

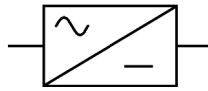
Redressement monophasé

Partie 1 : redressement non commandé

1 Objectif

Le redressement est la conversion d'une tension alternative en une tension continue.
On utilise un convertisseur alternatif-continu pour alimenter un récepteur en continu à partir du réseau de distribution alternatif.

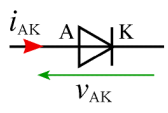
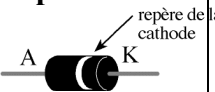
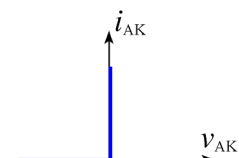






Symbole synoptique :



2 La diode

La diode

La diode est un dipôle passif polarisé.
En électrotechnique, la diode est équivalente à un interrupteur unidirectionnel non commandé.

<p>Symbole</p>  <p>A : anode K : cathode</p> <p>Aspect</p> 	<p>Caractéristique d'une diode parfaite</p>  <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 50%;"> <p>Diode bloquée $v_{AK} < 0 ; i_{AK} = 0$</p>  <p>La diode se comporte comme un interrupteur ouvert.</p> </td> <td style="text-align: center; width: 50%;"> <p>Diode passante $v_{AK} = 0 ; i_{AK} > 0$</p>  <p>La diode se comporte comme un interrupteur fermé.</p> </td> </tr> </table>	<p>Diode bloquée $v_{AK} < 0 ; i_{AK} = 0$</p>  <p>La diode se comporte comme un interrupteur ouvert.</p>	<p>Diode passante $v_{AK} = 0 ; i_{AK} > 0$</p>  <p>La diode se comporte comme un interrupteur fermé.</p>	<p>Remarque : cette caractéristique parfaite est utilisée pour comprendre le fonctionnement de principe des convertisseurs statiques en électrotechnique. Elle ne convient pas en électronique.</p>
<p>Diode bloquée $v_{AK} < 0 ; i_{AK} = 0$</p>  <p>La diode se comporte comme un interrupteur ouvert.</p>	<p>Diode passante $v_{AK} = 0 ; i_{AK} > 0$</p>  <p>La diode se comporte comme un interrupteur fermé.</p>			

Nous allons étudier le redressement double alternance avec un pont à quatre diodes (pont de Graëtz)

On trouve ce montage dans beaucoup d'appareils électroménagers : chaîne HiFi, ordinateur, ...

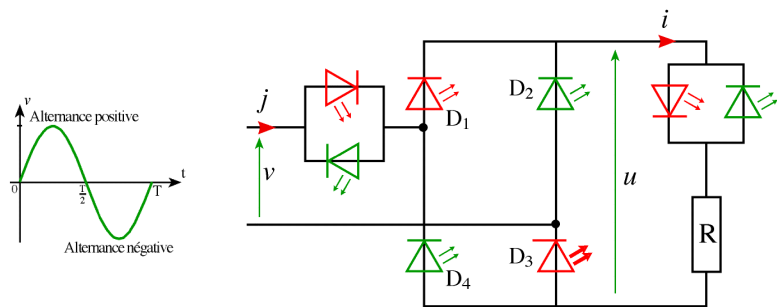
Les petits boîtiers noirs qui délivrent une tension entre 5 et 12 V continue et que l'on branche directement sur le secteur 220 V contiennent un transformateur suivi d'un pont redresseur et d'un condensateur de lissage.

3 Redressement double alternance

3.1 Principe de fonctionnement

Montage

Pour comprendre le fonctionnement d'un pont de Graëtz, on peut le réaliser avec des LED qui s'allument lorsqu'elles sont traversées par un courant et un GBF très basse fréquence (0,5 Hz).



Alternance positive	Alternance négative	Commentaires
		Alternance positive : $v > 0$ Alternance négative: $v < 0$
		En suivant le sens de parcours du courant on voit les led qui sont allumées et celles qui sont éteintes. On constate : - en entrée les led s'allument alternativement ; - dans le pont elles fonctionnent alternativement par paires ; - en sortie seul la led rouge est allumée.
		Schémas équivalents : sur ces schémas, les branches dans lesquelles il n'y a pas de courant ont été supprimées.
Loi des mailles : $v = u$ $v > 0$ $\Rightarrow u > 0$	Loi des mailles : $v = -u$ $v < 0$ $\Rightarrow u > 0$	On constate que la tension u de sortie reste toujours positive.

3.2 Pont de Graëtz : oscillogrammes

Schéma

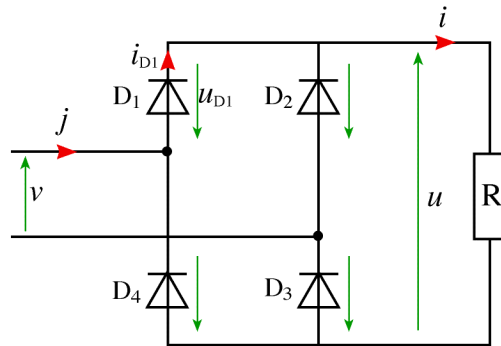
Le pont de Graëtz est constitué de 4 diodes.

Dans l'étude de ce chapitre, les diodes sont supposées parfaites et donc assimilées à des interrupteurs.

v est la tension d'entrée du pont.

u est la tension de sortie.

R est la charge résistive.



Analyse du fonctionnement

Alternance positive

D_1 et D_3 sont passantes $\Rightarrow u_{D1} = 0$ et $u_{D3} = 0$
(interrupteurs fermés)

Loi des mailles : $v - u_{D1} - u - u_{D3} = 0$

$$\Rightarrow v - u = 0$$

$$\Rightarrow u = v > 0$$

Loi des noeuds : $i = i_{D1} = j = \frac{u}{R}$

Alternance négative

D_2 et D_4 sont passantes $\Rightarrow u_{D2} = 0$ et $u_{D4} = 0$
(interrupteurs fermés)

Loi des mailles : $v + u_{D2} + u + u_{D4} = 0$

$$\Rightarrow v + u = 0$$

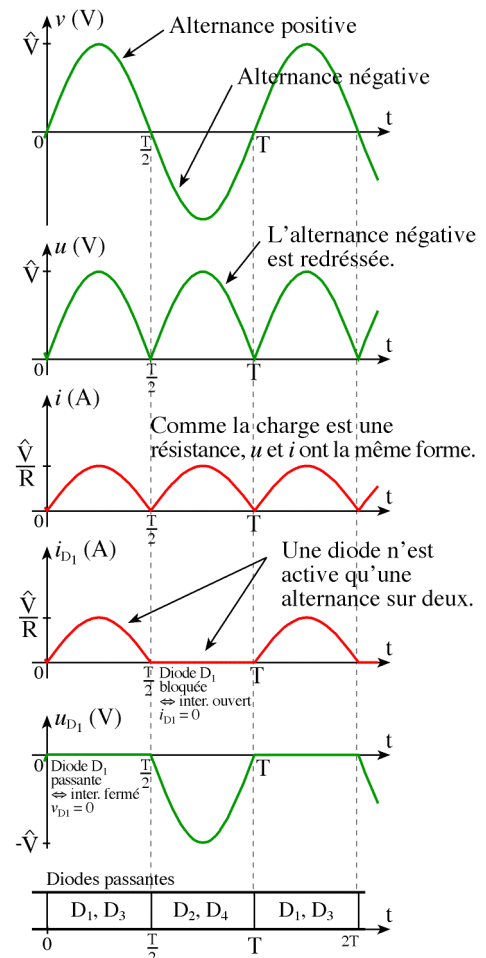
$$\Rightarrow u = -v > 0$$

Loi des noeuds : $i = -j = \frac{u}{R}$

Loi des mailles pour D_1 : $u_{D1} + u_{D4} + u = 0$

$$\Rightarrow u_{D1} = -u = v < 0$$

Oscillogrammes



3.3 Grandeurs caractéristiques


• **Période** $T' = \frac{T}{2} = 10 \text{ ms}$ $f' = 2.f = 100 \text{ Hz}$

• **Valeurs instantanées** $u = \hat{V}|\sin(\omega t)|$ $i = \frac{\hat{V}}{R}|\sin(\omega t)|$

• **Valeurs moyennes** $\langle u \rangle = \frac{2\hat{V}}{\pi}$ $\langle i \rangle = \frac{\langle u \rangle}{R} = \frac{2\hat{V}}{\pi R}$

Pour trouver ce résultat, il faut intégrer : $\langle u \rangle = \frac{1}{T'} \int_0^{T'} \hat{V} \sin(\omega t) dt$


La valeur moyenne se mesure avec :

- un voltmètre analogique (à aiguille) magnétoélectrique (symbole : )
- un voltmètre numérique sur la position DC (continue, =)

• **Valeurs efficaces** $U = \frac{\hat{V}}{\sqrt{2}} = V$ $I = \frac{U}{R} = \frac{\hat{V}}{R\sqrt{2}}$

Pour trouver ce résultat, il faut intégrer : $U^2 = \frac{1}{T'} \int_0^{T'} \hat{V}^2 \sin^2(\omega t) dt$

La valeur efficace se mesure avec :

- un voltmètre analogique ferromagnétique (symbole : )
- un voltmètre numérique dit **RMS** capable de mesurer la valeur efficace d'une tension de forme quelconque.

RMS : Root (racine carré) Mean (valeur moyenne) Square (carré)

Ce qui veut dire que l'appareil mesure la vraie valeur efficace en utilisant sa définition mathématique :

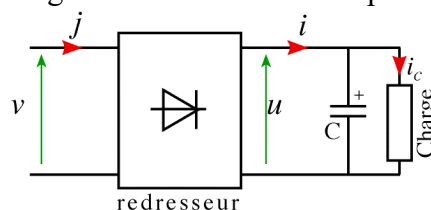
$$U = \sqrt{\langle u^2 \rangle}$$

• **Puissance absorbée par la charge** $P = RI^2 = \frac{U^2}{R} = \frac{V^2}{R}$

• **Pour les diodes** Courant moyen $\langle i_D \rangle = \frac{\langle i \rangle}{2}$ Tension inverse maximum $\hat{U}_D = \hat{V}$

4 Filtrage par condensateur : lissage de la tension

On place en parallèle avec la charge un condensateur de capacité C.



Avantages :

On constate que la présence d'un condensateur diminue l'ondulation Δu de la tension redressée.

$$\Delta u = \hat{U} - \tilde{U} \quad \text{avec : } \hat{U} = U_{\max} \text{ et } \tilde{U} = U_{\min}$$

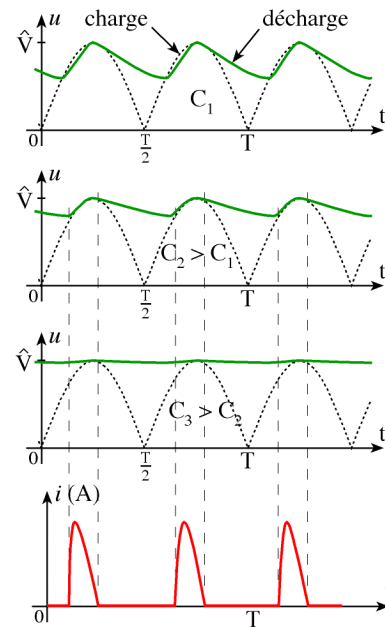
La valeur moyenne $\langle u \rangle$ est augmentée. Elle se rapproche de \hat{V}

Inconvénients :

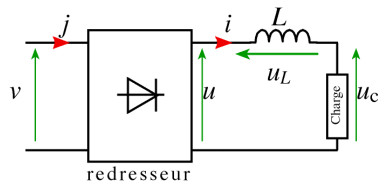
L'apparition de pointes de courant fait que le transformateur et les diodes fonctionnent dans de mauvaises conditions.

Pour cette raison, ce mode de fonctionnement n'est utilisé qu'avec des montages fournissant des courants faibles tels que le petit électroménager.

Remarque : si la capacité du condensateur est suffisante ($RC \gg T$), l'ondulation Δu devient négligeable et $\langle u \rangle \approx \hat{V}$



5 Débit sur charge inductive : lissage du courant

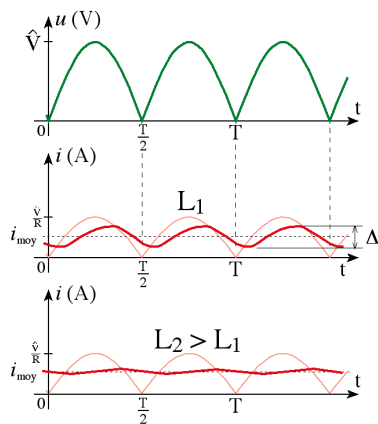


Observation :

L'ondulation du courant est diminuée. Le courant ne passe plus par zéro.

C'est le régime de conduction ininterrompue.

Le lissage du courant par une inductance est utilisé pour de forts débits en électronique de puissance.

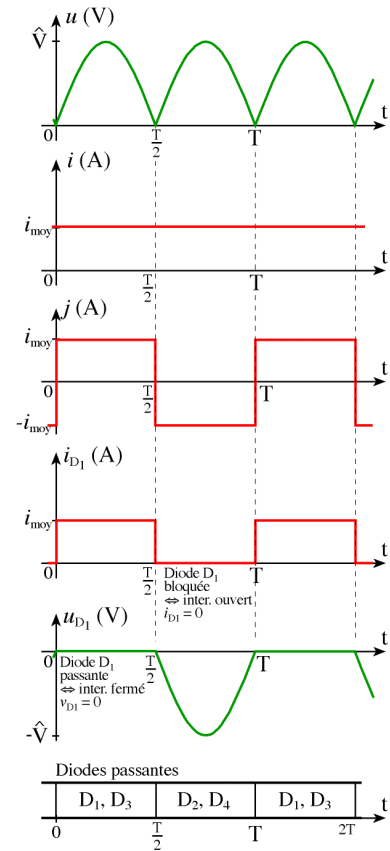


Si l'inductance est assez grande, on peut considérer le lissage comme parfait : le courant i est constant.

Loi des mailles : $u = u_L + u_c$

On passe aux valeurs moyennes : $\bar{u} = \bar{u}_L + \bar{u}_c$
avec $\bar{u}_L = 0$ toujours

Finalement : $\bar{u} = \bar{u}_c = R\bar{i}$ et donc $\bar{i} = \frac{\bar{u}}{R} = \frac{2\hat{V}}{\pi R}$

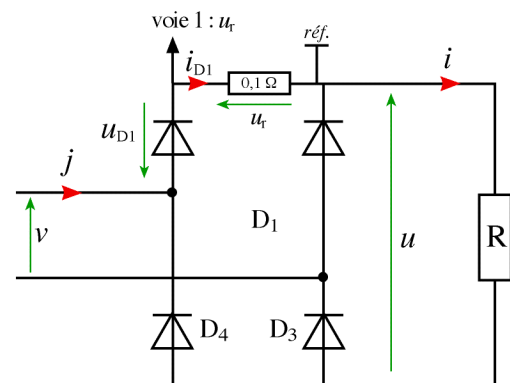


6 Comment visualiser un courant à l'oscilloscope

Exemple :

on veut visualiser le courant i_{D1} dans la diode D_1 .

Il faut placer une résistance dans la branche du circuit où l'on veut visualiser le courant. Il suffit alors de relever la tension u_r à ses bornes. Comme $i = u_r/r$, le courant est proportionnel à la tension.



Remarque :

il faut prendre une résistance assez faible pour ne pas perturber le montage (exemple : 1Ω ou moins). De plus cette résistance doit supporter le courant qui la traverse. Il faut que la puissance qu'elle peut supporter soit au moins égale à $P = r \cdot I_{D1}^2$.

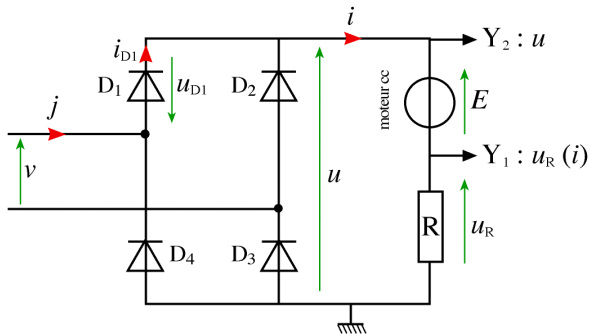
Précaution à prendre :

avant de connecter la référence, il faut s'assurer de ne pas faire de court-circuit en branchant la référence (ou la terre des appareils) à deux endroits différents du montage.

7 Débit sur charge active R, L, E

7.1 Charge R, E

Considérons une charge R,E. Il peut s'agir par exemple d'un moteur à courant continu ou d'une batterie à recharger. Observons à l'oscilloscope le courant i et la tension u .



Loi des mailles :

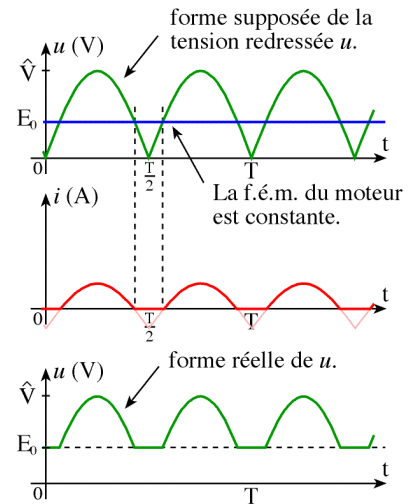
$$u = E_0 + Ri \quad \Rightarrow \quad i = \frac{u - E_0}{R}$$

Analyse de la loi des mailles :

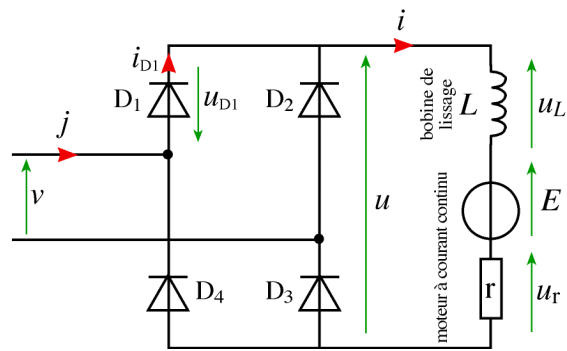
Si $u < E_0$, nous trouvons $i < 0$. Cette situation est impossible car les diodes se bloquent.

Finalement :

- si $u > E_0$, alors les diodes conduisent ($i > 0$);
- si $u < E_0$, alors les diodes sont bloquées ce qui entraîne $i = 0$.



7.2 Charge R, L, E



Commentaires :

La tension u est imposée par le réseau, à travers le transformateur et le pont de Graëtz.

Le courant i est lissé par la bobine d'inductance L . Son intensité est imposée par la charge R, E .

Pour les autres grandeurs :

Alternance positive

$$i_{D1} = i$$

$$j = i$$

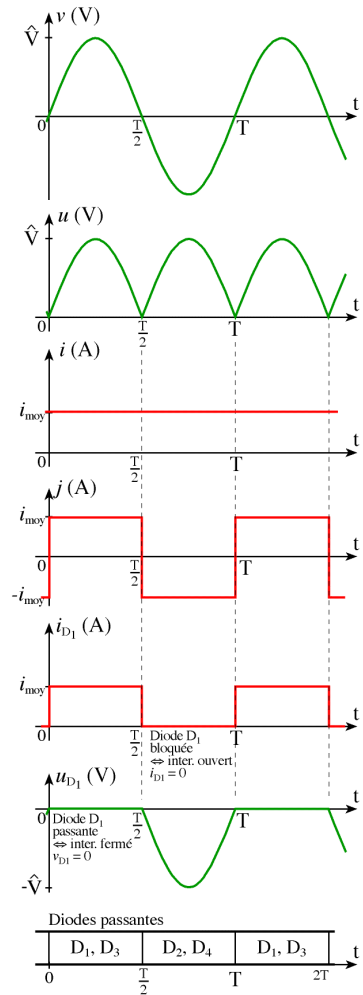
$$u_{D1} = 0$$

Alternance négative

$$i_{D1} = 0$$

$$u_{D1} = -u = v$$

$$j = -i$$



8 Tableau récapitulatif et informations complémentaires

Structure				
Type de charge	NOM	Monoalternance	Bialternance à point milieu	Bialternance en pont
	fréquence ondulation / fréquence de U_e	1	2	2
	U_s crête U_s efficace U_s moyen $U_{inverse}/diode$ $I_{moy}/diode$ Taux ond.	U_e max $u_{e max}/\sqrt{2}$ U_e max/ π U_e max I_{max}/π 121 %	U_e max $u_{e max}/\sqrt{2}$ $2U_e$ max/ π U_e max $I_{max}/2\pi$ 48 %	U_e max $u_{e max}/\sqrt{2}$ $2U_e$ max/ π U_e max/ 2 $I_{max}/2\pi$ 48 %
	U_s crête $U_{inverse}/diode$ Taux ond. (1)	U_e max $2U_e$ max $1/(C.f.R)$	U_e max $2U_e$ max $1/(C.2f.R)$	U_e max U_e max $1/(C.2f.R)$
	U_s crête $U_{inverse}/diode$ Taux ond. (2)	U_e max U_e max $= R/(13L.f)$	U_e max U_e max $= R/(26L.f)$	U_e max U_e max/ 2 $= R/(26L.f)$

(1) Taux d'ondulation $\frac{\Delta U_s \text{ efficace}}{U_s \text{ moyen}}$
 (2) Taux d'ondulation $\frac{\Delta I_s \text{ efficace}}{I_s \text{ moyen}}$

R : résistance de charge en ohms (Ω)
 C : en farads (F)
 f : en hertz (Hz)
 L : en henrys (H)
 U_s et U_e en volts (V)

Extrait de "Aide mémoire - électricité, électronique, électrotechnique",
 Pierre Agati - éd. Dunod 1995

9 Exemple d'application du redressement

- Réalisation d'une alimentation continue stabilisée avec un transformateur, un pont de diode et un condensateur de lissage de la tension et régulateur intégré.

