CHAPITRE 6 : APPLICATIONS DES DIODES A JONCTION

Introduction

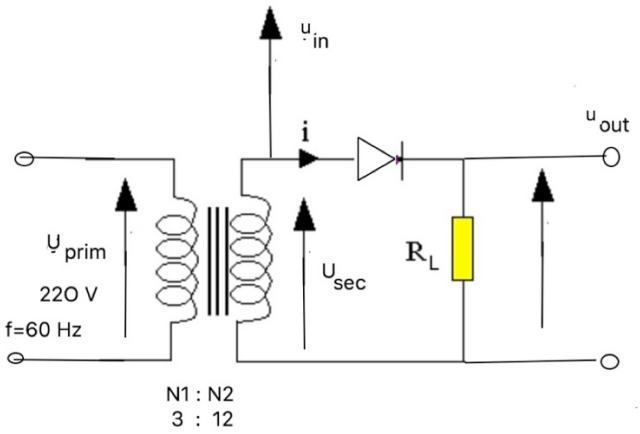
Les redresseurs se retrouvent dans tous les blocs d'alimentation en courant continu fonctionnant avec une source de courant alternatif. Les blocs d'alimentation sont essentiels pour tous les systèmes électroniques.

I. Redresseurs simple alternance

1. Description

a. Montage

La figure suivant illustre le redressement simple alternance. On utilise souvent un transformateur pour coupler la tension alternative sinusoïdale vers le redresseur. Le couplage par transformateur fournit deux avantages : il permet d'abord un effet dévolteur ou survolteur sur la tension d'entrée.



$$\frac{U_{sec}}{U_{prim}} = \frac{N_{sec}}{N_{prim}}$$

$u_{prim}(t) = U_1\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi)$: tension alternative sinusoïdale du primaire

U_{prim} : tension efficace du primaire du transformateur

U_{sec} : tension efficace du secondaire du transformateur

$U_{max} = \widehat{U} = U_p$: tension maximale ou tension crête

$\widehat{U_{prim}} = U_{prim}\sqrt{2}$: tension maximale du primaire

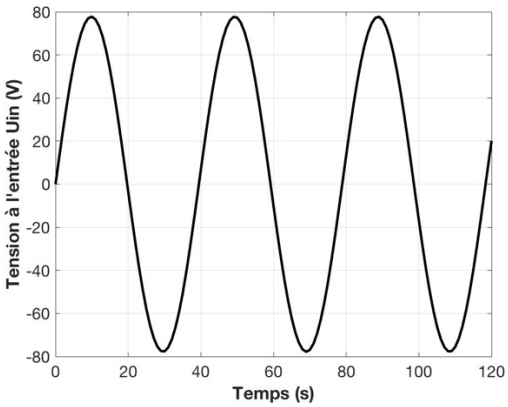
$\widehat{U_{sec}} = U_{sec}\sqrt{2}$: tension maximale du secondaire

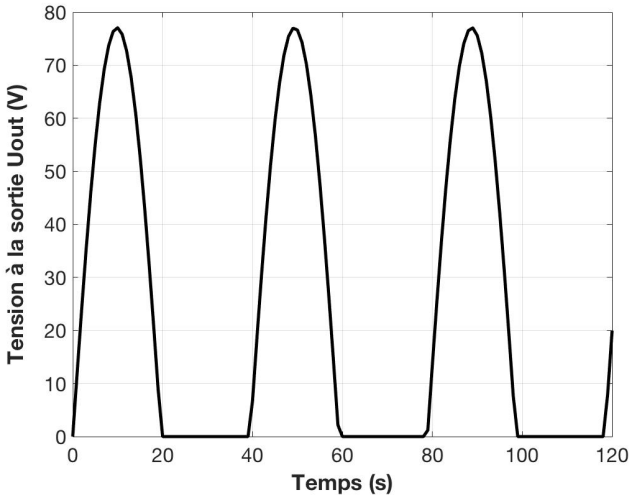
U_{in} : tension d'entrée efficace du montage

U_{out} : tension de sortie efficace du montage

''in'' : entrée ; ''out'' : sortie

b. Diagramme des temps





2. Signaux idéales

En pratique on peut utiliser le modèle idéal de la diode pour l'analyse d'un redresseur simple alternance. La tension crête de sortie est égale à la tension d'entrée

$$U_{p(out)} = U_{p(in)}$$

3. Valeur moyenne de la tension de sortie simple alternance

C'est la tension mesurée avec un voltmètre en position cc(courant continu)

$$U_{moy} = \frac{1}{T}\int_0^T u\,(t)dt = \frac{U_{p(out)}}{\pi}$$

Remarque : cette tension moyenne permet de calculer le courant moyen I_{DC}

$$I_{DC} = \frac{V_{DC}}{R_L}$$

4. Fréquence de sortie

La fréquence à l'entrée est égale à la fréquence à la sortie

$$f_{in} = f_{out}$$

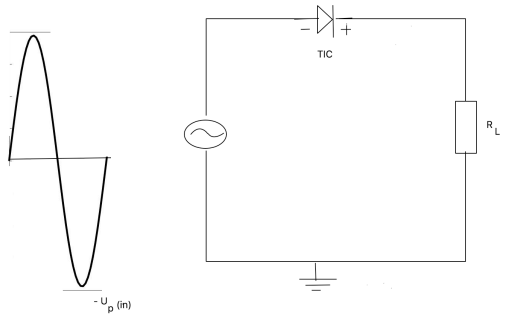
5. Effet de la barrière de potentiel de la diode sur le signal redressé à simple alternance

Pendant le demi- cycle positif, la tension à l'entrée u_{in} doit franchir la barrière de potentiel U_s avant que la diode ne puisse passer en polarisation directe. La formule pour la tension de crête est :

$$U_{p(out)} = U_{p(in)} - U_s$$

6. Tension inverse de crête (TIC)

La valeur maximale de tension inverse, désignée comme la tension inverse de crête se produit lors de la crête de l'alternance négative du cycle lorsque la diode est sous polarisation inverse. Cette condition est illustrée à la figure suivante :



On doit s'assurer que la diode soit capable de supporter cette quantité répétitive de tension inverse.

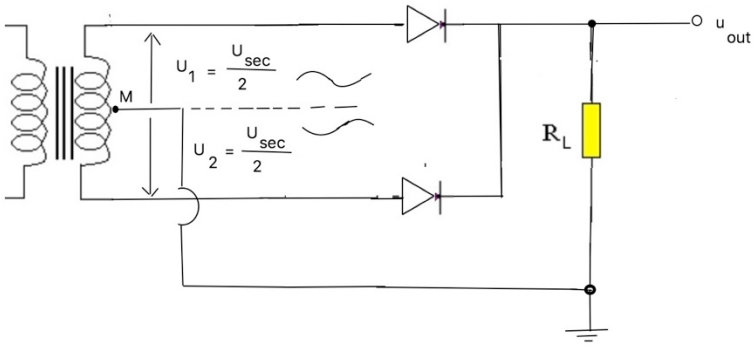
$$TIC = U_{p(in)}$$

II. Redresseurs double alternance

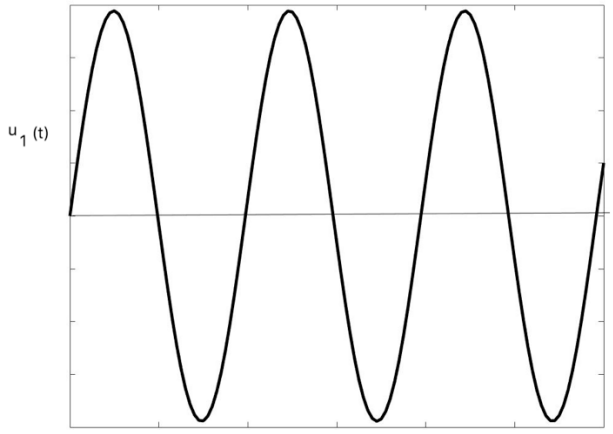
C'est le type de redressement le plus couramment utilisée dans les blocs d'alimentation. Il en existe deux types : le redressement double alternance à prise médiane et le redressement double alternance en pont.

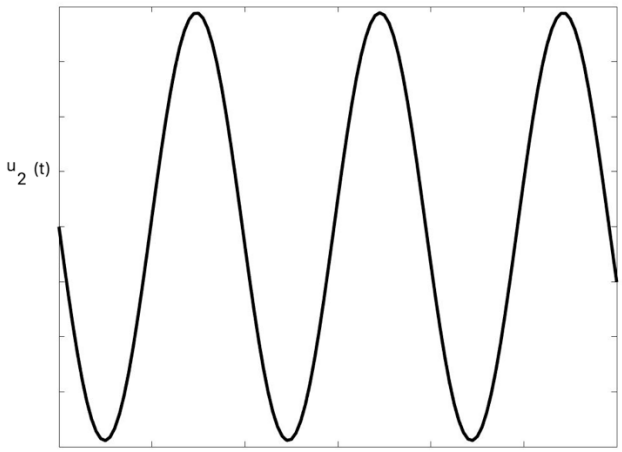
1. Redresseur double alternance à prise médiane

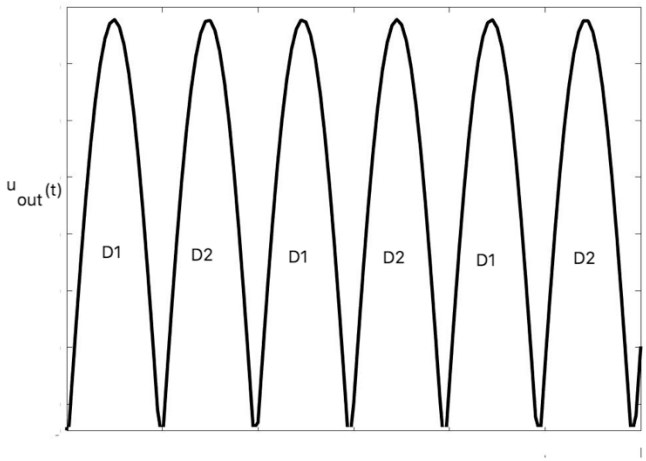
Il utilise deux diodes branchées au secondaire d'un transformateur à prise médiane. La moitié de la tension du secondaire apparaît entre la prise médiane M et chaque côté du bobinage secondaire.



Le point médian M est pris comme référence des tensions. La diode D_1 conduit pendant l'alternance positive et D_2 conduit pendant l'alternance négative.







a) Tension crête de sortie

La tension crête de sortie d'un redresseur double alternance à prise médiane est :

$$U_{p(out)} = U_{p_1} - 0{,}7$$

$$U_{p(out)} = \frac{U_{p(\text{sec})}}{2} - 0{,}7$$

b) Valeur moyenne de la tension de sortie

Le nombre d'alternances positives est le double de celui d'un redresseur simple alternance pour un même intervalle de temps.

$$U_{moy} = \frac{2U_{p(out)}}{\pi}$$

c) Fréquence du signal de sortie

La fréquence du signal de sortie est le double de la fréquence du signal d'entrée

$$f_{out} = 2f_{in}$$

d) Tension inverse de crête

Chaque diode du redresseur double alternance passe alternativement sous polarisation directe et ensuite sous polarisation inverse. La tension inverse maximale que chaque diode doit supporter est la valeur crête de la tension du secondaire moins la tension seuil. La tension inverse de crête aux bornes de l'une ou l'autre des diodes d'un redresseur double alternance à prise médiane est :

$$TIC = U_{p(\text{sec})} - 0{,}7\ V$$

Or

$$U_{p(out)} = \frac{U_{p(\text{sec})}}{2} - 0{,}7$$

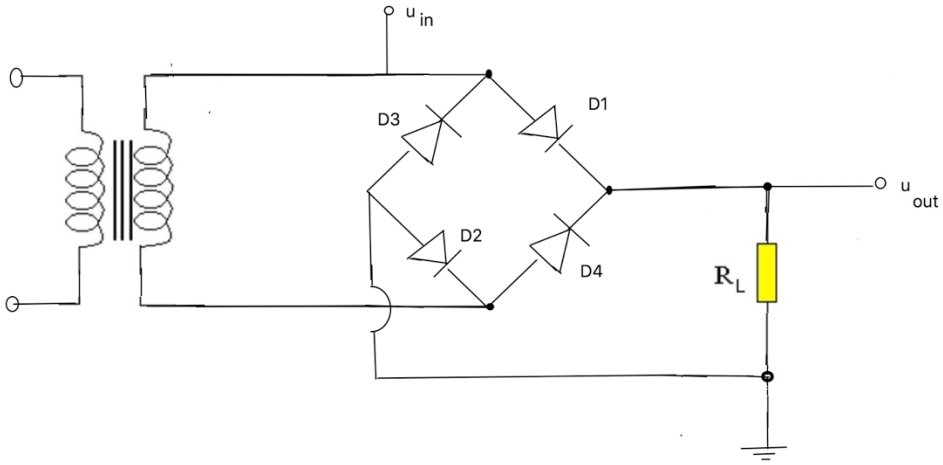
On a :

$$TIC = 2V_{p(out)} + 0{,}7\ V$$

2. Redresseur double alternance en pont

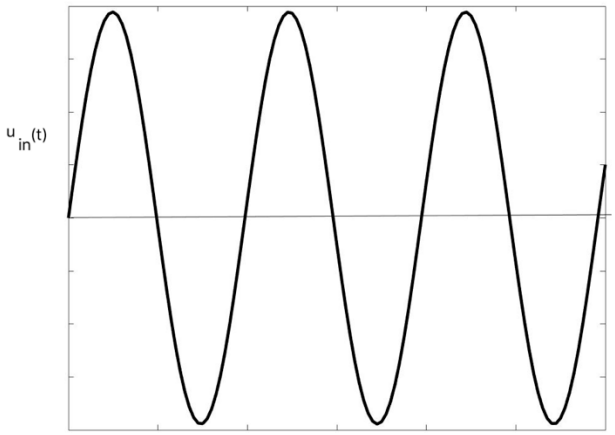
a. Montage

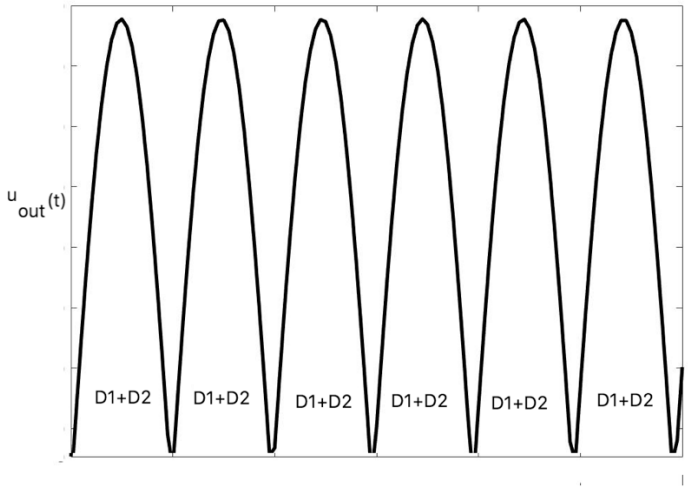
Le redresseur double alternance en pont utilise quatre diodes comme illustré à la figure suivante :



Pendant le demi-cycle positif D_1 et D_2 sont sous polarisation directe et conduisent le courant électrique.
Pendant le demi-cycle négatif D_3 et D_4 sont sous polarisation directe et conduisent le courant électrique

b. Courbe





c. Tension crête de sortie d'un pont

Deux diodes sont toujours en série avec la résistance de charge durant les demi-cycles positif et négatif. La valeur crête de la tension redressée est :

$$V_{p(out)} = V_{p(sec)} - 0{,}7 \times 2$$

d. Fréquence de sortie et valeur moyenne de sortie

La fréquence du signal de sortie est le double de la fréquence du signal d'entrée

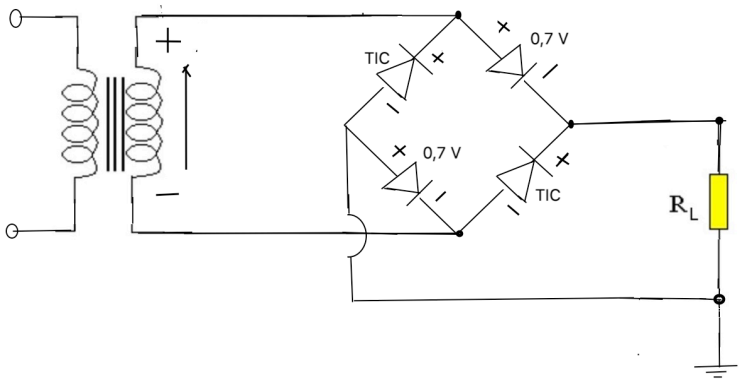
$$f_{out} = 2f_{in}$$

La valeur moyenne de la tension de sortie est

$$U_{DC} = \frac{2U_{p(out)}}{\pi}$$

e. Tension inverse de crête

Considérons le demi-cycle positif à l'entrée du pont de diode. D_1 et D_2 sont sous polarisation directe et D_3 et D_4 sont sous polarisation inverse. Examinons la tension inverse de crête aux bornes de D_3 et D_4.



La tension inverse de crête pour chaque diode sous polarisation inverse est :

$$PIV = TIC = U_{p(sec)} + 0{,}7V$$

La TIC d'une diode dans un montage en pont est inférieure à celle d'un montage à prise médiane.

2. Filtre du bloc d'alimentation

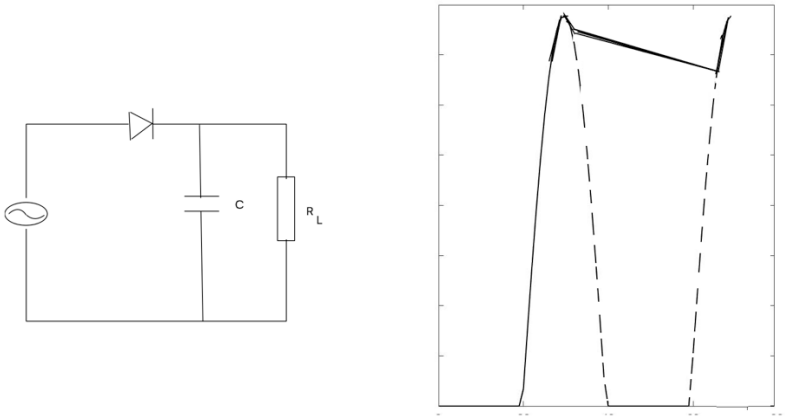
Un filtrage du bloc d'alimentation réduit considérablement les variations de tension à la sortie d'un redresseur afin de produire une tension continue à près stable. Le filtrage est nécessaire car les circuits électroniques requièrent une tension et un courant constant. Le filtrage est produit à l'aide de condensateur ou une combinaison de bobines et de condensateurs.

1. Filtre à condensateur

a. Montage

Considérons un redresseur simple alternance avec un filtre à condensateur pour illustrer le principe du filtrage.

Pendant le premier quart du cycle positif, la diode sous polarisation direct permet au condensateur de se charger jusqu'à la valeur crête. Après cette valeur crête, le signal décroit, le condensateur se décharge à travers la résistance de charge et la diode est sous polarisation inverse. Durant le dernier quart, la diode est à nouveau sous polarisation directe.



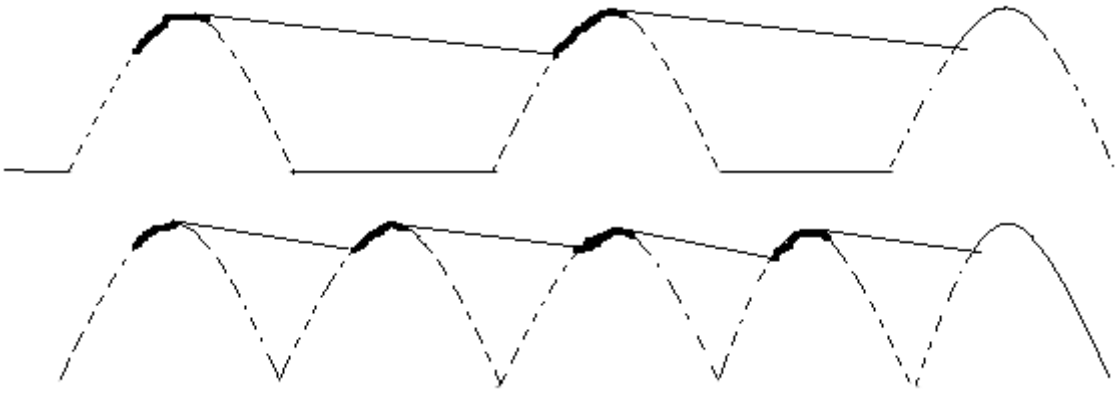
Action d'un redresseur mono alternance muni d'un filtre à condensateur

b. Tension d'ondulation

Le condensateur se charge rapidement au début du cycle et se décharge lentement dans la résistance de charge après avoir atteint la crête positive. Cette variation de la tension du condensateur due à la charge et à la décharge du condensateur est appelée tension d'ondulation.

Pour une fréquence d'entrée donnée ; la fréquence de sortie d'un redresseur double alternance est le double de celle d'un redresseur simple alternance.

Par conséquent, un redresseur double alternance est plus facile à filtrer car le temps est plus court entre les crêtes. Lorsque filtrée, la tension redressée double alternance présente une plus petite ondulation que la tension d'un signal simple alternance possédant les mêmes valeurs de résistance et de capacité.



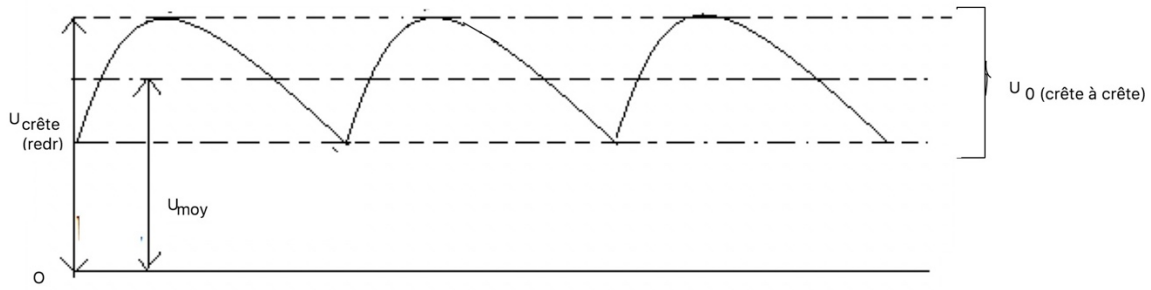
Comparaison des tensions d'ondulations pour des signaux de redresseurs simple et double alternance possèdent le même filtre à condensateur et le même charge.

c. Coefficient d'ondulation

Le coefficient d'ondulation (r) est une indication de l'efficacité du filtre et est définie par :

$$r = \frac{U_0(crête\ à\ crête)}{U_{moy}}$$

Ou $U_0(crête)$ est la valeur crête à crête de la tension d'ondulation et U_{moy} est la valeur moyenne (continue) de la tension de sortie du filtre. Le coefficient d'ondulation peut être diminué en augmentant la valeur du condensateur ou de la résistance de charge.



- Expression de la valeur crête à crête de la tension d'ondulation d'un filtre à condensateur $U_{p(out)}$: tension crête redressée

Lorsque le condensateur du filtre se décharge à travers R_L

$$U_c = U_{p(out)} \exp\left(-\frac{t}{R_L C}\right)$$

Comme le temps de décharge du condensateur est approximativement situé entre une valeur crête donnée et la crête suivante

$t_{décharge} = T$ lorsque U_C atteint sa valeur minimale

$$U_{cmin} = U_{p(out)} \exp\left(-\frac{t}{R_L C}\right)$$

$R_L C \gg T$ on effectue un Développement Limité

$\exp\left(-\frac{T}{R_L C}\right) = 1 - \frac{T}{R_L C} \rightarrow U_{cmin} = U_{p(out)}\left(1 - \frac{T}{R_L C}\right)$

La tension d'ondulation crête à crête est :

$$U_{p(R)} = U_{p(out)} - V_{cmin} = U_{p(out)} \frac{T}{R_L C}$$

$$U_{p(R)} = \frac{U_{p(out)}}{f R_L C}$$

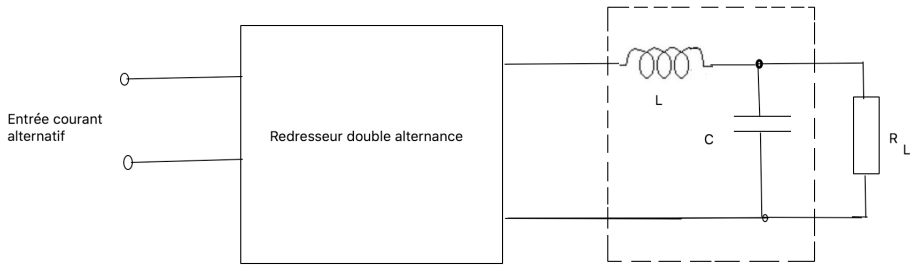
- Valeur moyenne à la sortie du filtre

$$U_{DC} = U_{p(out)} - \frac{V_{p(R)}}{2}$$

$$U_{DC} = U_{p(out)}\left(1 - \frac{1}{2 f R_L C}\right)$$

2. Filtre LC

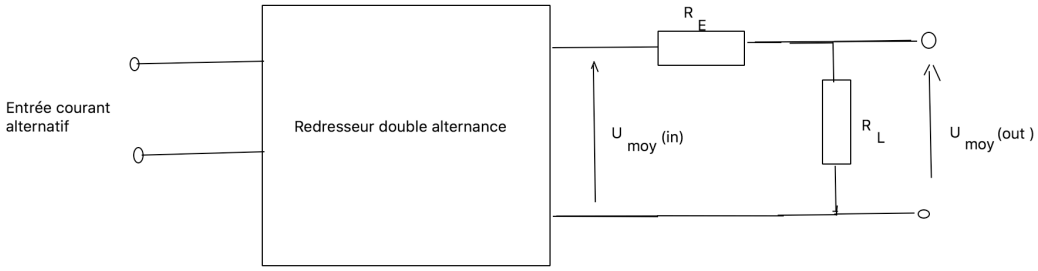
Lorsqu'une bobine est ajoutée à l'entrée du filtre, une réduction de la tension d'ondulation est obtenue. La bobine possède une réactance élevée à la fréquence d'ondulation et la réactance capacitive est faible comparée à X_L et R_{charge}.



L'amplitude de la tension d'ondulation à la sortie du filtre est déterminée en appliquant le théorème diviseur de de tension

$$U_{p(out)} = \left(\frac{X_C}{X_L - X_C}\right) U_{p(in)}$$

A la valeur cc(moyenne) de l'entrée redressée, la bobine présente une résistance d'enroulement R_E avec la résistance de charge



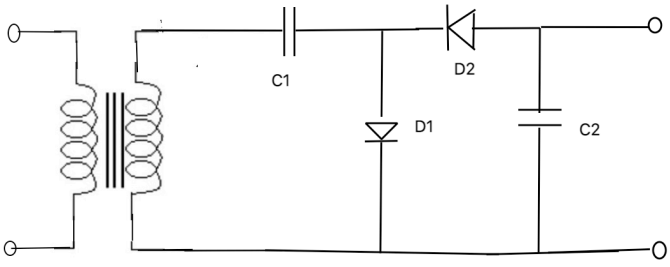
$$V_{moy\ (out)} = \frac{R_{charge}}{R_E + R_{charge}} V_{moy\ (in)}$$

3. Multiplicateurs de tension

Certaines applications nécessitent des tensions continues très élevées (quelques milliers de volt). On pourrait les obtenir avec un transformateur élévateur et un redressement filtrage classique. Il existe une solution moins (….) à base de diodes et condensateurs : doubleurs de tension.

Les multiplicateurs de tensions permettent d'accroître les tensions crêtes redressées plutôt que d'augmenter les tensions à l'entrée du transformateur. Les facteurs de multiplication de deux, trois ou quatre sont les plus courants. Les multiplicateurs sont utilisés dans les applications à haute tension et à faible courant comme les récepteurs de télévision.

Exemple : doubleur de tension

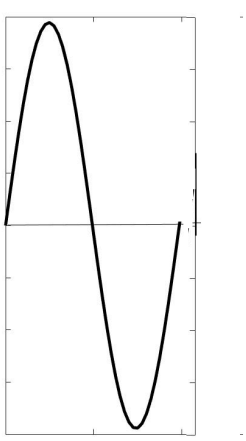
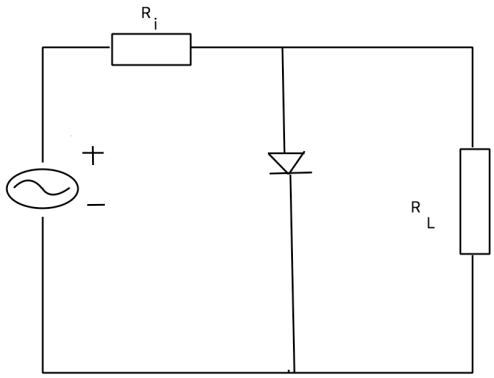
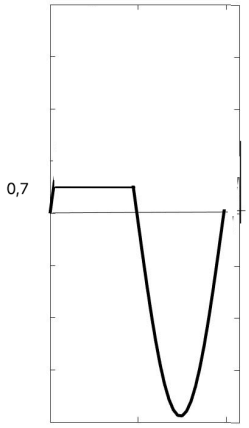


- Aux alternances positives

D_1 est sous polarisation directe et D_2 est sous polarisation inverse. Le condensateur C_1 est chargé à la tension crête redressée $U_{p(redr)}$.

- Aux alternances négatives

D_1 est sous polarisation inverse et D_2 est sous polarisation directe, C_1 et la source sont en série ce qui charge C_2 à la tension $2U_p$.

4. Ecrêteurs de tension

Les écrêteurs sont utilisés pour couper des portions de tension de signaux au-dessus ou en-dessous de certaines valeurs.