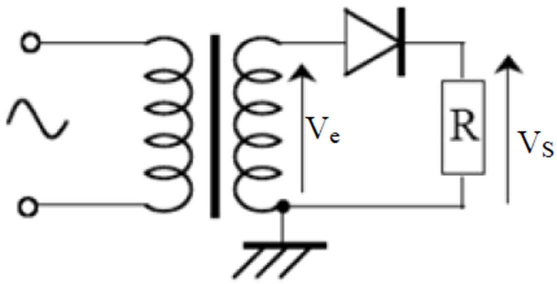
Chapitre 2 : Redressement, filtrage et stabilisation

L'objectif du redressement est de convertir une tension alternative en une tension continue. Il assure ainsi la transformation d'un signal alternatif de valeur moyenne nulle en un signal continu de valeur moyenne non nulle. C'est l'une des applications des diodes à jonction

I. Redressement simple alternance

Nous allons étudier le principe de fonctionnement du redressement simple alternance.



- La diode D est supposée idéale
- $V_e(t) = V_{max}\sin(\omega t)$

Figure 1 Schéma d'un circuit redresseur simple alternance.

Détermination de l'état électrique de la diode

- Pour t ϵ [0, T/2], Ve(t) est **positive**. La tension anodique est supérieure à la tension cathodique, la diode est alors passante (Vd = 0 et Id > 0), d'où

$$V_s(t) = V_e(t),\ V_d(t) = 0$$

- Pour t ϵ [T/2, T], Ve(t) est **négative**. La tension anodique est inférieure à la tension cathodique, la diode est alors bloquée (Vd < 0 et Id = 0),

$$V_s(t) = 0,\ V_d(t) = V_A - V_K = V_e(t)$$

La figure ci-dessous, représente les tensions d'entrée et de sortie.

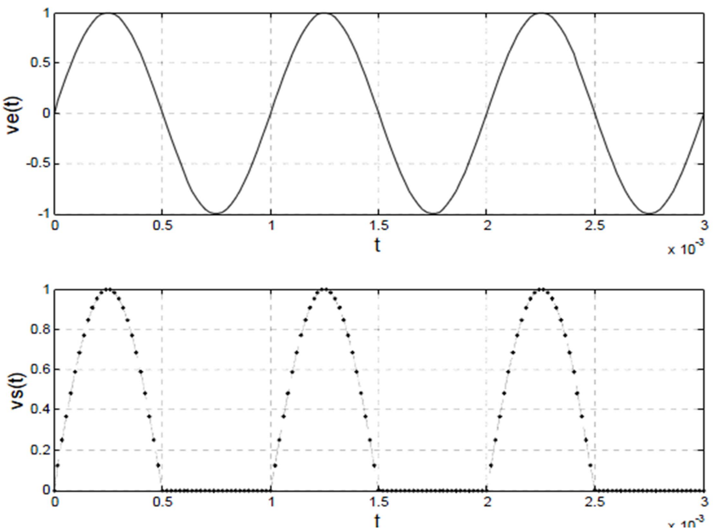


Figure 2 redressement simple alternance

Calcul de la valeur moyenne
• $V_{emoy} = \frac{1}{T}\int_0^T V_e\,(t)dt$ $V_{emoy} = \int_0^T V_{\max}\sin(\omega t)dt = \frac{V_{\max}}{\omega T}[-\cos(\omega t)]_0^T = \left[-cos\left(\frac{2\pi}{T}T\right) + \cos(0)\right]$ $V_{emoy} = 0$ • $V_{smoy} = \frac{1}{T}\int_0^T V_s\,(t)dt = \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_e\,(t)dt$ $V_{smoy} = \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_{\max}\sin(\omega t)dt = \frac{V_{\max}}{\omega T}[-\cos(\omega t)]_0^{\frac{T}{2}}$ $V_{smoy} = \frac{V_{\max}}{\omega T}\left[\underbrace{-cos\left(\frac{2\pi}{T}\frac{T}{2}\right) + \cos(0)}_{2}\right] = \frac{2.V_{\max}}{\omega T} = \frac{2.V_{\max}}{\frac{2\pi}{T}T} = \frac{V_{\max}}{\pi}$ $V_{smoy} = \frac{V_{\max}}{\pi}$ • $I_{smoy} = \frac{V_{smoy}}{R} = \frac{V_{\max}}{R\pi}$ $I_{smoy} = \frac{V_{\max}}{R\pi}$

Valeur efficace
• $V_{eeff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T V_e^2(t)dt} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}}$ $V_{eeff}^2 = \frac{1}{T}\int_0^T V_e^2\,(t)dt = \frac{1}{T}\int_0^T V_{max}^2\sin^2(\omega t)dt = \frac{2.V_{max}^2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}}\sin^2(\omega t)dt$ $V_{eeff}^2 = \frac{2.V_{max}^2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}}\left[\frac{1-\cos(2\omega t)}{2}\right]dt = \frac{V_{max}^2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}}[1-\cos(2\omega t)]\,dt$ $V_{eeff}^2 = \frac{V_{max}^2}{T}\left[t + \frac{1}{2\omega}\sin(2\omega t)\right]_0^{\frac{T}{2}} = \frac{V_{max}^2}{T}\left[\frac{T}{2} + \frac{1}{2.\omega}\underbrace{\left(sin\left(2\frac{2\pi}{T}\frac{T}{2}\right) - \sin(0)\right)}_{0}\right]$

$$V_{eeff} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}}$$

$$\bullet V_{seff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T V_s^2(t)dt} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_e^2(t)dt}$$

$$V_{seff}^2 = \frac{1}{T}\int_0^T V_s^2\,(t)dt = \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_e^2\,(t)dt = \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_{max}^2 \sin^2(\omega t)dt$$

Rappel : $\sin^2(x) = \frac{1-\cos(2x)}{2}$ d'ou

$$V_{seff}^2 = \frac{V_{max}^2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} \left[\frac{1-\cos(2\omega t)}{2}\right] dt = \frac{V_{max}^2}{2T}\int_0^{\frac{T}{2}} [1-\cos(2\omega t)]\, dt$$

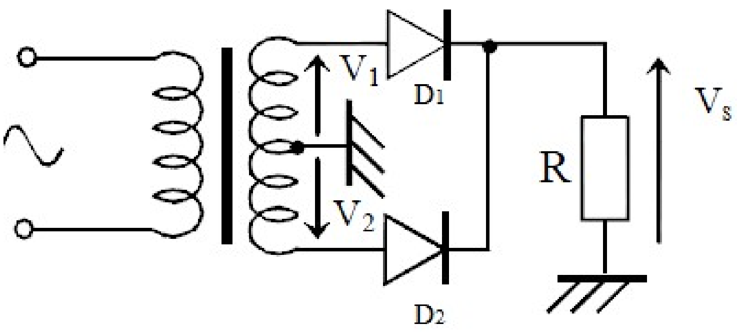
$$V_{seff}^2 = \frac{V_{max}^2}{2T}\left[t + \frac{1}{2.\omega}\sin(2\omega t)\right]_0^{\frac{T}{2}} = \frac{V_{max}^2}{2T}\left[\frac{T}{2} + \frac{1}{2.\omega}\left[\underbrace{sin\left(2\frac{2\pi}{T}\frac{T}{2}\right) - \sin(0)}_{0}\right]\right]$$

$$V_{seff}^2 = \frac{V_{max}^2}{2T}.\frac{T}{2} = \frac{V_{max}^2}{4}$$

$$V_{seff} = \frac{V_{\max}}{2}$$

• Facteur de forme	• Taux d'ondulation	Tension inverse maximale au borne de la diode
$F = \frac{V_{seff}}{V_{smoy}} = \frac{\pi}{2}$	$\tau = \sqrt{(F^2 - 1)} = 1.21$	$V_{Di\max} = -V_{\max}$

II. Redressement double alternance par transformateur à point milieu



- La diode D_1 et D_2 sont supposées idéales
- $V_e(t) = V_{max}\sin(\omega t)$

Figure 3 Redressement double alternance par transformateur à point milieu

$V_e(t) = 2V_{\max}\sin(\omega t)$, $V_1(t) = V_{\max}\sin(\omega t)$, $V_2(t) = V_{\max}\sin(\omega t + \pi)$

Détermination de l'état électrique des diodes

- Pour t ϵ [0, T/2], $V_1(t)$ est **positive** alors que$V_2(t)$ est **négative.** La tension anodique de la diode n°1 est supérieure à la tension cathodique, la diode n°1 est alors passante,
  La tension anodique de la diode n°2 est inférieure à la tension cathodique, la diode n°2 est alors bloquée. d'où

$$V_s(t) = V_1(t),\ V_{D1}(t) = 0,$$

$$V_{D2}(t) = V_{A2} - V_{K2} = V_2(t) - V_1(t) = 2V_2(t) \Rightarrow V_{D2\max} = -2V_{\max}.$$

Pour t ϵ [T/2, T], $V_1(t)$ est **négative** alors que$V_2(t)$ est **positive.** La tension anodique de la diode n°1 est inférieure à la tension cathodique, la diode n°1 est alors bloquée,
La tension anodique de la diode n°2est supérieure à la tension cathodique, la diode n°2est alors passante. d'où

$$V_s(t) = V_2(t),\ V_{D2}(t) = 0$$

$$V_{D1}(t) = V_{A1} - V_{K1} = V_1(t) - V_2(t) = -2V_2(t) \Rightarrow V_{D1\max} = -2V_{\max},$$

Détermination de la sortie

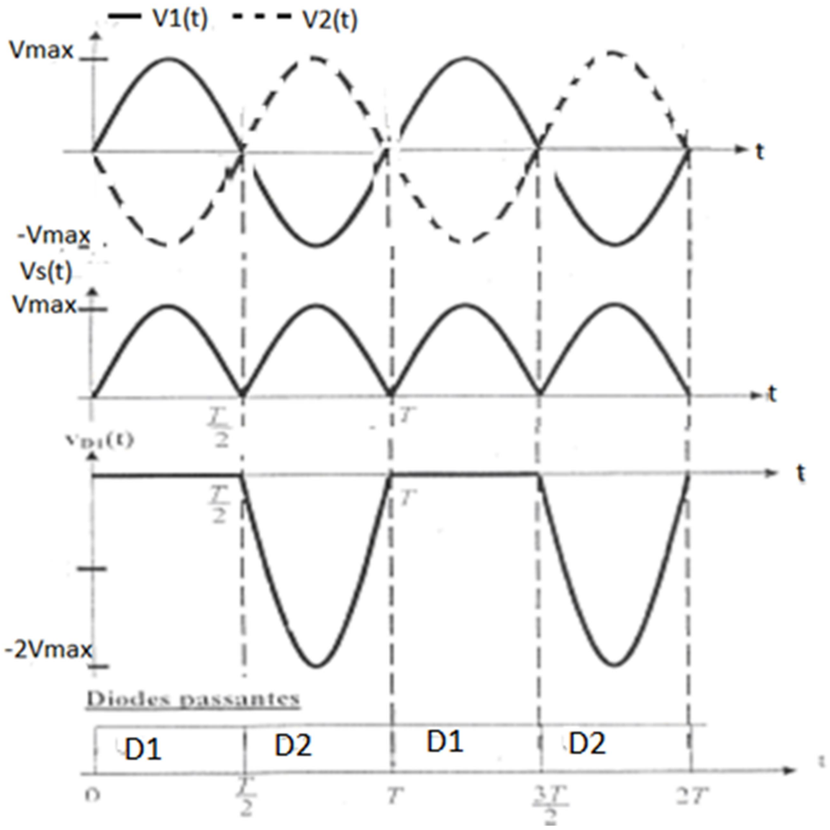


Figure 4 redressement double alternance

Calcul de la valeur moyenne
• $V_{smoy} = \frac{1}{T}\int_0^T V_s(t)dt = \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_{e1}(t)dt + \frac{1}{T}\int_{\frac{T}{2}}^{T} V_{e2}(t)dt$ $V_{smoy} = \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_{\max}\sin(\omega t)dt + \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_{\max}\sin(\omega t+\pi)dt$ $V_{smoy} = \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_{\max}\sin(\omega t)dt - \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_{\max}\sin(\omega t)dt$ $V_{smoy} = \frac{V_{\max}}{\omega T}[-\cos(\omega t)]_0^{\frac{T}{2}} - \frac{V_{\max}}{\omega T}[-\cos(\omega t)]_{\frac{T}{2}}^{T}$ $V_{smoy} = \frac{V_{\max}}{\omega T}\left[\underbrace{-cos\left(\frac{2\pi}{T}\frac{T}{2}\right)+\cos(0)}_{2}\right] - \frac{V_{\max}}{\omega T}\left[\underbrace{-cos\left(\frac{2\pi}{T}\mathrm{T}\right)+\cos\left(\frac{2\pi}{T}\frac{T}{2}\right)}_{-2}\right]$ $V_{smoy} = \frac{2.V_{\max}}{\omega T} + \frac{2.V_{\max}}{\omega T} = \frac{4.V_{\max}}{\frac{2\pi}{T}T} = \frac{2V_{\max}}{\pi}$ $V_{smoy} = \frac{2V_{\max}}{\pi}$ • $I_{smoy} = \frac{V_{smoy}}{R} = \frac{2V_{\max}}{R\pi}$

$$I_{smoy} = \frac{2V_{\max}}{R\pi}$$

Valeur efficace

$$\bullet V_{seff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T V_s^2(t)dt} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_e^2(t)dt}$$

$$V_{seff}^2 = \frac{1}{T}\int_0^T V_s^2\,(t)dt = \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_{e1}^2\,(t)dt + \frac{1}{T}\int_{\frac{T}{2}}^{T} V_{e2}^2\,(t)dt$$

$$V_{seff}^2 = \frac{V_{max}^2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} \sin^2(\omega t)\,dt + \frac{V_{max}^2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} \sin^2(\omega t + \pi)\,dt$$

$$V_{seff}^2 = \frac{V_{max}^2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} \sin^2(\omega t)\,dt + \frac{V_{max}^2}{T}\int_{\frac{T}{2}}^{T} \sin^2(\omega t)\,(t)dt$$

$$V_{seff}^2 = \frac{V_{max}^2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} \left[\frac{1-\cos(2\omega t)}{2}\right]dt + \frac{V_{max}^2}{T}\int_{\frac{T}{2}}^{T} \left[\frac{1-\cos(2\omega t)}{2}\right]dt$$

$$V_{seff}^2 = \frac{V_{max}^2}{2T}\int_0^{\frac{T}{2}} [1-\cos(2\omega t)]\,dt + \frac{V_{max}^2}{2T}\int_{\frac{T}{2}}^{\mathrm{T}} [1-\cos(2\omega t)]\,dt$$

$$V_{seff}^2 = \frac{V_{max}^2}{2T}\left[t + \frac{1}{2.\omega}\sin(2\omega t)\right]_0^{\frac{T}{2}} + \frac{V_{max}^2}{2T}\left[t + \frac{1}{2.\omega}\sin(2\omega t)\right]_{\frac{T}{2}}^{T}$$

$$V_{seff}^2 = \frac{V_{max}^2}{2T}\left[\frac{T}{2} + \frac{1}{2.\omega}\left[\underbrace{sin\left(2\frac{2\pi}{T}\frac{T}{2}\right) - \sin(0)}_{0}\right]\right] + \frac{V_{max}^2}{2T}\left[T - \frac{T}{2} + \frac{1}{2.\omega}\left[\underbrace{sin\left(2\frac{2\pi}{T}\mathrm{T}\right) - \sin\left(2\frac{2\pi}{T}\frac{T}{2}\right)}_{0}\right]\right]$$

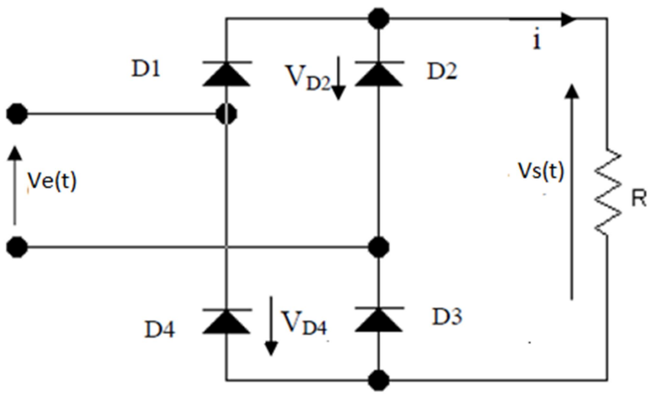
$$V_{seff}^2 = \frac{2V_{max}^2}{2T}.\frac{T}{2} = \frac{V_{max}^2}{2}$$

$$V_{seff} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}}$$

• Facteur de forme $F = \frac{V_{seff}}{V_{smoy}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}}$	• Taux d'ondulation $\tau = \sqrt{\left(F^2 - 1\right)} = \frac{\pi}{4}$	Tension inverse maximale au borne de chaque diode $V_{Di\max} = -2V_{\max}, \quad i = 1, 2$

$\begin{cases} \tau \to 0 \\ F \to 1 \end{cases} \to$ Diminution de l'ondulation $\to$ Amélioration du redressement

III. Redressement double alternance par pont à diodes (Pont de Gretz)

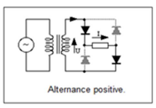


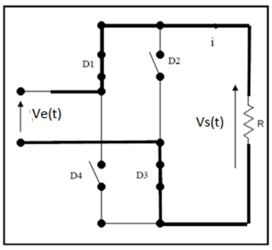
- La diode D_1, D_2, D_3, et D_4 sont supposées idéales
- $V_e(t) = V_{max}\sin(\omega t)$

Figure 5 Redressement double alternance par pont à diode

Détermination des états électriques des diodes

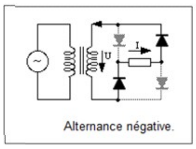
- Pour t ϵ [0, T/2], $V_e(t)$ est **positive.** Pour les diodes n°1 et n°3, les tensions anodiques sont supérieures aux tensions cathodiques, les diodes n°1 et n°3 sont alors passantes. Par contre pour les diodes n°2 et n°4, les tensions anodiques sont inférieures aux tensions cathodiques, les diodes n°2 et n°4 sont alors bloquées d'ou

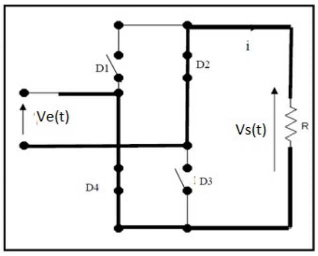




$$V_{D1}(t) = V_{D3}(t) = 0,$$
$$V_{D2}(t) = V_{D4}(t) = -V_e(t)$$
$$\Rightarrow V_{Di\max} = -V_{\max}, \quad i = 2, 4$$
$$V_s(t) = V_e(t)$$

- Pour t ϵ [T/2, T], $V_e(t)$ est **négative.** Pour les diodes n°2 et n°4, les tensions anodiques sont supérieures aux tensions cathodiques, les diodes n°2 et n°4 sont alors passantes. Par contre pour les diodes n°1 et n°3, les tensions anodiques sont inférieures aux tensions cathodiques, les diodes n°1 et n°3 sont alors bloquées d'ou





$$V_{D1}(t) = V_{D3}(t) = -V_e(t)$$

$\rightarrow V_{Di\max} = -V_{\max}, \quad i = 1,3$

$$V_{D2}(t) = V_{D4}(t) = 0$$

$$V_s(t) = V_e(t)$$

Détermination de la sortie

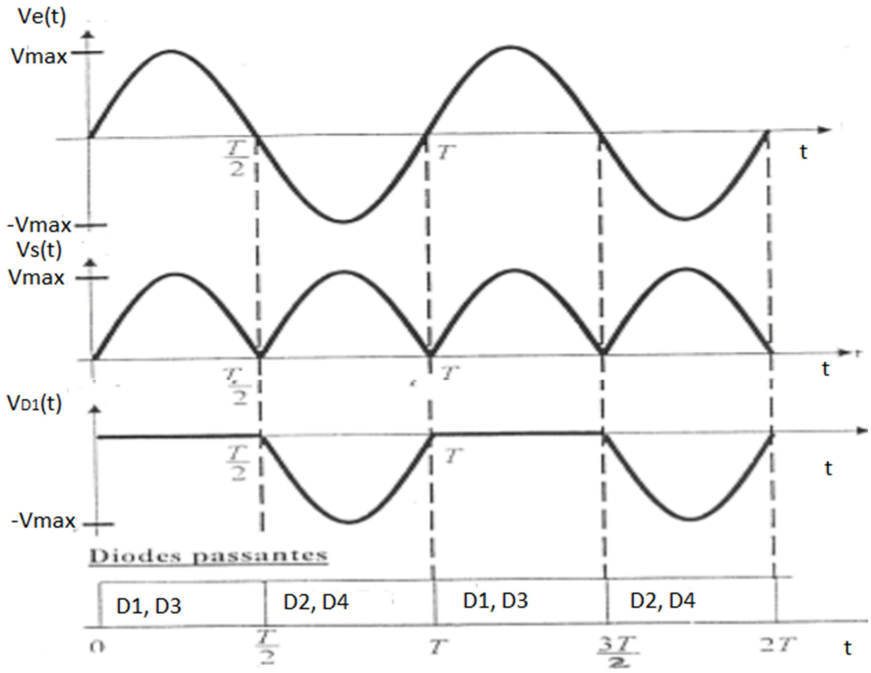


Figure 6 redressement double alternance

Calcul de la valeur moyenne

- $V_{smoy} = \frac{1}{T}\int_0^T V_s(t)dt = \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_e(t)dt + \frac{1}{T}\int_{\frac{T}{2}}^{T} -V_e(t)dt$

$$V_{smoy} = \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_{\max}\sin(\omega t)dt - \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_{\max}\sin(\omega t)dt$$

$$V_{smoy} = \frac{V_{\max}}{\omega T}[-\cos(\omega t)]_0^{\frac{T}{2}} - \frac{V_{\max}}{\omega T}[-\cos(\omega t)]_{\frac{T}{2}}^{T}$$

$$V_{smoy} = \frac{V_{\max}}{\omega T}\left[\underbrace{-cos\left(\frac{2\pi}{T}\frac{T}{2}\right) + \cos(0)}_{2}\right] - \frac{V_{\max}}{\omega T}\left[\underbrace{-cos\left(\frac{2\pi}{T}\mathrm{T}\right) + \cos\left(\frac{2\pi}{T}\frac{T}{2}\right)}_{-2}\right]$$

$$V_{smoy} = \frac{2.V_{\max}}{\omega T} + \frac{2.V_{\max}}{\omega T} = \frac{4.V_{\max}}{\frac{2\pi}{T}T} = \frac{2V_{\max}}{\pi}$$

$$V_{smoy} = \frac{2V_{\max}}{\pi}$$

- $I_{smoy} = \frac{V_{smoy}}{R} = \frac{2V_{\max}}{R\pi}$

$$I_{smoy} = \frac{2V_{\max}}{R\pi}$$

Valeur efficace

$$\bullet V_{seff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T V_s^2(t)dt} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_e^2(t)dt}$$

$$V_{seff}^2 = \frac{1}{T}\int_0^T V_s^2\,(t)dt = \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} V_e^2\,(t)dt + \frac{1}{T}\int_{\frac{T}{2}}^{T} V_e^2\,(t)dt$$

$$V_{seff}^2 = \frac{V_{max}^2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} \sin^2(\omega t)\,dt + \frac{V_{max}^2}{T}\int_{\frac{T}{2}}^{T} \sin^2(\omega t)\,(t)dt$$

$$V_{seff}^2 = \frac{V_{max}^2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} \left[\frac{1-\cos(2\omega t)}{2}\right]dt + \frac{V_{max}^2}{T}\int_{\frac{T}{2}}^{T} \left[\frac{1-\cos(2\omega t)}{2}\right]dt$$

$$V_{seff}^2 = \frac{V_{max}^2}{2T}\int_0^{\frac{T}{2}} [1-\cos(2\omega t)]\,dt + \frac{V_{max}^2}{2T}\int_{\frac{T}{2}}^{\mathrm{T}} [1-\cos(2\omega t)]\,dt$$

$$V_{seff}^2 = \frac{V_{max}^2}{2T}\left[t + \frac{1}{2.\omega}\sin(2\omega t)\right]_0^{\frac{T}{2}} + \frac{V_{max}^2}{2T}\left[t + \frac{1}{2.\omega}\sin(2\omega t)\right]_{\frac{T}{2}}^{T}$$

$$V_{seff}^2 = \frac{V_{max}^2}{2T}\left[\frac{T}{2} + \frac{1}{2.\omega}\left[\underbrace{sin\left(2\frac{2\pi}{T}\frac{T}{2}\right) - \sin(0)}_{0}\right]\right] + \frac{V_{max}^2}{2T}\left[T - \frac{T}{2} + \frac{1}{2.\omega}\left[\underbrace{sin\left(2\frac{2\pi}{T}\mathrm{T}\right) - \sin\left(2\frac{2\pi}{T}\frac{T}{2}\right)}_{0}\right]\right]$$

$$V_{seff}^2 = \frac{2V_{max}^2}{2T}.\frac{T}{2} = \frac{V_{max}^2}{2}$$

$$V_{seff} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}}$$

• Facteur de forme	• Taux d'ondulation	Tension inverse maximale au borne de chaque diode
$F = \frac{V_{seff}}{V_{smoy}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}}$	$\tau = \sqrt{(F^2 - 1)} = \frac{\pi}{4}$	$V_{Di\max} = -V_{\max}, \quad i = 1,2,3,4$