

Redressement monophasé

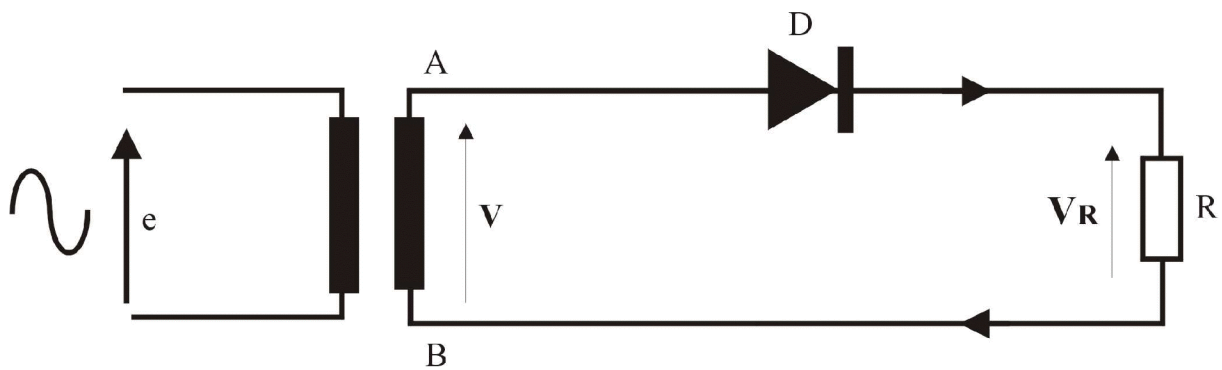
- ❖ **Redressement simple alternance.**
- ❖ **Redressement double alternance à point milieu.**
- ❖ **Redressement double alternance en pont de Graëtz.**

Dans ce chapitre nous allons étudier les 3 montages de base des redresseurs monophasés.

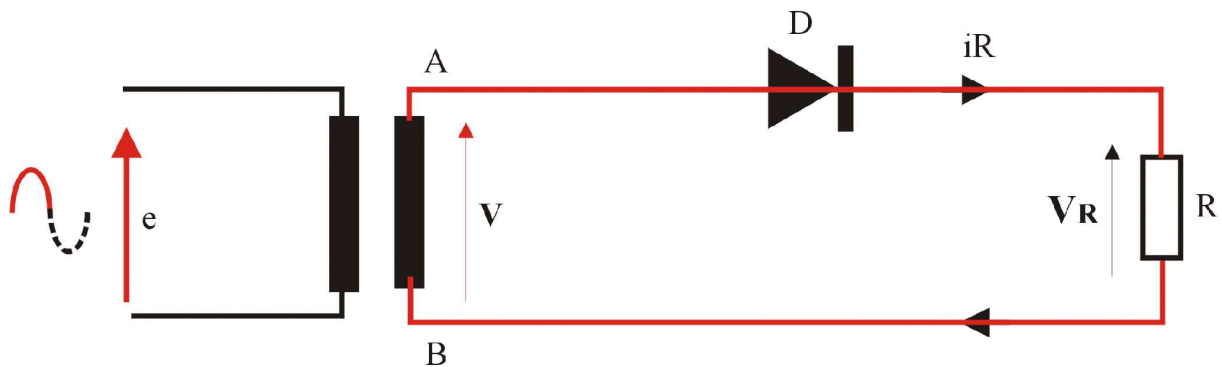
D'abord, nous expliquerons leur fonctionnement, ensuite nous analyserons les formes d'ondes et calculerons les tensions et les courants obtenus, en sortie, dans une charge résistive.

Enfin nous effectuerons les calculs nécessaires pour déterminer les caractéristiques des composants et faire un choix adéquat pour notre projet.

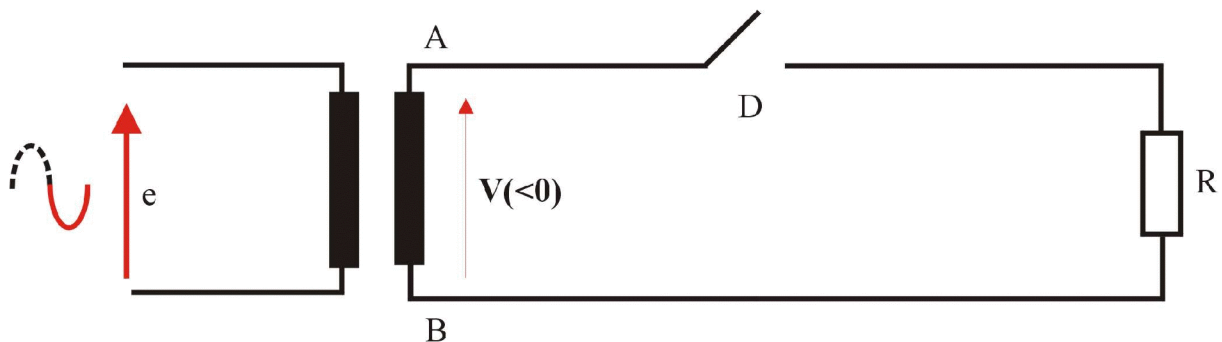
➤ **Redressement simple alternance ou encore appelé mono-alternance :**



Fonctionnement :



Lorsque la borne « A » du transformateur est **positive** par rapport à la borne « B », la diode D laisse passer le courant dans la charge R pendant une alternance.



Par contre, lorsque la borne « B » devient positive par rapport à la borne « A », la diode est bloquée (équivalent à un circuit ouvert), la cathode étant positive par rapport à l'anode, ainsi aucun courant ne traverse la charge pendant toute l'alternance négative.

Donc seule l'alternance positive du courant alternatif sera appliquée à la charge R.

Le courant alternatif fourni par la source a été converti en un courant **unidirectionnel pulsé**.

Tension inverse de crête répétitive :

C'est la tension appliquée sur la cathode de la diode lorsque la borne « B » est positive par rapport à la borne « A », c'est-à-dire lorsque la diode est en polarisation inverse, pendant l'alternance négative.

Cette tension vaut :

$$V_{\max} = V_{\text{eff}} \times \sqrt{2}$$

Dans cette relation, V_{eff} désigne la tension présente au secondaire du transformateur et V_{\max} la valeur maximale fournie par le secondaire du transformateur.

Valeur du courant redressé de sortie :

L'intensité maximale du courant circulant à travers la charge et la diode est, d'après la loi d'Ohm :

$$I_{\max} = \frac{V_{\max}}{R}$$

Le symbole **R** désigne la **résistance de charge**.

Remarque : en toute rigueur on doit tenir compte de la résistance dynamique de la diode (R_D) et de la résistance des enroulements secondaires du transformateur (R_b), ce qui donne dans ce cas :

$$I_{\max} = \frac{V_{\max}}{R + R_D + R_b}$$

Cependant, dans la plupart des cas, $R_{\{D\}}$ et $R_{\{b\}}$ peuvent être négligés par rapport à la charge R.

Valeur moyennes :

Elle se calcule ainsi :

$$I_{\text{moy}} = \int_0^{\pi} \frac{I_{\max} \sin \theta d\theta}{2\pi} = \frac{I_{\max}}{\pi} = 0,318 I_{\max}$$

Valeur efficace :

Par définition, la valeur efficace d'un courant alternatif sinusoïdal correspond à la valeur du courant continu qui dissipe la même énergie calorifique, dans la même résistance pendant le même temps.

Principe du calcul :

On peut écrire que i (courant alternatif) et I (courant continu) produisent, dans la même résistance, la même énergie calorifique, pendant le même intervalle de temps, soit celui correspondant à une période T (2π).

Dans le cas du courant alternatif, nous avons pour une période :

$$W = \int_0^T Ri^2 dt = R \int_0^T i^2 dt$$

Dans le cas du courant continu, nous avons :

$$W = RI^2T$$

De sorte que :

$$RI^2T = R \int_0^T i^2 dt$$

Alors :

$$I^2 = \int_0^T \frac{i^2 dt}{T}$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

La valeur efficace d'un courant alternatif sinusoïdal est donc la racine carrée de la moyenne, pendant une période, des carrés des intensités instantanées du courant.

Calculons maintenant la valeur efficace du courant de sortie d'un redresseur simple alternance :

Nous avons : $i = I_{\max} \sin \theta$

Et : $i^2 = I_{\max}^2 \sin^2 \theta$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \text{ devient : } I^2 = \frac{I_{\max}^2}{2\pi} \int_0^{\pi} \sin^2 \theta d\theta$$

L'intégrale de $\sin^2 \theta d\theta$ est: $\frac{1}{2}\theta - \frac{1}{4}\sin 2\theta$

De sorte que :

$$I^2 = \frac{I_{\max}^2}{2\pi} \left[\frac{1}{2}\theta - \frac{1}{4}\sin 2\theta \right]_0^{\pi}$$

$$I^2 = \frac{I_{\max}^2}{2\pi} \left[\left(\frac{\pi}{2} - 0 \right) - (0 - 0) \right]$$

$$I^2 = \frac{I_{\max}^2}{4}$$

La valeur efficace d'un courant sinusoïdal redressé simple alternance est donc :

$$I_{\text{eff}} = \frac{I_{\max}}{2} = 0,5I_{\max}$$

Valeurs de la tension redressée de sortie:

Valeur maximale :

La valeur de crête de la tension redressée est : $V_{\max} = V_{\text{eff}} \times \sqrt{2}$

Valeur moyenne :

La valeur moyenne de la tension de sortie à vide est :

$$V_{\text{moy}} = \int_0^T \frac{V_{\max} \sin \theta d\theta}{2\pi}$$

Après intégration nous avons :

$$V_{\text{moy}} = \frac{V_{\text{max}}}{\pi} = 0,318 V_{\text{max}}$$

Nous pouvons également écrire :

$$V_{\text{moy}} = I_{\text{moy}}R = \left(\frac{I_{\text{max}}}{\pi} \right) \times R$$

Lorsqu'un courant circule, il faut tenir compte des chutes de tension dans l'enroulement du secondaire et dans la diode, de sorte que :

$$V_{\text{moy}} = \frac{V_{\text{max}}}{\pi} - I_{\text{moy}} \times (R_b + R_d)$$

Valeur efficace :

Elle s'écrit : $V_{\text{eff}} = I_{\text{eff}} \times R$

Puisque pour un redresseur simple alternance on a : $I_{\text{eff}} = \frac{I_{\text{max}}}{2}$

Alors : $V_{\text{eff}} = \frac{I_{\text{max}}}{2} \times R$

Etant donné que $I_{\text{max}} \times R = V_{\text{max}}$, la valeur efficace de la tension de sortie est :

$$V_{\text{eff}} = \frac{V_{\text{max}}}{2}$$

Facteur de forme :

Connaissant les valeurs efficace et moyenne de la tension redressée, nous pouvons écrire :

$$F = \frac{V_{\text{eff}}}{V_{\text{moy}}} = \frac{0,5V_{\text{max}}}{0,318V_{\text{max}}} = 1,57$$

Pour une tension redressée simple alternance le facteur de forme est donc :

$$F = 1,57$$

Rendement maximal de la conversion du courant alternatif en courant continu :

Il est défini comme le rapport entre la puissance en courant continu dissipée dans la charge, par la puissance en courant alternatif fournie à l'entrée du circuit par le secondaire du transformateur.

On écrit :

$$\eta = \frac{P_{\text{en courant continu dans la charge}}}{P_{\text{en courant alternatif au circuit}}} \times 100$$

Calculons la puissance en courant continu dissipée dans la charge :

$$P_{\text{courant continu}} = V_{\text{moy}} \times I_{\text{moy}} = \left(\frac{V_{\text{max}}}{\pi} \right) \times \left(\frac{V_{\text{max}}}{\pi \times R} \right)$$

$$P_{\text{courant continu}} = \frac{V_{\text{max}}^2}{\pi^2 \times R} \text{ (Watts)}$$

Calculons la puissance en **courant alternatif** fournie au circuit par le secondaire du transformateur :

$$P_{\text{courant alternatif}} = V_{\text{eff}} \times I_{\text{eff}}$$

Or
$$V_{\text{eff}} = \frac{V_{\text{max}}}{2} \text{ et } I_{\text{eff}} = \frac{I_{\text{max}}}{2}$$

Donc :

$$P_{\text{courant alternatif}} = \left(\frac{V_{\text{max}}}{2} \right) \times \left(\frac{V_{\text{max}}}{2 \times R} \right)$$

$$P_{\text{courant alternatif}} = \frac{V_{\text{max}}^2}{4 \times R} \text{ (Watts)}$$

D'où le rendement :

$$\eta = \left(\frac{V_{\max}^2}{\pi^2 \times R} \right) \times \left(\frac{4 \times R}{V_{\max}^2} \right) \times 100 = \frac{4}{\pi^2} \times 100$$

Soit : $\eta = 40,6\%$

Remarque :

Si l'on tient compte de la résistance directe de la diode (qui est souvent négligeable) le rendement s'écrit alors :

$$\eta = \left(\frac{4}{\pi^2} \right) \times \left(\frac{R}{R + R_D} \right) \times 100 (\%)$$

Valeurs de l'ondulation :

Taux d'ondulation :

La tension de sortie d'un redresseur simple alternance est une tension périodique pulsée.

Elle est composée d'une tension continue constante à laquelle est superposée une tension alternative, de fréquence f , appelée ondulation.

La tension redressée est égale à chaque instant à la somme de sa valeur moyenne (composante continue) et de la valeur instantanée de la tension d'ondulation (composante alternative).

Nous pouvons écrire :

$$(V_{\text{eff de sortie}})^2 = (V_{\text{eff ondulation}})^2 + (V_{\text{moy}})^2$$

$V_{\text{eff de sortie}}$ exprime la valeur efficace de la tension redressée de sortie, $V_{\text{eff ondulation}}$ la valeur efficace de la tension d'ondulation (composante alternative) et V_{moy} la valeur moyenne de la tension redressée (composante continue).

D'où :

$$V_{\text{eff ondulation}} = \sqrt{V_{\text{eff de sortie}}^2 - V_{\text{moy}}^2}$$

Or :

$$V_{\text{eff}} = \frac{V_{\max}}{2}$$

Et :

$$V_{\text{moy}} = \frac{V_{\text{max}}}{\pi}$$

Donc :

$$V_{\text{eff ondulation}} = \sqrt{\frac{V_{\text{max}}^2}{2} - \frac{V_{\text{max}}^2}{\pi^2}} = \sqrt{\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{\pi^2}\right)} \times V_{\text{max}}$$

La valeur efficace de la tension d'ondulation d'un redresseur simple alternance est :

$$V_{\text{eff ondulation}} = 0,386V_{\text{max}}$$

Pour une charge résistive on obtient:

$$I_{\text{eff ondulation}} = 0,386 \times \left(\frac{V_{\text{max}}}{R}\right)$$

Par définition, le taux d'ondulation, appelé aussi coefficient de ronflement, est le quotient de la valeur efficace de la tension d'ondulation par la valeur moyenne de la tension redressée, soit:

$$r = \left(\frac{\text{Valeur eff de la tension d'ondulation}}{\text{Valeur moy de la tension redressée}}\right) \times 100 (\%)$$

Après calcul :

$$r = \frac{0,386V_{\text{max}}}{0,318V_{\text{max}}} = 1,21$$

$$r = 121\%$$

On remarque que pour un redresseur simple alternance, la valeur efficace de la composante alternative est supérieure à la valeur moyenne de la composante continue.

Nous aurions pu calculer le taux d'ondulation à partir du facteur de forme F :

$$r = \sqrt{F^2 - 1}$$

F=1,57 d'où $r = \sqrt{1,57^2 - 1} = 121\%$

Fréquence de l'ondulation :

La fréquence de l'ondulation dans le cas de ce montage est égale à la fréquence de la source d'alimentation.

$$\text{fondulation} = f_{\text{source alimentation}}$$

Facteur d'utilisation du transformateur :

Il est défini par :

$$\text{F.U.T.} = \frac{\text{Puissance en courant continu fournie par l'enroulement secondaire}}{\text{Puissance nominale en VA de l'enroulement secondaire}}$$

$$P_{\text{courant continu}} = \frac{V_{\text{max}}^2}{\pi^2 \times R}$$

$$V_{\text{eff secondaire}} = \frac{V_{\text{max}}}{\sqrt{2}} \quad \text{et} \quad I_{\text{eff secondaire}} = \frac{V_{\text{max}}}{2 \times R}$$

Ce qui donne une puissance en courant alternatif transportée par le secondaire :

$$P_{\text{courant alternatif}} = \left(\frac{V_{\text{max}}}{\sqrt{2}} \right) \times \left(\frac{V_{\text{max}}}{2 \times R} \right) = \frac{V_{\text{max}}^2}{2 \times \sqrt{2} \times R}$$

$$\text{D'où :} \quad \text{F.U.T.} = \left(\frac{V_{\text{max}}^2}{\pi^2 \times R} \right) \times \left(\frac{2 \times \sqrt{2} \times R}{V_{\text{max}}^2} \right) = \frac{2 \times \sqrt{2}}{\pi^2} = 0,287$$

Donc :

$$\text{F.U.T.} = 0,287$$

Ex : Un transformateur de 500VA alimentant un redresseur simple alternance ne pourra fournir qu'une puissance en courant continu de 143,5W à une charge résistive.

Le facteur d'utilisation est donc le facteur de puissance de l'enroulement secondaire.

Puisque le rendement de la conversion courant continu/courant alternatif est de 40,6%, la puissance demandée au secondaire du transformateur est :

$$P_{\text{secondaire}} = \frac{143,5 \times 100}{40,6} = 353,45\text{W}$$