des diodes de redressement standard (1N5404, pont de diode 50Hz).

### 3.8.3 Choix des condensateurs

Il est intéressant de placer plusieurs condensateurs de plus faible capacité en parallèle plutôt qu'un seul gros. La résistance série équivalente est plus faible, et l'ondulation est aussi réduite. Pour la fiabilité, on évite de dépasser 80% de la tension de service : un modèle 50V ne doit pas voir plus de 40V à ses bornes par exemple.

## 3.9 Tension de sortie et courant disponible

La valeur de la tension de sortie est fixée par le nombre de spires au secondaire comme le montre la figure suivante:

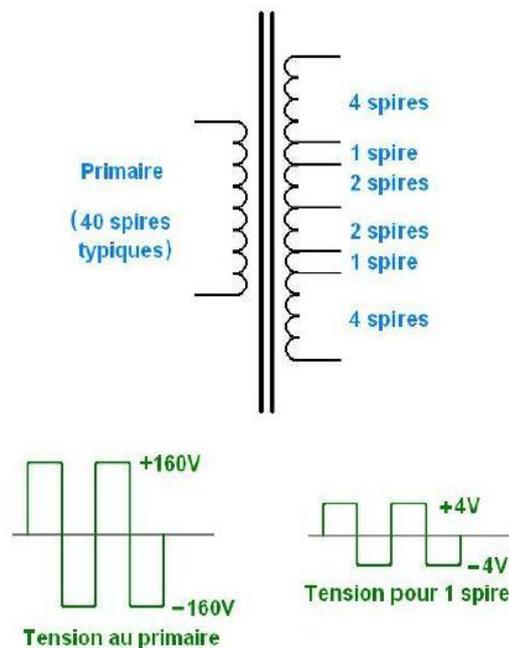


Figure 79: Secondaire et primaire du transformateur de l'alimentation

***PARTIE 3 :***  
***REALISATION***

---

## PARTIE 3 : REALISATION

### CHAPITRE 1 : REALISATION DU CIRCUIT IMPRIME :

#### 1.1 INTRODUCTION

Un circuit imprimé (ou PCB de l'anglais *Printed circuit board*) est un support, en général une plaque, permettant de maintenir et de relier électriquement un ensemble de composants électroniques entre eux, dans le but de réaliser un circuit électronique complexe. On le désigne aussi par le terme de carte électronique.

Il est constitué d'un assemblage d'une ou plusieurs fines couches de cuivre séparées par un matériau isolant. Les couches de cuivre sont gravées par un procédé chimique pour obtenir un ensemble de pistes, terminées par des pastilles. Le circuit imprimé est souvent recouvert d'une couche de vernis coloré qui protège les pistes de l'oxydation et d'éventuel court-circuit.

Les pistes relient électriquement différentes zones du circuit imprimé. Les pastilles, une fois perforées, établissent une liaison électrique, soit entre les composants soudés à travers le circuit imprimé, soit entre les différentes couches de cuivre. Dans certains cas, des pastilles non perforées servent à souder des composants montés en surface.

#### 1.2 Circuit imprimé de l'amplificateur opérationnel

On peut réaliser le circuit imprimé par divers logiciels sans parler du CIRCUITMAKER, PROTEUS... Mais pour faciliter manipulation et la compréhension on utilise le logiciel PROTEUS. Et après la manipulation, on obtient le circuit imprimé ci-dessous:

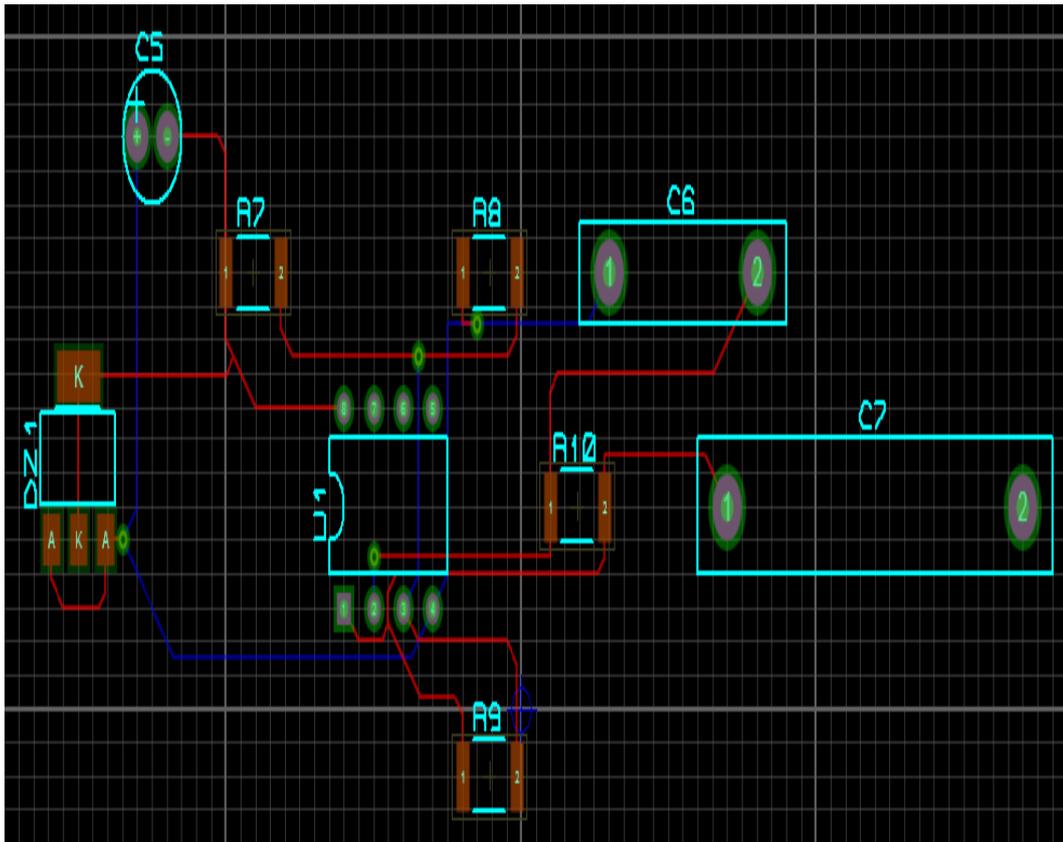


Figure 80: Circuit imprimé de l'oscillateur

## CHAPITRE 2 : MISE AU POINT, ESSAI ET RESULTAT :

### 2.1 Mise au point

Après avoir installé et relié tous les composants dans la plaquette. On ne peut pas tout d'abord alimenter l'installation mais:

- on vérifie tous les connexions (schéma, soudures, câblages...)
- on vérifie les matières non utiles dans la plaquette (déchets des fils émaillés, déchets d'étains, tous les conducteurs ayant pour risque d'entraîner des cas accidentelles.
- on test la réalisation à vide mais on monte une lampe en série avec lui pour connaître s'il y en a un court-circuit (schéma de principe voir annexe).
- on monte le câble d'alimentation et les câbles de sortie. On isole les trois bornes de sortie les unes des autres pour éviter le court-circuit qui peut entraîner la destruction de la résistance de puissances et du transistor.
- si l'installation marche, on la monte sur un boîtier et on fait les essais.

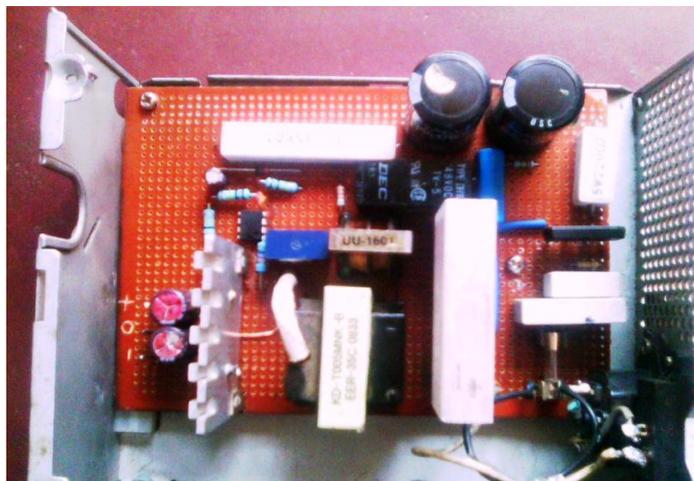


Figure 81: boîtier

On voit dans le schéma qu'il y en a quatre condensateurs de sortie mais on peut utiliser deux par exemple selon la possibilité d'existence des pièces et de puissance désirée.

### 2.2 Essais et résultats

On a fait trois exemples des essais successifs

Un essai comprend trois types:

-l'essai à vide

-l'essai à une charge

-l'essai à double charge

Notre charge ici est un ventilateur 2\*48V/2\*7W et le secteur est un réseau de la JIRAMA 220V.

On peut résumer les essais et les résultats à l'aide du tableau ci-dessous.

Essais	A vide	Une charge	Doubles charges
Essais1	2*24V (48V)	48V	47.5V
Essais2	2*24V (48V)	48V	48V
Essai3	2*24V (48V)	48V	48V

*Tableau 8: Essais et résultats*

---

**CHAPITRE 3 : DISCUSSION ET COMMENTAIRE :****3.1 Cout de fabrication****FUSIBLE 3A:** 200Ar**DIODES:****Diode PONT 5A :** 5000Ar**DIODE ZENER:** 300Ar**DIODE 1N 4148:** 2\*600Ar**DIODE RAPIDE MUR1520:** 2\*2500Ar**DIODE LED:** 200Ar**CONDENSTEURS:**

100nF: 1000Ar

200nF:1200Ar

470 $\mu$ F/200V:2\* 3000Ar1  $\mu$ F/250V: 2500Ar1 $\mu$ F/ 50V: 1500Ar

330pF: 500Ar

100nF:1000Ar

220 $\mu$ F/63V: 1000Ar**TRANSISTORS: IRF740:** 2\*4000Ar**CIRCUIT INTEGRE:****TL082:** 2000Ar**RESISTANCES:**470k $\Omega$ ; 6.8k $\Omega$ ; 220 k $\Omega$ ; 220 $\Omega$ : 4\*200Ar100 $\Omega$ /5W: 1500Ar15 k $\Omega$ /10W: 2000Ar

**RELAIS 48V:** 10000Ar

**TRANSFORMATEUR DE DECOUPAGE:** 7000Ar

**INDUCTANCE DE MODE COMMUN:** 5000Ar

**REFROIDISSEURS:** 2\*1000Ar

**PLAQUETTE:** 2000Ar

**CABLE D'ALIMENTATION:** 5000Ar

**DOMINOS:** 600Ar

**ETAIN:** 2500Ar

**Totale dépense: 75000Ar Référence: Février 2015**

**Temps d'exécution pratique: une semaine**

### 3.2 Quelques types des alimentations à découpage

Type des alimentations à découpage	Caractéristiques			Prix	Figure
	T <sub>E</sub>	P <sub>D</sub>	T <sub>S</sub>		
Alimentation 230VAC/12VDC	230V	300 W	12V	224750 Ar	
Alimentation 230VAC/24VDC	230V	300 W	24V	372825 Ar	

*Tableau 9: types des alimentations à découpage*

### 3.3 Avantages

- cette alimentation est facile à l'utilisation et à la manipulation;
- elle est facile à porter;
- puissance débitée élevée;
- tension de sortie stable;

- elle est protégée contre les défauts accidentels sans parler du court-circuit.
- elle est facile à dépanner
- pièces de récupération facile à trouver chez les magasins ou chez les brocantes en cas de destruction.
- elle peut être utilisée dans plusieurs utilisations comme l'amplificateur audio, appareils de laboratoire, systèmes de démarrage des moteurs électriques...
- sans entretien
- faible coût

***PARTIE 4 :***

***IMPACTS***

***ENVIRONNEMENTAUX***

## PARTIE 4 : IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

La fabrication des appareils électroniques ne cesse d'augmenter dans les usines mêmes chez les bricoleurs. Mais pas seulement les fabrications mais aussi dans les ventes sur le marché. Ce qui pose un problème non négligeable lorsque les appareils arrivent en fin de vie.

### 1 Les matières toxiques

Dans leur grande majorité, les équipements électriques et électroniques contiennent toute une série de composants, renfermant eux-mêmes de nombreux matériaux. La législation fixe des valeurs limites de concentration (pour-cent en poids) pour les matériaux dits «homogènes» (exemple: vis sans revêtement).

Il est donc interdit de mettre sur le marché des équipements dont les concentrations maximales des substances suivantes sont dépassées dans un ou plusieurs de leurs matériaux homogènes:

- 0.1 % plomb (Pb), mercure (Hg), chrome hexavalent (Cr (VI))
- 0.01 % cadmium (Cd)
- 0.1 % biphenyles polybromés (PBB), diphenyléthers polybromés (PBDE)

Les valeurs limites suivantes doivent en outre être respectées pour les piles incorporées dans des équipements:

- 5 mg/kg mercure (Hg), à l'exception des piles boutons contenant au plus 20 g/kg de mercure
- 20 mg/kg cadmium (Cd)

### 2 Conséquences

Le stockage des déchets pollue les sols, les sous-sols, l'air et l'eau (nappe phréatique, cours d'eau) et rend impropre à la consommation les aliments issus de la chaîne alimentaire (lait, produits issus de l'agriculture, ...). L'atteinte à l'environnement s'avère nocif lors des phases de démantèlement, de récupération et d'élimination finale des matériaux dangereux car les substances toxiques sont directement déchargées dans les sols. Le brûlage des fils électriques contribue à polluer l'air ambiant et à former des amas de cendres polluants.

### 3 Solutions

Plusieurs solutions être appliquées pour résoudre les problèmes liés aux utilisations des composants et appareils électroniques. Mais elles sont principalement composées par les trois solutions suivantes:

- réduction de quantité des produits qui arrivent en fin de vie ;
- réutilisation des produits ou certaines de leurs parties qui deviendraient autrement des déchets ;
- recyclage des matières premières.

Presque tous les pays développés appliquent le recyclage. Il se divise en sept fractions:

- Les métaux: sont séparés par fractions selon leur degré de pureté et les matériaux composites sont retraités mécaniquement. Les fractions sont ensuite fondues.
- Les matières plastiques: sont recyclées, dans la mesure où le tri par critère de pureté est possible; dans le cas contraire (matières plastiques mélangées) ces matières sont utilisées à des fins énergétiques ou thermiques.
- Le verre peut être réutilisé comme écran de télévision dans l'industrie du verre ; il est possible d'utiliser des écrans de télévisions contaminés (verre conique) comme fondant de scorification.
- Les circuits imprimés permettent une récupération thermique ou électrolytique du métal ; les scories se déposent.
- Les composants sont retraités dans la mesure du possible. Si tel n'est pas le cas ils sont incinérés comme des déchets spécifiques ou stockés dans des décharges souterraines.
- Les prises et connecteurs, à partir desquels des métaux peuvent être récupérés de manière mécanique ou thermique ; les matières plastiques sont recyclées ou valorisées
- Les câbles, dont les composants métalliques peuvent être récupérés de manière mécanique ; les matières plastiques sont recyclées ou valorisées.

# ***CONCLUSION***

## CONCLUSION

A nos jours, malgré l'existence des appareils électroniques repartis dans tous les magasins sans parler des alimentations. On voit que les alimentations diffèrent par ses caractéristiques et surtout sur le cout. On constate aussi qu'on peut réaliser une alimentation plus performante mais à faible cout. Cette étude a été faite dans le but de donner une méthode de conception et de réalisation d'une alimentation à découpage symétrique à faible coût.

L'élaboration de cette conception et réalisation a été faite par les études technologiques et des bases des composants électroniques.

La première partie de ce travail a traité les généralités sur l'électronique de puissance et les systèmes d'alimentation pour rappeler et résumer les technologies et les différents calculs utilisés en électronique de puissance.

Puis la deuxième partie de cette étude a abordé la méthode de conception de l'alimentation à découpage symétrique à faible coût pour mieux comprendre leur fonctionnement.

Dans la troisième partie, c'est la partie réalisation nous donne le circuit imprimé de l'oscillateur, la mise au point, les essais et résultats pour que la réalisation soit bien faite. Et en plus, il y en a aussi les avantages et quelques types des alimentations à découpage pour la mise en évidence des avantages apportées par notre alimentation.

En bref, l'étude a montré que n'est pas du point de vue caractéristique seulement notre alimentation est plus avantageux mais surtout sur le cout. Malgré leur domaine d'utilisation très vague, il faut toujours consulter le cahier de charges. Mais si on désire alimenter des charges non prescrites, on doit chercher expérimentalement à modifier les paramètres de l'alimentation.

**BIBLIOGRAPHIES ET WEBOGRAPHIES**

- [1]-RAVALOMANANA Olivier-Cours instrumentation électronique-3<sup>ème</sup> Année GMI  
licence professionnelle
- [2]-RAJAONARIVELO Jean André-Cours conversion de l'énergie-3<sup>ème</sup> Année GMI  
licence professionnelle
- [3]-PIERRE Mayé-Aide-mémoire composants électroniques-3<sup>ème</sup> édition
- [4]Francois BEAUCLAIR-transformateur et inductance
- [5]C.Ling-document électronique-décembre 2005
- [6]Ludovic Lambin-les relais
- [7]Jean-Yves LE CHENADEC-alimentation à découpage
- [8]Document alimentation à découpage-Technique de l'ingénieur
- [9]<http://www.lelectronique.com>
- [10]<http://www.alimentation à découpage pour ampli audio 200 à 500W.html>
- [11]<http://ghomrassi.blogspot.com/2009/01les alimentation à découpage>
- [12]<http://www.acopian.com/linear-supply-vs-switching-power-supply-vs-unregulated-power-supply.html>
- [13]<http://www.tl.com>

# ***ANNEXES***

**LISTES DES ANNEXES**

Annexe 1: Choix du matériau magnétique pour inductance..... i  
Annexe 2: Principe pour le premier test d'une réalisation électronique..... ii  
Annexe 3: Diagramme de connections du TL082 ..... iii  
Annexe 4: choix des transistors ..... iv

## ANNEXE 1: CHOIX DU MATERIAU MAGNETIQUE POUR INDUCTANCE

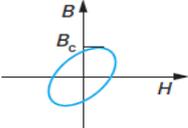
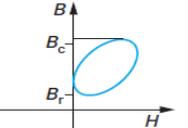
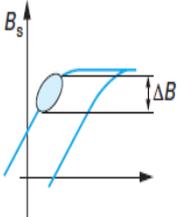
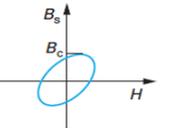
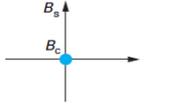
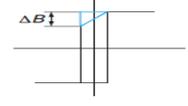
FAMILLE	CYCLE D'HYSTERESIS	ORDRE DE GRANDEUR	MATERIAUX
RESONANTE		$B_C \approx 0,01 \text{ à } 0,1 \text{ T}$ $f = \text{quelques } 10 \text{ à } 1000 \text{ kHz}$	Amorphes Neutre ( $\mu = 1$ ) Poudres de fer ou d'alliage fer nickel Ferrites
CONDUCTION DISCONTINUE		$B_C = 0,6 \text{ T}$ $\Delta B < 0,1 \text{ T}$ $f = \text{de quelques } 10 \text{ à } 1\,000 \text{ kHz}$	Poudres de fer ou d'alliage fer nickel Ferrites
MODE DIFFERENTIEL BF		$B_s = 2 \text{ T}$ $\Delta B = 0,5 \text{ T}$ $f = \text{de quelques } 10 \text{ à } 5\,000 \text{ kHz}$	Tôles Fe Si GO Tôles Fe Ni
CONDUCTION CONTINUE MODE DIFFERENTIEL HP		$B_s = 0,6 \text{ T}$ $\Delta B = 0,001 \text{ T}$ $f = \text{de quelques } 10 \text{ à } 1\,000 \text{ kHz}$	Poudre de fer ou d'alliage fer nickel Ferrites
MODE DIFFERENTIEL SUR RESEAU		$B_s = 1,4 \text{ T à } 2 \text{ T}$ à 50 ou 400 Hz Fréquence des parasites : quelques 10 à 1 000 kHz	Tôles FeSi GO Tôles FeNi
MODE COMMUN		$B_C \approx 0,001 \text{ T}$ $f = \text{quelques } 100 \text{ à } 30\,000 \text{ kHz}$	Ferrites et amorphes à fortes perméabilités initiales
SATURABLE		$\Delta B \approx 0,3 \text{ T}$ $f : \text{jusqu'à } 300 \text{ kHz}$	Ferrites et amorphes à cycle rectangulaire
$B_s$ : Induction à saturation $B_C$ : Induction crête $\Delta B$ : Amplitude du cycle secondaire		$B_r$ : Induction rémanente $H$ : Champ $f$ : fréquence	

Tableau 10: Choix du matériau magnétique pour inductance

## ANNEXE 2: PRINCIPE POUR LE PREMIER TEST D'UNE REALISATION ELECTRONIQUE

Dès que l'installation soit vérifier qu'elle suit bien les règles et le schéma de montage, on test la réalisation comme l'indique le schéma de principe ci-dessous.

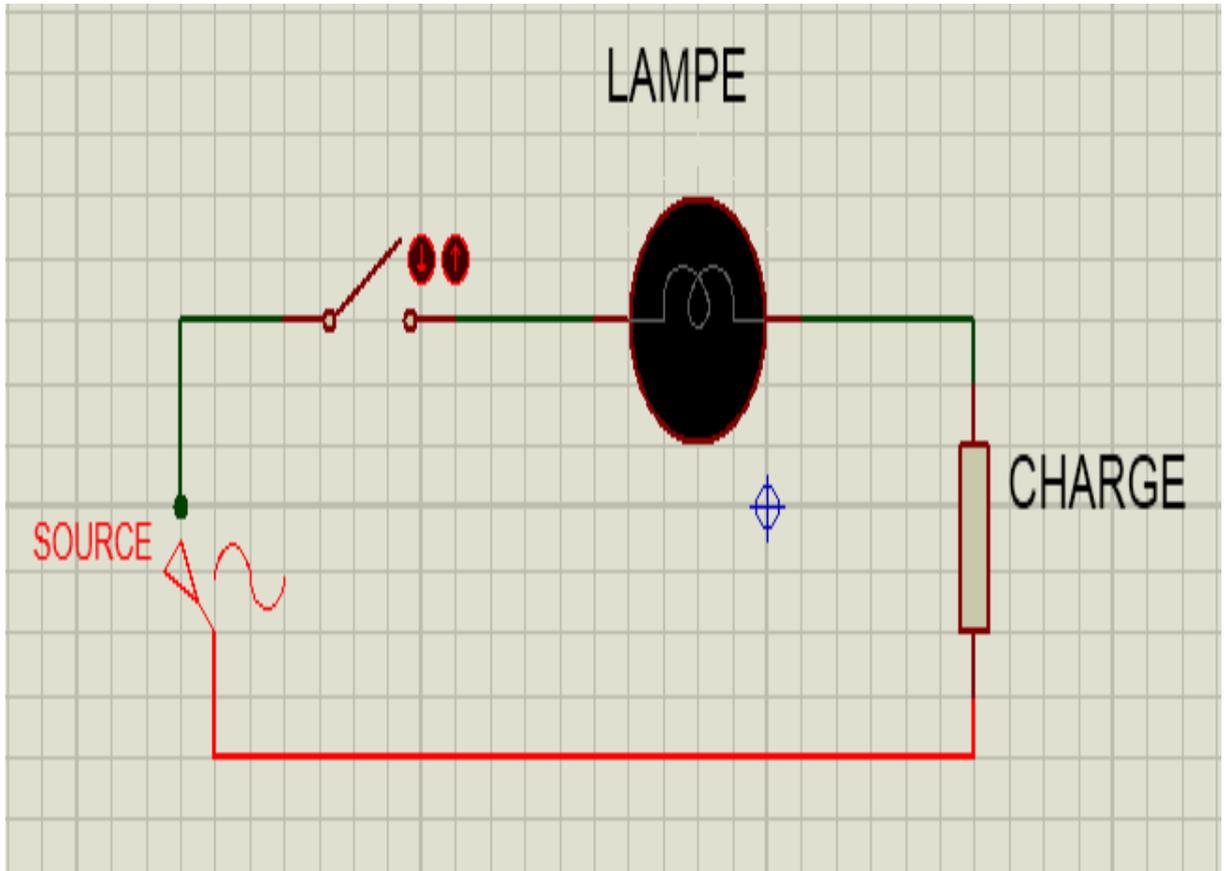


Figure 82: Schéma de principe pour le premier test d'une réalisation

## ANNEXE 3: DIAGRAMME DE CONNEXIONS DU TL082

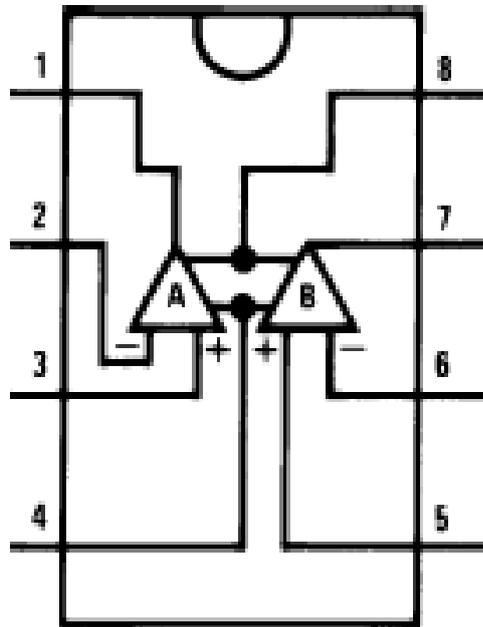


Figure 83: Diagramme de connections du TL082

- 1: Sortie A
- 2: Entrée inverseurs A
- 3: Entrée non-inverseurs A
- 4:  $V^-$
- 5: Entrée non-inverseurs B
- 6: Entrée inverseurs B
- 7: Sortie B
- 8:  $V^+$

---

#### ANNEXE 4 : CHOIX DES TRANSISTORS

Cela dépend de la puissance que l'on souhaite faire passer.

Les courants crêtes mesurées sont :

17A (3A moyens) pour 600W

26A (5A moyens) pour 900W

C'est en fait sur le courant moyen qu'il se baser, mais il faut prendre une marge. Par exemple, on peut choisir le IRF740 (10A, 400V) ou le 20N60C3 (20.7A, 650V).

## TABLES DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
<b>PARTIE 1 : GENERALITES SUR L'ELECTRONIQUE DE PUISSANCE ET LES SYSTEMES D'ALIMENTATION.....</b>	<b>3</b>
<b>CHAPITRE 1 : RAPPEL SUR LES COMPOSANTS ELECTRONIQUES.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Résistances.....</b>	<b>3</b>
<i>1.1.1 Principes et propriétés.....</i>	3
1.1.1.1 Loi d'Ohm.....	3
1.1.1.2 Symbole.....	4
1.1.1.3 Résistivité.....	4
1.1.1.4 Effet Joule.....	5
1.1.1.5 Associations des résistances.....	5
<i>a. En série.....</i>	5
<i>b. En parallèle.....</i>	5
<i>1.1.2 Caractéristiques technologiques.....</i>	6
1.1.2.1 Précision.....	6
1.1.2.2 Valeurs normalisées.....	6
<i>Tableau 2 : Valeurs Normalisées.....</i>	7
1.1.2.3 Marquage.....	7
<i>1.1.3 Domaine d'utilisation.....</i>	8
<b>1.2 Condensateurs.....</b>	<b>8</b>
<i>1.2.1 Principes et propriétés.....</i>	8
1.2.1.1 Capacité.....	8
1.2.1.2 Énergie emmagasinée.....	9
1.2.1.3 Symboles.....	9
1.2.1.4 Associations des condensateurs.....	9
<i>a. En série.....</i>	9
<i>b. En parallèle.....</i>	10
1.2.1.5 Courbe de charge et de décharge.....	10

1.2.2 <i>Caractéristiques technologiques</i> .....	11
1.2.2.1 Précision .....	11
1.2.2.2 Tension de claquage.....	11
1.2.2.3 Code couleur .....	11
1.2.3 <i>Domaine d'utilisation</i> .....	12
<b>1.3 Diodes</b> .....	<b>12</b>
1.3.1 <i>Principes et propriétés</i> .....	13
1.3.2 <i>Symbole</i> .....	13
1.3.3 <i>Fonctionnement</i> .....	13
1.3.3.1 Polarisation direct.....	13
1.3.3.2 Polarisation inverse .....	14
1.3.4 <i>Diode Zener</i> .....	14
1.3.4 <i>Caractéristiques technologiques</i> .....	15
1.3.4 <i>Marquage et code des couleurs</i> .....	16
1.3.5 <i>Ponts moulés</i> .....	16
1.3.6 <i>Domaines d'utilisation</i> .....	17
<b>1.4 Transistor</b> .....	<b>17</b>
1.4.1 <i>Principes et propriétés</i> .....	17
1.4.1.1 Les transistors bipolaires .....	17
1.4.1.2 Symbole .....	18
1.4.1.3 Les montages de base.....	18
1.4.1.4 Transistor à effet de champ .....	21
1.4.1.5 Transistor MOS .....	22
1.4.1.6 Autres configuration des transistors :.....	23
1.4.2 <i>Caractéristiques technologiques des transistors MOS</i> :.....	24
1.4.3 <i>Exemple d'application des transistors MOS</i> :.....	24
<b>1.5 Amplificateur opérationnel</b> .....	<b>25</b>
1.5.1 <i>Introduction</i> .....	25
1.5.2 <i>Représentation schématique et Caractéristiques</i> .....	25

1.5.3 Montages .....	30
1.5.3.1 Amplificateur inverseur .....	30
1.5.3.2 Montage non- inverseur .....	31
1.5.3.2 Montage suiveur .....	31
1.5.3.2 Montage comparateur .....	32
<b>1.6 Relais .....</b>	<b>33</b>
1.6.1 Définition.....	33
1.6.2 Exemple.....	33
1.6.3 Caractéristiques.....	33
1.6.3.1 bobine.....	33
1.6.3.2 Contacts .....	34
<b>1.7 Inductances et Transformateurs.....</b>	<b>34</b>
1.7.1 Introduction.....	34
1.7.2 Inductances .....	35
1.7.3 Exemple .....	35
1.7.4 Transformateurs.....	36
1.7.5 Remarques: .....	36
<b>CHAPITRE2: ALIMENTATION LINEAIRE ET ALIMENTATION A DECOUPAGE.....</b>	<b>38</b>
<b>2.1 Introduction.....</b>	<b>38</b>
<b>2.2 Alimentation linéaire .....</b>	<b>38</b>
2.1.1 Schema synoptique: .....	38
2.2.1 Principe de fonctionnement.....	38
2.2.2 Alimentation linéaire non-stabilisée.....	39
2.2.3 Courbe de représentation.....	40
<b>2.3 Alimentation à découpage .....</b>	<b>41</b>
2.3.1 Alimentation à découpage non-isolées .....	41
2.3.1.1 Convertisseur abaisseur(BUCK) .....	41
2.3.1.2 Découpage parallèle(BOOST) .....	44
2.3.2 Les alimentation à découpages isolées .....	46

2.3.2.1 Fly-back .....	46
2.3.2.2 Forward .....	49
2.3.2.3 Alimentation à découpage symétrique, le montage PUSH-PULL .....	51
<b>Avantages, Inconvénients et Coûts .....</b>	<b>54</b>
1 TABLEAU DE COMPARAISON.....	54
2 COURBE DE COMPARAISON.....	55
<b>PARTIE 2 : METHODE DE CONCEPTION D'UNE ALIMENTATION A DECOUPAGE SYMETRIQUE .....</b>	<b>57</b>
<b>CHAPITRE 1 : CAHIER DES CHARGES : .....</b>	<b>57</b>
1.1 Listes des composants .....	57
1.2 Exemples d'utilisation.....	58
<b>CHAPITRE 2 : SCHEMA GENERAL DE MONTAGE .....</b>	<b>59</b>
<b>CHAPITRE 3 : FONCTIONNEMENT DETAILLE : .....</b>	<b>60</b>
3.1 Etage d'entrée.....	60
3.2 Condensateurs de filtrage et relais de l'alimentation à découpage.....	60
3.3 Oscillateur .....	61
3.3.1 Présentation.....	61
3.3.2 Fréquence de découpage.....	62
3.3.3 Consommation de l'oscillateur .....	63
3.4 Commande des transistors .....	63
3.5 Transistor de l'alimentation.....	64
3.5.1 Fonctionnement .....	64
3.5.2 Piste aussi courte que possible.....	65
3.6 Condensateur de liaison du primaire .....	66
3.7 Transformateurs de l'alimentation .....	66
3.8 Sortie et secondaire de l'alimentation .....	67
3.8.1 Principe .....	67
3.8.2 Choix de la diode.....	68

---

3.8.3 Choix des condensateurs.....	68
3.9 Tension de sortie et courant disponible.....	68
<b>PARTIE 3 : REALISATION .....</b>	<b>70</b>
<b>CHAPITRE 1 : REALISATION DU CIRCUIT IMPRIME : .....</b>	<b>70</b>
1.1 INTRODUCTION.....	70
1.2 Circuit imprime de l'amplificateur opérationnel.....	70
<b>CHAPITRE 2 : MISE AU POINT, ESSAI ET RESULTAT : .....</b>	<b>72</b>
2.1 Mise au point .....	72
2.2 Essais et résultats .....	72
<b>CHAPITRE 3 : DISCUSSION ET COMMENTAIRE :.....</b>	<b>74</b>
3.1 Cout de fabrication .....	74
3.2 Quelques types des alimentations à découpage .....	75
3.3 Avantages.....	75
<b>PARTIE 4 : IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX.....</b>	<b>78</b>
1 Les matières toxiques.....	78
2 Conséquences.....	78
3 Solutions.....	79
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>81</b>
<b>BIBLIOGRAPHIES ET WEBOGRAPHIES .....</b>	<b>82</b>
<b>LISTES DES ANNEXES.....</b>	<b>A</b>