

Chapitre 4

Les Convertisseurs Alternatifs/Continu

Les Montages Redresseurs triphasés non commandés

4-1-Introduction

4-2 Groupement de diodes - Règles de mise en conduction

L'idée ici est de déterminer quelle est la diode conductrice dans le cas de groupements de diodes. Les cas étudiés concernent des groupements de 2 diodes mais le principe peut se généraliser à un groupement de n diodes. De façon à déterminer la diode conductrice, nous raisonnerons par l'absurde.

a-Diodes à cathodes communes

La Figure 1 représente 2 diodes à cathodes communes.

Hypothèses :

- Le courant i est supposé positif
- $V_1 > V_2$
- Diodes idéales

Détermination de la diode conductrice :

1. Si D_1 est passante, la tension aux bornes de D_2 (en convention récepteur) vaut :

$$V_{D2} = V_1 - V_2 < 0$$

La diode D_2 est donc bloquée.

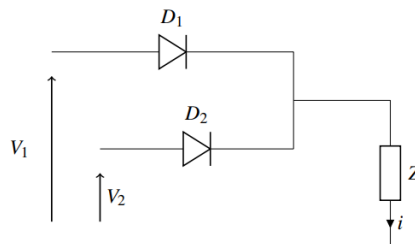


Figure 1 – Diodes à cathodes communes.

2. Si D_2 est passante, la tension aux bornes de D_1 (en convention récepteur) vaut :

$$V_{D1} = V_1 - V_2 > 0$$

Ce qui est impossible compte-tenu de la caractéristique idéale de la diode.

Dans le cas d'un groupement de diodes à cathodes communes, la diode conductrice est celle qui voit son potentiel d'anode le plus élevé.

b-Diodes à anodes communes

La Figure 2 représente 2 diodes à anodes communes.

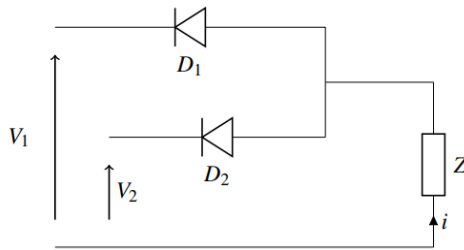


Figure 2 – Diodes à anodes communes.

Hypothèses :

- Le courant i est supposé positif
- $V_1 > V_2$
- Diodes idéales

Détermination de la diode conductrice :

1. Si D_2 est passante, la tension aux bornes de D_1 (en convention récepteur) vaut :

$$V_{D1} = V_2 - V_1 < 0$$

La diode D_1 est donc bloquée.

2. Si D_1 est passante, la tension aux bornes de D_2 (en convention récepteur) vaut :

$$V_{D2} = V_1 - V_2 > 0$$

Ce qui est impossible compte-tenu de la caractéristique idéale de la diode.

Dans le cas d'un groupement de diodes à anodes communes, la diode conductrice est celle qui voit son potentiel de cathode le moins élevé.

3-1- 5.1 Etude du montage redresseur parallèle simple P3:

3-1-1-charge résistive

a- Montage

$$v_1 = V_M \cdot \sin \theta$$

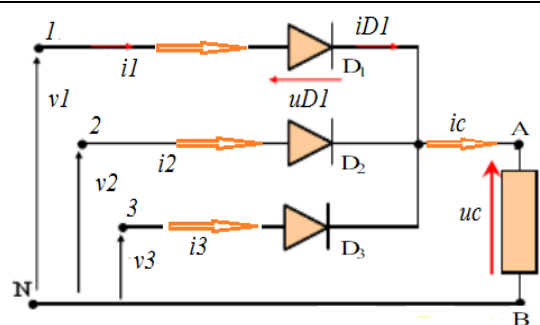
$$v_2 = V_M \cdot \sin(\theta - 120)$$

$$v_3 = V_M \cdot \sin(\theta - 240)$$

avec $\theta = \omega \cdot t$; $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$;

$$f = \frac{1}{T} = 50 \text{ Hz} \rightarrow T = 20 \text{ ms}, T = 2 \cdot \pi$$

$$V_M = V_{eff} \cdot \sqrt{2}$$



b- Principe de fonctionnement

Les différentes phases de fonctionnement du montage sont alors décrites par le tableau suivant:

Intervalles	Diodes passantes	Tension redressé	Tensions aux bornes des diodes bloquées
$\frac{\pi}{6} < \theta < \frac{5\pi}{6}$	D_1	$u_c = v_1$	$v_{D1} = 0$
$\frac{5\pi}{6} < \theta < \frac{3\pi}{2}$	D_2	$u_c = v_2$	$v_1 - v_{D1} - u_c \Rightarrow v_{D1} = v_1 - u_c = v_1 - v_2 = u_{12}$
$\frac{3\pi}{2} < \theta < \frac{13\pi}{6}$	D_3	$u_c = v_3$	$v_1 - v_{D1} - u_c \Rightarrow v_{D1} = v_1 - u_c = v_1 - v_3 = u_{13}$

D'où u_c et i_c ont la même forme

c- Valeur moyenne de la tension u_c et du courant i_c

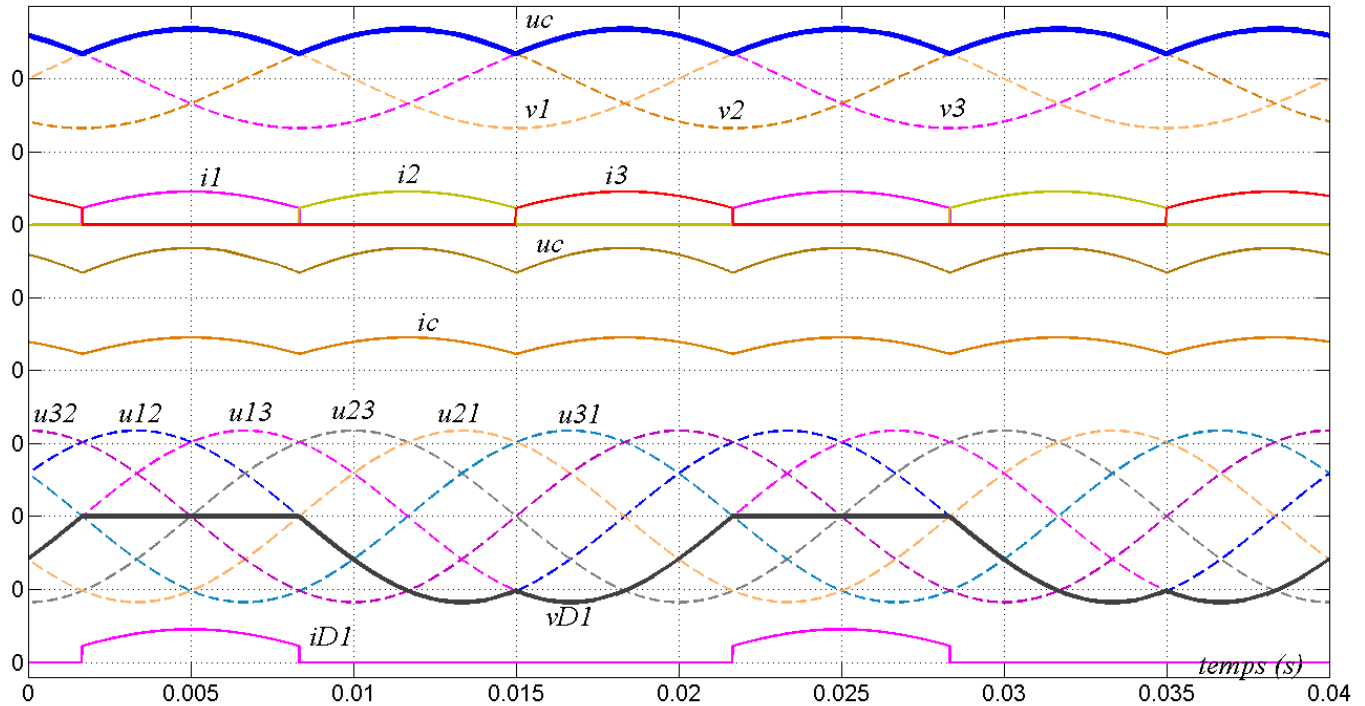
$$\langle u_C \rangle = \frac{3}{2 \cdot \pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} v_C \cdot d\theta = \frac{3}{2 \cdot \pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} V_M \cdot \sin\theta \cdot d\theta = \frac{3 \cdot V_M}{2 \cdot \pi} [-\cos\theta]_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} = \frac{3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_M}{2 \cdot \pi}$$

• La valeur moyenne de la tension de sortie est positive et dépend des paramètres de la tension.

• La tension maximale à supporter par le thyristor en inverse est: $V_{Tmax} = -\sqrt{3} \cdot V_M$

$$\langle i_C \rangle = \frac{\langle v_C \rangle}{R} = \frac{3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_M}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

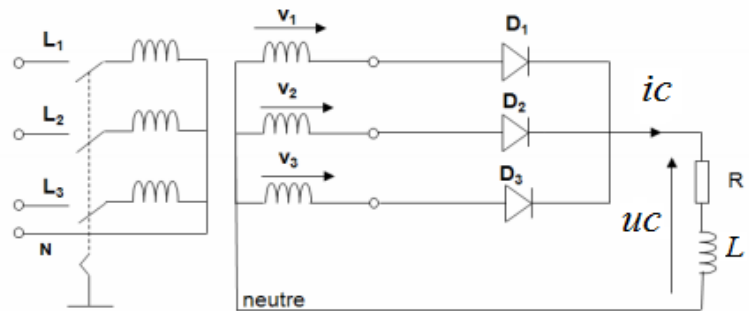
$$\langle i_1 \rangle = \langle i_D \rangle = \frac{\langle i_C \rangle}{3}$$



3.1.2- Débit sur une charge fortement inductive

a- Montage

$$\begin{aligned} v_1 &= V_M \cdot \sin\theta \\ v_2 &= V_M \cdot \sin(\theta - 120) \\ v_3 &= V_M \cdot \sin(\theta - 240) \\ \text{avec } \theta &= \omega \cdot t; \omega = 2 \cdot \pi \cdot f; \\ f &= \frac{1}{T} = 50\text{Hz} \rightarrow T = 20\text{ms}, T = 2 \cdot \pi \\ V_M &= V_{eff} \cdot \sqrt{2} \end{aligned}$$



b- Principe de fonctionnement

Les différentes phases de fonctionnement du montage sont alors décrites par le tableau suivant:

Intervalles	Diodes passantes	Tension redressé	Tensions aux bornes des diodes bloquées
$\frac{\pi}{6} < \theta < \frac{5\pi}{6}$	D_1	$u_C = v_1$	$v_{D1} = 0$
$\frac{5\pi}{6} < \theta < \frac{3\pi}{2}$	D_2	$u_C = v_2$	$v_1 - v_{D1} - u_C \Rightarrow v_{D1} = v_1 - u_C = v_1 - v_2 = u_{12}$

$\frac{3\pi}{2} < \theta < \frac{13\pi}{6}$	D_3	$u_c = v_3$	$v_1 - v_{D1} - u_c \Rightarrow v_{D1} = v_1 - u_c = v_1 - v_3 = u_{13}$
---	-------	-------------	--

c- Valeur moyenne de la tension u_c et du courant i_c

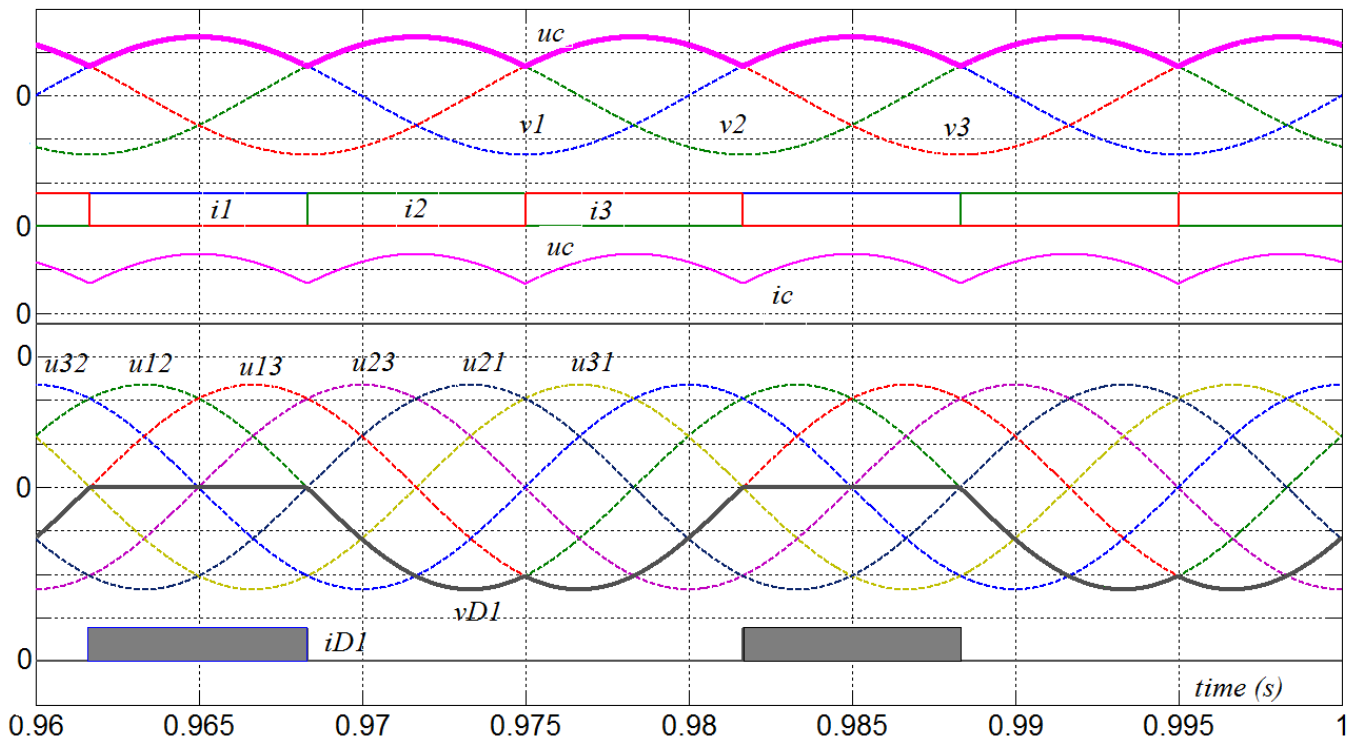
$$\langle u_c \rangle = \frac{3}{2 \cdot \pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} v_c \cdot d\theta = \frac{3}{2 \cdot \pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} V_M \cdot \sin\theta \cdot d\theta = \frac{3 \cdot V_M}{2 \cdot \pi} [-\cos\theta]_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} = \frac{3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_M}{2 \cdot \pi}$$

• La valeur moyenne de la tension de sortie est positive et dépend des paramètres de la tension.

• La tension maximale à supporter par le thyristor en inverse est: $V_{Tmax} = -\sqrt{3} \cdot V_M$

$$\langle i_c \rangle = I_c$$

$$\langle i_1 \rangle = \langle i_D \rangle = \frac{I_c}{3}$$



3.1.2- Débit sur une charge R-E

a- Montage

$$v_1 = V_M \cdot \sin\theta$$

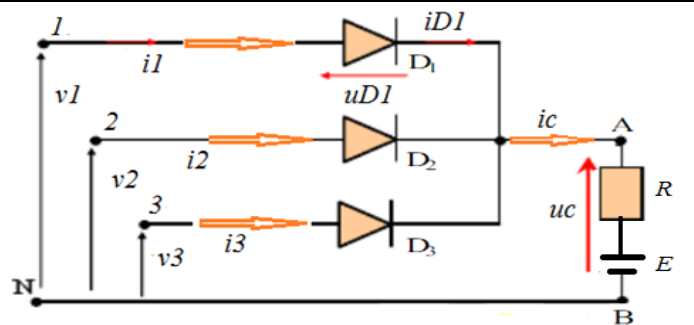
$$v_2 = V_M \cdot \sin(\theta - 120)$$

$$v_3 = V_M \cdot \sin(\theta - 240)$$

$$\text{avec } \theta = \omega \cdot t; \omega = 2 \cdot \pi \cdot f;$$

$$f = \frac{1}{T} = 50\text{Hz} \rightarrow T = 20\text{ms}, T = 2 \cdot \pi$$

$$V_M = V_{eff} \cdot \sqrt{2}$$



b- Principe de fonctionnement

Les différentes phases de fonctionnement du montage sont alors décrites par le tableau suivant:

Intervalles	Diodes passantes	Tension redressé
$(v_1 \text{ ou } v_2 \text{ ou } v_3) > E$	$D_1 \text{ ou } D_2 \text{ ou } D_3$	$u_c = (v_1 \text{ ou } v_2 \text{ ou } v_3)$
$(v_1 \text{ ou } v_2 \text{ ou } v_3) < E$	0	$u_c = E$

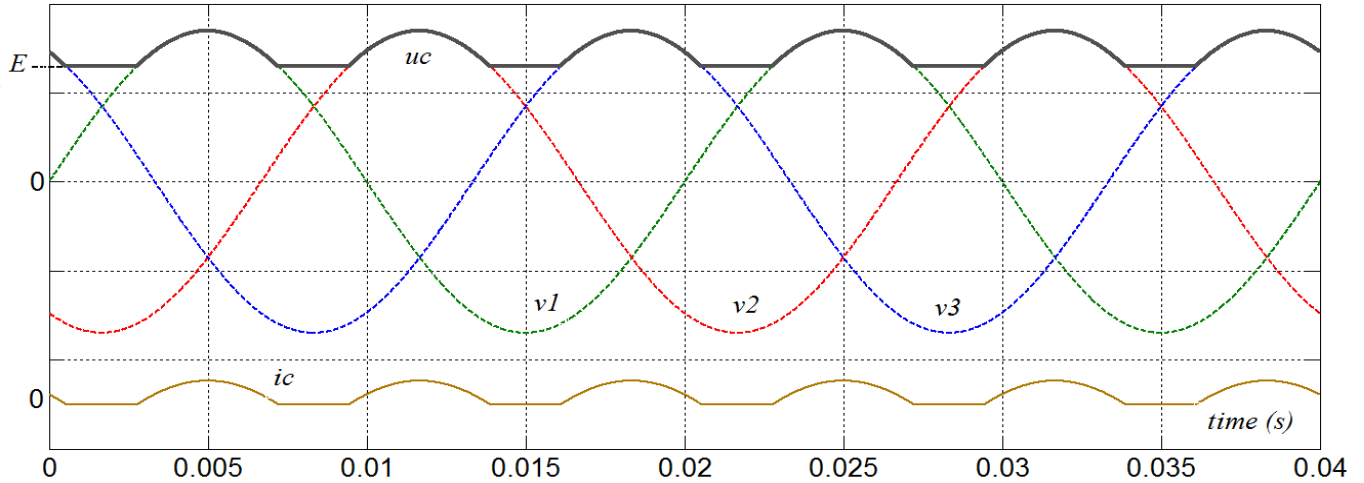
c- Valeur moyenne de la tension u_c et du courant i_c

$$\langle u_C \rangle = \frac{3}{2 \cdot \pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} v_C \cdot d\theta = \frac{3}{2 \cdot \pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\theta_1} E \cdot d\theta + \frac{3}{2 \cdot \pi} \int_{\theta_1}^{\theta_2} V_M \cdot \sin\theta \cdot d\theta + \frac{3}{2 \cdot \pi} \int_{\theta_2}^{\frac{5\pi}{6}} E \cdot d\theta$$

- La valeur moyenne de la tension de sortie est positive et dépend des paramètres de la tension.
- La tension maximale à supporter par le thyristor en inverse est: $V_{Tmax} = -\sqrt{3} \cdot V_M$

$$\langle i_C \rangle = \frac{\langle u_C \rangle - E}{R}$$

$$\langle i_1 \rangle = \langle i_D \rangle = \frac{\langle i_C \rangle}{3}$$



3-1- 5.1 Etude du montage redresseur parallèle simple P3 (Groupement cathodique):

a- Montage

$$v_1 = V_M \cdot \sin\theta$$

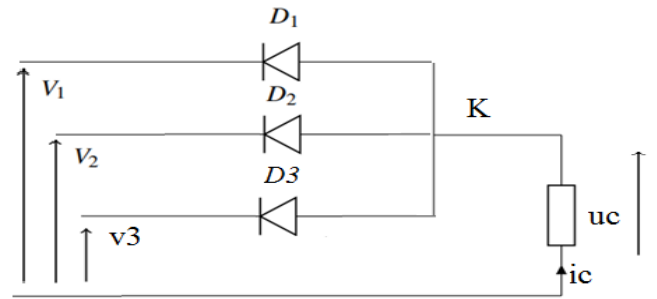
$$v_2 = V_M \cdot \sin(\theta - 120)$$

$$v_3 = V_M \cdot \sin(\theta - 240)$$

$$\text{avec } \theta = \omega \cdot t; \omega = 2 \cdot \pi \cdot f;$$

$$f = \frac{1}{T} = 50\text{Hz} \rightarrow T = 20\text{ms}, T = 2 \cdot \pi$$

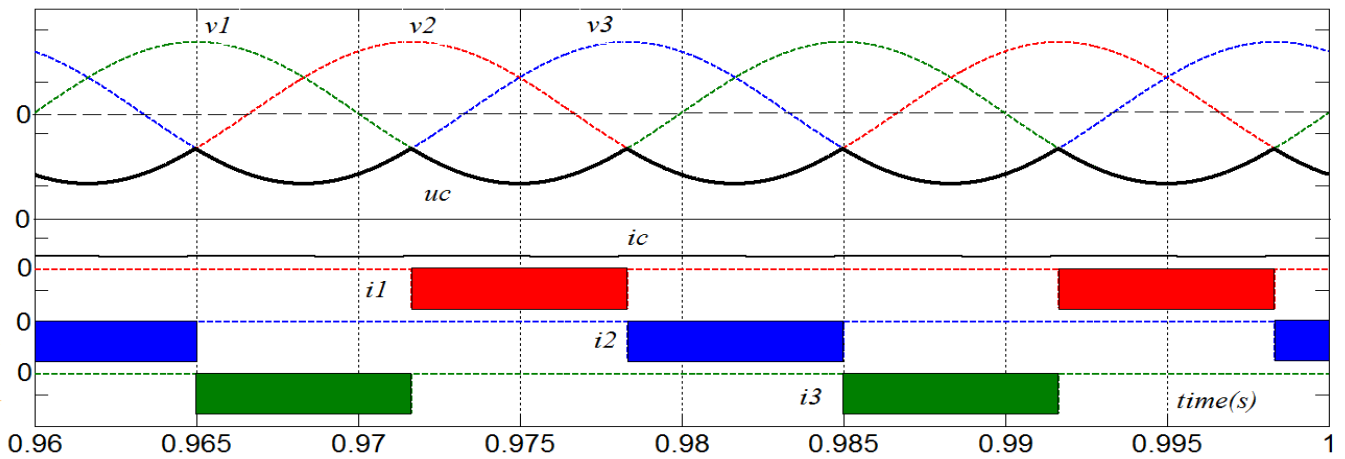
$$V_M = V_{eff} \cdot \sqrt{2}$$



b- Principe de fonctionnement

Les différentes phases de fonctionnement du montage sont alors décrites par le tableau suivant:

Intervalles	Diodes passantes	Tension redressé	Tensions aux bornes de la diode D_1
$\frac{\pi}{2} < \theta < \frac{7\pi}{6}$	D_3	$u_C = v_3$	$v_1 + v_{D1} - u_C \Rightarrow v_{D1} = u_C - v_1 = v_3 - v_1$ $= u_{31} = -u_{13}$
$\frac{7\pi}{6} < \theta < \frac{8\pi}{3}$	D_1	$u_C = v_1$	$v_{D1} = 0$
$\frac{8\pi}{3} < \theta < \frac{10\pi}{3}$	D_2	$u_C = v_2$	$v_1 + v_{D1} - u_C \Rightarrow v_{D1} = u_C - v_1 = v_2 - v_1$ $= u_{21} = -u_{12}$



3-2- Redressement double alternances commandé par thyristor

3-2-1-redresseur en pont sur une charge résistive

a- Montage

$$v_1 = V_M \cdot \sin \theta$$

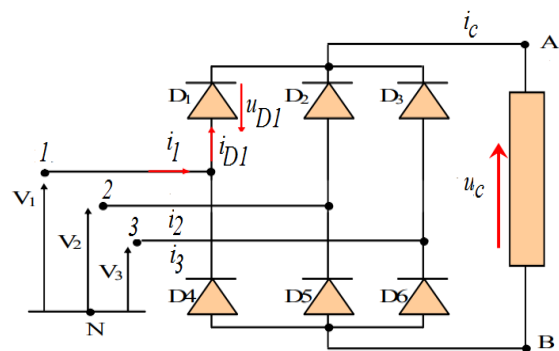
$$v_2 = V_M \cdot \sin(\theta - 120)$$

$$v_3 = V_M \cdot \sin(\theta - 240)$$

$$\text{avec } \theta = \omega \cdot t; \omega = 2 \cdot \pi \cdot f;$$

$$f = \frac{1}{T} = 50\text{Hz} \rightarrow T = 20\text{ms}, T = 2 \cdot \pi$$

$$V_M = V_{eff} \cdot \sqrt{2}$$



b- Principe de fonctionnement

Les trois diodes D_1, D_2, D_3 , forment un commutateur plus positif, qui laisse passer à tout instant la plus positive des tensions, et les diodes D_4, D_5, D_6 , forment un commutateur plus négatif, qui laisse passer la plus négative des tensions. La tension redressée est à tout instant la différence entre ces deux tensions, soit :

Les différentes phases de fonctionnement du montage sont alors décrites par le tableau suivant:

Intervalles	Diodes passantes	Tension redressé	Tensions aux bornes de la diode D_1 ,
$\frac{\pi}{6} < \theta < \frac{\pi}{2}$	D_1, D_5	$u_c = v_1 - v_2 = u_{12}$	$v_{D1} = 0$
$\frac{\pi}{2} < \theta < \frac{5 \cdot \pi}{6}$	D_1, D_6	$u_c = v_1 - v_3 = u_{13}$	$v_{D1} = 0$
$\frac{5 \cdot \pi}{6} < \theta < \frac{7 \cdot \pi}{6}$	D_2, D_6	$u_c = v_2 - v_3 = u_{23}$	$v_{D1} = v_1 - v_2 = u_{12}$
$\frac{7 \cdot \pi}{6} < \theta < \frac{3 \cdot \pi}{2}$	D_2, D_4	$u_c = v_2 - v_1 = u_{21}$	$v_{D1} = v_1 - v_2 = u_{12}$
$\frac{3 \cdot \pi}{2} < \theta < \frac{11 \cdot \pi}{6}$	D_3, D_4	$u_c = v_1 - v_2 = u_{31}$	$v_{D1} = v_1 - v_3 = u_{13}$
$\frac{11 \cdot \pi}{6} < \theta < \frac{13 \cdot \pi}{6}$	D_3, D_5	$u_c = v_1 - v_3 = u_{32}$	$v_{D1} = v_1 - v_3 = u_{13}$

c- Valeur moyenne de la tension v_c et du courant i_c

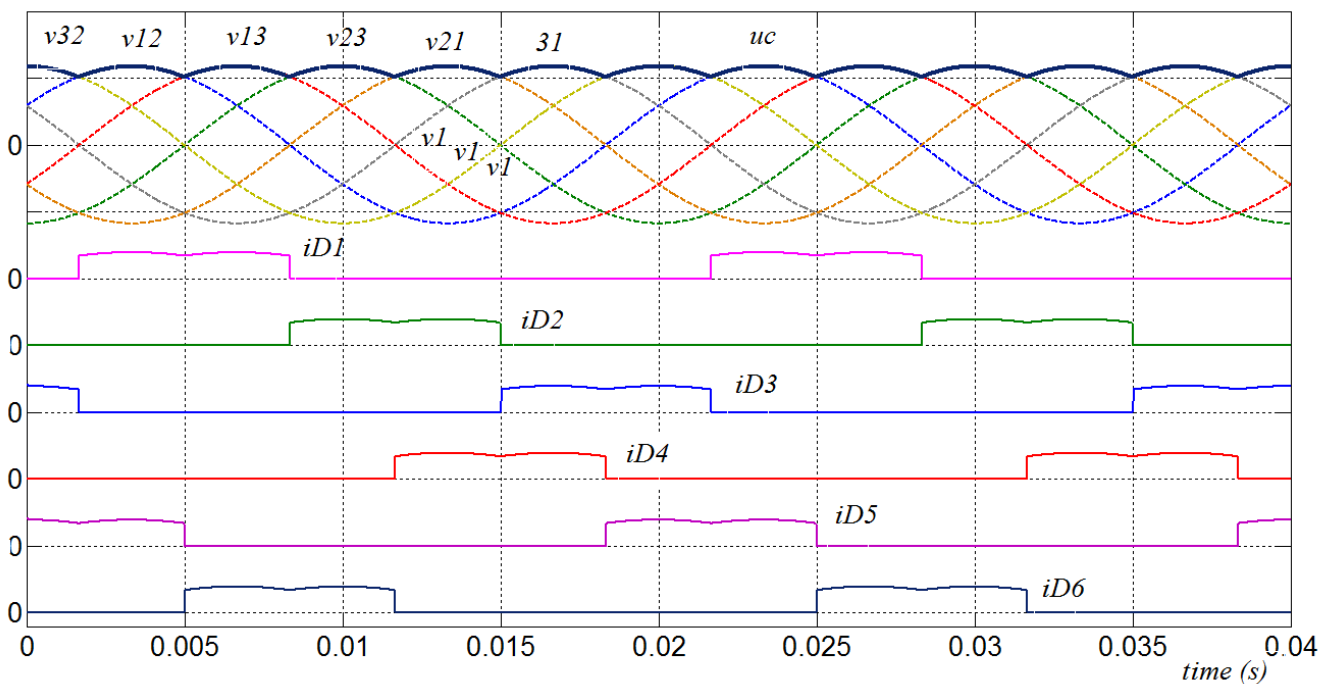
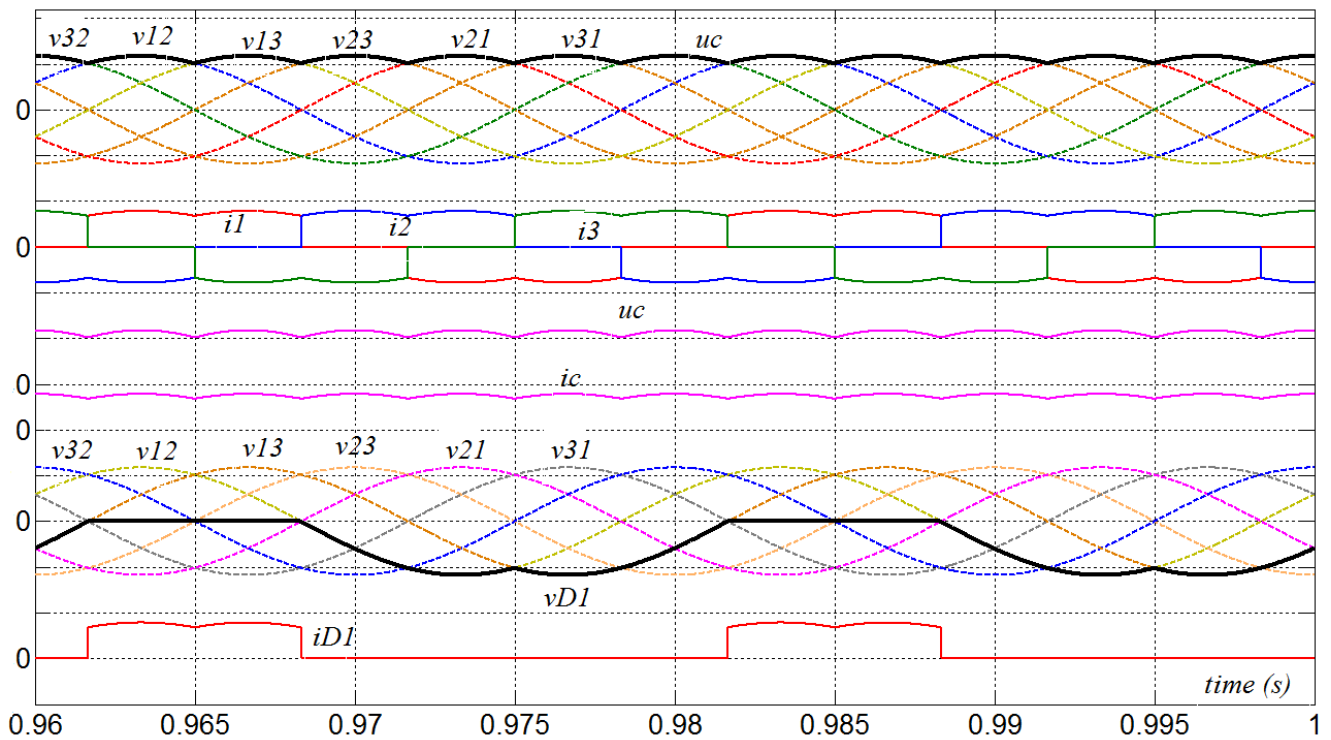
$$\langle u_c \rangle = \frac{6}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}} u_c \cdot d\theta = \frac{6}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}} V_M \cdot \left(\sin\theta - \sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \right) \cdot d\theta = \frac{3V_M}{\pi} \left\{ [-\cos\theta]_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}} + \left[\cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \right]_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}} \right\}$$

$$= \frac{3\sqrt{3}V_M}{\pi}$$

$$\langle i_c \rangle = \frac{\langle v_c \rangle}{R} = \frac{3\sqrt{3}V_M}{\pi R}$$

$$\langle i_{D1} \rangle = \frac{\langle i_c \rangle}{3} =$$

$$\langle i_1 \rangle$$



3-2-2-redresseur en pont sur une charge résistive R-L

la charge est frottement inductive $L \gg R \Rightarrow i_c = I_c$

a- Montage

$$v_1 = V_M \cdot \sin\theta$$

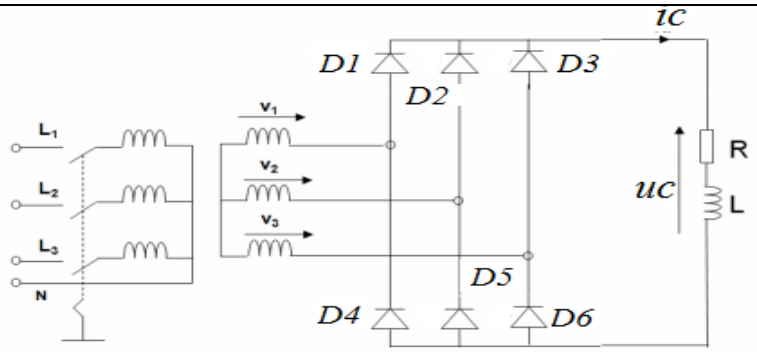
$$v_2 = V_M \cdot \sin(\theta - 120)$$

$$v_3 = V_M \cdot \sin(\theta - 240)$$

$$\text{avec } \theta = \omega \cdot t; \omega = 2 \cdot \pi \cdot f;$$

$$f = \frac{1}{T} = 50\text{Hz} \rightarrow T = 20\text{ms}, T = 2 \cdot \pi$$

$$V_M = V_{eff} \cdot \sqrt{2}$$



b- Principe de fonctionnement

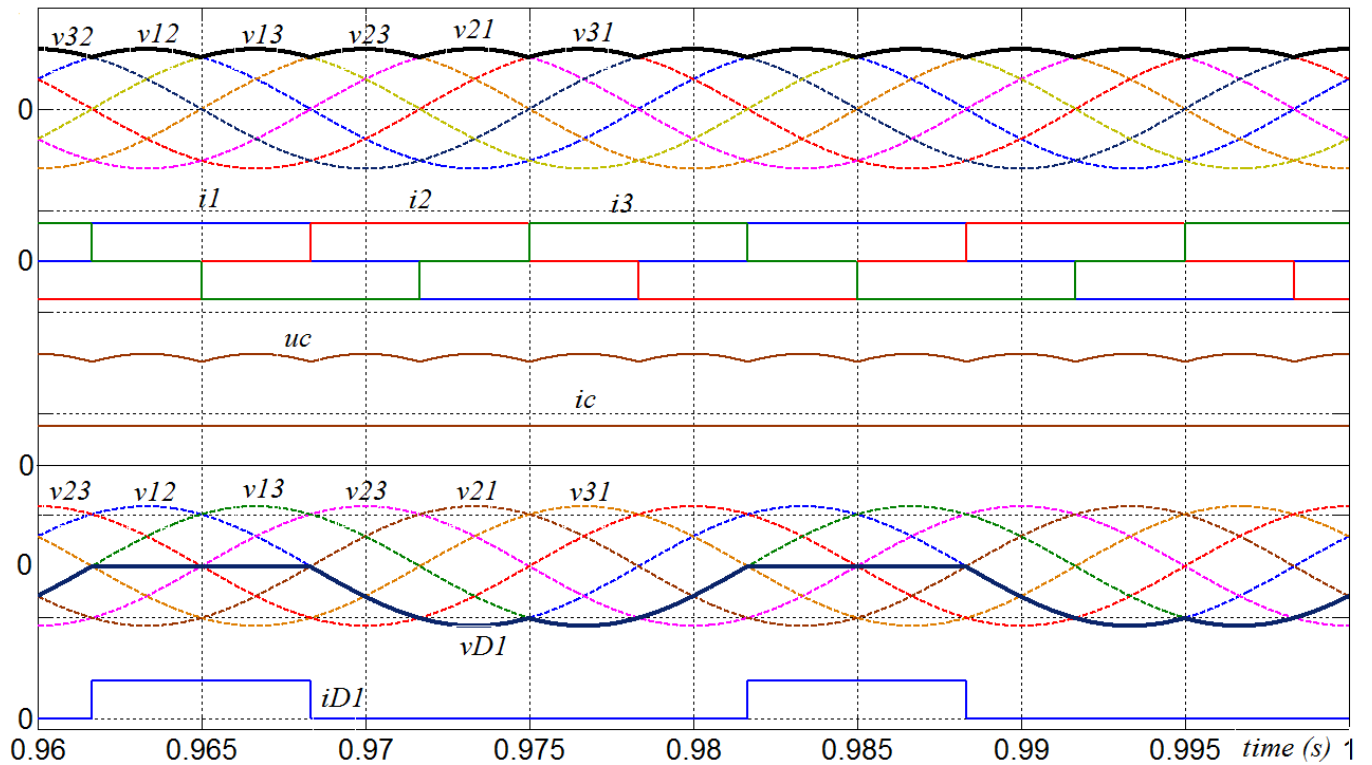
c- Valeur moyenne de la tension v_C et du courant i_C

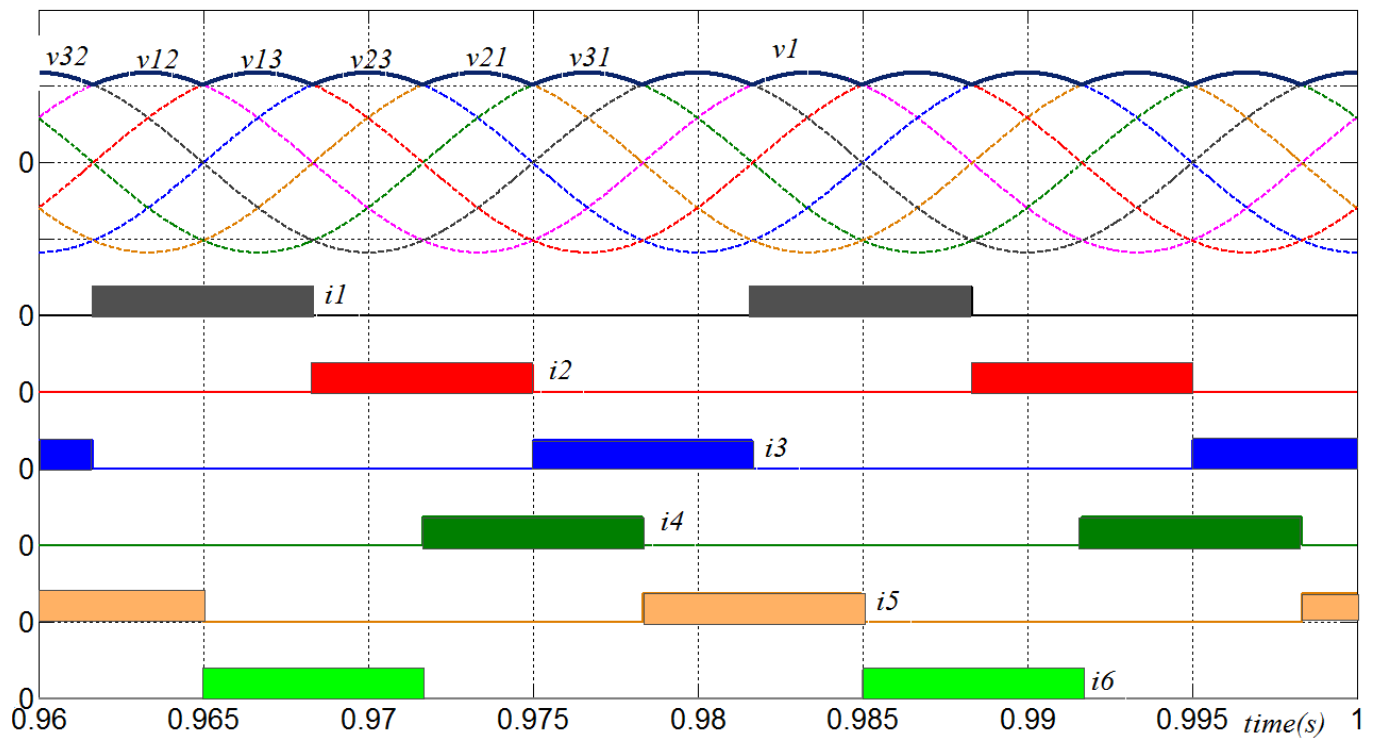
$$\langle u_C \rangle = \frac{6}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}} u_C \cdot d\theta = \frac{6}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}} V_M \cdot \left(\sin\theta - \sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \right) \cdot d\theta = \frac{3V_M}{\pi} \left\{ [-\cos\theta]_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}} + \left[\cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \right]_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}} \right\}$$

$$= \frac{3\sqrt{3}V_M}{\pi}$$

$$\langle i_{D1} \rangle = \frac{I_C}{3}$$

$$\langle i_1 \rangle = 0$$





3-2-3-redresseur en pont sur une charge R- E

a- Montage

$$v_1 = V_M \cdot \sin \theta$$

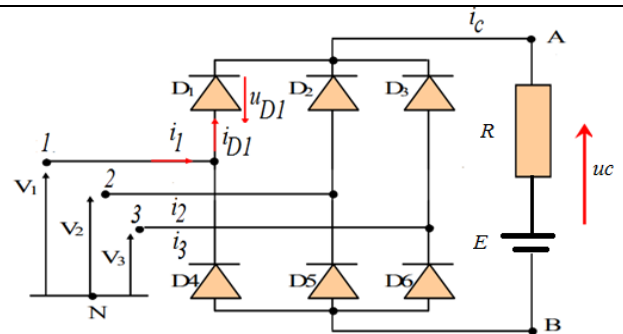
$$v_2 = V_M \cdot \sin(\theta - 120)$$

$$v_3 = V_M \cdot \sin(\theta - 240)$$

$$\text{avec } \theta = \omega \cdot t; \omega = 2 \cdot \pi \cdot f;$$

$$f = \frac{1}{T} = 50\text{Hz} \rightarrow T = 20\text{ms}, T = 2 \cdot \pi$$

$$V_M = V_{eff} \cdot \sqrt{2}$$



b- Principe de fonctionnement

On amorce le thyristor à $\omega \cdot t_1 = \alpha$

c- Valeur moyenne de la tension v_c et du courant i_c

$$\langle u_c \rangle = \frac{6}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}} u_c \cdot d\theta = \frac{2 \cdot 6}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\theta_1} E \cdot d\theta + \frac{6}{2\pi} \int_{\theta_1}^{\theta_1} V_M \cdot \left(\sin \theta - \sin \left(\theta - \frac{2\pi}{3} \right) \right) \cdot d\theta$$

$$v_c = R \cdot i_c + E \Rightarrow \langle v_c \rangle = R \cdot \langle i_c \rangle + E$$

$$\langle i_c \rangle = \frac{\langle v_c \rangle - E}{R}$$

$$\langle i_{D1} \rangle = \frac{I_c}{3}$$

$$\langle i_2 \rangle = 0$$

