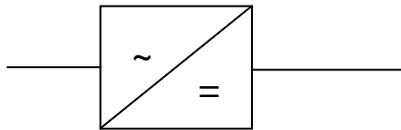


# CONVERSION ALTERNATIVE CONTINUE LES REDRESSEURS

Le redressement c'est la transformation de l'énergie électrique alternative du réseau en énergie continue .

Symbole :



Les redresseurs se divisent en deux grands groupes :

les redresseurs demi onde , à une alternance ou simple alternance

les redresseurs pleine onde : à deux alternances , double alternance ou en pont

Dans le cas de redressement simple alternance , pour alimenter la charge continue , il faut installer un redresseur en série avec chaque sortie d'alimentation alternative et raccorder la cathode de chaque dispositif à une connexion commune , le conducteur de retour de la charge étant le neutre de l'alimentation alternative .

Les redresseurs double alternance comportent deux redresseurs simple alternance en série , l'un alimentant la charge ( cathode commune ) , l'autre ramenant le courant de charge ( anode commune ) sur l'alimentation alternative , ce qui élimine le neutre de l'alimentation alternative .On utilise le terme double alternance parce que le courant dans chaque conducteur d'alimentation alternative est alternatif sans être nécessairement symétrique

On classe les divers redresseurs en trois catégories :

Les redresseurs non commandés ( tout diodes )

Les redresseurs semi-commandés ( mixtes )

Les redresseurs totalement commandés ( tout thyristors )

Les redresseurs non commandés ne comportent que des diodes, ils fournissent une tension moyenne de sortie fixe pour une tension alternative d'alimentation donnée.

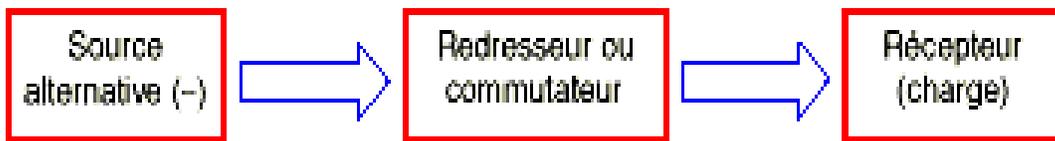
Les composants des redresseurs totalement commandés sont des thyristors, on règle la tension moyenne (continue) de charge en grandeur et en signe en commandant l'angle d'amorçage des thyristors.

Les redresseurs totalement commandés sont souvent appelés des convertisseurs bidirectionnels parce que la puissance peut circuler dans les deux sens entre l'alimentation et la charge.

Les redresseurs semi-commandés comportent des thyristors et des diodes qui empêchent la tension aux bornes de la charge de s'inverser, mais permettent de régler la tension moyenne.

Les redresseurs semi-commandés et les redresseurs non commandés sont souvent appelés des convertisseurs unidirectionnels car ils permettent à la puissance de ne s'écouler que de l'alimentation alternative vers la charge continue.

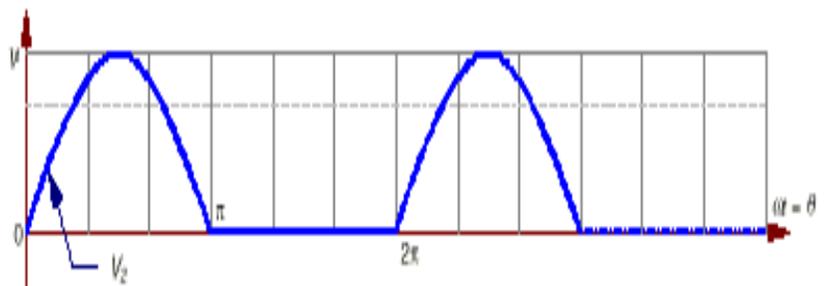
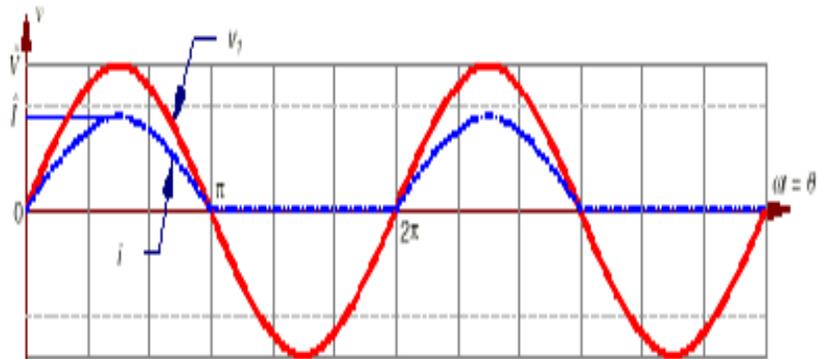
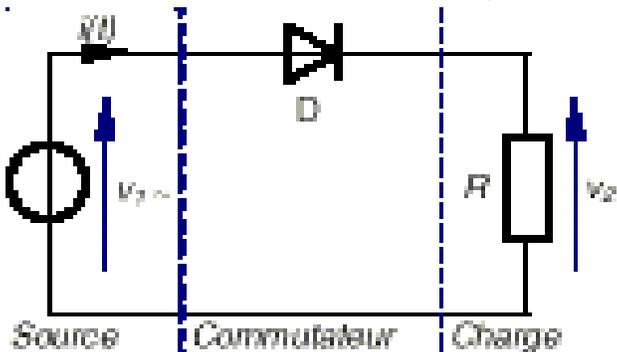
**SYNOPTIQUE D'UNE CONVERSION ALTERNATIF - CONTINU**



**LE REDRESSEMENT MONO - ALTERNANCE NON COMMANDE**

1. Sur charge résistive :

Schéma :



La tension n'apparaît aux bornes de la charge que si la tension de la source est positive entraînant une tension positive en sortie. Dès que la tension réseau est négative, la diode est bloquée, la tension aux bornes de la charge et le courant sont nuls.

L'amplitude de la tension d'alimentation est telle qu'en conduction la chute de tension dans la diode est négligeable. Les temps de mise en conduction et de blocage de la diode n'étant que de quelques  $\mu s$ , on peut considérer qu'ils sont nuls comparativement à la durée d'une alternance de l'alimentation à 50 Hz.

La valeur moyenne de la tension aux bornes de la charge vaut  $UR_{moy} = V_{max} / \pi$  :

La valeur efficace de la tension aux bornes de la charge vaut :  $UR_{eff} = V_{max} / 2$

Le facteur de forme :  $UR_{eff} / UR_{moy} = 1,57$

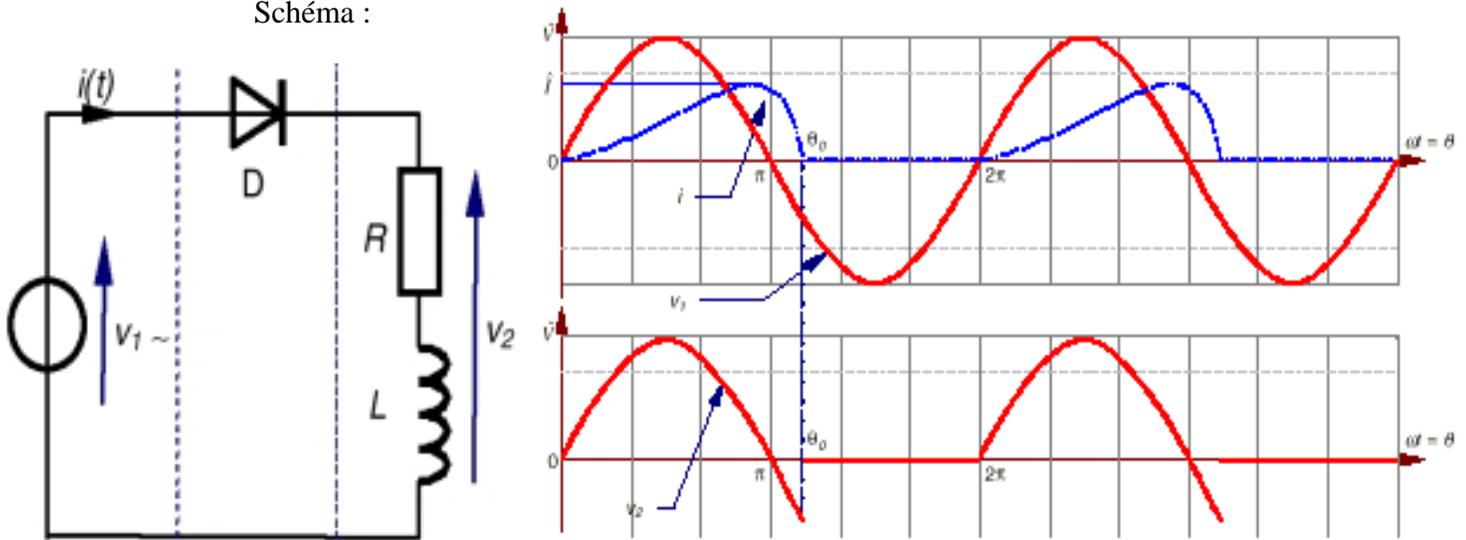
Durée de conduction de la diode :  $T/2$

Fréquence de l'ondulation en sortie :  $50 \text{ Hz}$

## 2. Sur charge résistive et inductive :

En électrotechnique les charges sont souvent combinées : résistives et inductives. Les électroaimants ou les machines à courant continu en sont des exemples.

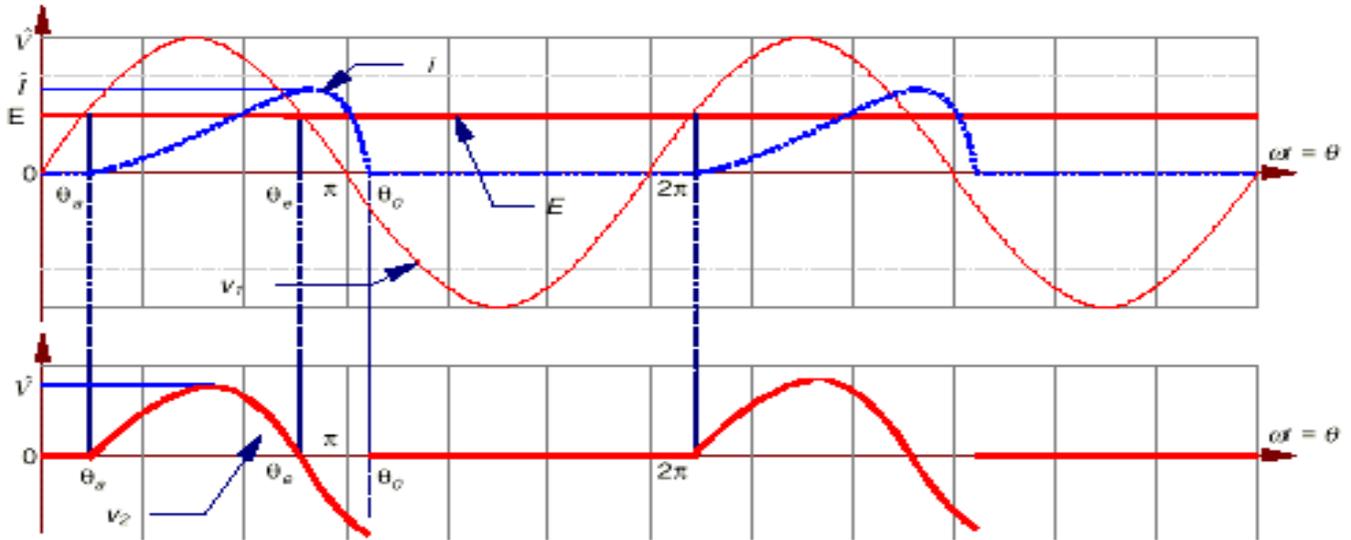
Schéma :



Le courant commence à circuler dès que la tension d'alimentation devient positive, mais l'inductance retarde la variation du courant, le courant existe encore à la fin de l'alternance, la diode reste à l'état passant et la charge voit la tension d'alimentation négative jusqu'à l'annulation du courant. La tension moyenne du signal en sortie est inférieure à celle obtenue sur charge résistive

## 2.1 Sur charge résistive , inductive et fcem :

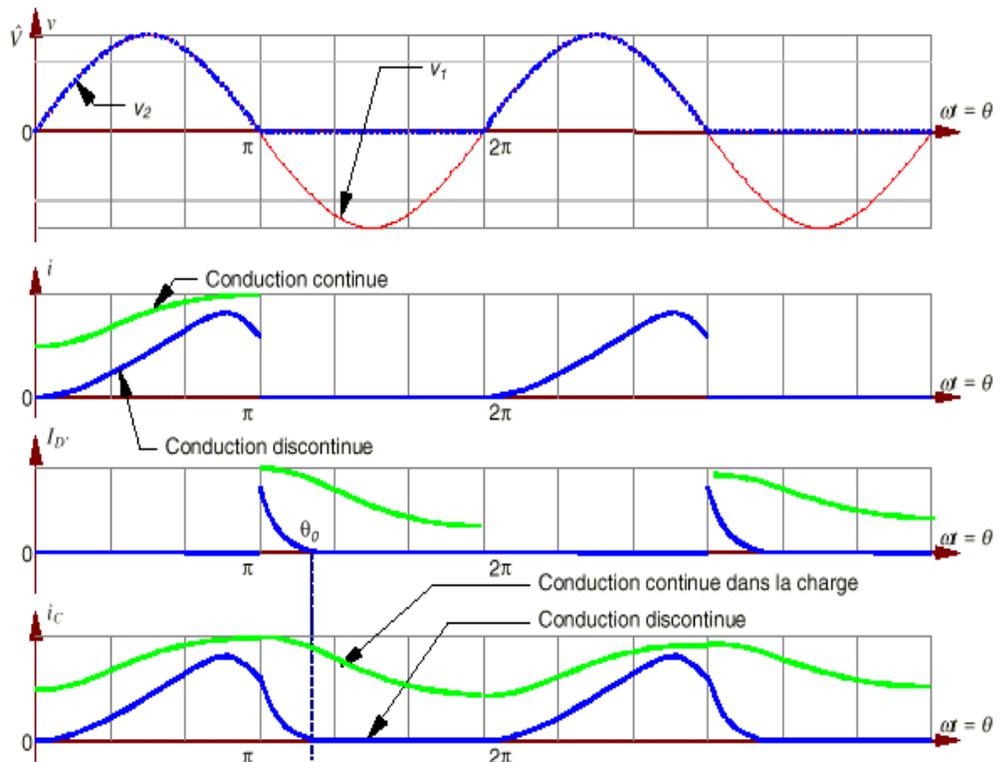
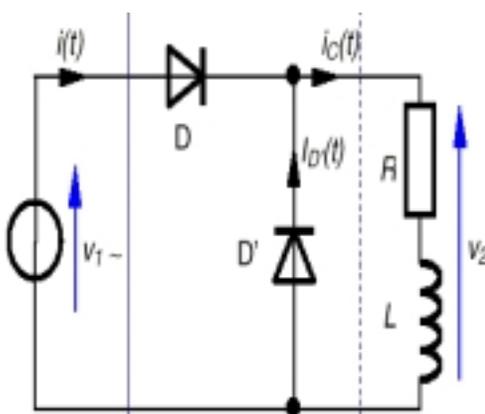
Exemple d'une machine à courant continu



La conduction de la diode D n'apparaît qu'une fois que la tension de cathode est supérieure à celle de l'anode , c'est à dire  $v_1(t) \geq E$  , cette condition correspond aux angles  $\theta_a$  d'allumage et  $\theta_e$  d'extinction. Le courant croît à partir de  $\theta_a$  et s'annule au delà de  $\theta_e$  en  $\theta_c$  . C'est entre ces deux angles que la diode est en conduction forcée qui se traduit par l'apparition d'une portion négative de la tension  $v_2$ .

## 3. Sur charge résistive , inductive et diode de roue libre :

Schéma :

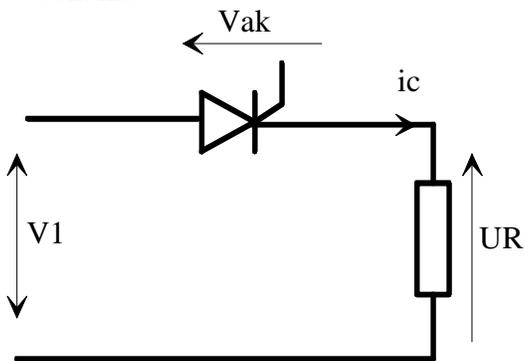


Durant l'alternance positive de la tension  $v_1$ , la diode D est passante, si bien que D' est bloquée. Dès que  $v_1$  s'annule la diode D peut se bloquer car la diode D' prend le relais de la conduction du courant  $i_c$  dans la charge. D' conduisant, la tension à ses bornes  $v_2$  est nulle. L'énergie emmagasinée dans l'inductance est dissipée dans la résistance R et le courant décroît et s'annule en  $\theta_0$ . L'annulation du courant caractérise un fonctionnement en conduction discontinue. Si l'énergie est suffisante, le courant ne s'annule pas, c'est la conduction continue.

## LE REDRESSEMENT MONO - ALTERNANCE COMMANDE

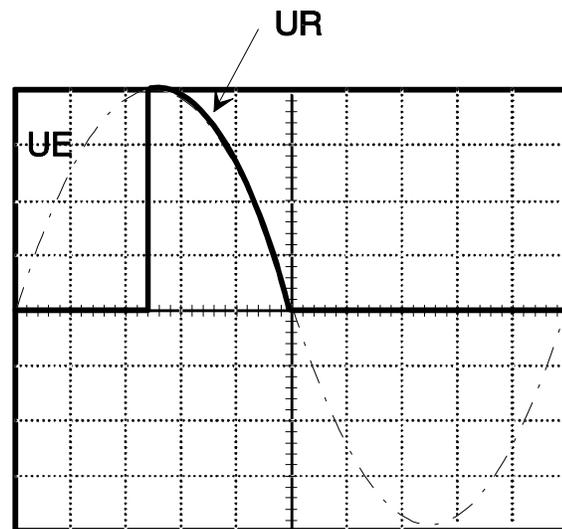
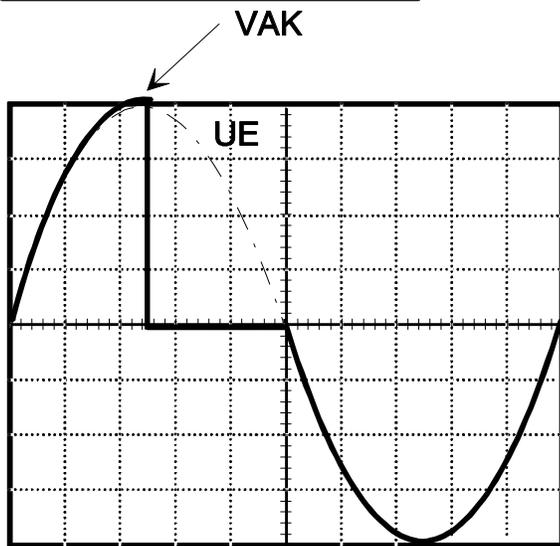
### 1. Sur charge résistive :

schéma :



Soit  $\varphi$  l'angle de retard à l'amorçage du thyristor,  $\varphi$  est compris entre  $0$  et  $180^\circ$ , c'est à dire lors de la polarisation en direct du thyristor, entre  $180^\circ$  et  $360^\circ$ , il n'est pas nécessaire d'envoyer une impulsion sur la gachette du thyristor, celui-ci étant en polarisation inverse, donc bloqué.

En faisant varier l'angle de retard à l'amorçage, on fait varier la valeur moyenne de la tension aux bornes de la charge ainsi que la valeur efficace.



La valeur moyenne de la tension aux bornes de la charge vaut :

$$UR_{\text{moy}} = (V_{\text{max}} / \pi) \cdot (1 + \cos \varphi) / 2$$

Durée de conduction du thyristor :

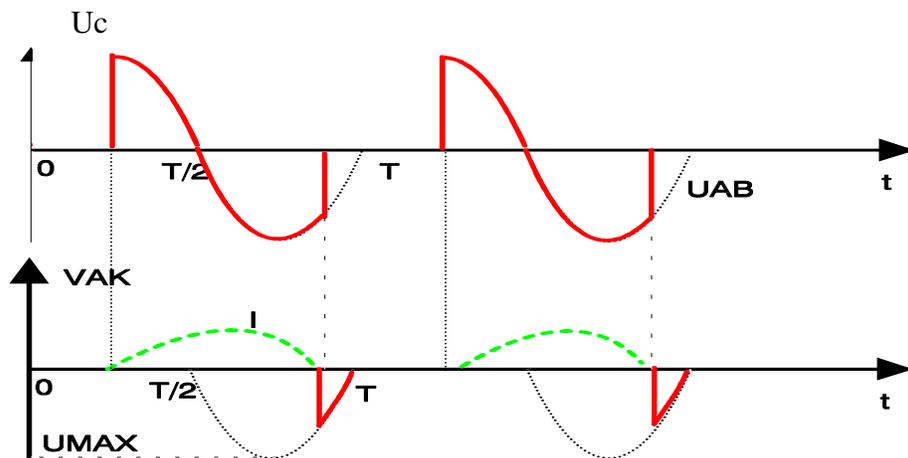
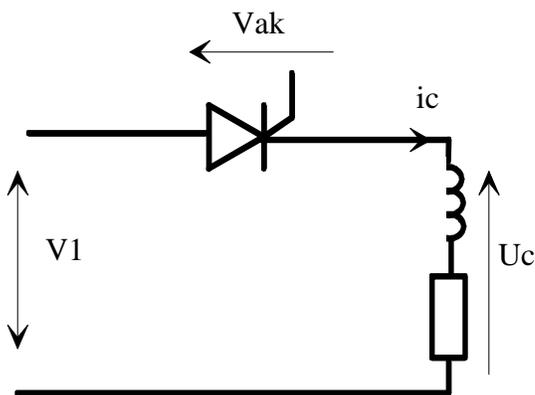
$$\pi - \varphi$$

Fréquence de l'ondulation en sortie :

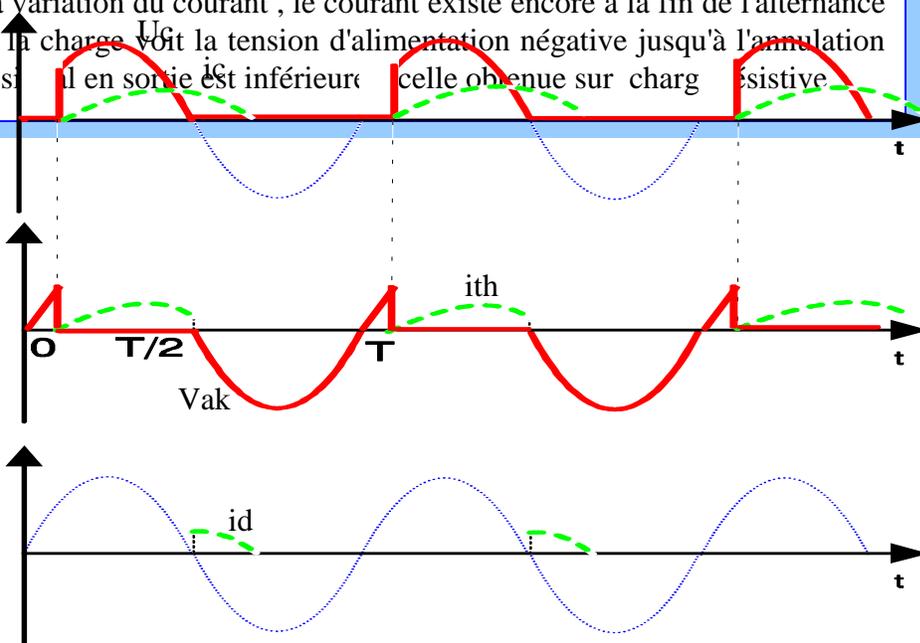
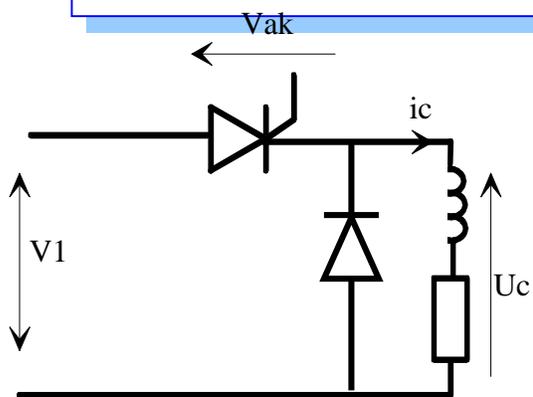
$$50 \text{ Hz}$$

## 2. Sur charge résistive et inductive :

schéma :



Le courant commence à circuler dès que la tension d'alimentation devient positive et que le thyristor est amorcé, mais l'inductance retarde la variation du courant, le courant existe encore à la fin de l'alternance, le thyristor reste à l'état passant et la charge voit la tension d'alimentation négative jusqu'à l'annulation du courant. La tension moyenne du système en sortie est inférieure à celle obtenue sur charge résistive.



$\pi - \varphi$

Durée de conduction du thyristor :

Durée de conduction de la diode de roue libre :

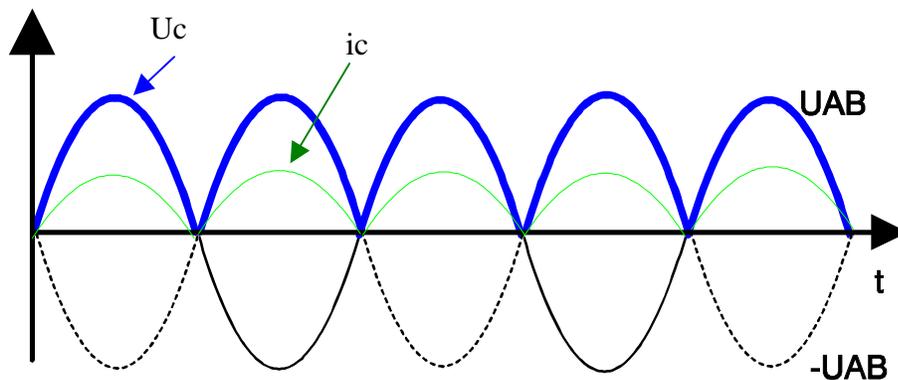
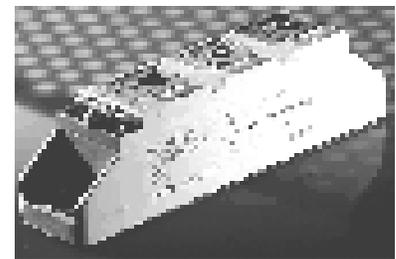
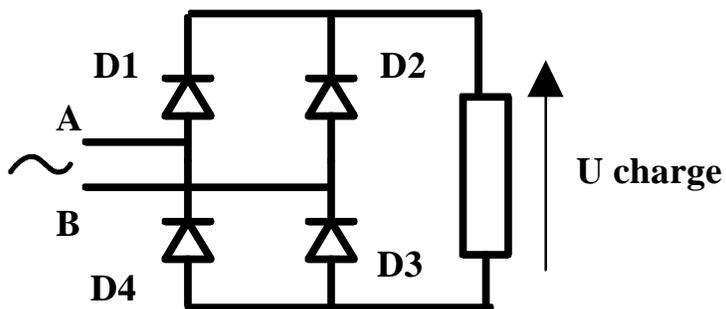
De  $\pi$  à  $\theta$

La diode de roue libre permet d'éliminer la pointe de tension négative aux bornes de la charge.

## LE REDRESSEMENT DOUBLE ALTERNANCE NON COMMANDE

### 1. Sur charge résistive : ( pont de graetz )

Schéma :



Tension et courant dans la charge

Le schéma précédent représente la forme la plus simple du montage redresseur monophasé en pont. Ce schéma est largement utilisé dans les schémas d'électronique, il est composé d'un montage à anode commune (D3, D4) et d'un montage à cathode commune (D1, D2).

La valeur moyenne de la tension aux bornes de la charge vaut :

$$U_R \text{ moy} = 2 V_{\text{max}} / \pi$$

La valeur efficace de la tension aux bornes de la charge vaut :

$$U_R \text{ eff} = V_{\text{max}} / \sqrt{2}$$

Le facteur de forme :

$$U_R \text{ eff} / U_R \text{ moy} = 1,11$$

Durée de conduction de la diode :

$$T/2$$

Fréquence de l'ondulation en sortie :

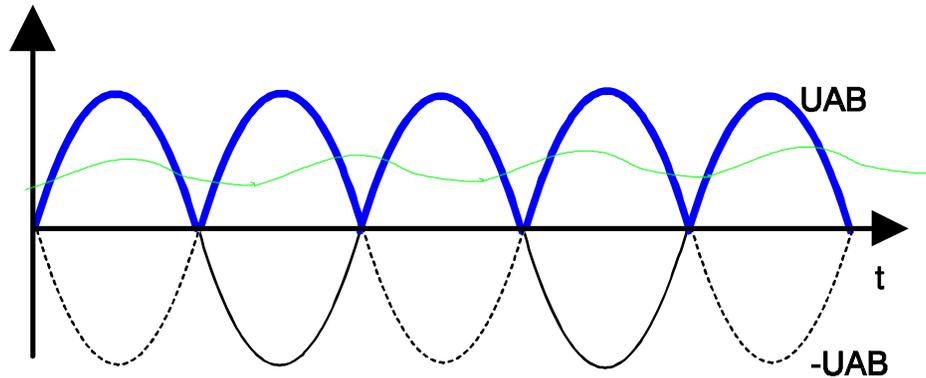
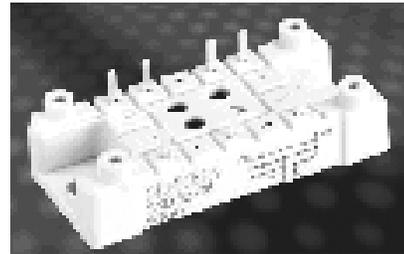
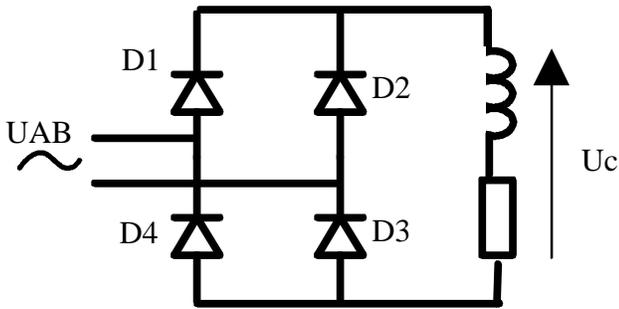
100 Hz

Le facteur de forme :

$UR_{eff} / UR_{moy} = 1,11$

2. Sur charge résistive et inductive :

Schéma :



Tension et courant dans la charge

La valeur moyenne de la tension aux bornes de la charge vaut :

$UR_{moy} = 2 V_{max} / \pi$

La valeur efficace de la tension aux bornes de la charge vaut :

$UR_{eff} = V_{max} / \sqrt{2}$

Le facteur de forme :

$UR_{eff} / UR_{moy} = 1,11$

Durée de conduction de la diode :

$T/2$

Fréquence de l'ondulation en sortie :

100 Hz

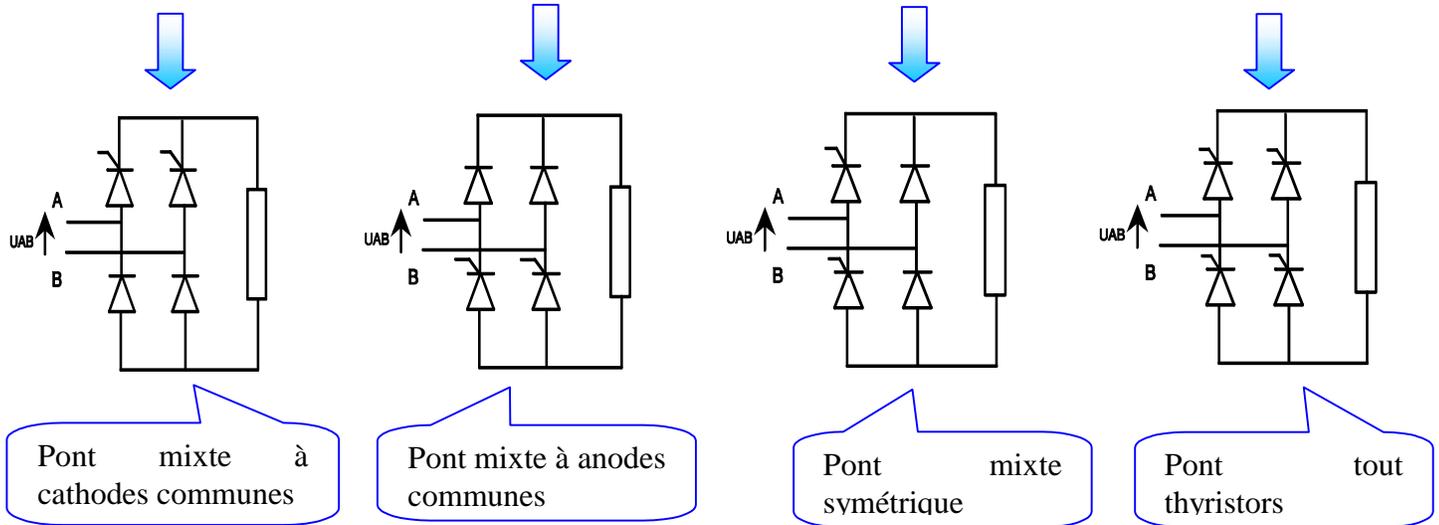
Le facteur de forme :

$UR_{eff} / UR_{moy} = 1,11$

Dans ce montage , le courant dans la charge ne passe pas par zéro , on dit que la cobduction est **continue**.

## LE REDRESSEMENT DOUBLE ALTERNANCE COMMANDE

Généralités : En monophasé , on distingue 4 ponts redresseurs commandés :

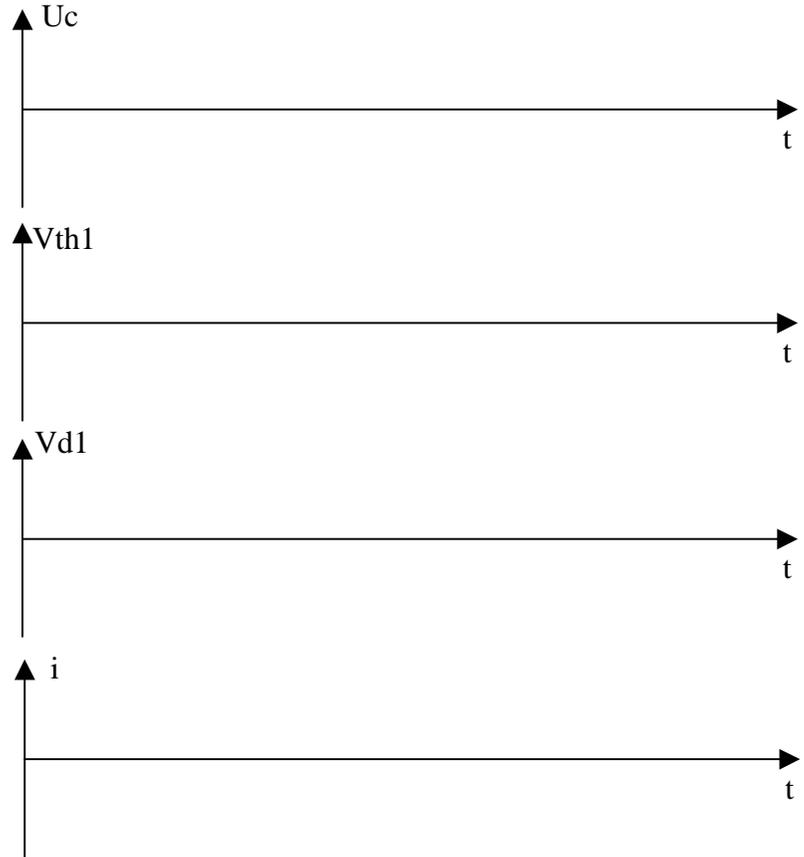
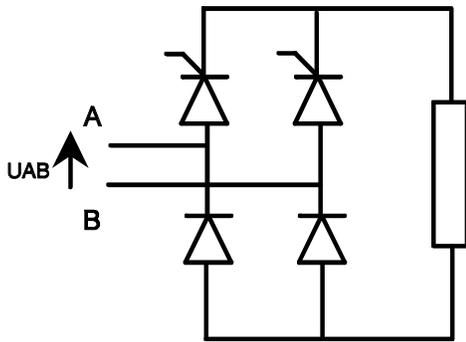


Les 3 premiers montages s'appellent des ponts mixtes parce qu'ils sont composés de 2 diodes et de 2 thyristors. Le plus utilisé industriellement est le pont mixte à cathodes communes . Dans l'étude qui va suivre , on considérera que la conduction est continue au niveau de la charge , que l'inductance de lissage du courant  $i_c$  est suffisamment importante pour négliger les ondulations de courant en sortie.

On appellera :

$\varphi$  : l'angle d'amorçage des différents thyristors.  
 $\pi$  : la demi période de la tension d'entrée  
 $2\pi$  : la période de la tension d'entrée  
 $i_c$  : le courant dans la charge  
 $i_{th}$  : le courant dans un thyristor  
 $i_d$  : le courant dans une diode  
 $i$  : le courant provenant du réseau  
 $V_{th}$  : la tension aux bornes d'un thyristor  
 $V_d$  : la tension aux bornes d'une diode

1. Pont mixte à cathodes communes :



La valeur moyenne de la tension aux bornes de la charge vaut :

$$U_{c \text{ moy}} = (2.V_{\text{max}} / \pi).(1 + \cos \varphi) / 2$$

Durée de conduction d'une diode :

$$\varphi$$

Durée de conduction d'un thyristor :

$$\pi - \varphi$$

Fréquence de la tension de sortie :

$$100 \text{ Hz}$$

Si l'angle d'amorçage est nul alors :

$$U_{c \text{ moy}} = 2.V_{\text{max}} / \pi$$

Si l'angle d'amorçage est maxi alors :

$$U_{c \text{ moy}} = 0$$

Si l'angle d'amorçage est égal à  $\pi/2$  alors :

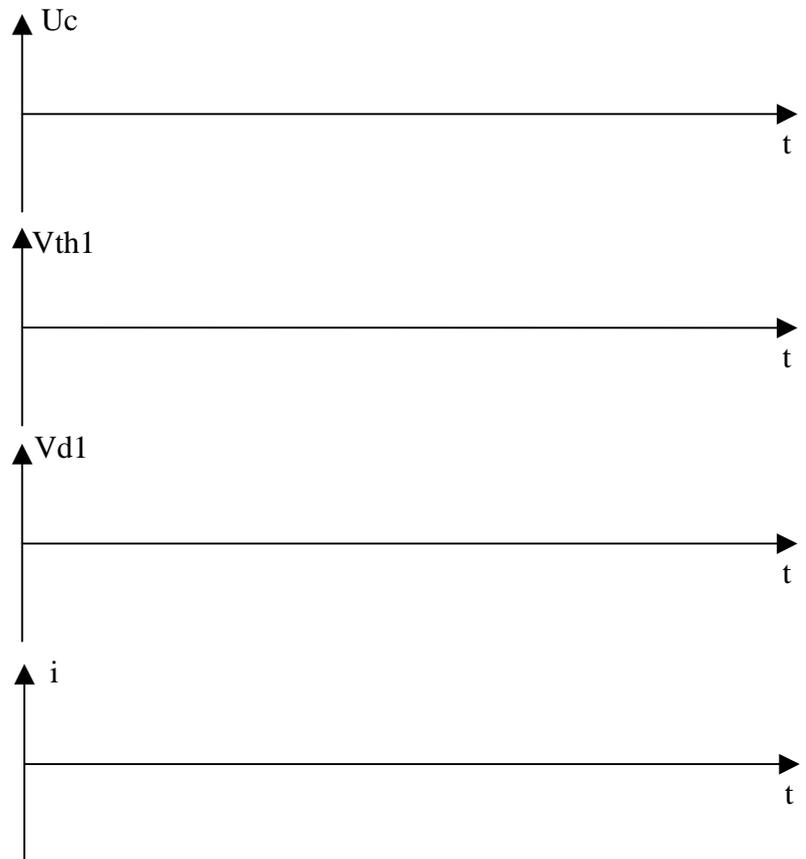
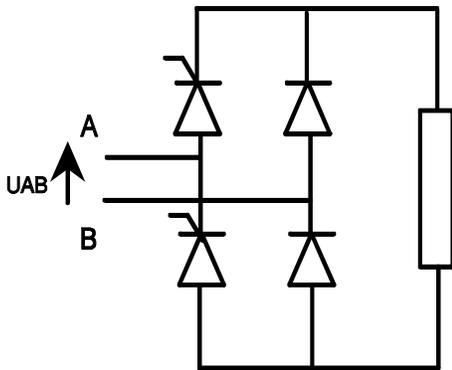
$$U_{cmoy} = V_{max} / \pi$$

Courbe  $U_{cmoy} = f(\varphi)$



Quel que soit l'angle d'amorçage  $\varphi$ , la tension moyenne en sortie sera toujours positive. Le pont mixte fonctionne dans le quadrant 1.

2. Pont mixte à symétrique :



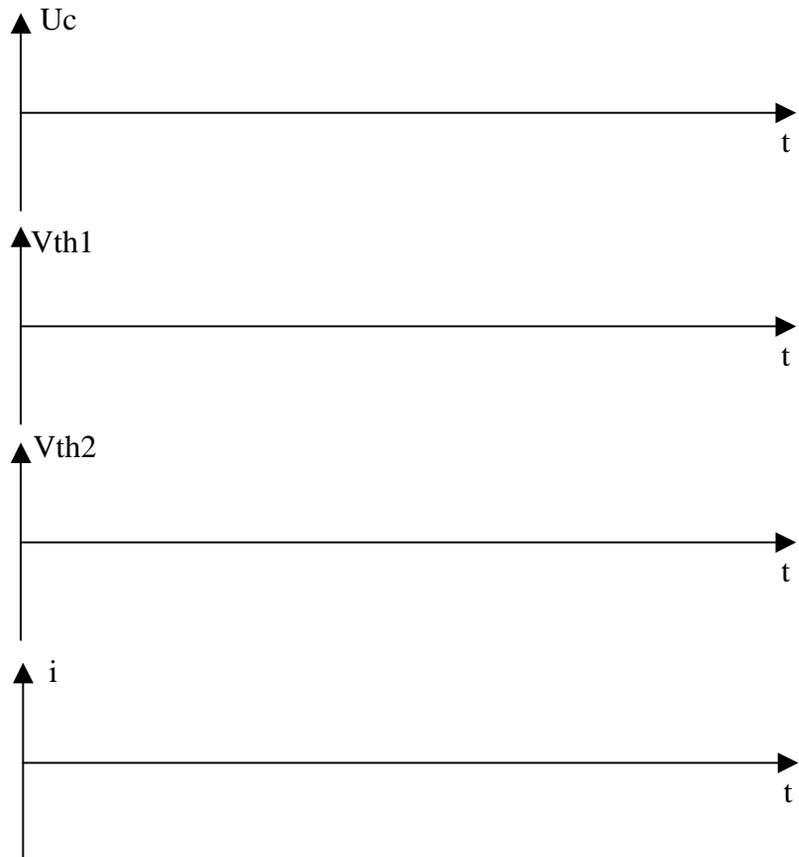
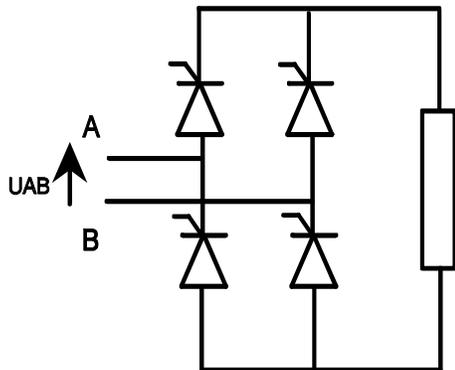
Durée de conduction d'une diode :



Durée de conduction d'un thyristor :

$\pi$

### 3. Pont tout thyristors :



La valeur moyenne de la tension aux bornes de la charge vaut :

$$U_{c \text{ moy}} = (2.V_{\text{max}} / \pi) \cdot \cos \varphi$$

Durée de conduction d'un thyristor :

$$\pi$$

Fréquence de la tension de sortie :

$$100 \text{ Hz}$$

Si l'angle d'amorçage est nul alors :

$$U_{c \text{ moy}} = 2.V_{\text{max}} / \pi$$

Si l'angle d'amorçage est maxi alors :

$$U_{c \text{ moy}} = - 2.V_{\text{max}} / \pi$$

Si l'angle d'amorçage est égal à  $\pi/2$  alors :

$$U_{c \text{ moy}} = 0$$

Allure de  $U_c$  pour  $\varphi = \pi / 2$  :

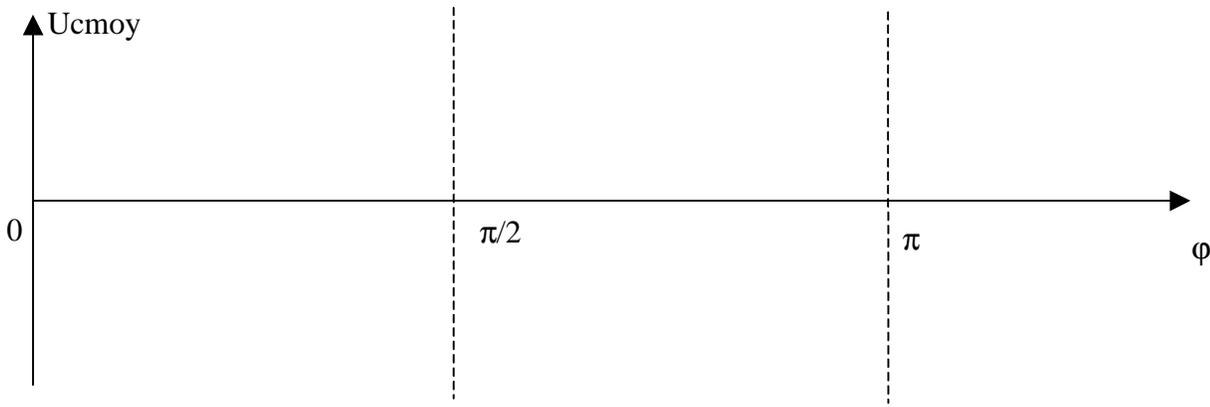


Allure de  $U_c$  pour  $\varphi = 3\pi / 2$  :



En fonction de l'angle d'amorçage  $\varphi$  la tension moyenne peut varier de  $2.V_{max} / \pi$  à  $- 2.V_{max} / \pi$

Courbe  $U_{cmoy} = f(\varphi)$



$U_{cmoy} > 0$   
 $P_c = U_c \cdot I_c > 0$   
 La charge absorbe de la puissance.  
 L'énergie va du réseau vers la charge.  
 Le pont fonctionne en redresseur dans le quadrant 1

$U_{cmoy} < 0$   
 $P_c = U_c \cdot I_c < 0$   
 La charge fournit de la puissance.  
 L'énergie va de la charge vers le réseau  
 Le pont fonctionne en onduleur dans le quadrant 4

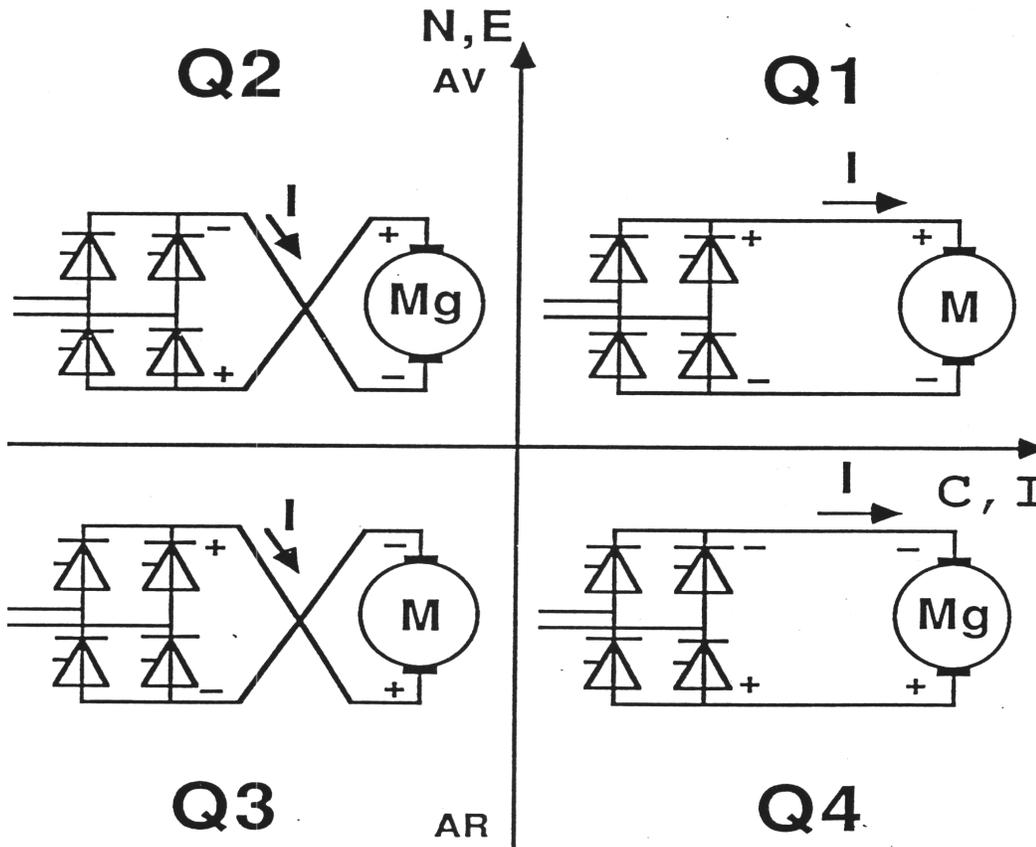
**Entrainement des machines à courant continu en vitesse variable.**

M.

La machine fonctionne en **moteur**

La machine fonctionne en **générateur**

Fonctionnement en 4 quadrants :



**Service à 1 quadrant :**

Les entrainements à 1 quadrant ne sont adaptés qu'au service moteur (quadrant 1 et/ou 3). Si les 2 sens de rotation sont nécessaires, sans freinage, on réalise l'arrêt du moteur puis une inversion de polarité de l'induit.

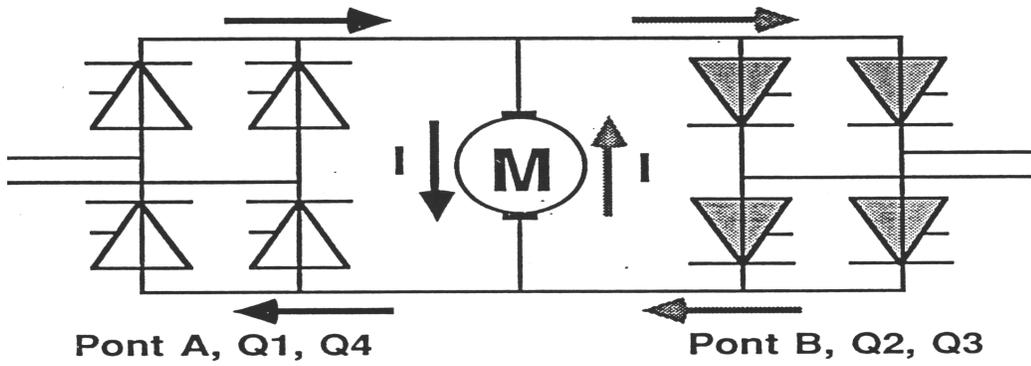
**Service à 2 quadrants :**

Les entrainements à 2 quadrants travaillent dans les quadrants 1 et 4 ou 3 et 2. Le moteur a 2 sens de marche et un seul sens de couple.

**Service à 4 quadrants :**

Ce type d'appareil travaille avec 2 sens de couple et 2 sens de marche.

**MONOPHASE**



**TRIPHASE**

