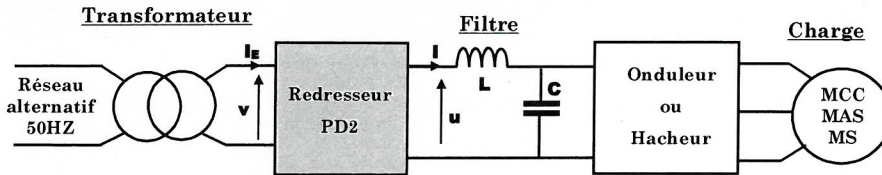


# Redresseur monophasé PD2

## I. Introduction

Un redresseur monophasé est un circuit électronique utilisé pour convertir une tension alternative en une tension continue. Il est principalement utilisé dans les applications où une alimentation en courant continu est nécessaire, telles que les alimentations électriques des ordinateurs et des autres équipements électroniques



Le schéma illustré ci-dessus présente la configuration de transfert d'énergie du réseau vers la charge. Il se compose des éléments suivants :

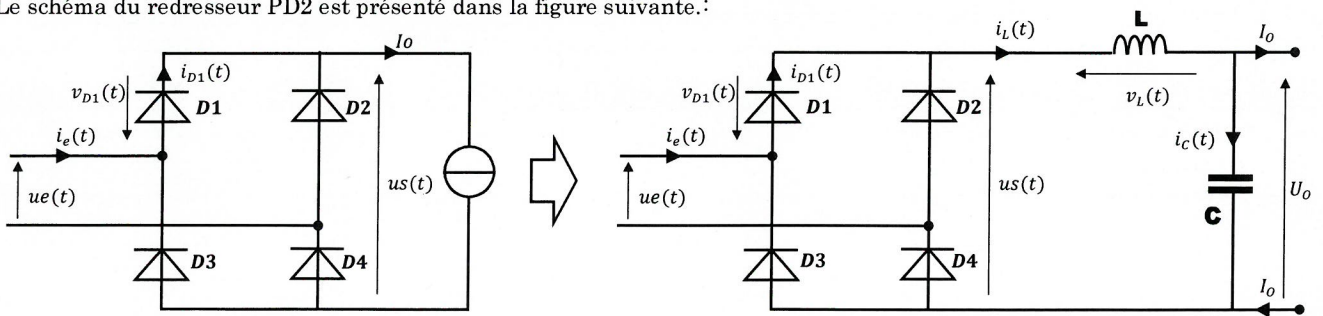
- Un transformateur : il ajuste le niveau de tension pour correspondre à la tension d'entrée du redresseur.
- Un redresseur : il convertit le courant alternatif en courant continu.
- Un filtre : il réduit les fluctuations de tension et de courant à l'entrée de l'onduleur.
- Un onduleur ou hacheur : il alimente les charges, qu'elles soient continues ou alternatives.

Dans ce cours, nous nous intéressons exclusivement aux redresseurs non commandés qui utilisent des diodes. Il existe cependant une autre catégorie de redresseurs appelée redresseurs commandés, qui ne sera pas abordée dans ce contexte

## II. Redresseur parallèle double monophasé PD2

### 1. Structure d'un redresseur PD2

Le schéma du redresseur PD2 est présenté dans la figure suivante :



La tension entre la phase et le neutre d'un réseau monophasé est une tension sinusoïdale exprimée par la formule suivante :

$ue(t) = V_m \sin(\theta)$  avec :

- $V_m$  est la valeur maximale de la tension :  $V_m = \sqrt{2} V$  (V est la valeur efficace du réseau)
- $\theta$  est la phase instantanée :  $\theta = \omega t = 2\pi f t$
- $f$  est la fréquence de réseau, égale à 50 Hz,
- $t$  est le temps.

www.autocpge.info

**Hypothèses :**

- La source d'entrée est un réseau monophasé, qui fournit une tension alternative.
- La charge est un filtre LC : la source de sortie est de type courant.
- Les diodes D1, D2, D3 et D4 sont supposées parfaites, ce qui signifie qu'elles ne présentent aucune perte de puissance.
- L'inductance L est choisie grande pour réduire l'ondulation de courant :  $i_L(t) \cong I_o$
- Le condensateur C est choisi grand pour réduire l'ondulation de tension redressée.

Pour une raison de simplicité et d'éviter toutes erreurs de calculs, il est préférable de résoudre toutes les intégrales par en faisant changer la vraie temps (t) par la variable phases (θ).

2. La conduction des diodes de redresseur

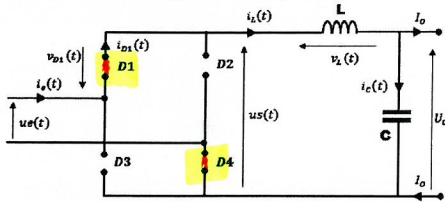
La conductivité des diodes est liée à l'état de la tension alternative appliquée en entrée, comme illustré dans le tableau ci-dessous :

Phase θ	[0 ; π]	[π ; 2π]	D passante → $V_D = 0$ et $i_D \neq 0$
Diodes passantes	D1 et D4	D2 et D3	D bloquée → $V_D \neq 0$ et $i_D = 0$

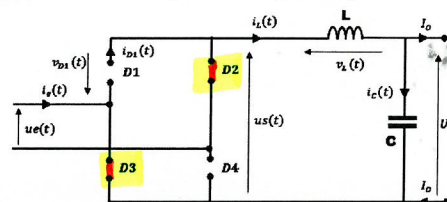
3. Etudes analytique de redresseur PD2

3.1. Etude des tensions  $u_s$  et  $v_{D1}$

Phase 1 : pour  $\theta \in [0 ; \pi]$



Phase 2 : pour  $\theta \in [\pi ; 2\pi]$

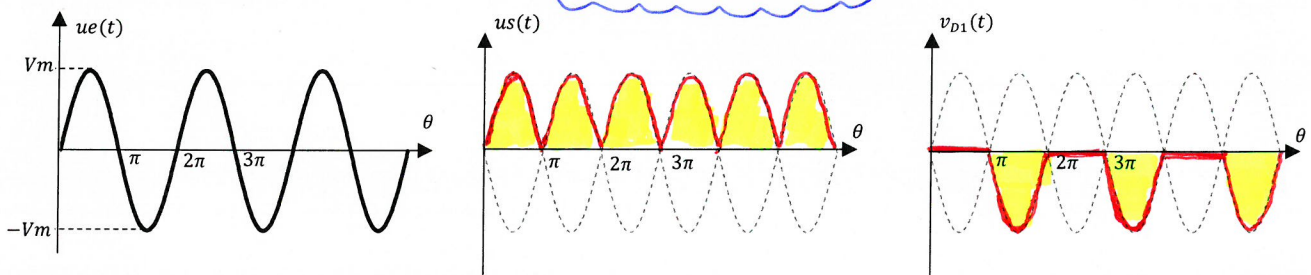


Expression des tensions

Toutes les expressions seront formulées en termes de la tension d'entrée  $u_e(t)$ .

Intervalle	$u_s$	$v_{D1}$
$\theta \in [0 ; \pi]$	$u_e(t)$	0
$\theta \in [\pi ; 2\pi]$	$-u_e(t)$	$u_e(t)$

Allures des tensions



La tension redressée  $u_s(t)$  est formée de deux sommets de sinusoïde par période du réseau :

Période en rad	Fréquence	Valeur maximale
$\omega_r = 2\omega$	$f_r = 2f$	$V_{max} = V_m = \sqrt{2} V$

Valeur moyenne de la tension redressée  $u_s(t)$

La valeur moyenne de la tension  $u_s(t)$  correspond à la composante continue de cette tension. En connaissant cette valeur, il devient possible d'estimer la puissance fournie à la charge. De plus, elle est prise en compte dans le calcul du facteur de puissance du redresseur PD2. On la définit par :  $\langle u_s(t) \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T u_s(t) dt$

$\langle u_s(\theta) \rangle = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_s(\theta) d\theta$ $= \frac{2}{2\pi} \int_0^{\pi} u_e(\theta) d\theta$ $= \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_m \cdot \sin \theta d\theta$	$\langle u_s(\theta) \rangle = \frac{V_m}{\pi} [\cos(\theta)]_{\pi}^0$ $= \frac{V_m}{\pi} (1 + 1)$ <p>d'où : <math>\langle u_s(\theta) \rangle = \frac{2V_m}{\pi}</math></p>
---	--

**La valeur maximale supportée par la diode**

Il est essentiel de connaître la tension maximale que la diode peut supporter afin de pouvoir effectuer un choix approprié et sécurisé. La valeur de cette tension est demandée comme un paramètre de choix d'une diode, il connut par  $V_{RRM}$ .

Donc :  $V_{RRM} = |V_{dmax}| = V_m = \sqrt{2} V \Rightarrow V_{RRM} = \sqrt{2} V$

**3.2. Etude des courants  $i_E$  et  $i_{D1}$**

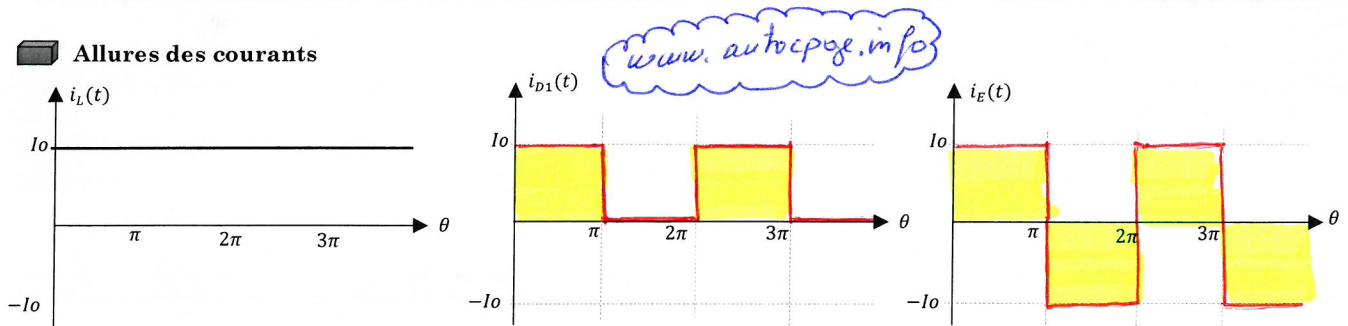
En suivant l'hypothèse initiale, la bobine L est sélectionnée avec une valeur excessive afin de réduire l'ondulation du courant  $i_L(t)$  et de le rendre aussi continu que possible  $i_L(t) = I_o$ .

**Expression du courant**

Toutes les expressions seront formulées en termes de courant de sortie  $i_L(t)$ , donc en fonction de  $I_o$ .

Intervalle	$i_E(t)$	$i_{D1}(t)$
$\theta \in [0; \pi]$	$i_E(t) = i_L(t) = I_o$	$i_{D1}(t) = i_L(t) = I_o$
$\theta \in [\pi; 2\pi]$	$i_E(t) = -i_L(t) = -I_o$	0

**Allures des courants**



**La valeur moyenne de courant dans les diodes**

L'un des critères aussi de choix d'une diode consiste à déterminer le courant traversant la diode, qui sera toujours inférieur au courant direct  $I_F$ , dans notre situation, il s'agit du courant moyen circulant dans les diodes.

Étant donné que la forme du courant est de type carré, il est recommandé de calculer la valeur moyenne en utilisant la méthode de la surface :  $\langle i_{D1} \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T i_{D1}(t) dt \Rightarrow \langle i_{D1} \rangle = \frac{\text{surface}}{T}$

$\langle i_{D1} \rangle = \frac{I_o \times \pi}{2\pi}$        $\langle i_{D1} \rangle = \frac{I_o}{2}$

**3.3. Comportement globale en puissance du redresseur**

Le calcul du facteur de puissance pour les redresseurs est essentiel pour évaluer leur efficacité énergétique, réduire les pertes d'énergie, minimiser les problèmes liés aux harmoniques et garantir la conformité aux normes et réglementations en matière d'énergie électrique.

- o facteur de puissance au primaire

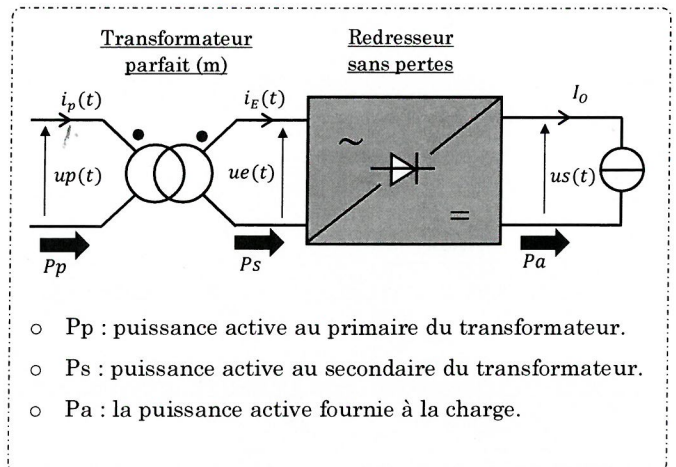
$f_p = \frac{P_p}{S_p} = \frac{P_p}{U_p \cdot I_p}$

- o facteur de puissance au secondaire

$f_s = \frac{P_s}{S_s} = \frac{P_s}{U_e \cdot I_E}$

Avec :

- $U_p$  : la valeur efficace de la tension au primaire
- $U_e$  : la valeur efficace de la tension au secondaire
- $I_p$  : la valeur efficace du courant au primaire
- $I_E$  : la valeur efficace du courant au secondaire



- o  $P_p$  : puissance active au primaire du transformateur.
- o  $P_s$  : puissance active au secondaire du transformateur.
- o  $P_a$  : la puissance active fournie à la charge.

**Hypothèse :**

- Le redresseur est supposé sans pertes :  $P_s = P_a$
- Le transformateur est parfait :  $P_p = P_s$

❖ **Facteur de puissance au secondaire du transformateur**

- La puissance active au niveau secondaire, notée  $P_a$ , correspond à la puissance fournie à la charge. Elle représente la valeur moyenne de la puissance instantanée de sortie  $p_a(t)$ :  $P_s = P_a = \langle u_s(t) \cdot i_o \rangle$

$P_s = P_a = \langle u_s(t) \rangle \cdot I_o \Rightarrow P_s = \frac{2 \cdot V_m}{\pi} \cdot I_o$

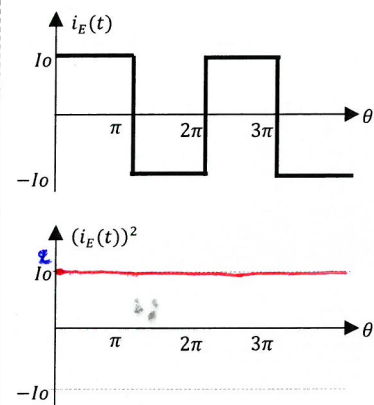
- Maintenant, nous allons calculer la puissance apparente en commençant par calculer la valeur efficace du courant  $i_E(t)$ , définie par :

$I_E = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (i_E(t))^2 dt} \Rightarrow I_E = \sqrt{\langle (i_E(t))^2 \rangle}$

on a  $\langle i_E(t) \rangle = I_o \Rightarrow I_E = I_o$

- Le facteur de puissance au secondaire est de valeur :

$f_s = \frac{P_s}{S_s} = \frac{\langle u(t) \rangle \cdot I_o}{V \cdot I_E} = \frac{\frac{2 \cdot V_m}{\pi} \cdot I_o}{V \cdot I_o} = \frac{2 \sqrt{2} V}{\pi \cdot V} \Rightarrow f_s = \frac{2 \sqrt{2}}{\pi} = 0.9$



❖ **Facteur de puissance au primaire du transformateur**

En suivant la même démarche mentionnée précédemment, il est important de tenir compte des expressions qui doivent inclure le rapport de transformation du transformateur afin d'éviter toute erreur de calcul. Étant donné que le transformateur est parfait et que les puissances sont toutes égales, il n'est pas nécessaire de répéter la démarche :

$f_p = f_s = 0.9$  [www.autocpge.info](http://www.autocpge.info)

**3.4. Relation supplémentaire : filtre LC**

- Filtrage de la tension : on a  $u_s(t) = u_L(t) + U_o \Leftrightarrow \langle u_s(t) \rangle = \langle u_L(t) \rangle + \langle U_o \rangle$   
comme  $\langle u_L(t) \rangle = 0 \Rightarrow \langle U_o \rangle = \langle u_s(t) \rangle \Leftrightarrow U_o = \frac{2 \cdot V_m}{\pi}$
- Filtrage du courant : on a  $i_L(t) = I_o + i_C(t)$   
 $\langle i_L(t) \rangle = \langle I_o \rangle + \langle i_C(t) \rangle$ , comme  $\langle i_C(t) \rangle = 0 \Rightarrow I_o = \langle i_L(t) \rangle \approx i_L(t)$

**3.5. Choix des diodes de pont redresseur.**

Les diodes du redresseur sont soumises à des courants positifs et des tensions inverses qui doivent rester compatibles avec les valeurs limites définies par le constructeur.

[www.autocpge.info](http://www.autocpge.info)

Le choix de la diode doit respecter les conditions suivantes :

- Le courant direct moyen de la diode  $I_{FAV}$  doit être supérieur à la valeur moyenne du courant  $i_D(t)$ .
- La tension inverse maximale  $V_{RRM}$  doit être supérieure à la tension maximale de  $V_D(t)$ .
- Le courant impulsionnel maximum  $I_{FSM}$  doit être supérieure au courant maximal de  $i_D(t)$ .

l.m.c.  $I_{FAV} > S \cdot \frac{I_o}{2}$ ,  $V_{RRM} > S \cdot \sqrt{2} \cdot V$ ,  $I_{FSM} > S \cdot I_o$

**Conclusion :**

La technologie continue d'évoluer, ce qui permet d'apporter des modifications aux redresseurs PD2 afin d'améliorer leur facteur de puissance. Ces modifications incluent l'utilisation de redresseurs à commutation naturelle, l'application de la modulation de largeur d'impulsion (MLI), la mise en place de la correction active du facteur de puissance (PFC), le filtrage et la suppression des harmoniques, ainsi que l'utilisation de redresseurs à modulation de largeur d'impulsion sinusoïdale (PWM).