Université Ferhat Abbas-Sétif 1 *016/10/2017*

Faculté de Technologie

Département d'électrotechnique

Electronique de puissance (LET,52)

Chapitre 2

Les Convertisseurs Alternatifs/Continu

A Les Montages Redresseurs monophasés non commandés

2- Introduction

Les redresseurs permettent de convertir une alimentation alternative en continue.

2-1- Redressement simple alternance

2.1.1- Débit sur une charge résistive

a- Montage

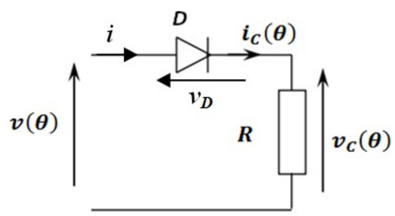
$$v=V_M\cdot\sin\theta \quad \text{avec} \quad \theta=\omega\cdot t$$

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

$$\omega=2\cdot\pi\cdot f$$

$$f=\frac{1}{T}=50\,Hz \rightarrow T=20\,ms$$

$$T=2\cdot\pi$$



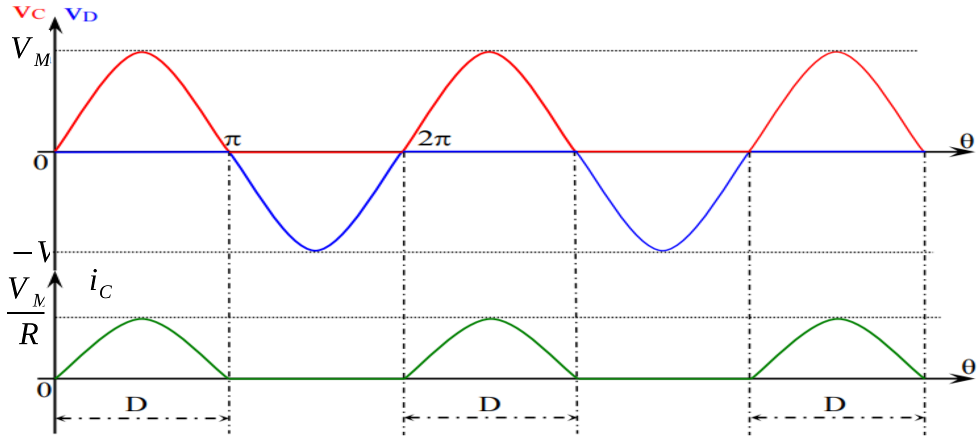
b- Principe de fonctionnement

- pour $0<\theta<\pi \rightarrow D$ est conductrice $\Rightarrow$
  - $v_C=v=V_M\cdot\sin\theta$
  - $i_C=\frac{v_C}{R}=\frac{v}{R}=\frac{V_M}{R}\cdot\sin\theta=I_{CM}\cdot s\in\theta$

D'où v_C et i_C ont la même forme

- pour $\pi<\theta<2\cdot\pi \rightarrow D$ est bloquée $\Rightarrow$
  - $i_C=0$
  - $v_C=0$

car à $\theta=\pi$ le courant s'annule



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

$$\langle v_C\rangle=\frac{1}{2\cdot\pi}\int_0^{\pi} v_C\cdot d\theta=\frac{1}{2\cdot\pi}\int_0^{\pi} V_M\cdot\sin\theta\cdot d\theta=\frac{V_M}{\pi}$$

- La valeur moyenne de la tension de sortie est positive et dépend uniquement des paramètres de la tension d'entrée.
- La tension maximale à supporter par les diodes en inverse est: $V_{Dmax}=-V_M$

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

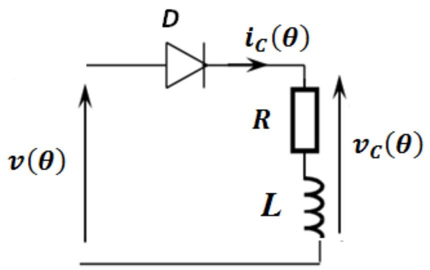
Application numérique :

$V_{eff} = 220\,V$ et $R = 10\,\Omega$ $\rightarrow$ $\langle v_C \rangle = \frac{V_M}{\pi} = \frac{220 \cdot \sqrt{2}}{\pi} = 99\,V$ et $\langle i_C \rangle = \frac{\langle v_C \rangle}{R} = \frac{99\,V}{10} = 9.9\,A$ et

$V_{Dmax} \cong -311\,V$

2.1.2- Débit sur une charge inductive

a- Montage



b- Principe de fonctionnement

- la tension $v(\theta)$ est positive $\rightarrow D$ est conductrice $\Rightarrow$
  - $v_C = v = V_M \cdot \sin\theta$
  - $L \cdot \frac{d i_C}{dt} + R \cdot i_C = v_C$

Le courant dans la charge est la somme d'une composante libre i_{Cl} caractérisant le régime transitoire et d'une composante forcée i_{Cf} caractérisant le régime permanent.

$$i_C = i_{Cl} + i_{Cf}$$

- La composante i_{Cl} est solution de l'équation sans second membre:

$$L \cdot \frac{d i_C}{dt} + R \cdot i_C = 0$$

$$i_{Cl} = K \cdot e^{\frac{-t}{\tau}} \quad \text{avec} \quad \tau = \frac{L}{R}$$

- La composante i_{Cf} est solution de l'équation avec second membre:

$$L \cdot \frac{d i_C}{dt} + R \cdot i_C = v_C$$

$$i_{Cf} = I_{CM} \cdot \sin(\theta - \varphi)$$

$$\text{avec} \begin{cases} tg\varphi = \frac{L \cdot \omega}{R} \\ I_{CM} = \frac{V_M}{\sqrt{R^2 + (L \cdot \omega)^2}} \end{cases}$$

La solution générale est alors :

$$i_C = K \cdot e^{\frac{-t}{\tau}} + I_{CM} \cdot \sin(\theta - \varphi)$$

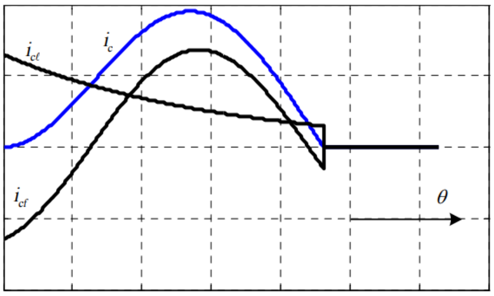
Condition initiale à: $t = 0 \rightarrow i_C(0) = 0$ = $K + I_{CM} \cdot \sin(-\varphi)$ $\rightarrow$ $K = I_{CM} \cdot \sin(\varphi)$

Finalement l'expression générale i_C est:

$$i_C = I_{CM} \cdot \left[\sin(\theta - \varphi) + \sin\varphi \cdot e^{\frac{-t}{\tau}}\right]$$

Soit:

$$i_C = I_{CM} \cdot \left[\sin(\theta - \varphi) + \sin\varphi \cdot e^{\frac{-\theta}{tg\varphi}} \right]$$



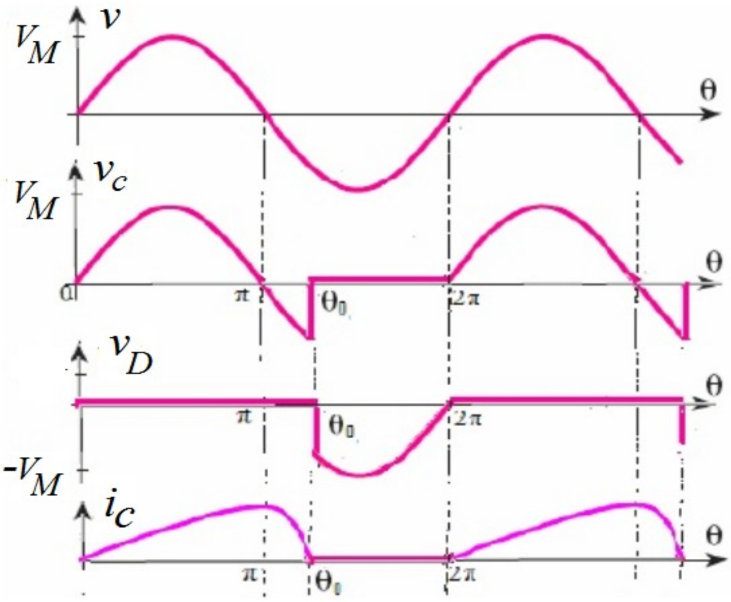
On remarque la superposition du régime transitoire (terme exponentiel) et du régime permanent faisant apparaître le déphasage φ du courant sur la tension. Le courant i_C ne s'annule pas pour $\theta = \pi$, mais un peu au-delà $\theta_0 = \omega \cdot t_0$. La diode est alors en conduction forcée si bien que la tension v_C devient négative jusqu'à l'annulation de i_C .

θ_0 est l'ange d'extinction du courant.

- pour $\theta_0 < \theta < 2 \cdot \pi \rightarrow D$ est bloquée → • $i_C = 0$

  car à $\theta = \theta_0$ le courant s'annule • $v_C = 0$

Plus que le récepteur est <u>inductif</u> plus on augmente le <u>temps de conduction</u> de la diode.



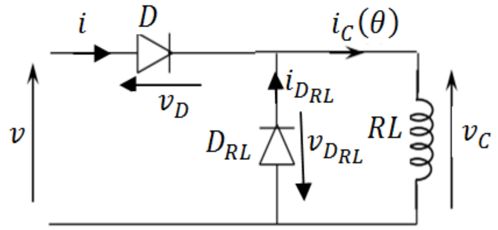
Les performances du montage sont médiocres, la tension redressée v_C étant en partie négative, sa valeur moyenne est diminuée par rapport au cas d'une charge résistive.

c- Valeur moyenne de la tension v_C

$$\langle u_C \rangle = \frac{1}{2 \cdot \pi} \int_0^{\theta_0} v_C \cdot d\theta = \frac{1}{2 \cdot \pi} \int_0^{\theta_0} V_M \cdot sin\theta \cdot d\theta = \frac{V_M}{2 \cdot \pi} [-cos\theta]_0^{\theta_0} = \frac{V_M}{2 \cdot \pi} (1 - \cos\theta_0)$$

2.1.3- Débit sur une charge inductive+résistive avec diode roue libre

a- Montage



b- Principe de fonctionnement

Pour éviter cet inconvénient, on emploie une diode D_{RL} dite «roue libre», montée en parallèle inverse sur la charge mixte.

La nouvelle structure, assure une phase de roue libre qui s'inspire de démagnétisation du circuit inductive. Durant l'alternance positive de la tension v, la diode D est passante, si bien que est D_{RL} bloquée. Dés que v s'annule la diode D peut se bloquer car la diode D_{RL} prend le relais de la conduction du courant i_C dans la charge. D_{RL} conduisant, la tension à ses bornes v_C est nulle. L'énergie emmagasinée dans l'inductance est dissipée dans la résistance R et le courant i_C décroît dans la charge; deux cas peuvent se présenter:

- i_C s'annule avant la fin de la période ⇒<u>Conduction Discontinue</u>.
- Si l'énergie est suffisante, le courant ne s'annule pas, c'est la <u>conduction continue</u>.

◆ <u>**conduction continue**</u>

- Pour $0<\theta<\frac{T}{2}$: la tension v est positive

- $v_C = v = V_M \cdot \sin$
-

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{c} La\,diode\,D\,est\,conductrice \\ alors\,que\,la\,diode\,D_{RL}\,est\,bloquée \end{array} \right\}$$, on a :

$$L \cdot \frac{di_C}{dt} + R \cdot i_C = v_C$$

La solution générale est alors :

$$i_C = K \cdot e^{\frac{-t}{\tau}} + I_{CM} \cdot \sin(\theta - \varphi)$$

Condition initiale à: $t=0 \rightarrow i_C(0) = I_{C0}$ = $K + I_{CM} \cdot \sin(-\varphi)$ $\rightarrow$ $K = I_{C0} + I_{CM} \cdot \sin\varphi$

Finalement l'expression générale i_C est:

$$i_C = I_{CM} \cdot \sin(\theta - \varphi) + (I_{C0} + I_{CM} \cdot \sin\varphi) \cdot e^{\frac{-t}{\tau}}$$

A l'instant $t = \frac{T}{2}$ $\rightarrow$ $i_C\left(\frac{T}{2}\right) = I_{C\frac{T}{2}}$

$$i_C\left(\frac{T}{2}\right) = I_{C\frac{T}{2}} = I_{CM} \cdot \sin(\varphi) + (I_{C0} + I_{CM} \cdot \sin\varphi) \cdot e^{\frac{-T}{2} \cdot \frac{t}{\tau}}$$

- Pour $\frac{T}{2} < \theta < T$: la tension v est négative

- $v_C = v = 0$
-

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{c} La\,diode\,D\,est\,bloquée \\ alors\,que\,la\,diode\,D_{RL}\,est\,conductrice \end{array} \right\}$$, on a :

$$L \cdot \frac{di_C}{dt} + R \cdot i_C = 0$$

Une solution particulière avec la condition initiale: $t = \frac{T}{2}$ $\rightarrow$ $i_C\left(\frac{T}{2}\right) = I_{C\frac{T}{2}}$

$$i_C = I_{C\frac{T}{2}} \cdot e^{\frac{-R}{L}\left(t-\frac{T}{2}\right)}$$

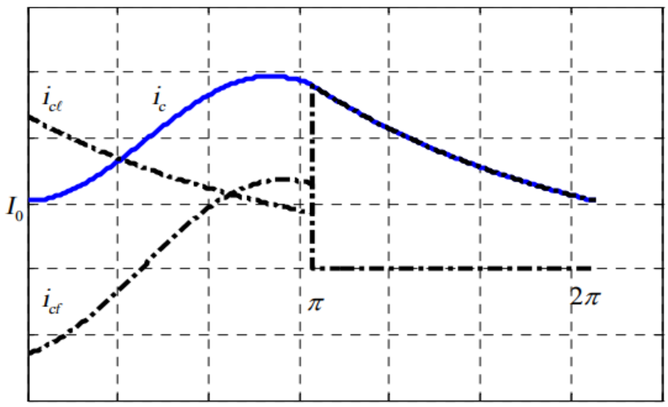
A la fin de la période i_C doit retrouver la valeur initiale I_{C0}

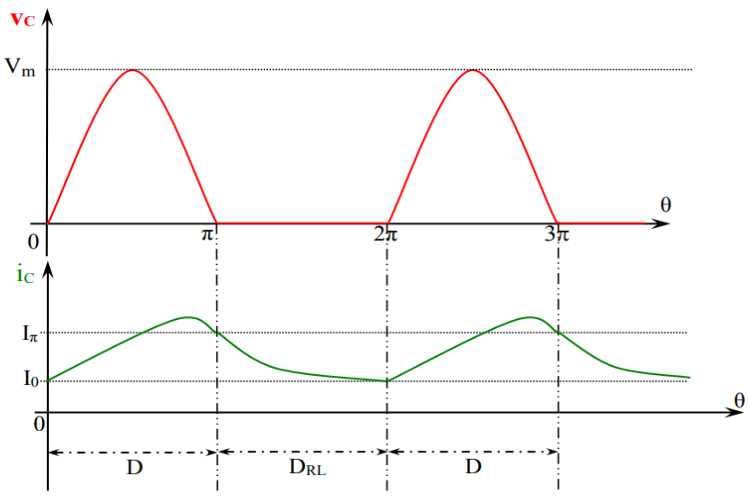
$$i_C(T) = I_{C0} = I_{C\frac{T}{2}} \cdot e^{\frac{-R}{L}\cdot\frac{T}{2}}$$

On en déduit le courant I_{C0} et le courant $I_{C\frac{T}{2}}$ à l'instant $\frac{T}{2}$.

$$I_{C0} = I_{CM} \cdot \sin\varphi \cdot \frac{1+e^{\frac{-R}{L}\cdot\frac{T}{2}}}{1-e^{\frac{-R}{L}\cdot\frac{T}{2}}} e^{\frac{-R}{L}\cdot\frac{T}{2}}$$

$$I_{C\frac{T}{2}} = I_{CM} \cdot \sin\varphi \cdot \frac{1+e^{\frac{-R}{L}\cdot\frac{T}{2}}}{1-e^{\frac{-R}{L}\cdot\frac{T}{2}}}$$





◆ Conduction Discontinue

- Pour $0<\theta<\frac{T}{2}$:

la tension v est positive $\Rightarrow \left\{ \begin{array}{c} La\,diode\,D\,est\,conductrice \\ alors\,que\,la\,diode\,D_{RL}\,est\,bloquée \end{array} \right\}$,

- $v_C = v = V_M \cdot \sin\theta$
- $L\cdot\frac{di_C}{dt} + R\cdot i_C = v_C$
- Condition initiale à:

$t=0 \Rightarrow i_C(0)=0$

on a :

- Pour $\frac{T}{2}<\theta<t_0$:

la tension v est négative

- $v_C = v = 0$
- $L\cdot\frac{di_C}{dt} + R\cdot i_C = 0$

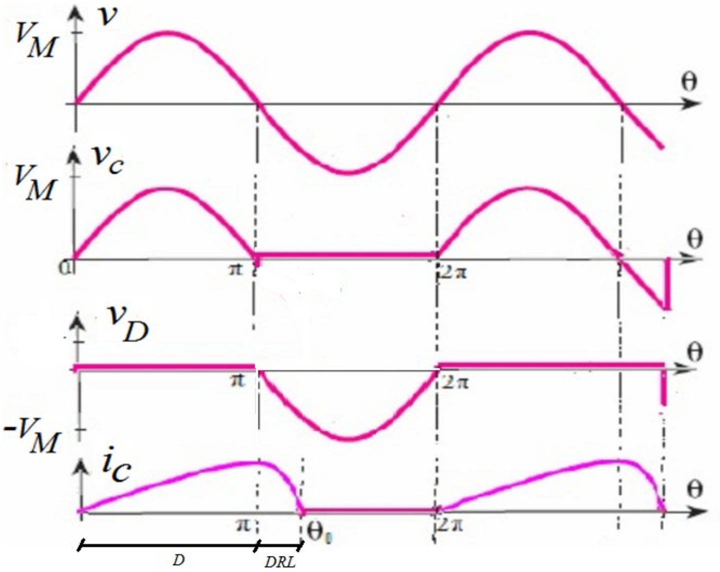
$\Rightarrow\left\{\begin{matrix} La\,diode\,D\,est\,bloquée \\ alors\,que\,la\,diode\,D_{RL}\,est\,conductrice \end{matrix}\right\}$, on a :

- Condition initiale à: $t=\frac{T}{2}\Rightarrow i_{C\frac{T}{2}}$

- Pour $t_0<\theta<T$:

la tension v est négative $\Rightarrow$ La diode D et D_{RL} sont bloquées, on a :

- $v_C=v=0$
- $i_C=0$

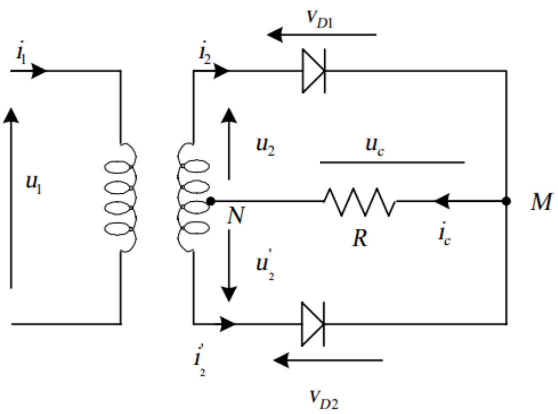


2-2. Redressement double alternances

2-2-1. Redresseur à prise médiane

1- Débit sur une charge résistive

a- Montage



b- Principe de fonctionnement

A partir du réseau monophasé, on obtient par l'intermédiaire du transformateur à point milieu deux tensions sinusoïdales u_2 et u_2' de même amplitude et déphasées entre elles de π :

$u_2=U_{2M}\cdot\sin\theta$

$u_2'¿U_{2M}\cdot\sin(\theta+\pi)=-U_{2M}\cdot\sin\theta$

• Pour $0<\theta<\pi$: la tension u_2 est positive $\rightarrow\left\{\begin{matrix} La\,diode\,D_1\,est\,conductrice \\ La\,diode\,D2\,est\,bloquée \end{matrix}\right.$, on a :	• $v_{D1}=0\,et\,i_2'=0$ • $u_C=u_2=U_{2M}\cdot\sin\theta$ • $i_c=\frac{u_C}{R}=\frac{u_2}{R}=i_2$ • $v_{D2}=-2\cdot u_2$

• Pour $\pi < \theta < 2 \cdot \pi$: la tension u_2 est négative $\rightarrow \begin{cases} La\, diode\, D_1\, est\, bloquée \\ La\, diode\, D2\, est\, conductrice \end{cases}$, on a :	• $v_{D2}=0\; et\; i_2=0$ • $u_C=u_2'=U_{2M}' \cdot \sin(\theta)$ • $i_c=\frac{u_C}{R}=\frac{u_2'}{R}=i_2'$ • $v_{D1}=-2 \cdot u_2'$

Le courant primaire i_1 s'exprime en fonction des courants i_2 et i_2' par la relation suivante où m est le rapport de transformation du transformateur.

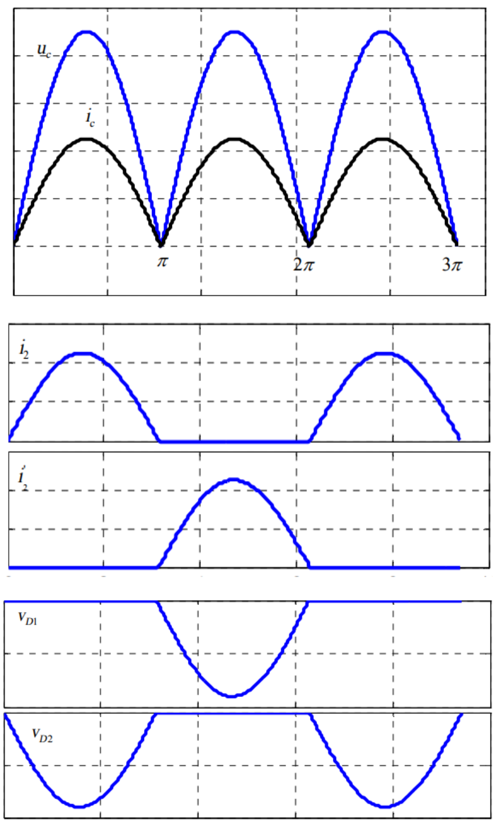
$$i_1=m\left(i_2-i_2'\right)$$

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

$$\langle u_C \rangle = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} u_C \cdot d\theta = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} V_{2M} \cdot \sin(\theta) \cdot d\theta = \frac{V_{2M}}{\pi}\left[-\cos(\theta)\right]_0^{\pi} = \frac{2 \cdot V_{2M}}{\pi}$$

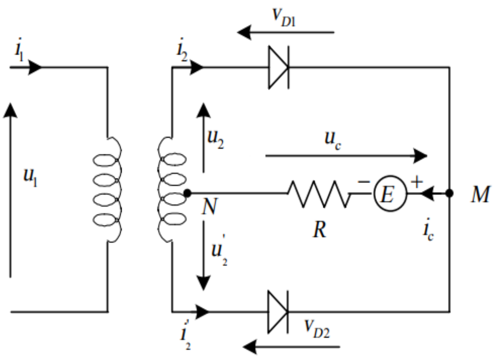
$$\langle i_C \rangle = \frac{\langle u_C \rangle}{R} = \frac{2 \cdot V_{2M}}{R \cdot \pi}$$

$$\langle i_{D1} \rangle = \langle i_{D2} \rangle = \frac{\langle i_C \rangle}{2} = \frac{V_{2M}}{R \cdot \pi}$$

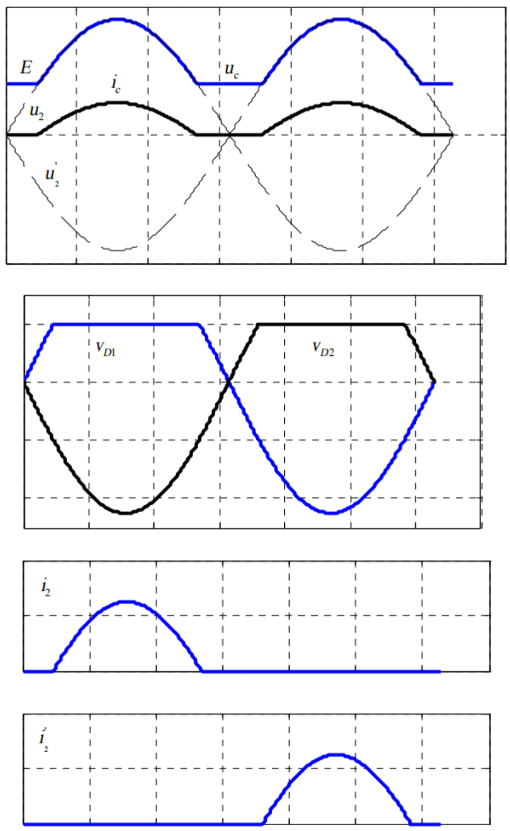


2- Débit sur un récepteur actif et résistif

a- Montage



b- Principe de fonctionnement



• Pour $0<\theta<\theta_0$ et $\theta_0<\theta<\theta_1$: • $u_2<E$ $\Rightarrow$ *Les diodes D_1 et $D2$ sont bloquées* , on a • $\sin\theta_0 = \dfrac{E}{U_{2M}}$ • $\theta_1 = \pi-\theta_0$	• $i_2=i_2^{'}=0$ • $v_{D1}=u_2-E$ • $v_{D2}=u_2^{'}-E = -u_2-E$ • $u_C=E$ • $i_c=0$
• Pour $\theta_0<\theta<\theta_1$: $u_2>E \rightarrow \begin{cases} \text{La diode } D_1 \text{ est conductrice} \\ \text{La diode } D2 \text{ est bloquée} \end{cases}$, on a :	• $i_2^{'}=0$ et $v_{D1}=0$ • $v_{D2}=-2\cdot u_2$ • $u_C=E+R\cdot i_c=u_2$ • $i_c=i_2 = \dfrac{u_2-E}{R}$

$$i_1=m\cdot i_2$$

• Pour $\pi<\theta<\pi+\theta_0$ et $2\cdot\pi-\theta_0<\theta<2\cdot\pi$: • $u_2^{'}<E$ $\Rightarrow$ *Les diodes D_1 et $D2$ sont bloquées* , on a	• $i_2=i_2^{'}=0$ • $v_{D1}=u_2-E$ • $v_{D2}=u_2^{'}-E$

	• $u_C = E$ • $i_c = 0$
• Pour $\pi + \theta_0 < \theta < 2 \cdot \pi - \theta_0$: $u_2' > E \Rightarrow \begin{cases} La\ diode\ D_1\ est\ bloquée \\ La\ diode\ D2\ est\ conductrice \end{cases}$, on a :	• $i_2 = 0$ et $v_{D2} = 0$ • $v_{D1} = -2 \cdot u_2'$ • $u_C = E + R \cdot i_c = u_2'$ • $i_c = i_2'$ = $\frac{u_2' - E}{R}$

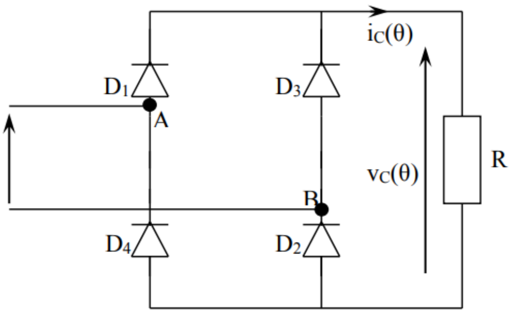
$$i_1 = -m \cdot i_2'$$

2-2-2. Redresseur en pont

2.2.1- Débit sur une charge résistive

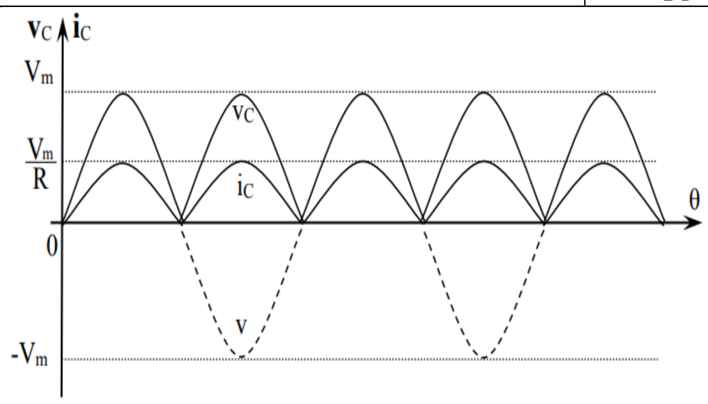
a- Montage

$$v = V_M \cdot \sin\theta$$



b- Principe de fonctionnement

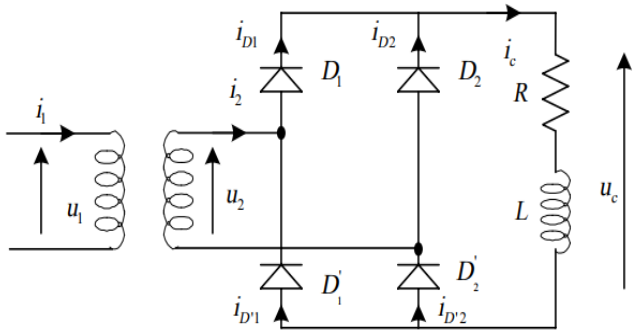
• Pour $0 < \theta < \pi$: la tension v est positive $\rightarrow \begin{cases} Les\ diodes\ D_1\ et\ D_2\ sont\ conductrices \\ Les\ diodes\ D_3\ et\ D_4\ sont\ bloquées \end{cases}$, on a :	• $v_{D1} = v_{D2} = 0\ et\ i_{D3} = i_{D4} = 0$ • $v_C = v$ • $i_c = \frac{v_C}{R} = \frac{v}{R} = i$ = $i_{D1} = i_{D2}$ • $v_{D3} = v_{D4} = -v$
• Pour $\pi < \theta < 2 \cdot \pi$: la tension v est négative $\rightarrow \begin{cases} Les\ diodes\ D_1\ et\ D_2\ sont\ bloquées \\ Les\ diodes\ D_3\ et\ D_4\ sont\ conductrice \end{cases}$, on a :	• $v_{D3} = v_{D4} = 0\ et\ i_{D1} = i_{D2} = 0$ • $v_C = -v$ • $i_c = \frac{v_C}{R} = \frac{-v}{R} = -i = i_{D3} = i_{D4}$ • $v_{D1} = v_{D2} = v$

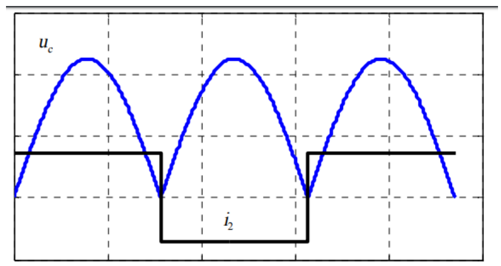


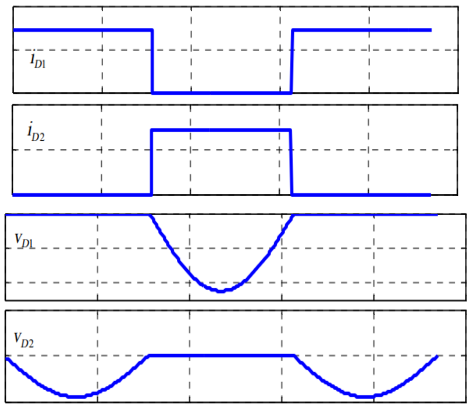
2.2.2- Débit sur une charge fortement inductive

a- Montage

On suppose que la charge est fortement inductive ; ceci se traduit par le fait que le courant dans la charge est constant.


i_1
u_1
u_2
i_2
i_{D1}
D_1
i_{D2}
D_2
i_c
R
L
u_c
D'_1
D'_2
$i_{D'1}$
$i_{D'2}$


u_c
i_2


i_{D1}
i_{D2}
v_{D1}
v_{D2}