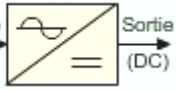
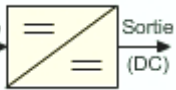
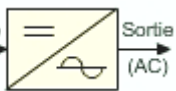
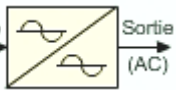


I) Introduction:

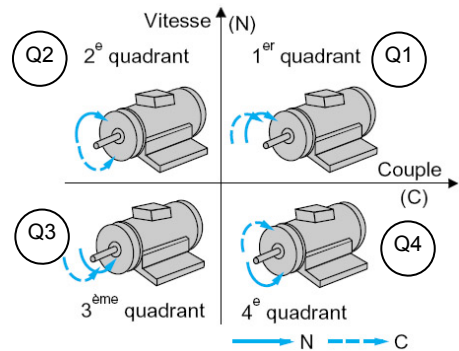
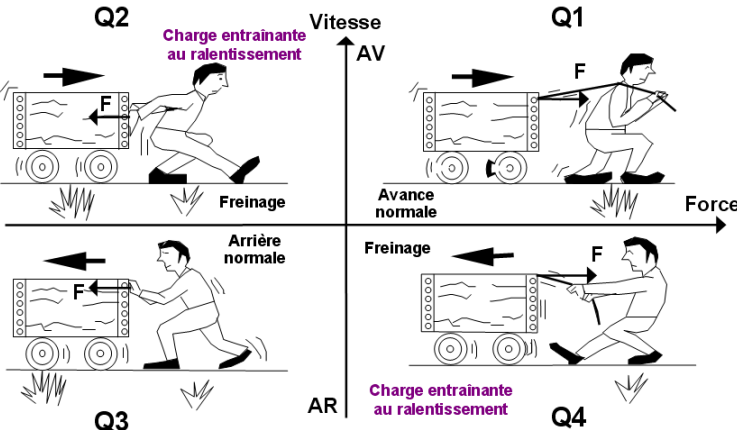
a- Classement des convertisseurs statiques permettant de moduler l'énergie électrique

Le tableau ci dessous présente un classement des convertisseurs statiques en fonction de leurs types d'entrées et de sorties.

Symbole	Fonction	Désignation
	Convertisseur Alternatif (AC) - Continu (DC)	Redresseur
	Convertisseur Continu (DC) - Continu (DC)	Hâcheur
	Convertisseur Continu (DC) - Alternatif (AC)	Onduleur
	Convertisseur Alternatif (AC) - Alternatif (AC)	Gradateur
	Convertisseur Alternatif (AC) - Alternatif (AC)	Cyclo-convertisseur

b- Quadrants de fonctionnement d'une chaîne de conversion d'énergie :

Mouvement horizontal



- Si le produit de la vitesse par la force (*) est positif
=> fonctionnement en moteur → Q1, Q3

- Si le produit de la vitesse par la force est négatif
=> fonctionnement en générateur → Q2, Q4

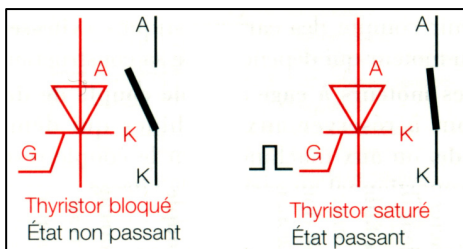
* ou le couple dans le cas d'une rotation

c- Composants électroniques utilisés dans les convertisseurs statiques :

La modulation d'énergie met en œuvre des composants électroniques, appelés interrupteurs statiques, capables d'établir ou d'interrompre une connexion entre deux points d'un montage assurant un transfert d'énergie.

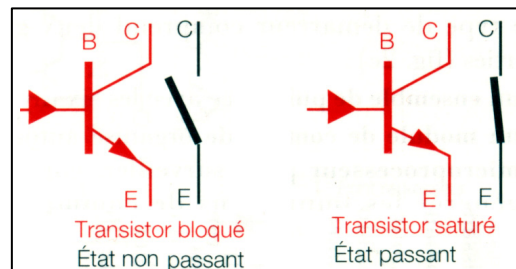
Deux grandes familles de composants sont utilisées :

Le thyristor :



Sans impulsion sur G (IG=0) et Iak=0, le thyristor se bloque : état non passant.
Impulsion sur G et Vak>0, le thyristor conduit : état passant.

Le transistor



Ib=0, le transistor est bloqué : état non passant.
Ib=Ibsaturation, le transistor est saturé : état passant.
Nota : le transistor présente plusieurs sous-familles parmi lesquelles on distingue, pour l'utilisation en commutation, les types suivants :

- bipolaire (décrit ci-dessus)
- MOS-FET - IGBT ...

II) La conversion alternatif – continu : le redresseur commandé

Le redresseur commandé assure directement la conversion de l'alternatif en continu.

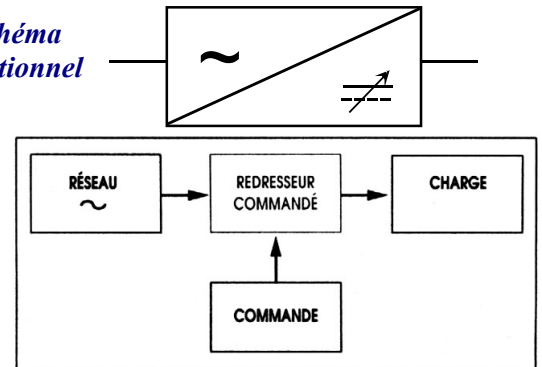
Il s'intercale entre :

- le réseau alternatif,
- et le récepteur de courant continu : moteur, accumulateur en charge, ...

Un redresseur commandé est réalisé en substituant des thyristors aux diodes d'un montage redresseur.

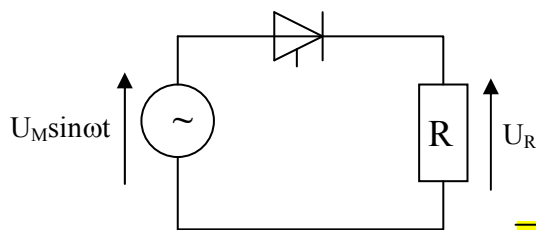
L'action sur la durée de conduction des thyristors permet la variation de la tension moyenne redressée.

Schéma fonctionnel



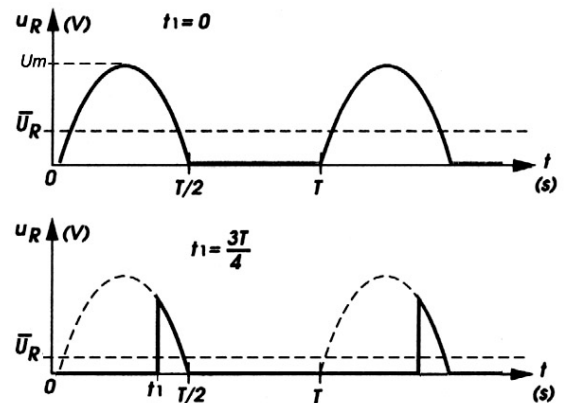
Utilisation du redresseur commandé

Redresseur simple alternance :



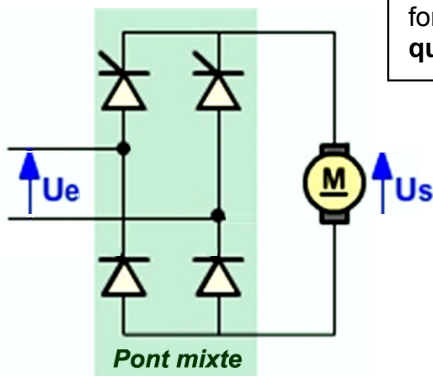
$$\bar{U}_R = (U_m/2\pi) \cdot (1 + \cos(\omega \cdot t_1))$$

$$\text{avec } \omega = 2\pi f = 2\pi/T$$

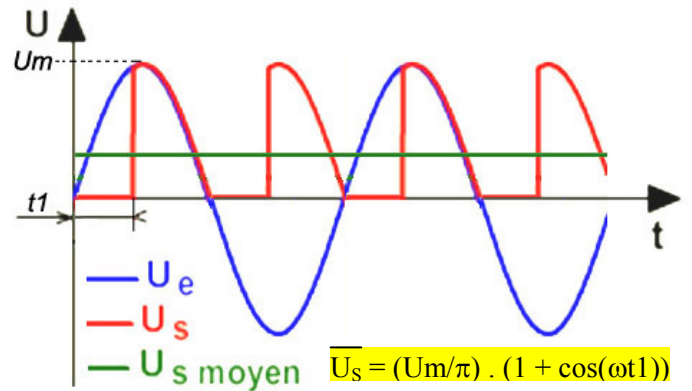


Redresseur double alternance :

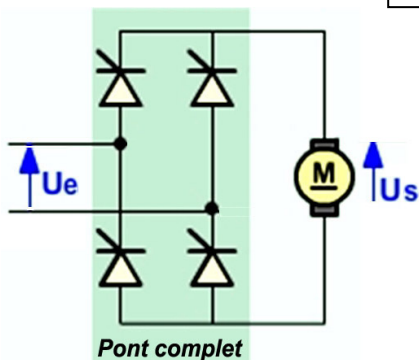
Pont mixte :



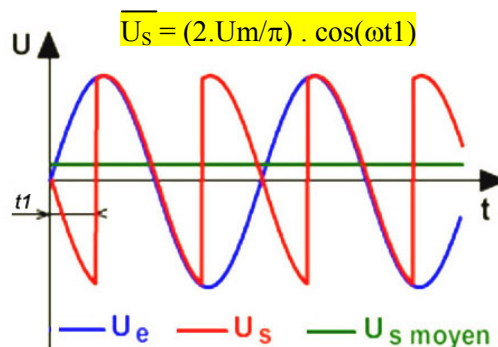
Cette structure ne permet de fonctionner que dans le quadrant Q1 (cf §I-b)



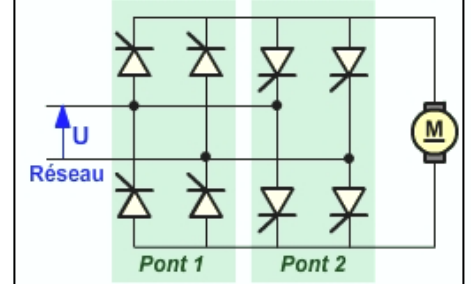
Pont complet :



Cette structure permet de fonctionner dans les quadrants Q1 et Q4 (cf §I-b) (réversibilité en tension)



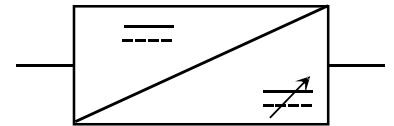
Afin de travailler dans 4 quadrants, on peut utiliser une structure en double ponts complets. Ainsi le courant pourra être positif ou négatif.



III) La conversion continu – continu : le hâcheur (série)

Le hâcheur assure directement la conversion du continu fixe en continu de valeur moyenne variable.

Schéma fonctionnel

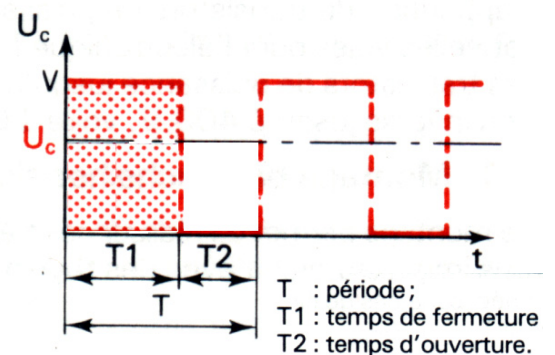
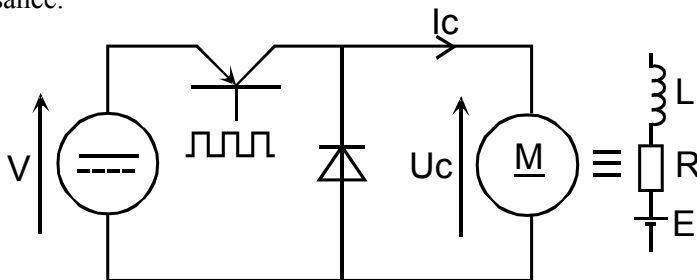


Le choix du type de hacheur dépend des quadrants de fonctionnement (cf §I-b) de la machine à courant continu souhaités.

Type de hacheur	Schéma de la structure	Commentaires
1 Quadrant		Il s'agit du hacheur série : cette structure ne permet de fonctionner que dans le quadrant Q1
2 Quadrants		Il s'agit d'un hacheur série associé à des contacteurs d'inversion des polarités de l'induit permettant un fonctionnement dans les quadrants Q1 et Q3.
2 Quadrants		Cette première structure "deux quadrants" permet de fonctionner dans Q1 et Q4 (hâcheur réversible en tension)
2 Quadrants		Cette deuxième structure "deux quadrants" permet de fonctionner dans Q1 et Q2 (hâcheur réversible en courant)
4 Quadrants		La structure en H permet de fonctionner dans les 4 quadrants : Q1, Q2, Q3, Q4

Exemple : hâcheur série + moteur électrique à courant continu

Une source continue alimente un moteur par l'intermédiaire d'un transistor de puissance.



La tension aux bornes du moteur a 2 valeurs:

$0 < t < T1$: état passant, $U_c = V$

$T1 < t < T$: état bloqué, $U_c = 0$ (*)

* $U_c = 0$ si le courant I_c ne s'annule pas car si $I_c = 0 \Rightarrow U_c = E$ et

les formules de \bar{U}_c et \bar{I}_c ci-contre ne sont plus vraies

On pose $\alpha = \text{rapport cyclique} = T1/T$

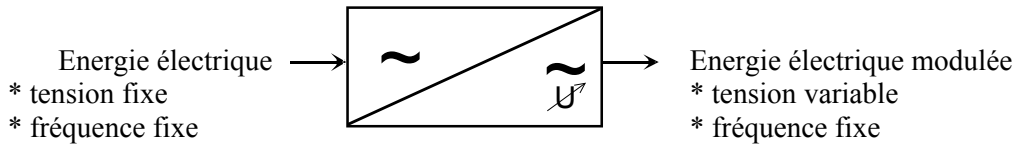
• $\bar{U}_c = \alpha \cdot V$

• $\bar{I}_c = (\alpha \cdot V - E) / R$

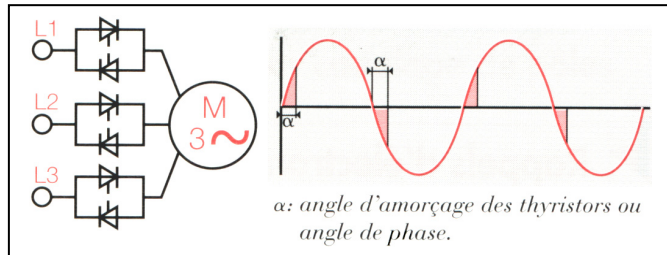
IV) La conversion alternatif – alternatif : le gradateur

Le gradateur assure directement la conversion d'une tension alternative fixe en tension alternative de valeur efficace variable.

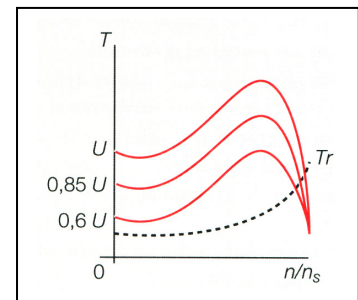
a) Fonction :



b) Principe : (démarrateur progressif pour moteur asynchrone)



Le gradateur est composé de 6 thyristors montés en tête-bêche par deux dans chaque phase du réseau.



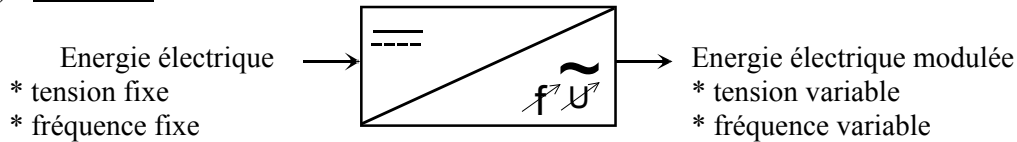
Le gradateur délivre une tension qui varie progressivement fréquence fixe, pour démarrer ou ralentir un moteur.

Le couple T du moteur varie comme le carré de la tension **$T = k \cdot U^2$**

Autres applications : chauffage, éclairage

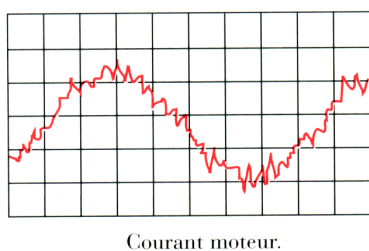
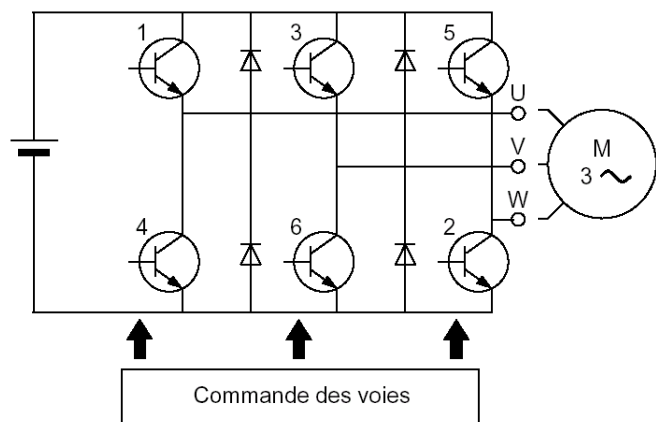
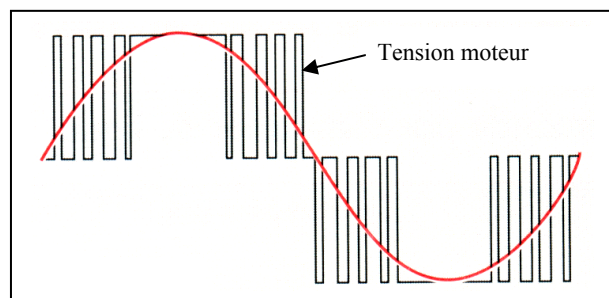
V) La conversion continu – alternatif : l'onduleur autonome

a) Fonction :



b) Principe de l'onduleur pour moteur asynchrone :

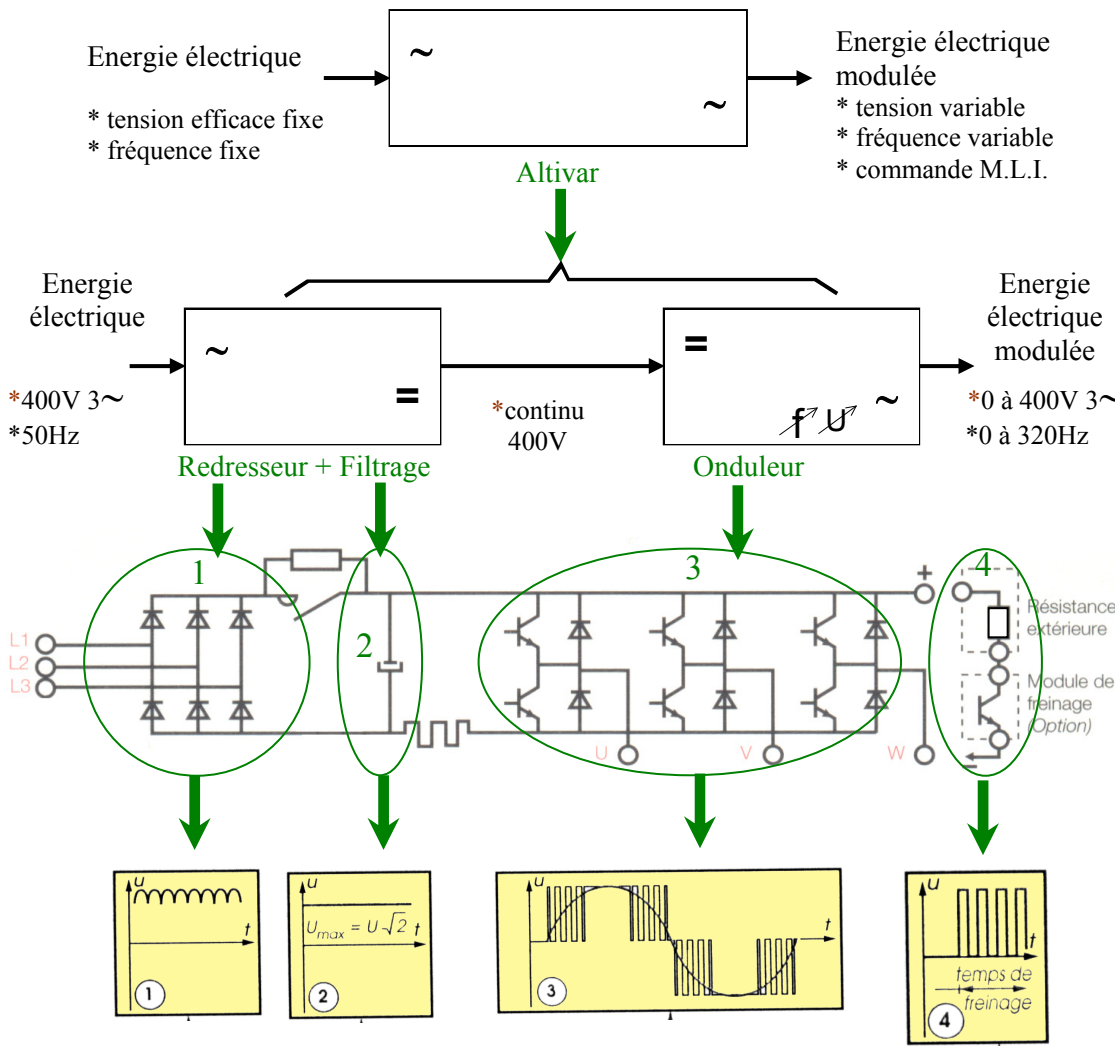
La tension appliquée au moteur est obtenue par un découpage d'une tension fixe suivant le mode M.L.I (modulation de largeur d'impulsion).



La variation de la fréquence de la tension moteur entraîne une variation de la vitesse de ce dernier. La rotation de ce moteur est sans à-coup, y compris à très basse vitesse car la forme du courant est proche de la sinusoïde.

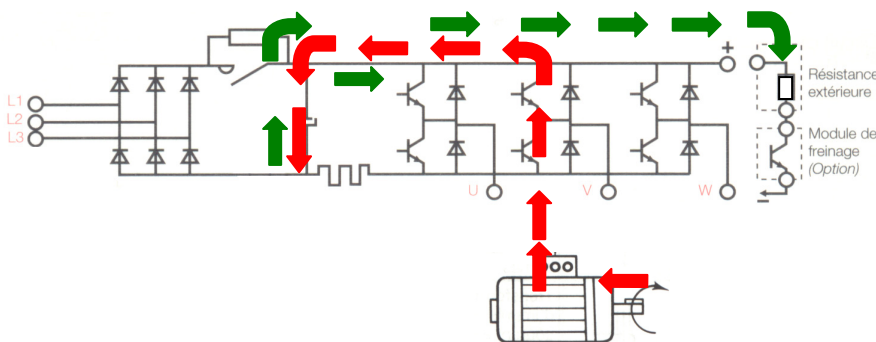
VI) Le variateur de vitesse industriel pour moteur asynchrone (type "ALTIVAR") :

Le variateur de vitesse industriel pour moteur asynchrone triphasé est constitué de deux convertisseurs électroniques de base (redresseur non commandé + onduleur).



1. le pont redresseur : il est composé de 6 diodes, sa fonction est de redresser la tension d'alimentation, (réseau monophasé ou triphasé).
2. le condensateur : sa fonction est de filtrer la tension redressée. La tension filtrée est alors parfaitement continue.
3. l'onduleur de tension : il est composé de 6 transistors de puissance et de 6 diodes. Sa fonction est de créer un réseau triphasé à fréquence et tension variables selon le principe de la commande M.L.I. sinus (cf §V-b)

4. le module de freinage : sa fonction est de limiter la tension aux bornes du condensateur lors d'une phase de restitution d'énergie (chaîne inverse).



➡ Phase de freinage, la charge via le moteur restitue de l'énergie à l'altivar. Le condensateur de filtrage emmagasine de l'énergie. Il se charge. L'énergie ne peut pas être restituée au réseau car le pont de diodes est unidirectionnel (1 sens du courant).

➡ Le condensateur se décharge lorsque sa tension atteint un certain seuil : il

fournit de l'énergie au module de freinage. Cette énergie est consommée par la résistance extérieure.

- Le circuit de commande : Le circuit de commande est entièrement géré par un microprocesseur qui permet de générer les signaux de pilotage, paramétrer le variateur, mesurer des grandeurs électriques (tensions, courant...) et détecter des défauts internes et externes.