

# CHAPITRE 7

## CRITÈRE DE CHOIX D'UN VARIATEURS DE VITESSE POUR MACHINES ÉLECTRIQUES

Un variateur de vitesse est un appareil électronique permettant la régulation ou la commande de la vitesse des moteurs électrique

La structure, le principe physique, la technologie mise en jeu dans le variateur dépendent essentiellement du moteur utilisé.

Il existe 3 types de moteur électrique selon des choix physiques différents :

Le moteur à courant continu

Le moteur synchrone

Le moteur asynchrone

Les applications de la variation de vitesse sont très vastes (de la robotique au TGV), d'où l'existence d'une multitude de variateurs de vitesse. On peut citer quelques fabricants : Télémécanique, Siemens, Danfoss, Cégélec, CGE, Mitsubishi....

# CHOIX D'UN VARIATEUR DE VITESSE ÉLECTRONIQUE

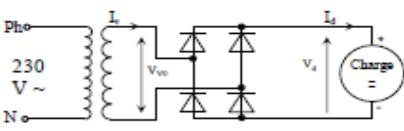
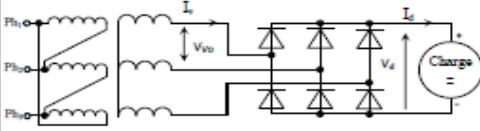
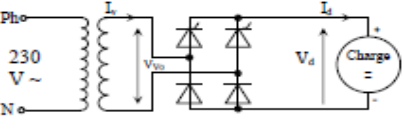
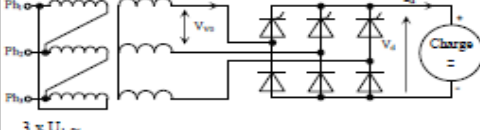
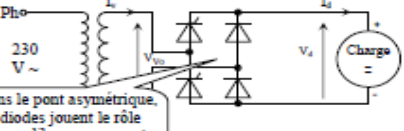
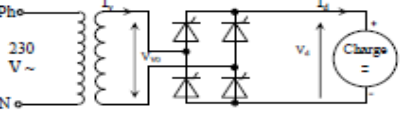
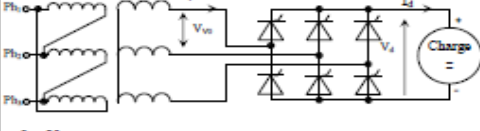
Un variateur de vitesse est défini en 2 temps

d'abord sur une technologie

Ensuite, à la gamme adaptée

Ce chapitre représente **le minimum** de ce qui doit être compris pour être capable de mener un **projet de choix d'un variateur de vitesse** ou **le maximum** de ce qui est **tolérable** pour comprendre ce qu'il y a dedans.

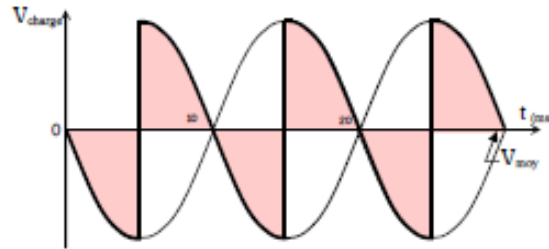
# LE REDRESSEUR

<b>Pont redresseur non commandé (tout diode)</b>	
 $V_d = 2 \cdot \frac{V_{Vomax}}{\pi}$ $= 2 \sqrt{2} \cdot \frac{V_{Vo}}{\pi}$	 $V_d = 3 \cdot \frac{V_{Vomax}}{\pi}$ $= 3 \sqrt{2} \cdot \frac{V_{Vo}}{\pi}$
<b>Pont redresseur commandé mixte symétrique (par rapport à un axe vertical)</b>	
	
<b>Pont redresseur commandé mixte asymétrique</b>	<b>Tension moyenne aux bornes de la charge</b>
 <p style="font-size: small; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;">Dans le pont asymétrique, les diodes jouent le rôle de roue libre au moment du blocage des thyristors</p>	<p><b>Pont mixte :</b></p> $V_d \text{ pont mixte commandé} = V_d \text{ pont de diodes} \cdot \frac{(1 + \cos \alpha)}{2}$ <p><b>Pont complet (tout thyristor) :</b></p> $V_d \text{ pont complet commandé} = V_d \text{ pont de diodes} \cdot \cos \alpha$ <p style="text-align: center;">avec <math>-1 \leq \cos \alpha \leq +1</math> et <math>\alpha</math> angle de conduction du thyristor</p>
<b>Pont redresseur complet ou pont tout thyristor (onduleur assisté)</b>	
	

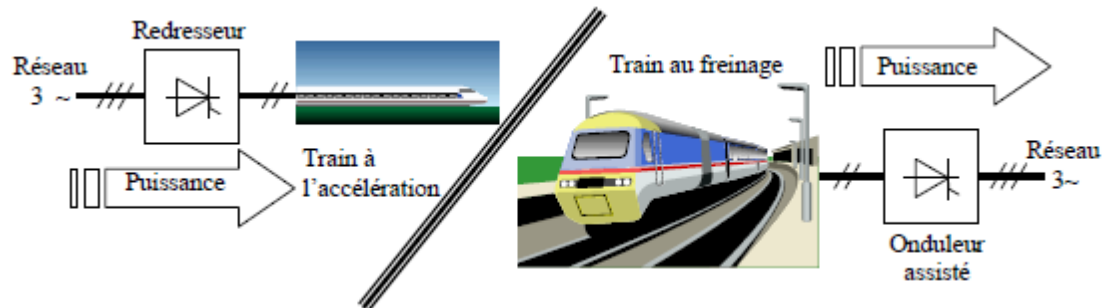
# L'ONDULEUR

## L'ONDULEUR ASSISTÉ

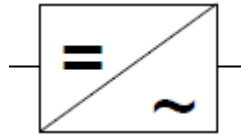
L'évolution de la **tension** dépend de **l'angle de retard** des thyristors, dans le pont tout thyristor, la tension moyenne  $V_d$  peut devenir **négative** : le **récepteur** devient donc **générateur**



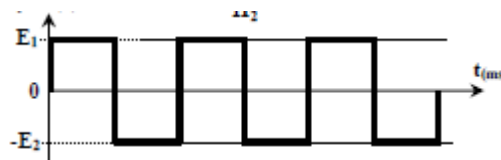
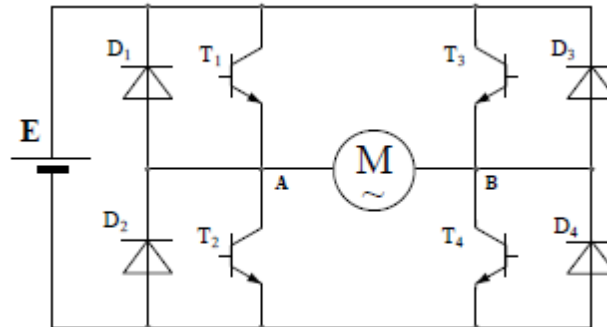
Exemple d'utilisation d'onduleur assisté



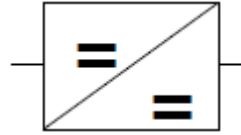
## L'ONDULEUR AUTONOME



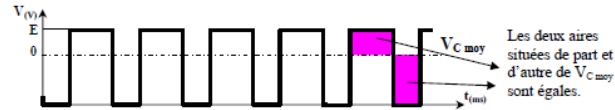
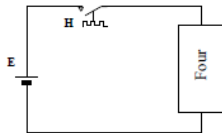
L'onduleur autonome crée une tension alternative variable (ou fixe), de fréquence variable (ou fixe) à partir d'une tension continue



# LE HACHEUR



Un hacheur a pour rôle de fournir une tension continue variable à partir d'une tension continue fixe



## Principe du hacheur

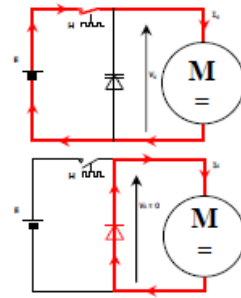
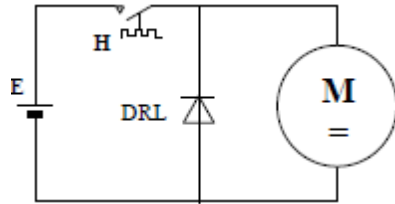
La base d'un transistor reçoit un courant  $I_B$ , il devient passant pendant un temps  $t_1$ . Et puis, la base n'est plus alimentée et il se bloque pendant un temps  $t_2$ . Ensuite, le composant H redevient passant pour un temps  $t_1$

Tension de sortie  $\langle V_{ch} \rangle = \frac{t_1}{T} \times V_{rés} = \alpha \times E$

$\alpha$  Rapport cyclique du hacheur

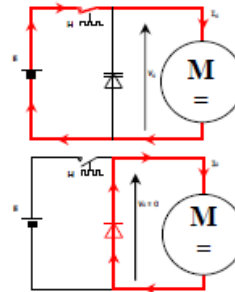
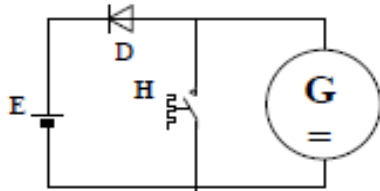
Il existe deux sortes de hacheur :

### Le hacheur série (abaisseur ou dévolteur)

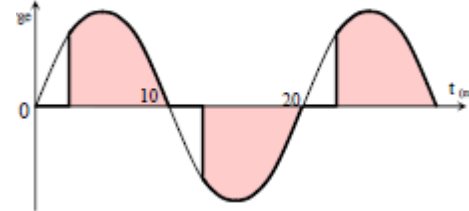
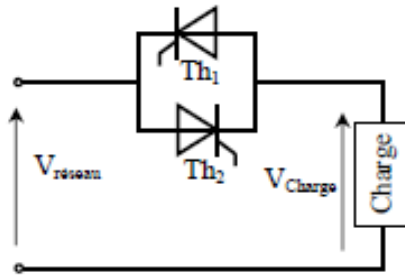


$$\langle V_{ch} \rangle = \alpha \times E$$

### Le hacheur parallèle (élevateur ou survolteur)



# LE GRADATEUR



Un gradateur permet de fournir, à partir d'un courant alternatif de tension fixe, une tension alternative de valeur réglable.

Il existe deux sortes de gradateur :

## GRADATEUR A ANGLE DE PHASE

### Principe

Les gâchettes des thyristors sont commandées avec un retard  $\frac{\alpha \times T}{2\pi}$  compris entre 0 et  $T/2$  correspondant à un angle de phase ou angle d'amorçage compris entre 0 et  $\pi$  radians.

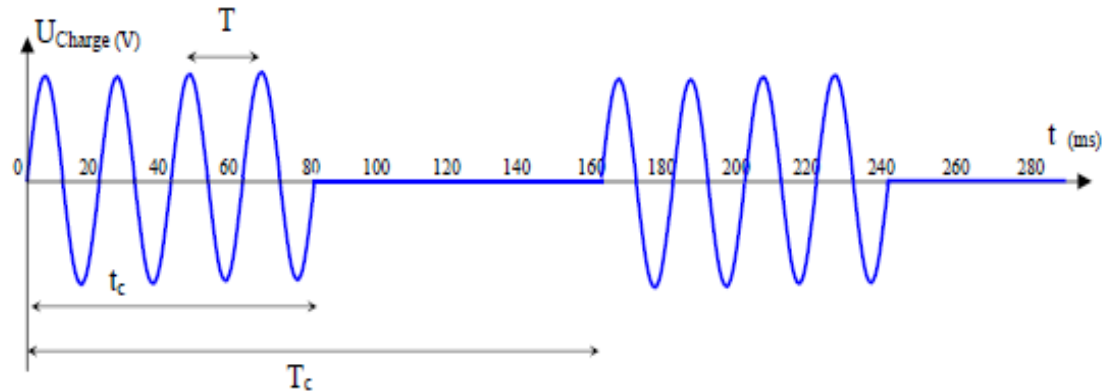
Si  $\alpha = 0$ , la sinusoïde est complète.  $V_{ch} = V_{réseau}$

Si  $\alpha = \pi$ , les thyristors sont amorcés au moment du changement d'alternance.  $V_{ch} = 0$

Pour a quelconque,  $V_{ch} = V_{rés} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$

## GRADATEUR A TRAIN D'ONDES

C'est un appareil qui, alimenté sous une tension sinusoïdale de valeur efficace constante, fournit à la charge des salves de tension de manière à faire varier la valeur efficace de la tension aux bornes de la charge.



$T$  : période de la tension source ( secteur )

$T_{on}$  : durée du train d'onde ( salve )

$T_c$  : période de modulation

Plus  $t_c$  se rapproche de  $T_c$  et plus  $V_{ch}$  est proche de  $V_{réseau}$ . Pour exprimer cela on a défini  $\tau$

Pour obtenir la puissance moyenne fournie au récepteur, il suffit d'écrire :  $\langle P \rangle = \tau \times P_{nom}$

# QUESTIONS DE COURS

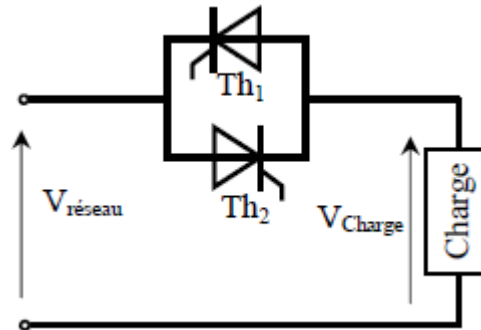
## Gradateurs

Q1. Quels sont les deux types de gradateurs ?

R1. A angle de phase et à train d'ondes.

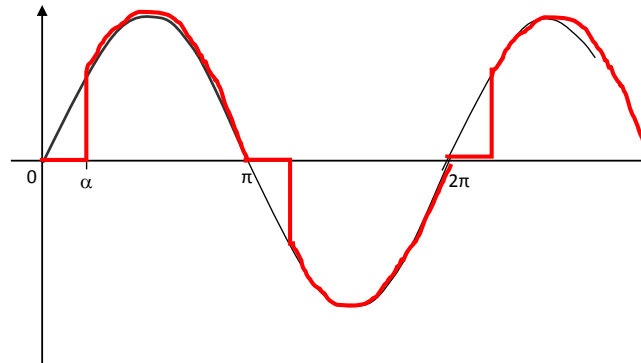
Q2. Dessiner le schéma de principe du gradateur à angle de phase

R2.



Q3. Dessiner la tension aux bornes de la charge en fonction de  $\alpha$ .

R3.



Q4. Donner la formule de la tension aux bornes de la charge

R4

$$V_{ch} = V_{rés} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

Q5. Expliquer le principe du gradateur à train d'ondes

R5. On laisse passer le courant pendant un temps  $t_c$  (temps de conduction, puis on bloque pendant un certain temps).

Q6. Donner la définition du rapport cyclique en expliquant chacun des paramètres

R6 Le rapport  $\frac{t_c}{T}$  est appelé rapport cyclique du gradateur et souvent noté  $\alpha$  où T indique la période de commande et  $t_c$  temps de conduction.

Q7. Quels sont les deux critères de choix d'un gradateur ?

R7. La puissance et le type de récepteur.

**Exercice 1.7** Un gradateur à angle de phase alimenté en 230V/50 Hz commande une charge résistive de  $46\Omega$ . Donnez  $I_c$  et  $P_c$  pour:  $\alpha=0$  et  $\alpha=120^\circ$  où  $\alpha$  désigne l'angle de commande des thyristors

**Corrigé**

$$I_c(\alpha = 0^\circ) = \frac{V_c}{R} = \frac{230}{46} = 5A \quad P_c(\alpha = 0^\circ) = R \times I_c^2 = 46 \times 5^2 = 1150W$$

$$I_c(\alpha = 120^\circ) = \frac{V_c}{R} = \frac{230 \times 0,44}{46} = 2,23A \quad P_c(\alpha = 120^\circ) = R \times I_c^2 = 46 \times 2,23^2 = 228,75W$$

**Exercice 2.7** Un gradateur train d'ondes, est alimenté par le secteur (230V/50 Hz). La commande a une base de temps de 1.5s.

Ce gradateur commande une charge résistive de puissance nominale  $P=1$  kW.

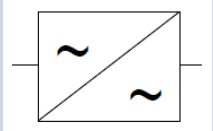
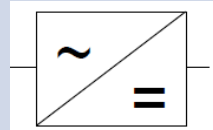
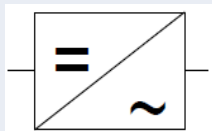
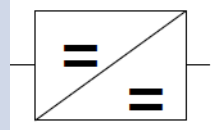
On veut régler la puissance de charge à 650 W.

Calculer le rapport cyclique  $\tau$  de la commande. Calculer  $t_c$

$$\tau = \frac{P_{moy}}{P_{max}} = \frac{650}{1000} = 0,65$$

$$\tau = \frac{t_c}{T} \rightarrow t_c = \tau \times T = 0,65 \times 1,5 = 0,97 \text{ sec}$$

# QUESTIONS DE COURS

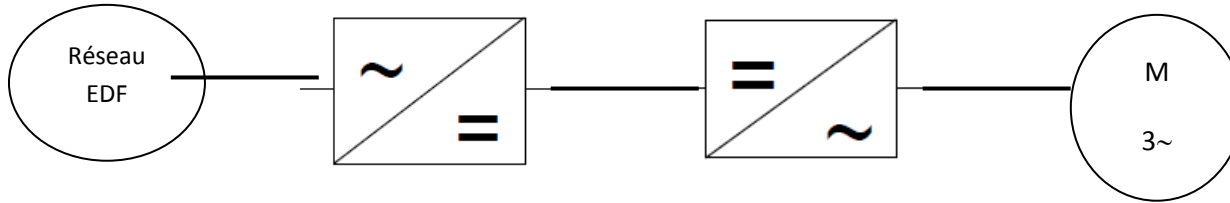
Tension d'entrée	Symbole	Tension de sortie	Fonction	Applications
Alternative		Alternative	Gradateur, cyclo-convertisseur	Démarrage, variation de vitesse, variation éclairage, fours électriques
		Continue	Redresseur commandé ou non	Récepteurs en continu, vitesse variable
Continue		Alternative	Onduleur autonome ou assisté	Vitesse variable et alimentation en alternatif
		Continue	Hacheur	Variation de vitesse des MCC

# COMMANDE DE LA MACHINE ASYNCHRONE

commande scalaire	commande vectorielle
modèle régime permanent + simple à implanter -dynamique lente	modèle régime transitoire + précise et rapide + contrôle du couple à l'arrêt + chère (capteur de position du rotor/stator ou estimateur de vitesse, DSP, . . .
contrôle des grandeurs en amplitude	contrôle des grandeurs en amplitude et en phase

## Questions de cours

Compléter le synoptique de constitution d'un variateur de vitesse alternatif



Q1. Quels sont les deux types de commande ?

R1. Commande scalaire à U/f ou commande vectorielle.

Q2. Quel est l'avantage de la commande vectorielle ?

R2. Elle permet de maîtriser les oscillations du couple instantané et donc traiter les régimes transitoires

## Exercice

Un moteur asynchrone à cage 7kW - 400V - 1480tr/min – 50 Hz

Calculer la fréquence et l'amplitude de la tension à laquelle il faut alimenter le moteur pour qu'il tourne à 1000 tr/min au couple nominal ;

## Corrigé

$$U = 400V; f = 50Hz; P_u = 7kW; p = 2; N_s = 1500tr / \text{min}; N_{nom} = 1480tr / \text{min}$$

$$\frac{U}{f} = \frac{U_1}{f_1} = \frac{400}{50} = 8V / Hz = \text{fixe}$$

$$N_s - N_{nom} = N_{s1} - N_1 = 1500 - 1480 = 20tr / \text{min} = \text{fixe}$$

$$N_{s1} = N_1 + 20 = 1000 + 20 = 1020tr / \text{min}$$

$$f_1 = p \times \frac{N_{s1}}{60} = 2 \times \frac{1020}{60} = 34Hz$$

$$U_1 = f_1 \times \frac{U}{f} = 34 \times \frac{400}{50} = 272V$$

**FIN**