

QUELQUES APPLICATIONS

Vu ce qui précède, après l'étude de différents composants électroniques, ces derniers doivent être placés dans des montages afin de réaliser quelques fonctions de base. Parlant justement de ces fonctions, il en existe plusieurs, mais dans notre cas, voici quelques applications qui font partie de notre programme :

- les alimentations stabilisées
- l'amplificateur de puissance
- le régime impulsionnel

Chapitre X :

LES ALIMENTATIONS STABILISEES ET REGULEES

X.1. INTRODUCTION

Tous les équipements et appareils électroniques ont besoin de l'énergie électrique pour pouvoir fonctionner. Cette énergie leur est fournie sous forme de **courant continu**.

On peut obtenir le courant continu à l'aide des générateurs tels que : pile, batteries d'accumulateurs, dynamos, panneau solaire, etc.

Le générateur de courant continu tel que les piles et les batteries d'accumulateurs s'épuisent après un certain temps de fonctionnement, il faudrait alors les remplacer ou les recharger.

Il existe cependant le **courant alternatif** disponible sur le réseau de distribution électrique mais qui n'est pas adapté au fonctionnement des appareils et équipements électroniques.

A cet effet, une alimentation stabilisée ou régulée a pour but de fournir un courant continu aux appareils électroniques à partir du courant alternatif du secteur ou réseau électrique.

Ce montage permet de fournir non seulement un courant ou une tension continue aux appareils électroniques, mais qui soit également stable, c'est-à-dire des valeurs constantes quelles que soient les fluctuations de la tension alternative du réseau électrique ou de la charge.

X.2. ETUDE ANALYTIQUE D'UNE ALIMENTATION STABILISEE

Un circuit d'alimentation stabilisée comprend les étages ou blocs suivants :

- La transformation ;
- Le redressement ;
- Le filtrage ;
- La stabilisation, etc.

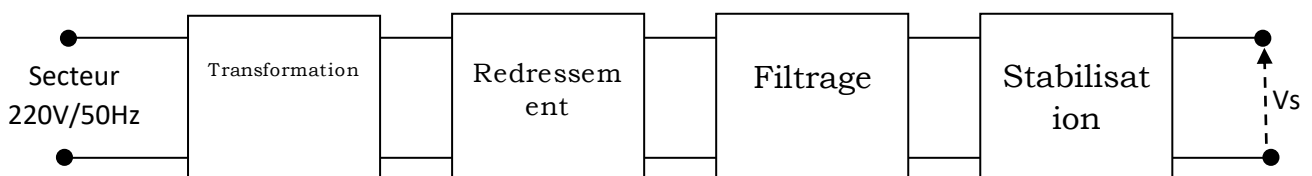


Figure X.1 : schéma bloc d'une alimentation stabilisée

X.2.1. L'étage de transformation :

Il existe des alimentations stabilisées qui fonctionnent sans étage de transformation où l'on redresse directement la tension de 220V/50Hz alternative du secteur. Cependant, la plupart des alimentations stabilisées possèdent un étage de transformation dont le rôle est de réduire la tension alternative de 220V/50Hz du secteur à une valeur plus faible adaptée à l'utilisation ou la charge.

Pour ce faire, on utilise un dispositif appelé transformateur abaisseur de tension. Les valeurs normalisées des transformateurs sont : 3volts ; 4,5volts ; 6volts ; 9volts ; 12volts ; 15volts ; 18volts ; 24volts ; 30volts ; 35volts ; 40volts ; et 50volts.

Un transformateur est constitué de deux enroulements (bobines) primaire et secondaire.

On distingue :

- Le transformateur ordinaire ;
- Le transformateur à prise médiane ou à point milieu.

a) Le transformateur ordinaire

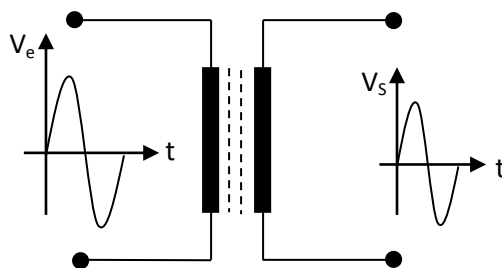


Figure X.2 : Transformateur ordinaire

b) Le transformateur à prise médiane ou à point milieu

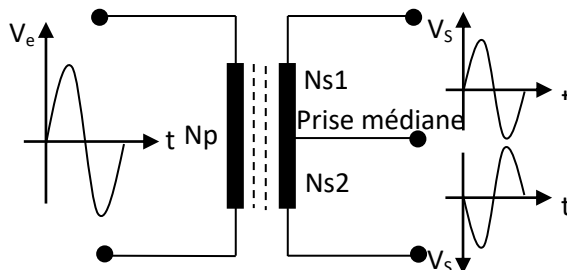


Figure X.3 : Transformateur à prise médiane

N.B : Avec le transformateur à prise médiane, on a :

- $N_{s1} = N_{s2} = N_s/2$: nombre de spires
- Les tensions secondaires v_{s1} et v_{s2} sont en opposition de phase ; c'est-à-dire qu'elles sont déphasées de 180°

c) Transformateur idéal

- Puissance : $P_p = P_s$
- Tension : $U_p > U_s$
- Courant : $I_p < I_s$
- Section fil : $S_p < S_s$
- Résistance : $R_p > R_s$

X.2.2. Le Circuit de redressement :

La tension obtenue à la sortie du transformateur abaisseur de tension est alternative ; c'est-à-dire qu'elle possède une alternance positive et une alternance négative. En courant continu (DC), on ne peut pas avoir les deux alternances positive et négative simultanément ; d'où, on doit éliminer soit l'alternance négative ; soit l'alternance positive selon que l'on voudrait avoir une tension de sortie positive ou négative.

L'élément utilisé comme redresseur est la diode qui est unidirectionnelle c'est-à-dire qu'elle conduit que dans un seul sens. On distingue :

- Le redressement mono alternance ;
- Le redressement double alternance.

X.2.2.1. Le redressement mono alternance

Dans ce type de redressement, sur les deux alternances de la tension alternative, on récupère une seule alternance et on élimine une autre.

a) Tension de sortie positive

- Montage série :

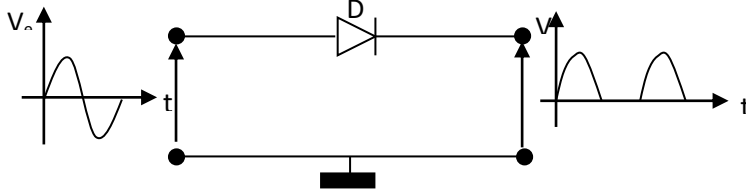


Figure X.4 : le montage série du redressement mono alternance (tension positive)

- Montage parallèle :

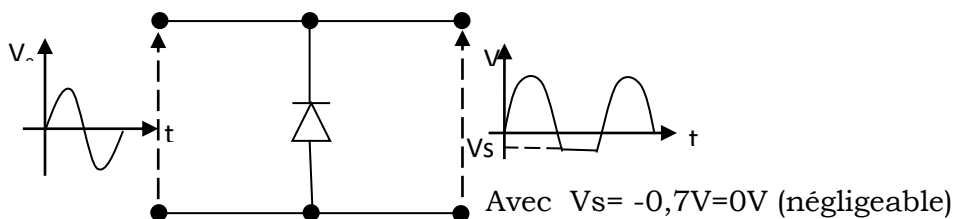


Figure X.5 : Montage parallèle mono alternance (tension positive)

b) Tension de sortie négative

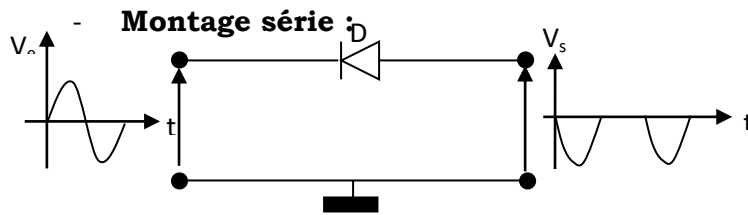


Figure X.6 : Montage série du redressement mono alternance (tension négative)

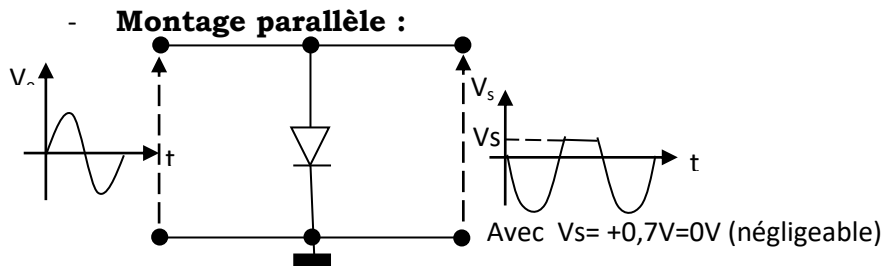


Figure X.7 : Montage parallèle mono alternance (tension positive)

c) Evaluation de la tension V_s de sortie

Lorsque vous avez une fonction variable telle que : $y = f(x)$ définie dans un intervalle $[a, b]$, sa valeur moyenne est donnée par la relation suivante :

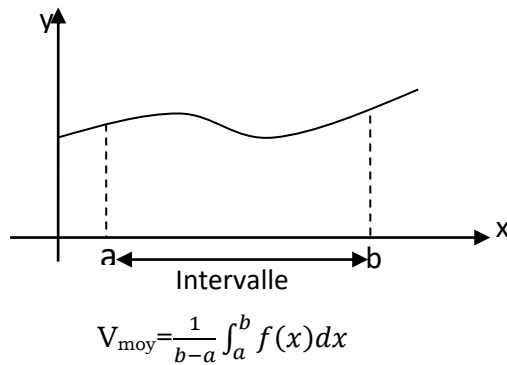


Figure X.8 : Evaluation de la tension moyenne de sortie

Dans le cas du redressement de la tension alternative, nous avons la fonction suivante :

$$v(t) = V_{\text{max}} \cdot \sin \omega t \quad \text{avec } V_{\text{max}} = \text{Constante}$$

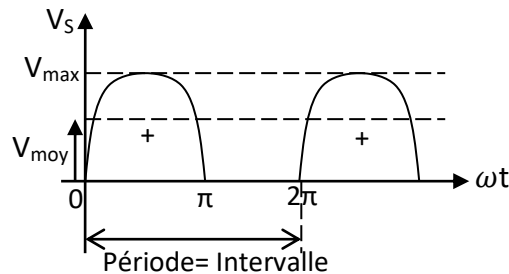


Figure X.9 : Forme de signal redressé (mono-alternance)

C'est-à-dire que $a=0$ et $b=2\pi$ alors :

$$V_{\text{moy}} = \frac{1}{2\pi-0} \int_0^{2\pi} V_{\text{max}} \sin \omega t d(\omega t) = 0,318 V_{\text{max}}$$

Exemple : Soit un transformateur de 220V/50Hz alimentant un redresseur mono alternance. Déterminer la tension positive V_s obtenue à la sortie du redresseur.

Remarque :

- Le montage redresseur mono alternance est très économique et simple à réaliser ;
- Ce montage présente l'inconvénient d'avoir un rendement médiocre, car la tension moyenne de sortie est très inférieure à la tension efficace d'entrée. ($V_{\text{moy}} < 50\% V_{\text{eff.}}$);
- Si on soustrait les pertes occasionnées par la diode redresseuse d'environ 0,7V ; on obtient une tension de sortie $V_S = V_{\text{moy}} - 0,7V \Rightarrow V_S = 5,34 - 0,7 = 4,64V$.

X.2.2.2. Le redressement double alternance

Pour améliorer le redressement mono alternance, c'est-à-dire son rendement qui est médiocre, on va récupérer à la sortie toutes les deux alternances (positives et négatives) de la tension alternative d'entrée.

On distingue alors deux montages :

- Le montage va et vient ;
- Le montage à pont de Graëtz.

a) Le montage va et vient

On utilise un transformateur à prise médiane et deux diodes de redressement telles que présentées dans la figure ci-dessous :

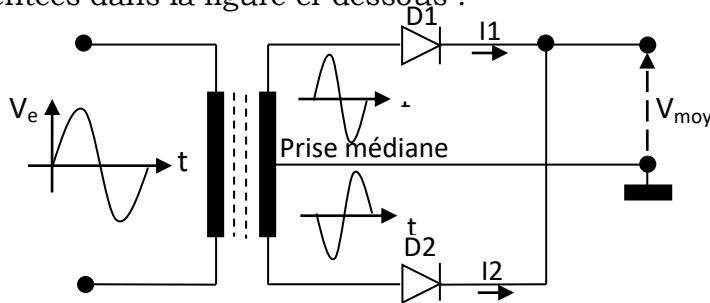


Figure X.10 : le montage redresseur double alternance va et vient

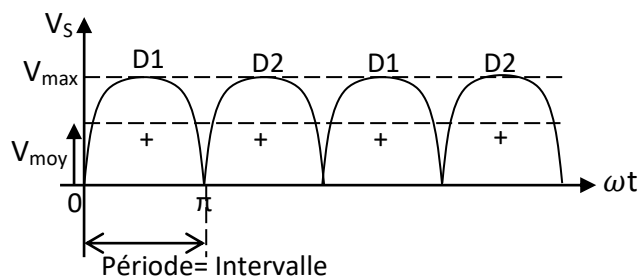


Figure X.11 : Forme d'onde du signal redressé double alternance va et vient

C'est-à-dire que $a=0$ et $b=\pi$, alors :

$$V_{\text{moy}} = \frac{1}{\pi-0} \int_0^{\pi} V_{\text{maxred}} \sin \omega t d(\omega t) = 0,636 V_{\text{max}}$$

Fonctionnement du montage :

- Pendant la première alternance positive, D1 conduit et donne le courant I_1 , tandis que D2 est bloquée ;
- Pendant la deuxième alternance positive, D1 est bloquée, tandis que D2 conduit et donne le courant I_2 ; le courant total de sortie est alors égal à $I_s = I_1 + I_2$.

Exemple : Soit un transformateur de 220V/2X12V/50Hz avec un redressement double alternance va et vient. Calculez la tension moyenne de sortie ?

Remarque :

Le montage double alternance produit un rendement meilleur que le montage mono alternance. Cependant, il nécessite l'utilisation d'un transformateur à prise médiane et deux diodes de redressement.

b) Le montage à pont de Graëtz

Ce montage utilise un transformateur ordinaire et quatre diodes montées en pont appelé « pont de Graëtz ». Les cathodes de D1 et D2 réunies, donnent le positif ; tandis que les anodes de D3 et D4 réunies donnent le négatif.

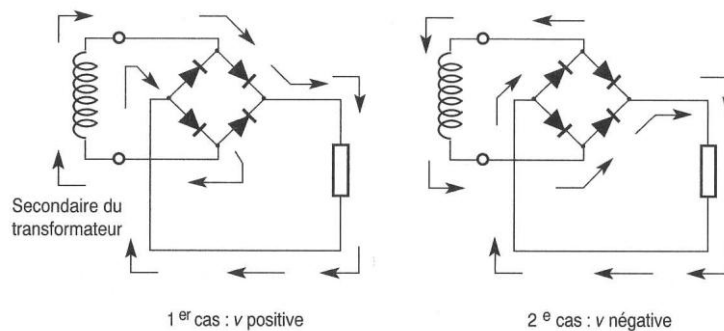


Figure X.12 : Montage redresseur double alternance à pont de diodes

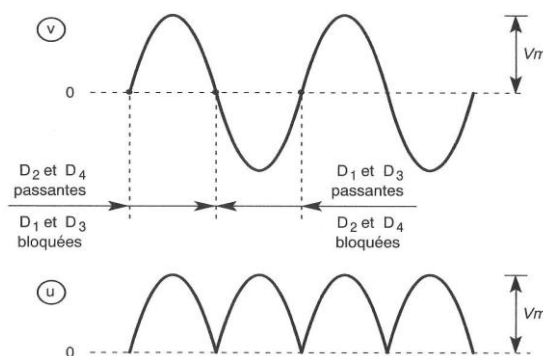


Figure X.13 : Forme de signaux au secondaire du transformateur et à la charge

Fonctionnement du montage :

Durant la première alternance positive, D1 et D3 conduisent ; tandis que D2 et D4 sont bloquées ; pendant la deuxième alternance négative, c'est l'inverse. Quelle que soit l'alternance de la tension d'entrée plus ou moins, le courant I qui circule dans la charge est unidirectionnel ; c'est-à-dire qu'il circule toujours dans le même sens, on obtient donc un courant continu au niveau de la charge.

Remarque :

- La tension moyenne obtenue à la sortie du redresseur à pont de Graëtz est exactement la même que celle obtenue avec le montage va et vient.

$$V_{\text{moy}} = \frac{2V_{\text{maxred}}}{\pi} = 0,636V_{\text{maxred}}$$

- Il existe sur le marché **des ponts moulés** qui contiennent dans un seul bloc toutes les quatre diodes redresseuses constituant le pont de Graëtz.

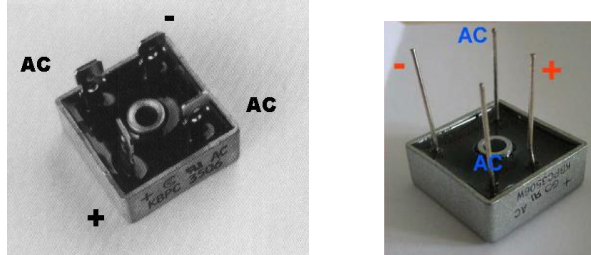


Figure X.14 : Forme physique des ponts moulés

- Les résistances inverses ainsi que le temps de recouvrement des diodes redresseuses peuvent être différents ; il est donc nécessaire ou recommandé de les shunter par un pont à résistance ou à condensateur afin de répartir équitablement les chutes de tension.

Exemple du montage va et vient avec condensateurs de compensation :

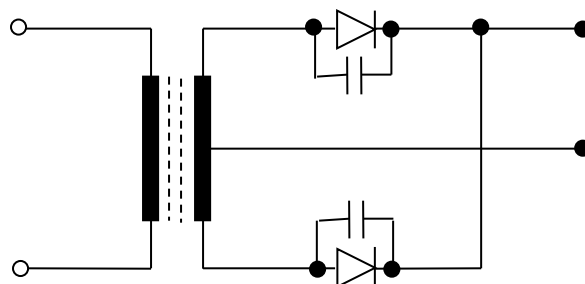


Figure X.15 : Redresseur double alternance va et vient avec condensateurs en parallèle

- Avec le montage à pont de Graëtz, la tension maximale redressée est calculée en retranchant de 1,4V de la tension maximale du secondaire de transformateur car ici deux diodes conduisent au même moment et deux autres sont bloquées, et ainsi de suite.

$$V_{\text{maxred}} = V_{\text{max}} - 1,4$$

c) Détermination de courant max et moyen de sortie

Le courant max de sortie

$$I_{\text{max}} = \frac{V_{\text{maxred}}}{\Sigma R}$$

1. Montage mono-alternance

$$I_{\text{max}} = \frac{V_{\text{maxred}}}{R_d + R_{ch}}, \quad I_{\text{moy}} = \frac{I_{\text{max}}}{\pi} = 0,318 I_{\text{max}}$$

2. Montage va et vient

$$I_{\max} = \frac{V_{\max red}}{R_d + R_{ch}}, I_{\text{moy}} = \frac{2I_{\max}}{\pi} = 0,636 I_{\max}$$

3. Montage à pont de Graëtz

$$I_{\max} = \frac{V_{\max red}}{2R_d + R_{ch}}, I_{\text{moy}} = \frac{2I_{\max}}{\pi} = 0,636 I_{\max}$$

Avec

- R_d : résistance interne de la diode conductrice ($R_d = 500\Omega$)
- R_{ch} : résistance de la charge.

Remarque :

Le courant maximal de sortie délivré à la charge sera plus élevé pour le montage va et vient par rapport au montage à pont de Graëtz. Par conséquent, la puissance de sortie sera :

$$P_{\text{moy}} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \cdot i(t) dt = U \cdot I$$

et sera plus grande au montage va et vient qu'au montage à pont de Graëtz.

EXERCICE D'EXEMPLE

On voudrait réaliser deux alimentations ; l'une à montage va et vient, et l'autre à montage à pont de Graëtz. Si le transformateur utilisé est de 15V au secondaire et la résistance de charge est de $1K\Omega$; on vous demande de déterminer pour chacun de cas des éléments suivants : a. V_{moy} de sortie, b. I_{moy} de sortie, c. P_{moy} délivrée à la charge?

BREVES NOTIONS SUR LE CODE DES ELEMENTS ACTIFS

1. Code Européen

1 ^{ère} lettre	2 ^{ème} lettre	N° de série
Le matériau utilisé	La fonction de l'élément	caractéristiques: U, I, fréquence, t°
		1 ^{ère} lettre + chiffre = type professionnel.
		Le chiffre seulement = type de courant.

1^{ère} lettre

A: Germanium

B: Silicium

2^{ème} lettre

A: diode de détection ou de commutation

B: diode varicap

C: transistor AF de faible puissance

D: transistor AF de puissance

E : diode tunnel

F: transistor RF de faible puissance

L: transistor RF de puissance

R: thyristor de commutation de faible puissance

S: transistor de commutation de faible puissance
 T: thyristor de commutation de puissance
 U: transistor de commutation de puissance
 X: multiplicateur de fréquence
 Y: diode de redressement
 Z: diode Zener.

Exemple:

- 1) AY 123 : diode de redressement au Germanium à usage courant
- 2) BD 400 : transistor AF de puissance au silicium à usage de courant
- 3) BUT11 : transistor de commutation de puissance au silicium à usage professionnel

2. Code Américain

1N..... Ou 1N...: diode

2N..... Ou 2N...: transistor

Exemple :

- 1) 1N4004: diode de redressement de 1A/400V (Pour le détail, il faut consulter le lexique ou Data book).
- 2) 2N3055: transistor AF de puissance

3. Code Japonais

1S.....→ diode

2S.....→ Transistor

2SA→transistor RF du type PNP

2SB→transistor AF du type PNP

2SC→transistor RF du type NPN

2SD→transistor AF du type NPN

Remarque:

Pour simplifier l'écriture dans le Code Japonais, le préfixe 2S est omis ou supprimé, mais demeure sous-entendu.

Exemple:

- 2SC418→ C418
- 2SD400→ D400
- 2SA223→ A223

X.2.3. Le Filtrage

La tension obtenue après redressement étant pulsée (ondulée), on utilise un circuit de filtrage permettant de réduire les ondulations afin d'obtenir une tension ou un courant presque continu.

X.2.3.1. Le filtrage avec condensateur d'entrée

On dispose un condensateur entre le redresseur et la charge qui se comporte comme un réservoir qui accumule la tension en présence de l'alternance redressée et, qui se décharge dans la résistance de charge lorsque l'alternance redressée disparaît.

a) Redressement mono alternance

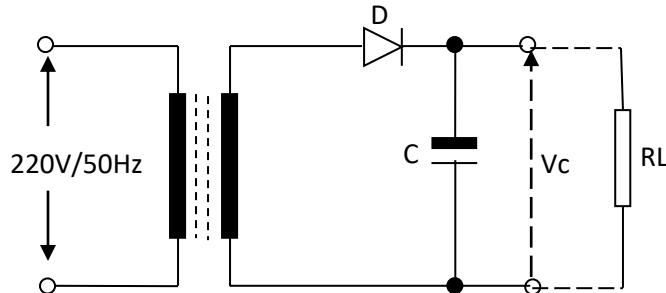


Figure X.16 : Montage mono alternance avec filtre à condensateur d'entrée

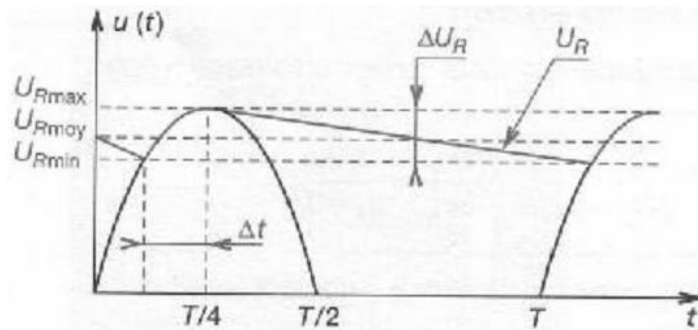


Figure X.17 : Allure de tension V_c du condensateur de filtrage

$\Delta U_R = U_{Rmax} - U_{Rmin}$: variation de la tension V_c du condensateur

La tension d'ondulation $U_R = V_{ond} = \frac{\Delta U_R}{2}$ (en valeur efficace)

La tension moyenne de sortie sera donnée par :

$$V_{moy} = U_{Rmax} - \sqrt{2} \cdot \frac{\Delta U_R}{2} \quad \text{ou} \quad V_{moy} = U_{Rmax} + \sqrt{2} \cdot \frac{\Delta U_R}{2} \quad \text{D'où : } V_{moy} = U_{Rmax} - \sqrt{2} \cdot V_{ond}$$

Et la tension d'ondulation est donnée pour ce cas ci par : $V_{ond} = \frac{k \cdot I}{C}$ avec C : la capacité du condensateur de filtrage et I le courant moyen de sortie.

Si $C \uparrow$ et $V_{ond} \downarrow$ et si $C \downarrow$ et $V_{ond} \uparrow$

N.B. : si la tension d'ondulation diminue, la capacité C du condensateur de filtrage augmente et vice-versa.

En pratique, on utilisera une capacité forte qui permettra de réduire la valeur de la tension d'ondulation afin d'obtenir une tension et un courant presque continus.

- C : La capacité du condensateur de filtrage est exprimée en μF ;
- I : Le courant qui circule dans la charge est exprimé en mA ;
- $K = 4,5$ une constante.

Remarque :

- A l'absence de la charge RL , la tension filtrée $V_c = V_{max}$
- Le filtrage améliore la tension redressée et fait croître sa valeur.

EXERCICE D'EXEMPLE

Soit une alimentation en DC constituée d'un transformateur abaisseur 220V/9V/50Hz, d'un circuit redresseur mono alternance, et d'un condensateur de filtrage de $1000\mu\text{F}$. Si la résistance de la charge est de $1\text{K}\Omega$, on demande de déterminer la tension fournie à cette charge:

- Sans condensateur de filtrage ?
- Avec condensateur de filtrage?

b) Redressement double alternance

Le schéma de la figure ci-dessous représente le montage redresseur à pont de diodes avec le circuit de filtrage à condensateur d'entrée avec une résistance de charge:

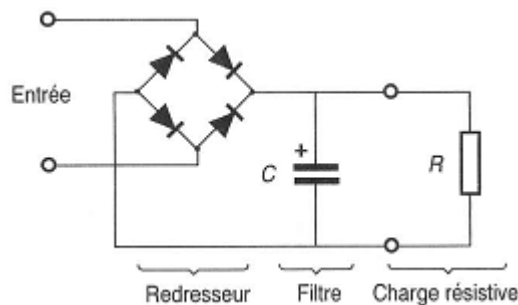


Figure X.18 : Montage double alternance avec filtre à condensateur d'entrée

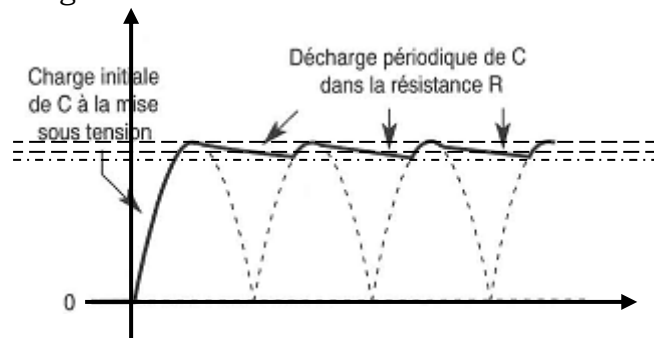


Figure X.19 : Allure de tension V_c du condensateur de filtrage

$V_{\text{moy}} = V_{\text{maxred}} - \sqrt{2} \cdot V_{\text{ond}}$ avec $V_{\text{ond}} = \frac{k \times I}{C}$ avec : $K = 1,7$; I en mA ; C en μF ; et V_{ond} en V.

N.B : la variante de la formule de V_{moy} est :

$$V_{\text{moy}} = V_{\text{maxred}} - \frac{I}{4fC}$$

Avec : I en A ; C en μF ; V_{moy} et V_{max} en

S'agissant de la fréquence du signal redressé à la sortie, elle est la même pour les mono et double alternance de celui du signal à redresser pour la double alternance.

EXERCICE D'EXEMPLE

Soit une alimentation stabilisée en montage double alternance avec un transformateur de 220V/9V/50Hz, et un montage à pont de Graëtz avec un condensateur de filtrage de la capacité $C=100\mu\text{F}$. Si la résistance de la charge $R_L=1\text{K}\Omega$, on vous demande de déterminer la tension fournie à cette charge :

- Sans capacité de filtrage?
- Avec capacité de filtrage?

X.2.3.2. Filtrage par cellule LC et RC

Pour des appareils électroniques qui exigent une grande stabilité dans leur fonctionnement (calculateur électronique par exemple), il faut utiliser un filtrage plus efficace afin de réduire considérablement la tension d'ondulation. Pour ce faire, on utilise une cellule de filtrage à bobine et condensateur LC ou à résistance et condensateur RC.

a) Filtrage par cellule LC

On utilise un filtre en π constitué de deux condensateurs et d'une bobine de lissage.

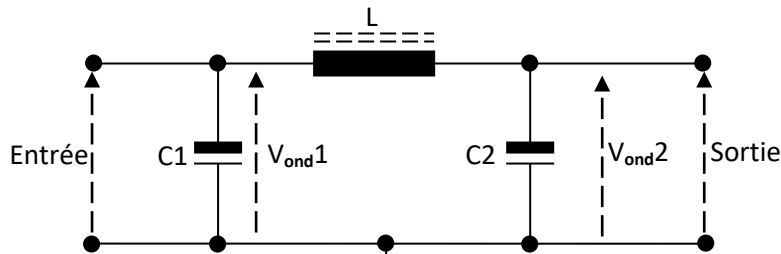


Figure X.20 : Circuit de filtrage LC en pi (π)

Le condensateur C1 d'entrée effectue un 1^{er} filtrage, la bobine L oppose une forte inductance au courant d'ondulation, tandis qu'elle laisse passer facilement le continu. Le 2^{ème} condensateur C2 est utilisé pour réduire davantage l'ondulation de la tension qu'on peut obtenir à la sortie.

Procédé de calcul

La tension d'ondulation V_{ond1} étant déjà évaluée dans la section précédente, on voit alors déterminer I_{ond} et V_{ond2} .

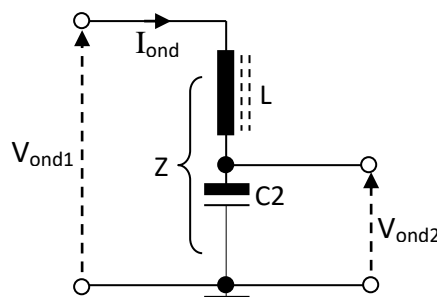


Figure X.21 : Equivalence du circuit de filtrage LC en pi (π)

On sait que : $Z = L$ et C2 en série ; d'où :

$$I_{ond} = \frac{V_{ond1}}{Z} \text{ et } V_{ond2} = X_{C2} \cdot I_{ond}$$

Si la résistance interne de L est négligeable, on obtient :

$$Z = L\omega - \frac{1}{C_2\omega}$$

Avec :

$\omega = 2\pi f$ et f : fréquence d'ondulation.

NB :

- En mono alternance $f = 50\text{Hz}$;
- En double alternance, $f = 100\text{Hz}$.

$$\rightarrow I_{\text{ond}} = \frac{V_{\text{ond1}}}{L\omega - \frac{1}{C_2\omega}} \text{ or } V_{\text{ond2}} = X_{C_2} \cdot I_{\text{ond}} = \frac{1}{C_2\omega} \cdot I_{\text{ond}} ; \text{ d'où } V_{\text{ond2}} = \frac{L\omega - \frac{1}{C_2\omega}}{C_2\omega}$$

$$\rightarrow V_{\text{ond2}} = \frac{V_{\text{ond1}}}{C_2 \times W(L \times W - \frac{1}{C_2})} \text{ or } \frac{V_{\text{ond2}}}{V_{\text{ond1}}} = \frac{1}{L \times C_2 W - 1}$$

Avec $\eta = \frac{V_{\text{ond1}}}{V_{\text{ond2}}}$: le coefficient d'efficacité du filtre

$$\eta = \frac{1}{LC_2\omega^2 - 1}$$

Remarque

- 1) Le coefficient d'efficacité η est donné pour chaque type d'appareil, tel que: l'amplificateur, l'oscillateur, le modulateur, le mélangeur, etc. A titre d'exemple, on propose les valeurs de η :
 - Alimentation de l'amplificateur RF non modulé : $\eta < 5\%$
 - Alimentation d'amplificateur RF modulé : $\eta < 2\%$
 - Alimentation du récepteur radio ou l'amplificateur AF de puissance : $\eta < 0,5\%$
 - Alimentation de l'étage oscillateur : $\eta < 1\%$
 - Alimentation de l'étage préamplificateur ou d'un circuit correcteur AF : $\eta < 0,1\%$
- 2) Si C_2 , η , et ω sont connus, on peut tirer la valeur de l'inductance L à partir de la formule: $\eta = \frac{1}{C_2 \times L \times \omega^2 - 1} \rightarrow L = \frac{1 + \eta}{C_2 \omega^2 \eta}$ avec C_2 : en Farad (F) ; L : en henry (H) ; et ω : rad/sec

Dans le cas du redressement double alternance, la fréquence d'ondulation $f = 100\text{Hz}$, ω^2 est à peu près égale à $0,4 \cdot 10^6$. Si on exprime C_2 en μF , la formule donnant L peut être simplifiée et on obtient alors :

$$L = \frac{1 + \eta}{0,4 \cdot C_2 \cdot \eta}$$

EXERCICE D'EXEMPLE

Soit un amplificateur AF de puissance qui consomme un courant de 1A et on voudrait l'alimenter par un circuit d'alimentation comprenant un transformateur de 220V/18V/50Hz. Un montage redresseur double alternance en pont de Graëtz et une cellule de filtrage en π tels que : $C_1 = C_2 = 220\mu\text{F}$. On demande de dimensionner ce circuit d'alimentation ?

Remarque :

Si la résistance R_L de la bobine de lissage n'est pas négligeable par rapport à ωL , on calcul I_{ond} en remplaçant Z par son expression complète. On a :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

b) Filtrage par cellule RC

Lorsque le courant à débiter dans la charge est très faible, on remplace la bobine L par une résistance R .

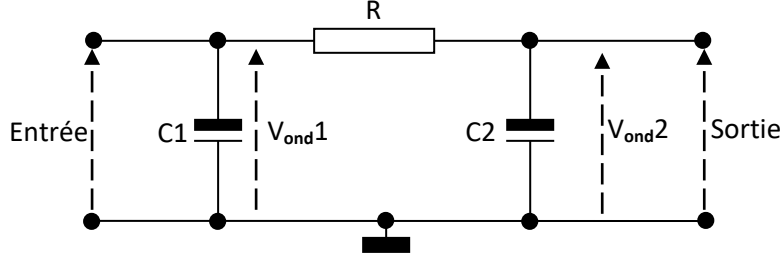


Figure X.22 : Circuit de filtrage RC en pi (π)

Procédé de calcul

De même comme le point précédent, la tension d'ondulation V_{ond1} étant déjà évaluée dans la section précédente, on voit alors déterminer I_{ond} et V_{ond2} pour ce deuxième cas :

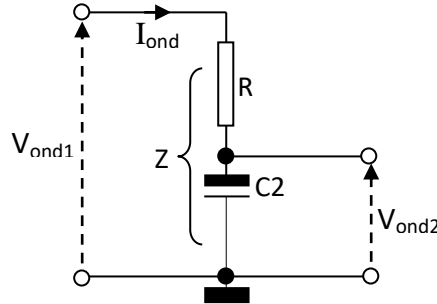


Figure X.23 : Equivalence du circuit de filtrage RC en pi (π)

On obtient :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C_2\omega}\right)^2}$$

$$\text{Or, } V_{ond1} = Z \cdot I_{ond} = \left(\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C_2\omega}\right)^2} \right) \cdot I_{ond}$$

$$V_{ond2} = X_{C2} \cdot I_{ond} = \frac{1}{\omega \cdot C_2} \cdot I_{ond} = \frac{I_{ond}}{\omega \cdot C_2}$$

Or, le coefficient d'efficacité η , est donné par :

$$\eta = \frac{V_{ond2}}{V_{ond1}} = \frac{\frac{I_{ond}}{\omega C_2}}{\left(\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C_2}\right)^2} \right) \cdot I_{ond}} = \frac{1}{\left(\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C_2}\right)^2} \right)}$$

D'où :
$$\eta = \frac{1}{\sqrt{(\omega \cdot C_2)^2 \cdot R^2 + 1}}$$

Si C_2 , et ω sont connus, on peut tirer la valeur de la résistance par R :

$$R = \frac{\sqrt{1-\eta^2}}{\eta \cdot \omega \cdot C_2}$$

Avec : C_2 en farad ; R en ohm ; et ω en rad/sec

EXERCICE D'EXEMPLE

On voudrait une alimentation en DC destinée à alimenter un étage oscillateur. Si le transformateur est de 220V~/12V~, le redressement est à port de Graetz ; tandis que la cellule de filtrage comprend deux condensateurs de $1000\mu F$ et une résistance R . On vous demande d'évaluer la valeur de cette résistance ?

VALEURS NORMALISEES DES CONDENSATEURS ELECTROLYTIQUES DE FILTRAGE

1. Capacité en μF

0,1	4,7	47	1000
0,22	6,8	50	2200
0,33	8	68	
0,47	10	100	
1	16	150	
1,5	22	220	
2,2	33	330	
3,3		470	
		680	

2. Tension de service en volts

6,3	100
10	150
16	160
20	200
25	250
35	300
40	350
50	400
63	500

X.2.4. La stabilisation de la tension

La stabilisation de la tension de sortie, appelée aussi **filtrage dynamique**, permet de maintenir constante la tension continue V_s fournie à la charge quelles que soient les fluctuations de la tension du réseau électrique ou celle provenant de la charge.

On distingue deux types de circuits stabilisateurs de tensions :

- Le stabilisateur de tension à diode **Zener** ;
- Le stabilisateur de tension à **transistor**.

X.2.4.1. La stabilisation de tension à diode ZENER

1. Principe

Les diodes Zener sont fréquemment utilisées pour réguler la tension dans un circuit. Lorsqu'on la connecte en inverse en parallèle avec une source de tension variable, une diode Zener devient conductrice lorsque la tension atteint la tension d'avalanche de la diode. Elle maintient ensuite la tension à cette valeur.

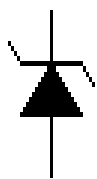
Lorsqu'on soumet à une diode Zener une tension en polarisation inverse dépassant sa tension Zener V_z , la diode Zener se met à conduire et maintient la tension sortie constante au niveau de V_z .

Une diode Zener est un *régulateur shunt* (*shunt* désigne la connexion en parallèle). En effet, une partie du courant qui traverse la résistance est déviée dans la diode Zener, et le reste traverse la charge. Ainsi on contrôle la tension que voit la charge en faisant passer une partie du courant issu de la source dans la diode au lieu de la charge.

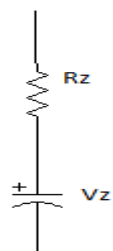
2. Circuit équivalent

Nous savons que toute diode Zener est assimilable à un générateur de tension en série avec une résistance :

Symbole



circuit équivalent



Avec :

R_z : la régulation interne de la diode zener

V_z : la tension zener

$V_z : C^{ste}$

Figure X.24 : Symbole et circuit équivalent de la diode Zener

Pratiquement, on place à la suite du circuit de filtrage une diode Zener (montée en sens inverse) en parallèle avec la charge. De ce fait, la diode Zener limite la tension de sortie V_s à la valeur de V_z en écrêtant toutes les valeurs de la tension supérieure à V_z . En outre, on associe à la diode Zener **une résistance de protection R_p** .

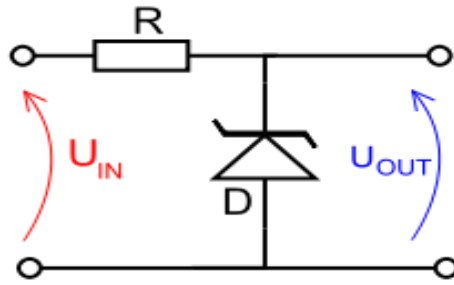


Figure X.25 : Limitation du courant Zener par la résistance

Dans ce circuit, la résistance R est responsable de la chute de tension entre U_{IN} et U_{OUT} . La valeur de R doit satisfaire deux conditions :

- R doit être suffisamment petite pour que le courant qui passe dans D la maintienne en mode d'avalanche. La valeur de ce courant est donné dans la *data sheet* de D . Par exemple, la diode Zener classique BZX79C5V6 (5,6 V / 0,5 W) possède un courant inverse recommandé de 5 mA. Si le courant qui traverse D n'est pas suffisant, alors U_{OUT} n'est pas régulé, et vaut moins que la tension d'avalanche. Lors du calcul de R , on doit tenir compte du courant qui circule dans la charge externe connectée sur U_{OUT} .
- R doit être assez grande pour que le courant qui traverse D ne la détruise pas. En notant I_D le courant dans D , la tension d'avalanche V_B et la puissance absorbable maximum P_{MAX} , alors on doit avoir $I_D V_B < P_{MAX}$.

La diode Zener est faite pour fonctionner en régime de claquage inverse. On constate que la tension inverse aux bornes de la diode, dans la zone de claquage, varie peu ($V_Z \approx V_{max} \approx V_{min}$)

I_{min} est l'intensité au-dessous de laquelle la tension n'est plus stabilisée

I_{max} est l'intensité au-dessus de laquelle, la puissance :

$P = V_Z \cdot I_{max}$ dissipée dans la diode devient destructrice

3. Résistance différentielle

Elle est en relation avec l'inclinaison de la caractéristique dans la région de claquage. Le rôle stabilisateur de la diode est d'autant mieux rempli que cette résistance est faible

$$r_Z = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{V_{max} - V_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

Par exemple $r_Z = 20 \, \Omega$ pour la diode BZX 55 - C12

4. Source de tension constante

En se référant à la figure X.25, pour que la stabilisation soit effective, il faut que I_z soit toujours compris dans les limites $I_{min} < I_z < I_{max}$. En connaissant U et U_z , ainsi que I_{min} et I_{max} , on détermine R_p .

5. Fonctionnement en charge

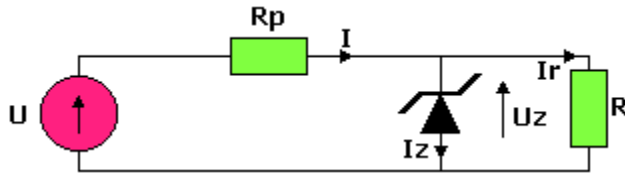


Figure X.26 : Fonctionnement d'une diode Zener en charge protégée par
 $I = I_z + I_r$

si $R \rightarrow \infty$, $I_r = 0$ et $I = I_z$, c'est le fonctionnement à vide
 si $R = 0$, $U_z = 0$, $I_z = 0$, $I = I_r = U/R_p$, la stabilisation a disparu
 Limite de la stabilisation: la stabilisation disparaît lorsque I_z devient inférieur à I_{min} .

Exercice :

Réaliser une alimentation stabilisée 12v - 30mA, à partir d'une source de tension constante 24v

On choisit une diode Zener BZX 55 - C12, dont les caractéristiques techniques sont: $V_z = 12V$, $P_z = 500mW$, $I_{zmaxi} = 32mA$. On suppose $I_{zmini} = 0$ (diode parfaite)

1/ Calculer la valeur de la résistance de protection (pour $R \rightarrow \infty$)

$$R_p = \frac{24 - 12}{0,032} = 375 \Omega$$

on prend: $R_p = 390 \Omega$

2/ Calculer, dans ces conditions, la puissance dissipée dans cette résistance

$$P = \frac{12^2}{390} = 0,37W$$

on prend: $P = 0,5W$

3/ Quel est le courant que peut débiter l'alimentation (avec stabilisation) ?

$$I_z = 0 \Rightarrow I_r = \frac{24 - 12}{390} = 30,7mA$$

4/ Quel est le courant maximal qui peut traverser R_p ?

$$R = 0 \Rightarrow I = \frac{24}{390} = 61,5mA$$

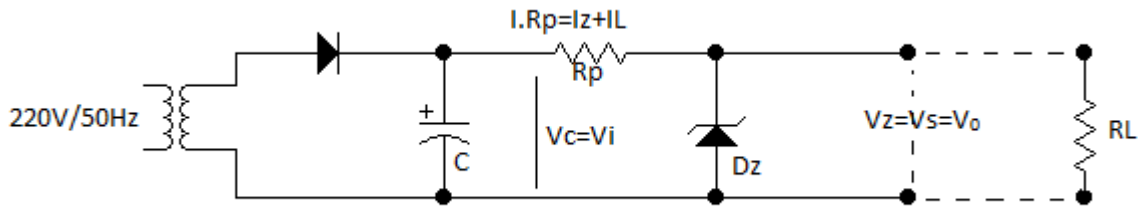
5/ Calculer alors la puissance dissipée dans R_p

$$P = \frac{24^2}{390} = 1,47W$$

on prend 2W

6. Application de Dz dans les montages

a) MONTAGE MONO-ALTERNANCE

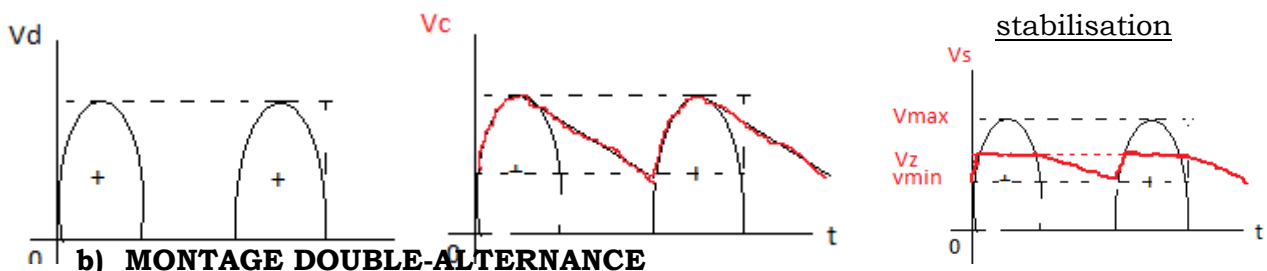


- $V_i = V_{in}$ (entrée)
- $V_o = V_{out}$ (sortie)

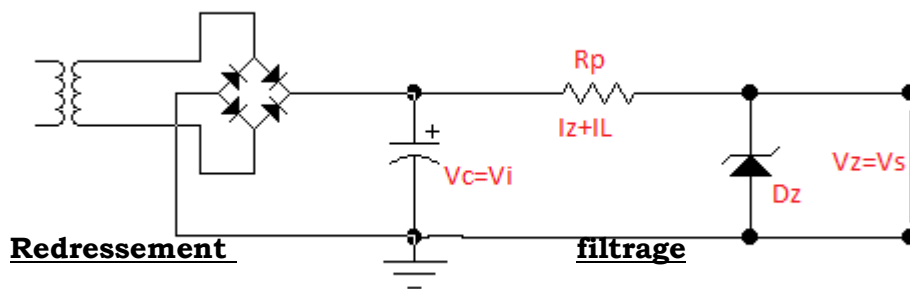
Redressement

filtrage

stabilisation



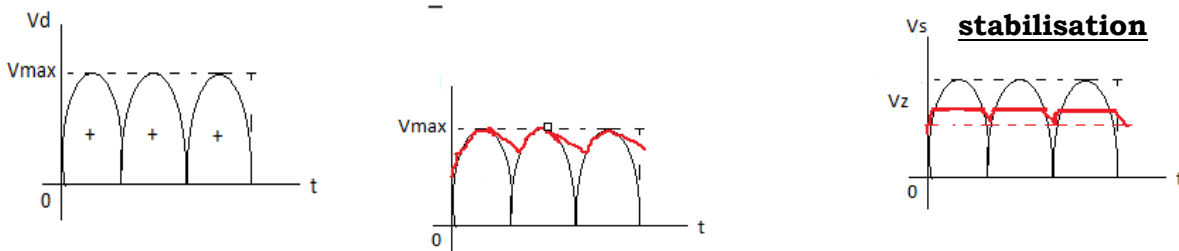
b) MONTAGE DOUBLE-ALTERNANCE



Redressement

filtrage

stabilisation



c) PROCÉDE DE CALCUL D'UN CIRCUIT STABILISATEUR DE TENSION PAR DIODE ZENER

Pour dimensionner un montage stabilisateur de tension par diode Zener, on suit les 4 étapes suivantes ;

1^{ère} étape :

Consulter dans le databook (lexique) pour rechercher les valeurs de V_z de la diode Zener à utiliser qui soit la plus proche de la tension V_s que l'on voudrait obtenir.

}

9.8V

1. Exemple : $V_s = 10V \rightarrow V_z : \begin{matrix} 9.7V \\ 10.5V \\ 11V \end{matrix}$

2^{ème} étape :

Déterminer la puissance de la diode Zener

$$P_z = V_z(I_{L_{\max}} - I_{L_{\min}}) \quad 1,2$$

$I_{L_{\max}}$ et $I_{L_{\min}}$: ce sont les valeurs maximales et minimales du courant absorbé par la charge. Si on donne une seule valeur du courant pour une charge donnée, on considère que cette valeur du courant correspond à $I_{L_{\max}}$ tandis que $I_{L_{\min}} = 0$

3^{ème} étape :

Détermination de la valeur de la maximale du courant Zener $I_{z_{\max}}$

$$I_{z_{\max}} = \frac{P_z}{V_z} \quad 0,9$$

4^{ème} étape : détermination de la valeur de la résistance de protection R_p

et $V_o = V_s = V_z$ $R_p = \frac{V_i - V_o}{I_{rp}}$ Avec : $V_i = V_c$
(Capa de filtrage) (Tension de sortie)

$$I_{R_p} = I_z + I_L$$

EXERCICE

On voudrait réaliser une alimentation stabilisée par une diode Zener dont la tension de sortie $V_s = 9V$, et un courant de 80mA est fourni à la charge. Si le transformateur est de 220V/9V, le redressement est à pont de Graëtz et un condensateur de filtrage $C = 2200\mu F$, on vous demande de dimensionner cette alimentation ?

REMARQUE :

- Le stabilisateur de tension à diode est utilisé pour des charges qui ne consomment pas un grand courant ou une grande puissance, sinon la chute de tension dans la résistance de protection R_p sera excessive,
- Le stabilisateur de tension à diode zener ne doit jamais fonctionner à vide (sans charge) car tout le courant I_{R_p} fourni va traverser la diode Zener et entraîner sa destruction.

X.2.4.2. La stabilisation de tension à transistor

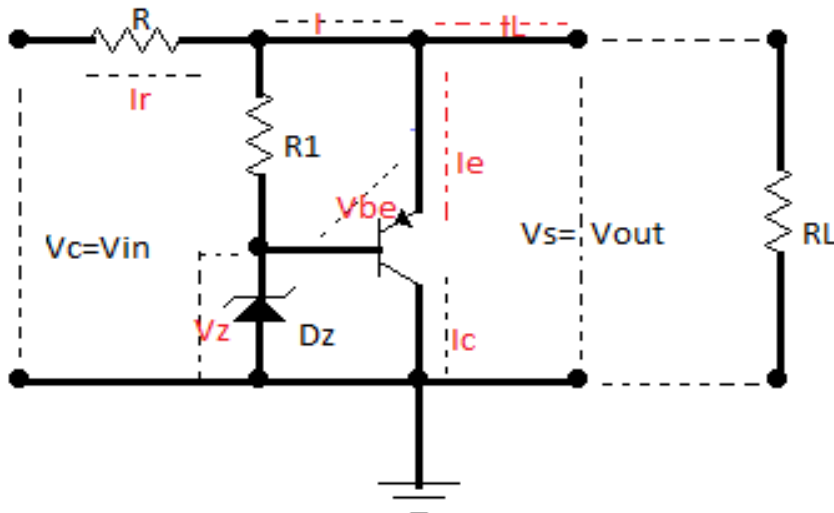
Pour obtenir un courant de sortie plus élevé, on associe à la diode zener un transistor amplificateur qui, grâce à son gain, fournira à la charge un courant plus important. On distingue deux types de montages :

- Le montage parallèle
- Le montage série.

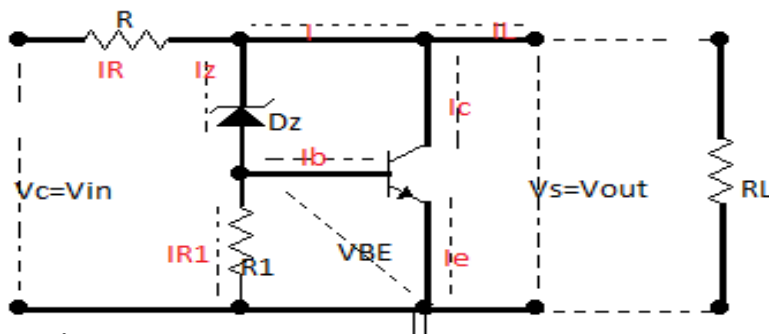
a) La stabilisation de tension à transistor parallèle

Le transistor stabilisateur de tension est monté en parallèle avec la charge.

Montage à transistor PNP



Montage à transistor NPN



Fonctionnement

La tension aux bornes du collecteur et la base du transistor stabilisateur est maintenue constante par la diode zener Dz et fixée à la valeur de référence $V_z = V_{CB}$. Toutes variations de la tension d'entrée V_{in} (augmentation ou diminution) affectent ou modifient uniquement la base V_{BE} comprise entre la base et l'émetteur de transistor.

L'équation de la maille d'entrée donné :

$$V_c = R I_R + R_1 I_{R1} + V_z \quad (1)$$

$$\text{Or } R_1 I_{R1} = V_{BE} \quad (2) \text{ D'où } V_c = R I_R + V_{BE} + V_z$$

$$V_{BE} = V_c - (R I_R + V_z) \quad (3)$$

De même, on aura : $V_c = R I_R + V_s \rightarrow$

$$V_s = V_c - R I_R \quad (4)$$

$$\text{Si } I_L = 0 \rightarrow I = I_E \approx I_C \rightarrow I_R = I_{RL} + I_C \quad (5)$$

Et

$$I_C = \beta I_B \quad (6)$$

Alors $V_R = R I_R$ (7)

$$\text{On sait que : } I_B = \frac{V_{be}}{R_{be}} \quad (8)$$

1^{er} cas : Augmentation de V_C

Si $V_C \nearrow$ $V_{be} \nearrow$ selon (3) $\rightarrow \nearrow I_B$ selon (8) et I_C selon (6) ; I_R selon (5)

$V_R \nearrow$ selon (7) ; et V_S selon (4)



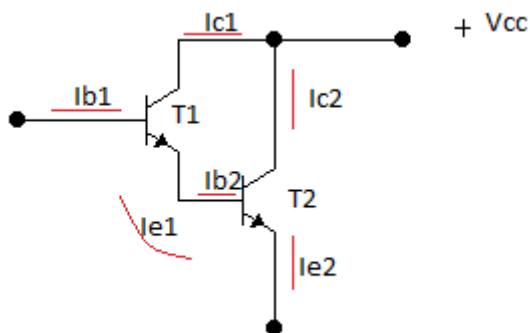
Remarque : toute augmentation de V_C entraîne une augmentation de V_R de sorte que leur différence rende V_S constante.

2^{ième} cas : diminution de V_C

si $V_C \searrow$ $V_{be} \searrow$ selon (3) $\rightarrow \searrow I_B$ selon (8) et I_C selon (6) ; I_R selon (5), V_R selon (7) ; $V_S \searrow$ selon (4).

Il y a donc stabilisation grâce à la compensation réalisée par le transistor stabilisateur de tension.

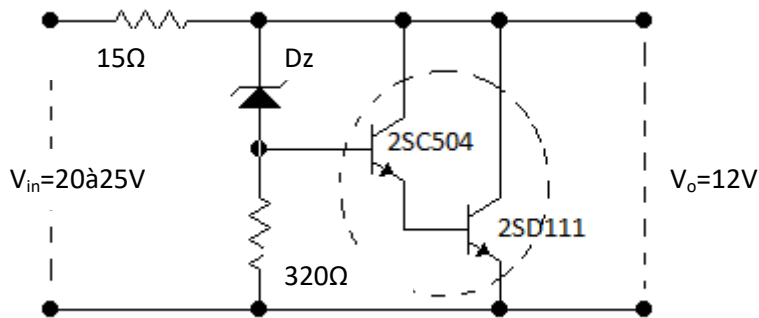
Variante : lorsqu'on veut avoir un courant de sortie plus grand, on peut utiliser deux transistors placés en montage DARLINGTON dont le gain est le produit des gains de deux transistors.



$$\begin{aligned} \text{Or } I_C &\approx I_{E1} = \beta_1 \cdot \beta_2 \\ \text{Or } I_{E1} &= I_{B2} \\ \text{D'où } I_{C2} &= \beta_2 \cdot I_{B2} = \beta_2 \cdot I_{E1} \\ I_{C2} &= \beta_2 \cdot \beta_1 \cdot I_{B1} \\ \text{Donc } \beta &= \frac{I_{C2}}{I_{B1}} = \beta_1 \cdot \beta_2 \\ &\rightarrow \beta = \beta_1 \cdot \beta_2 \end{aligned}$$

$$\text{Gain total: } \beta = \frac{I_{C2}}{I_{B1}}$$

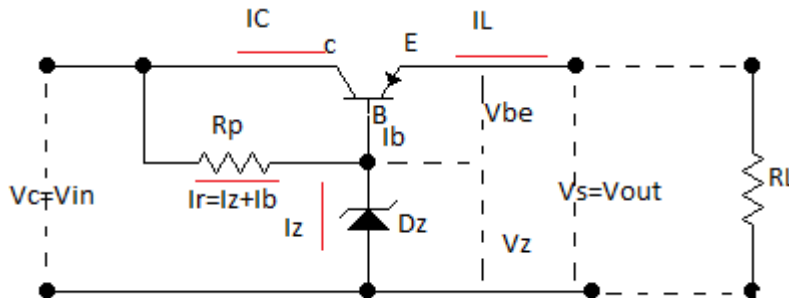
Exemple de schéma en montage Darlington



b) Stabilisation de la tension par transistor série

C'est le montage le plus simple et le plus utilisé en pratique dans la plupart de système d'alimentation en DC.

Le transistor stabilisateur de tension est montée en série avec la charge tel que présenté dans la figure suivante :



➤ La maille d'entrée donne :

$$V_c = R_p \cdot I_r + V_Z \quad \xrightarrow{I_r = I_Z + I_B} R_p \cdot I_r = V_c - V_Z$$

D'où $R_p = \frac{V_c - V_Z}{I_r}$ (1) avec $I_r = I_Z + I_B$

On sait que I_Z est de l'ordre de mA ; tandis que I_B est de l'ordre de μA , d'où $I_Z \gg I_B$.

→ $I_r \approx I_Z$ (2) la valeur de I_B est négligeable devant I_Z

➤ La maille de sortie donne :

$$V_Z - V_{BE} - V_s = 0 \quad \xrightarrow{V_s = V_Z - V_{BE}} V_s = V_Z - V_{BE} \quad (3) \text{ avec } V_{BE} \approx 0,7V$$

EXERCICE

Soit un circuit stabilisateur de tension composé d'un transistor **2SD400**, d'une diode Zener **BZX12** et d'une résistance R_p . Si $V_{in} = 15V$; $I_Z = 20mA$; et $I_B = 50\mu A$. on vous demande d'évaluer $V_s = V_{out}$ et R_p ?

Alimentation Régulée (Asservissement)

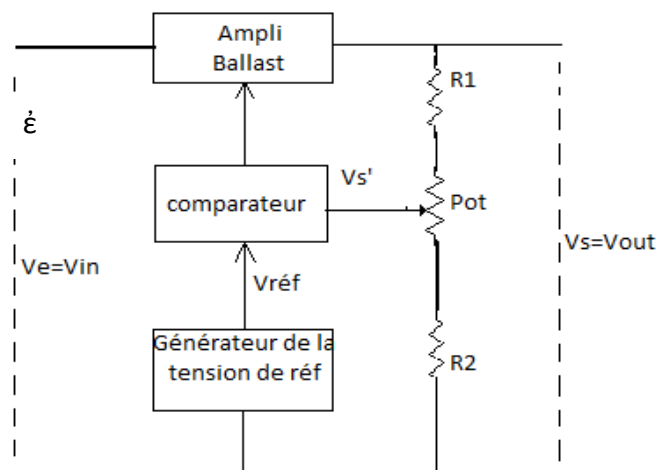
BUT :

Les fluctuations de la tension peuvent provenir aussi bien du réseau électrique que de la charge.

Dans les montages vus précédemment, pour la stabilisation de la tension, on avait tenu compte seulement des fluctuations de la tension provenant du réseau électrique ; mais, dans l'alimentation régulée, on va introduire une boucle de réaction (boucle d'asservissement) qui permettra de contrôler les fluctuations de la tension provenant de la charge.

PRINCIPE :

Ce montage repose sur le principe d'asservissement de la tension par contre-réaction ; c'est-à-dire qu'une partie des tensions de sortie est ramenée vers un comparateur qui reçoit également une tension de référence provenant d'une diode Zener , tel que le comparateur fournit **une tension d'erreur** proportionnelle à l'écart entre la tension de référence et la fraction de la tension de sortie. Cette tension d'erreur commande un amplificateur appelé **ballast** qui agit comme un potentiomètre dont la commande permet d'ajuster la tension de sortie.



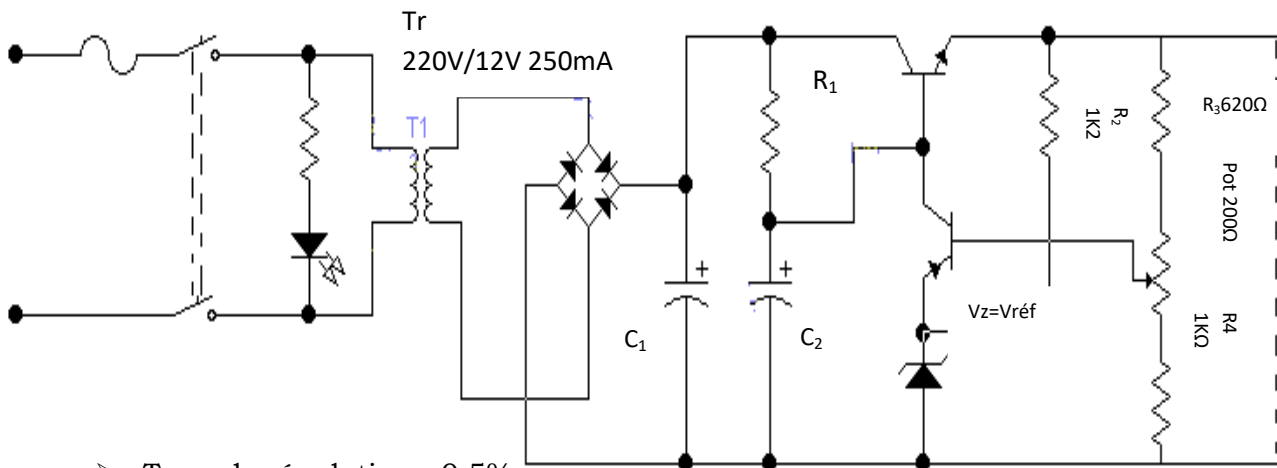
Le pont diviseur de tension à résistance constitué par R_1 , R_2 , et le potentiomètre (pot), permet de recueillir une fraction V_s' de la tension de sortie V_s . Le potentiomètre contenu dans le pont diviseur à résistance sert à ajuster la valeur de V_s' .

Le générateur de la tension de référence à diode Zener fournit une tension $V_{réf}$ qui sera comparée à V_s par le comparateur à transistor. Lorsqu'il y a pas décalage entre $V_{réf}$ et V_s' ($V_{réf} = V_s'$) la tension d'erreur exprimée par la relation :

$$\hat{\epsilon} = V_{réf} - V_s'$$

Est nulle ($\hat{\epsilon} = 0$), c'est-à-dire que le comparateur fournit une tension $\hat{\epsilon}$ qui n'a aucune réaction sur l'amplificateur ballast, d'où la tension de sortie V_s est maintenue. En cas de décalage entre $V_{réf}$ et V_s' ($V_s' > V_{réf}$) ou ($V_s < V_{réf}$). Le comparateur fournit une tension d'erreur $\hat{\epsilon}$ proportionnelle à ce décalage de façon à commander l'amplificateur ballast (qui fonctionne comme un potentiomètre) de façon à corriger la tension V_s de sortie.

Exemple des montages pratique



- Taux de régulation : 0,5%
- Tension d'alimentation : 5mV crête à crête à pleine charge

$$V_S = V_C - V_{CE}$$

$$\text{Si } \epsilon \nearrow I_B \nearrow I_C \nearrow V_{CE} \nearrow V_S \searrow$$

$$\text{Si } \epsilon \searrow I_B \searrow I_C \searrow V_{CE} \searrow V_S \nearrow$$