



Module : Electronique de Puissance

Section : L3 Electrotechnique

Responsable du Module : *Dr.MOUALDIA.A*

Université de Média

Faculté de Technologie

Dept:Génie Electrique

**Examen Fin Semestre 1**

Durée : 1H30 min

– Janvier 2020 –

**EXERCICE 1 (10 pts)**

1. On considère le montage de la figure 1 dans lequel le thyristor est monté en série avec une résistance  $R = 5 \Omega$ . L'ensemble est alimenté par une tension sinusoïdale:  $u = 220 \sqrt{2} \sin(\omega t)$ . dans la quelle  $u$  est en volts et  $t$  en seconde.

on applique entre la cathode et la gachette une tension de commande :  $u_g = 5 + 10 \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$ . On admet que le thyristor s'amorce dès que  $u_g$  est positive, que sa résistance directe est négligéable et qu'il se désamorce quand  $u_1 \leq 0$  et  $i = 0$ .

1.1. On considère la période comprise entre  $t = 0$  et  $t = T$ . Calculer l'instant d'amorçage du thyristor. Préciser les différents états du thyristor au cour d'une période.

1.2. Tracer  $u = f(t)$  et  $i = g(t)$ . En déduire la valeur moyenne et efficace du courant et de la tension.

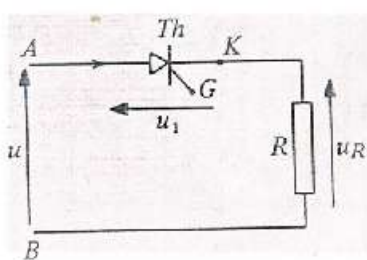


figure 1

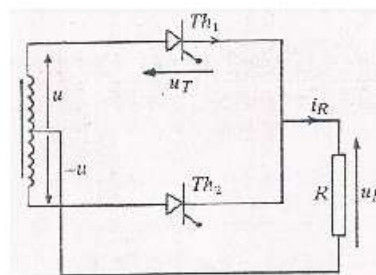


figure 2

2. Le montage étudié est celui de la figure 2, dans lequel un transformateur à point milieu délivre deux tensions de 220 V efficace en opposition de phase.  $\alpha$  désigne le retard à l'amorçage par rapport à la commutation naturelle. La résistance de charge est de  $R = 5 \Omega$  comme dans la partie 1.

2.1. Déterminer, pour  $\alpha = 15^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$ :

- les courants moyens et efficaces dans  $R$ ;
- les courants moyens et efficaces dans le thyristor;
- les tensions moyens et efficaces  $u_T$  et  $u_R$

2.2. La charge est modifiée et constituée par un circuit R, L, ou L est une inductance de très grande valeur  $\frac{L}{R} \gg T$ . Qu'y a-t-il de modifié dans les résultats de la question 1.1?

2.3. En fait l'inductance L n'est pas infinie; déterminer la valeur de L pour que les résultats de la question 2.2 soient valables pour  $0 \leq \alpha \leq 75^\circ$

## EXERCICE 2 (10 pts)

L'étage d'entrée d'une alimentation à découpage destinée à maintenir en parfait état électrique une batterie d'accumulateurs est un pont redresseur non commandé PD3 (figure 3).

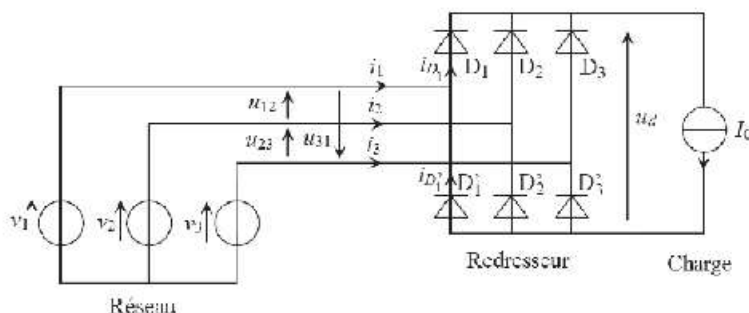


figure : Redresseur non commandé PD3.

Ce montage comporte six diodes supposées idéales. Il est alimenté par un réseau dont les tensions simples  $v_1, v_2$  et  $v_3$  forment un système triphasé équilibré direct de valeur efficace  $V = 230$  V et de fréquence  $f = 50,0$  Hz : La sortie du pont PD3 est branchée sur un récepteur dont l'inductance est suffisamment élevée pour que la charge puisse être assimilée à une source de courant continu  $I_0 = 7,20$  A.

1.1. Tracer la courbe de la tension redressée  $u_d$  aux bornes du récepteur en fonction de l'angle ( $\theta = \omega t$ ). Indiquer les intervalles de conduction de chacune des diodes.

1.2. Exprimer la valeur moyenne  $U_{d0}$  de la tension redressée  $u_d$  en fonction de V puis effectuer l'application numérique.

1.3. Tracer la courbe de l'intensité  $i_{D1}$  du courant dans la diode  $D_1$  en fonction de l'angle  $\theta$ .

1.4. Exprimer l'intensité moyenne  $I_{D0}$  du courant dans une diode en fonction de  $I_0$  puis effectuer l'application numérique.

1.5. Établir l'expression de l'intensité efficace  $I_D$  du courant dans une diode en fonction de  $I_{D0}$  et calculer sa valeur.

1.6. Déterminer la puissance apparente S à l'entrée du redresseur.

1.7. Calculer la puissance active P appelée par le redresseur.

1.8. Calculer le facteur de puissance  $f_P$  à l'entrée du montage.

1.9. La diode  $D_1$  est détruite et elle se comporte comme un circuit ouvert. Tracer la courbe de la tension redressée  $u_d$  aux bornes du récepteur en fonction de l'angle ( $\theta = \omega t$ ).

Correction EFS L EDP.  
Section L3 ELT.

EXERCICE N° 1 (10pts).

1.1. on cherche l'instant  $t_0$  (d'amorçage).

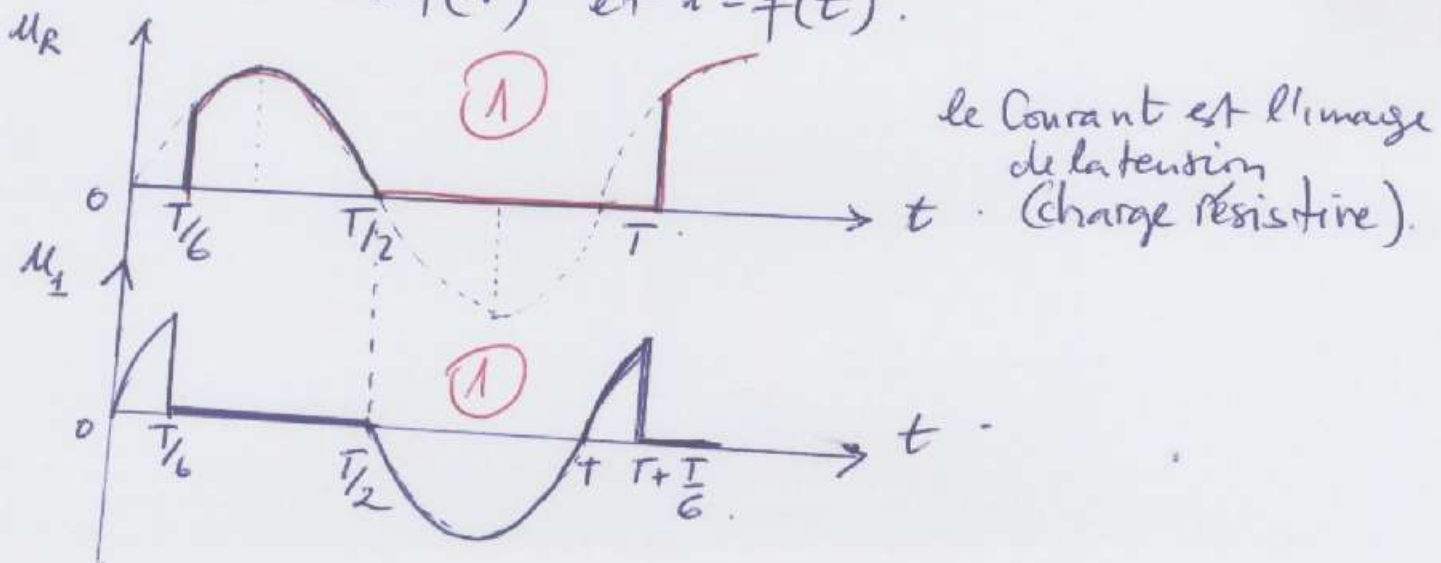
$$u_g = 0 = 5 + i_0 \sin(\omega t_0 - \frac{\pi}{2}).$$

on obtient:  $\omega t_0 = \pi/3 \Rightarrow t_0 = \frac{T}{6}$  (1,5)

dur  $[\frac{T}{6} - \frac{T}{2}]$  th: conduit le reste du  
p temps bloqué (cela dans une période).

$$[\frac{T}{2} \text{ à } T + \frac{T}{6}].$$

1.2 tracer le  $u = f(t)$  et  $i = f(t)$ .



valeur moyenne du courant et tension.

$$\langle i \rangle = \frac{1}{T} \int_{T/6}^{T/2} I_m \sin \omega t dt = \frac{1}{T} I_m \left( \frac{1}{\omega} \right) [-\cos \omega t]_{T/6}^{T/2}$$

d'où,  $\langle i \rangle = 14,86 A$  (0,5) presque  $\frac{I_m}{6}$

$$I_m = \frac{220 \sqrt{2}}{5}$$

$$\theta = \omega t$$

$$i_{eff}^2 = \frac{1}{T} \int_{T/6}^{T/2} I_m^2 \sin^2 \omega t dt = \left( \frac{1}{2\pi} \right) \int_{\pi/3}^{\pi} I_m^2 \sin^2 \theta d\theta = \frac{I_m^2}{2\pi} \left( \frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{8} \right)$$

$i_{eff} = 11,1 A$  (0,5)

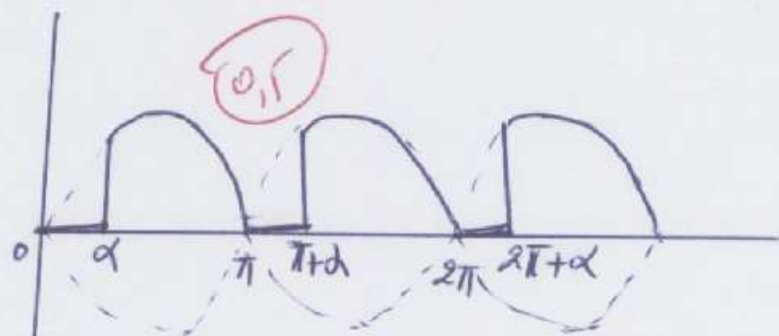


tension moyenne:  $\langle U_R \rangle = 74,30 \text{ V}$  puisque  $\langle U_R \rangle = \langle i \rangle \cdot R$

et  $U_{\text{eff}} = 55,5 \text{ V}$  puisque:  $U_{\text{eff}} = i_{\text{eff}} \cdot R$

2.1.

Alors pour la figure 2 on aura la tension de sortie comme suit



Alors:  $\langle i \rangle = \left( \frac{V_m}{\pi \cdot R} \right) (1 + \cos \alpha)$

$i_{\text{eff}} = \frac{V_m}{R \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \sqrt{\pi - \alpha + (\sin 2\alpha)/2}$

Dou

$\alpha$	$15^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$120^\circ$	$180^\circ$
$\langle i \rangle$	38,9	36,96	29,7	19,8	9,9	0
$i_{\text{eff}}$	43,9	43,4	39,5	31,1	19,5	0

le courant moyen et efficace dans le thyristor est:

$\langle i_T \rangle = \frac{\langle i \rangle}{2}$

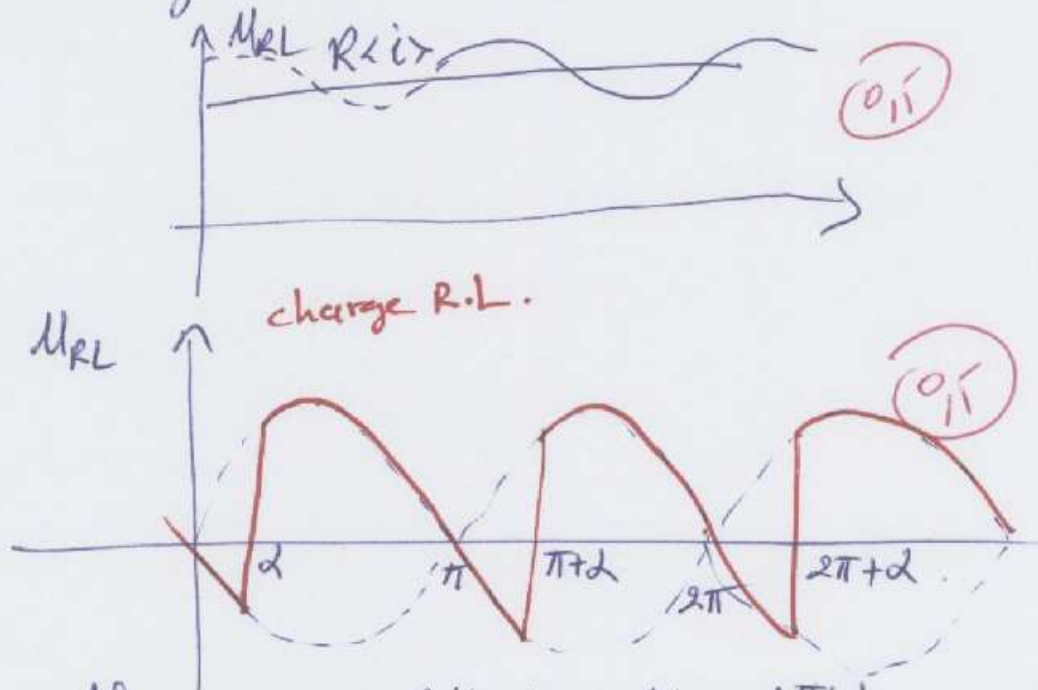
$i_{T\text{eff}} = \frac{i_{\text{eff}}}{\sqrt{2}}$

le thyristor conduit que le  $\frac{T}{2}$ .

La tension  $\langle U_R \rangle = \langle i \rangle \cdot R$

$U_{\text{eff}} = i_{\text{eff}} \cdot R$

si le récepteur est fortement inductif, le courant dans la charge est (continu) (constant).  
il oscille légèrement autour de la valeur moyenne.



$$\text{Alors } \langle i \rangle = \frac{\langle u_{RL} \rangle}{R} = \frac{V_m}{\pi R} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} \sin \theta d\theta$$

$$\langle i \rangle = \frac{2V_m}{\pi R} \cos \alpha$$

$$\langle i \rangle = 0 \text{ pour } \alpha (90^\circ - 180^\circ)$$

2.3 dans le cas où l'inductance n'est pas infinie

$$\text{Alors: on aura: } L \frac{di}{dt} + Ri = V_m \sin \omega t \quad \omega t_0 = \alpha$$

initialement  $i=0$  pour  $t < t_0$ .

$$\text{il vient: } i = e^{-\frac{R}{L}t} + \left( \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + L^2\omega^2}} \right) \sin(\omega t - \phi)$$

$$\tan \phi = \frac{L\omega}{R}$$

$$0 = K e^{-\frac{R}{L}t_0} + \left( \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + L^2\omega^2}} \right) \sin(\omega t_0 - \phi) \quad \text{Alors}$$

$$i = \left( \frac{V_m}{\sqrt{L^2\omega^2 + R^2}} \right) e^{-\frac{R}{L}(t-t_0)} \sin(\phi - \omega t_0) + \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + L^2\omega^2}} \sin(\omega t - \phi)$$

Pour  $\omega t = \pi + \alpha$  de  $i = 0$ .

$$0 = \left( \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + L^2\omega^2}} \right) \sin(\phi - \alpha) (1 + e^{\frac{R}{L}T/2}) \quad \text{pour } \phi = \alpha$$

Alors



$$\lg 6 = \frac{L\omega}{R} = \lg 75^\circ, \text{ et } L = 59,4 \text{ mH.}$$

## EXERCICE 2 (10pts)

1.1. la courbe de la tension redressée.

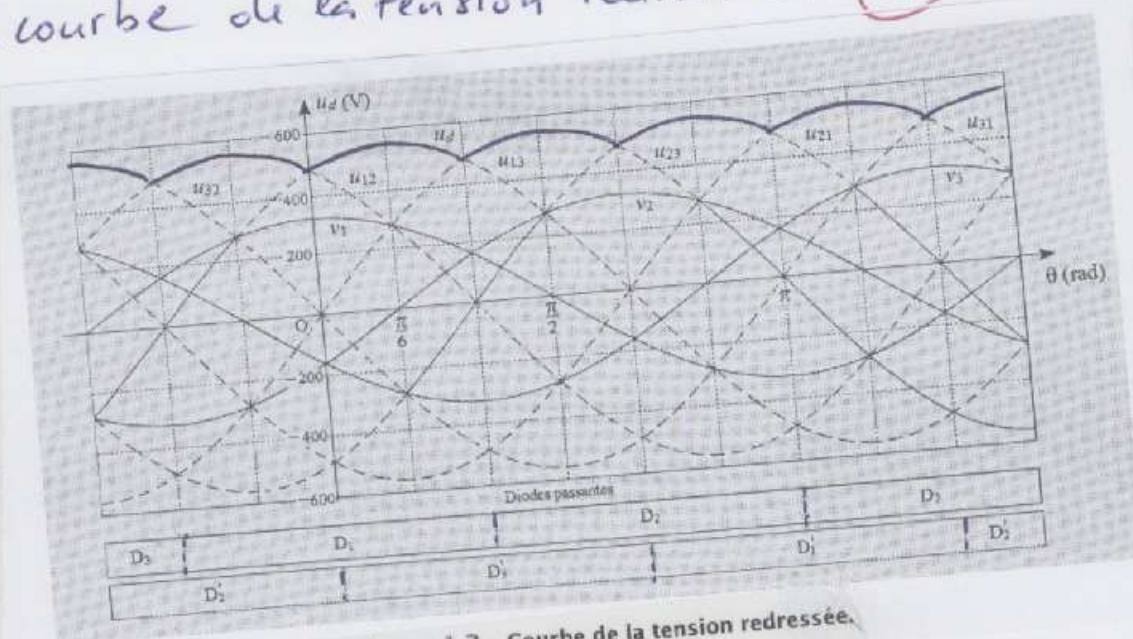


Figure 1.3 - Courbe de la tension redressée.

1.2 la valeur moyenne  $U_{d0} = ?$

$$U_{d0} = \frac{3}{\pi} \int_{-\pi/6}^{\pi/6} U_d d\theta'$$

$$U_d = U\sqrt{2} \cos \theta' \text{ avec un changement d'origine}$$

$$U_{d0} = \frac{6}{\pi} \int_0^{\pi/6} U_d d\theta' = \frac{6}{\pi} \int_0^{\pi/6} U\sqrt{2} \cos \theta' d\theta'$$

$$U_{d0} = \frac{6\sqrt{2}}{\pi} U [\sin \theta']_0^{\pi/6} \Rightarrow U_{d0} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} U, \quad U = V\sqrt{3}$$

$$U_{d0} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} V$$

App Numérique :  $U_{d0} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot 230 = 538 \text{ V}$

3: la courbe de  $i_{D1}$  en fonction de  $\theta$ .  $\theta(\omega t)$ .

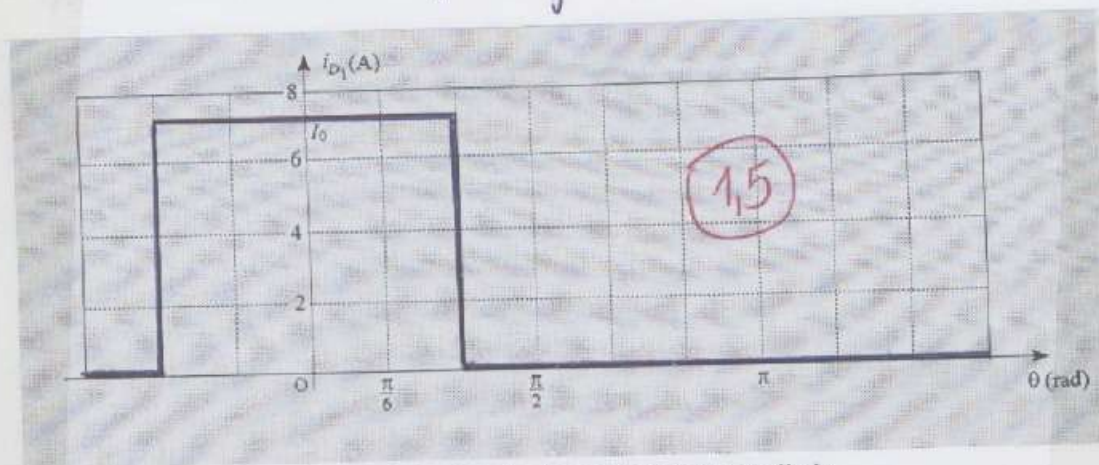


Figure 1.5 - Courbe du courant dans une diode.

1.4.  $I_{D0} = f(I_0)$  la valeur moyenne du courant  $i_{D1}$  chaque diode est traversée par  $I_0$  dans un intervalle de  $\frac{1}{3}T$  donc

$$I_{D0} = \frac{I_0}{3} \quad (0,5)$$

App N:  $I_{D0} = \frac{7,20}{3} = 2,40 \text{ A} \quad (0,25)$

1.5: Valeur efficace de  $I_D = f(I_{D0})$ .

$I_D = \sqrt{\langle i_{D1}^2 \rangle}$ ; comme  $i_{D1}$  prend la valeur  $I_0^2$  pendant un  $\frac{1}{3}T$  donc;

$$I_D = \frac{I_0}{\sqrt{3}} \quad (0,5)$$

App N:  $i_D = \frac{7,20}{\sqrt{3}} = 4,16 \text{ A} \quad (0,25)$

1.6. la puissance  $S$  à l'entrée du redresseur.

$$S = 3VI.$$

$I$ : courant efficace :  $I = \sqrt{\langle i_1^2 \rangle}$  avec

$i_1$  prend la valeur de  $I_0^2$  pendant  $(\frac{2}{3}T)$  donc

$$I = \sqrt{\frac{2}{3}} I_0.$$

$$S = 3 \cdot V \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} I_0 = \sqrt{6} V I_0.$$

$$S = \sqrt{6} \cdot V \cdot I_0 \quad (1)$$



App N:  $S = \sqrt{6} \cdot 230 \cdot 7,20 = \boxed{4,06 \text{ kVA}} \cdot (0,25)$

1.7 : la puissance  $P$  appelée par le redresseur:

$$P = U_{d0} I_0 = \left| \frac{3\sqrt{6}}{\pi} V I_0 \right| \cdot (0,25)$$

App N:  $P = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot 230 \cdot 7,20 = \boxed{3,87 \text{ kW}} \cdot (0,25)$

1.8 : le facteur de puissance à l'entrée du montage

$$f_p = \frac{P}{S} = \frac{\frac{3\sqrt{6}}{\pi} V I_0}{\sqrt{6} V I_0} = \left| \frac{3}{\pi} \right| \cdot (0,25)$$

App N:  $f_p = \boxed{0,955} \cdot (0,25)$

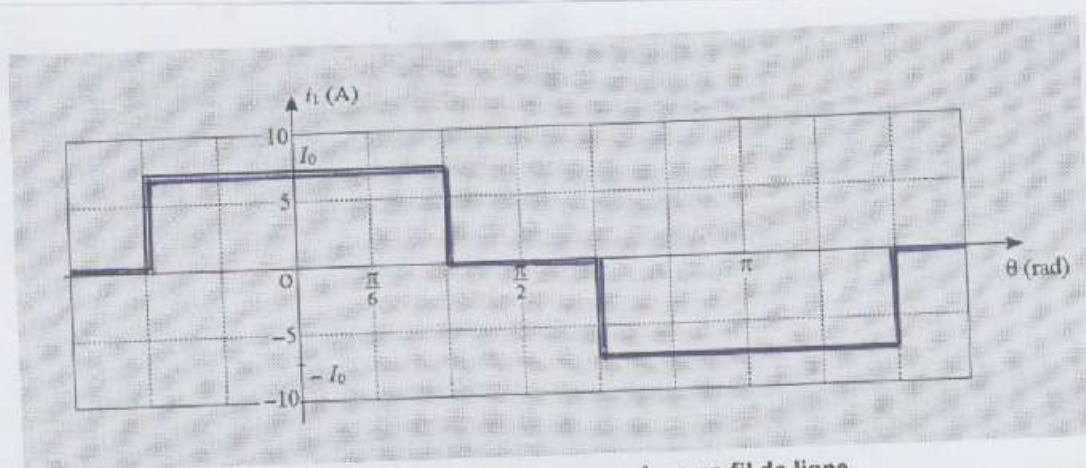


Figure 1.6 - Courbe du courant dans un fil de ligne.

1.9

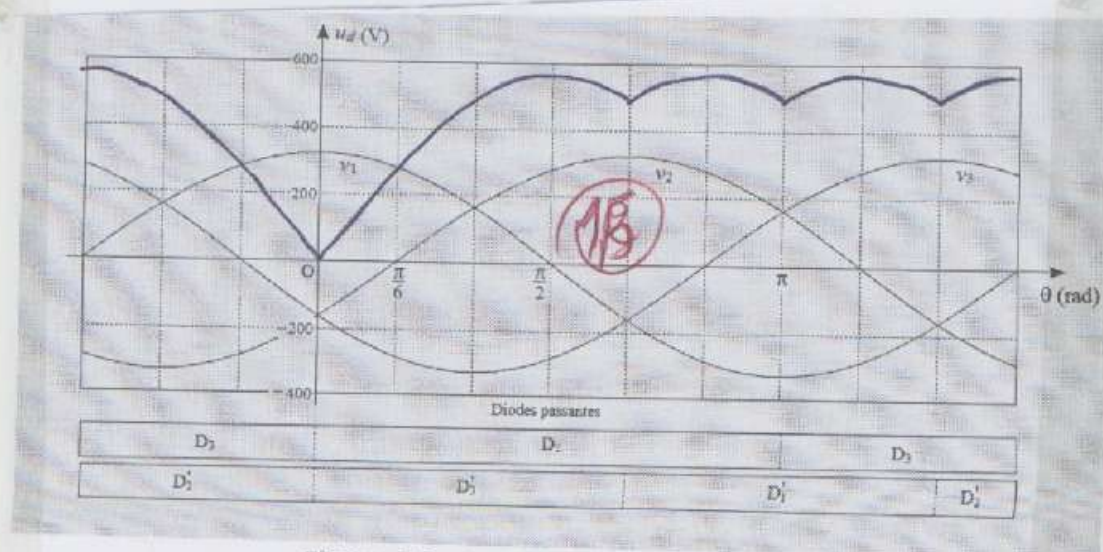


Figure 1.8 - Courbe de la tension redressée.  $D_1$  détruit