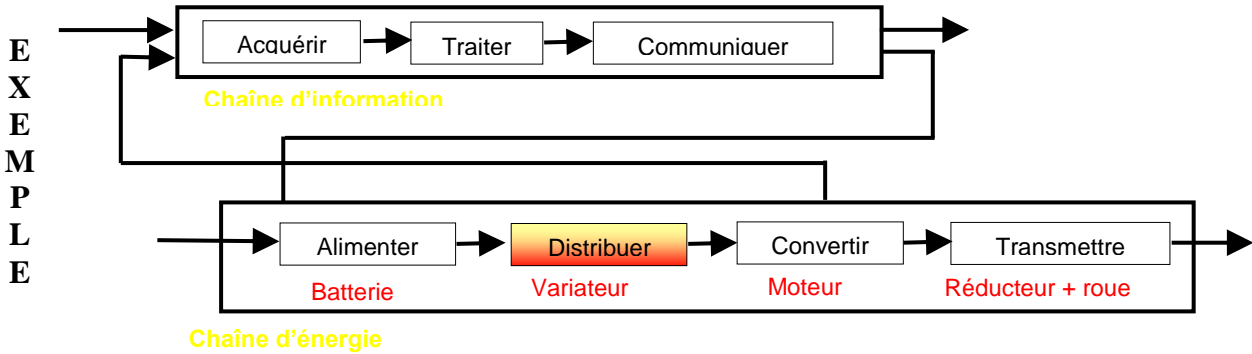


# LA VARIATION DE VITESSE

**LIAISON REFERENTIEL B.122 Les circuits de puissance Thèmes : E5 – Liaison entre chaîne d'énergie et chaîne d'information  
E6 – La commande modulée de la chaîne d'énergie**

**Centre d'intérêt : C18 Pilotage, contrôle et comportement d'un système pluritechnologique  
I5 : Commande de la chaîne d'énergie**



## 1- PRESENTATION - DEFINITION :

La chaîne d'information reçoit les informations, les traite, élabore des ordres de pilotage adressés à la chaîne d'énergie, et génère des comptes rendus.

De l'exemple ci-dessus, la fonction qui permet de transmettre la puissance est le bloc distribuer. On peut distribuer l'énergie de deux façons :

- .....
- .....

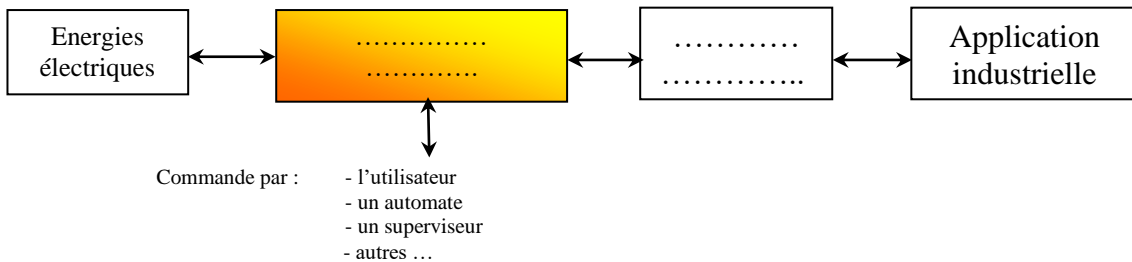
Aujourd'hui, le monde industriel a besoin de plus en plus d'applications nécessitant un système à vitesse variable. La solution qui est de plus en plus retenue est la motorisation électrique car les progrès en électronique de puissance permettent maintenant la modulation d'énergie électrique.

- Exemples:
- Traction électrique ( trains, voitures électriques, métro),
  - Levage ( ascenseurs, grues),
  - Propulsion de navires.
  - Pompage, compression, ventilation etc...

Il existe trois types de moteurs, très utilisés en variation de vitesse:

- .....
- .....
- .....

Pour chacun de ces moteurs, il a fallu concevoir un variateur tenant compte de ses caractéristiques et de sa technologie. Voici un synoptique général applicable à n'importe quelle motorisation:



Tout variateur électronique agit en convertisseur d'énergie électrique. Sa structure est fonction:

- ☐ de la nature du .....
- ☐ des niveaux de .....
- ☐ des performances exigées: ....., ...
- ☐ .....



## 2. Variation de vitesse pour moteurs à courant continu

La variation de vitesse des moteurs à courant continu met en œuvre deux types de modulateurs d'énergie :

Dans les deux cas, il est appliqué au moteur .....

### 2.1 Le hacheur.

Le hacheur est un commutateur électronique à fonctionnement périodique.

Il s'intercale entre :

- ▶ ..... : batterie, alimentation stabilisée, redresseur,...
- ▶ ..... : moteur, accumulateur en charge,...

A la sortie de ce modulateur, la charge est soumise périodiquement :

- ▶ A une tension constante pendant une durée  $t_0$ ,
- ▶ A une tension nulle pendant le reste de la période, soit  $T-t_0$ .

La tension moyenne appliquée à la charge dépend :

- ▶ de la **f. e. m. E** du générateur d'alimentation,
- ▶ du rapport cyclique  $\alpha$  :  $\alpha = t_0/T$

Le redresseur commandé. .....

### 2.2 Le redresseur commandé.

**Le redresseur** .....

Il s'intercale entre :

- ▶ le .....,
- ▶ un récepteur de courant continu : .....

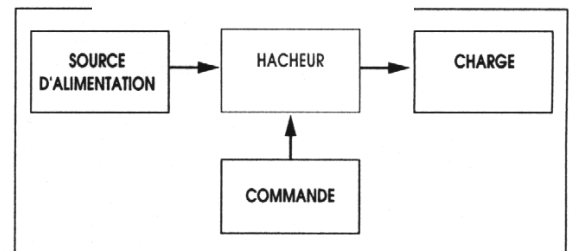
Un redresseur commandé est réalisé en substituant ..... d'un montage redresseur (**un thyristor est un interrupteur commandé**).

L'action sur la **durée de conduction** des thyristors permet .....

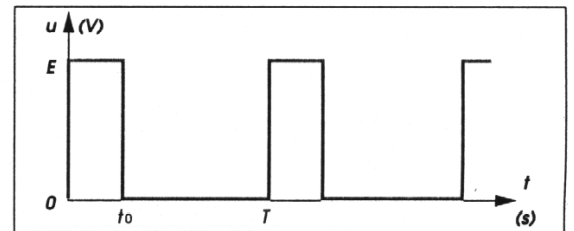
.....



*Schéma fonctionnel :*

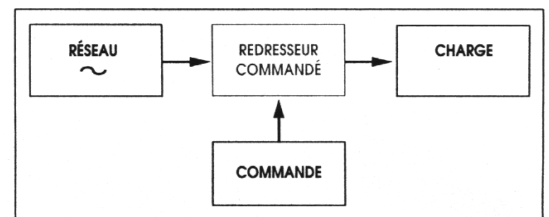
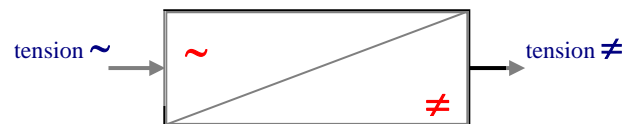


1a. Utilisation du hacheur.

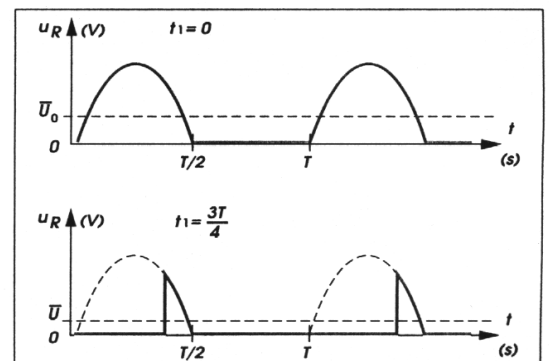


1b. Tension aux bornes de la charge.

*Schéma fonctionnel*



1c. Utilisation du redresseur commandé.



1d. La valeur moyenne de la tension redressée dépend de l'instant d'amorçage.

## 2.3 Le variateur de vitesse 'RECTIVAR'

### Introduction

Les variateurs de vitesse 'RECTIVAR' trouvent leur place dans tous les secteurs de l'industrie où une régulation de vitesse ou de couple est nécessaire.

Ils sont destinés à l'alimentation ..... à excitation séparée, et offrent un .....

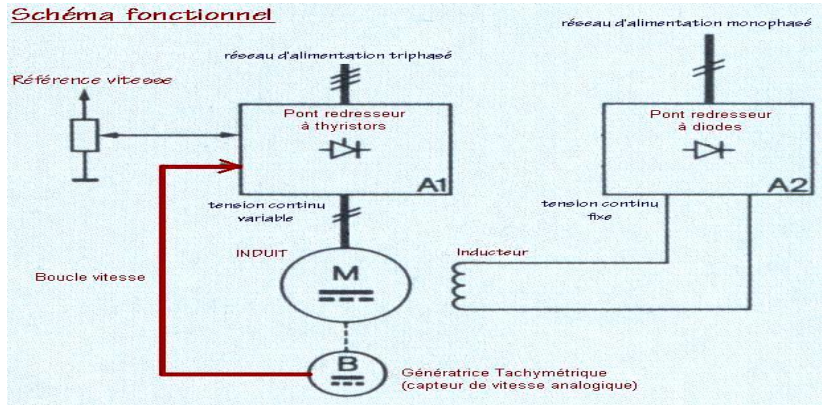
Le 'RECTIVAR' est un modulateur d'énergie. Il fournit à partir d'un réseau triphasé, **une tension** .....

Constitution :

Le variateur de vitesse 'RECTIVAR' comprend:

- ▶ une source de tension variable pour l'induit du moteur élaborée par .....
- ▶ une source de tension fixe pour l'inducteur élaborée .....
- ▶ une boucle d'asservissement vitesse assurée ..... ou une détection : U-RI,
- ▶ une boucle d'asservissement courant et des alimentations stabilisées...

### Schéma fonctionnel



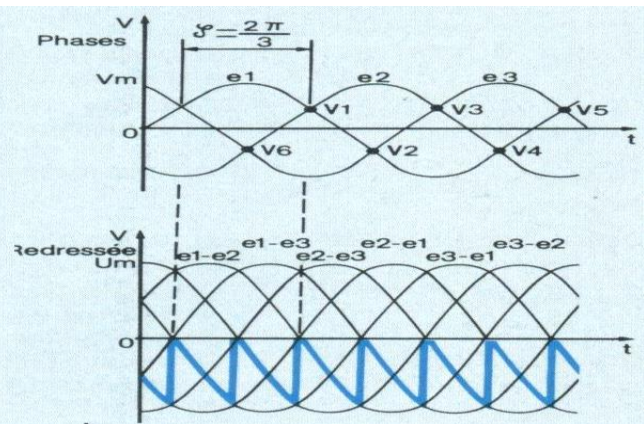
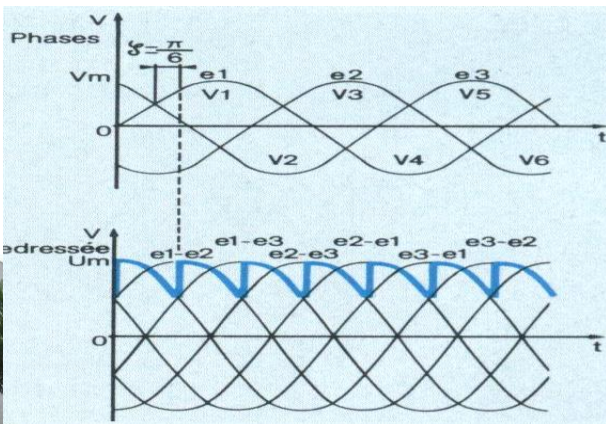
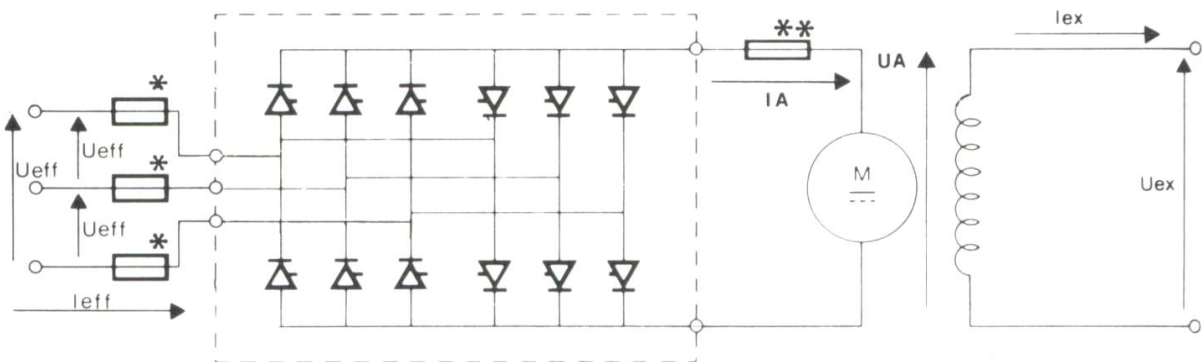
## 2.4 Le 'RECTIVAR' RTV 64

### a) Le pont de puissance du RTV 64

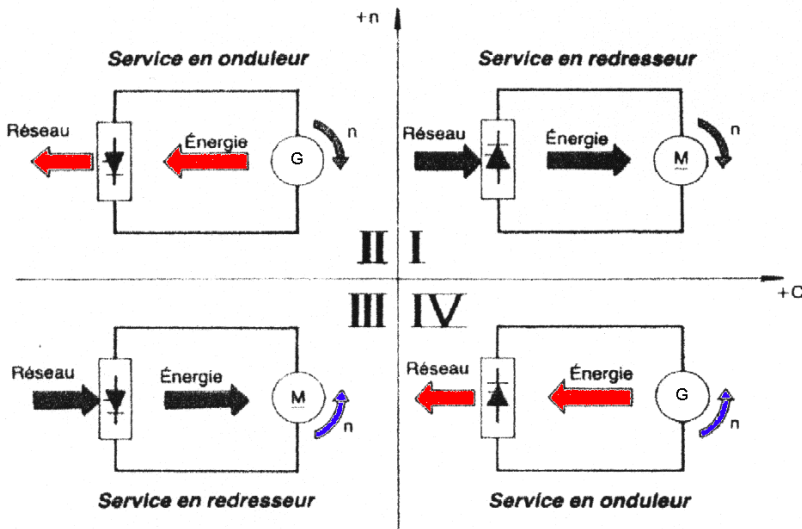
Le pont de puissance du RTV 64 est composé de ..... Ces ponts comportent uniquement des semi-conducteurs contrôlés : ..... Un tel pont peut transmettre .....

\*Les fusibles associés sont .....

### b) La tension délivrée par le pont.



c) Les quadrants de fonctionnements

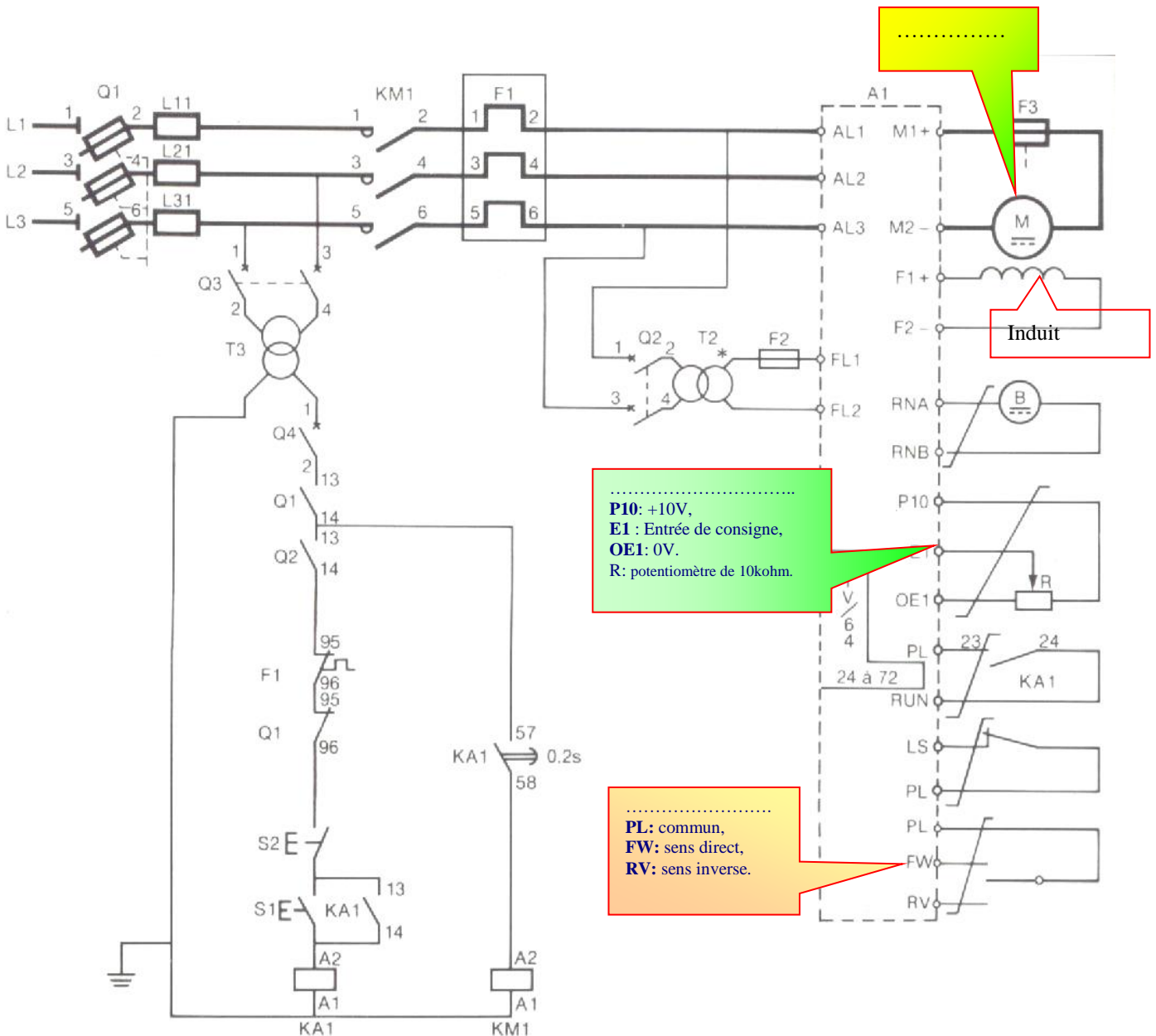


Le croquis ci-contre montre les 4 possibilités de fonctionnement (4 quadrants) dans le plan couple vitesse.

Rotation	La machine fonctionne	C	n	C*n	Quadrant
1er sens	en moteur				
1er sens	en générateur				
2ième sens	en moteur				
2ième sens	en générateur				

Le Variateur RVT64 possède deux ponts redresseurs montés en « anti- parallèle », un tel variateur est capable d'effectuer .....

d) Schéma standard conseillé du variateur RTV 64



.....  
**P10:** +10V,  
**E1 :** Entrée de consigne,  
**OE1:** 0V.  
 R: potentiomètre de 10kohm.

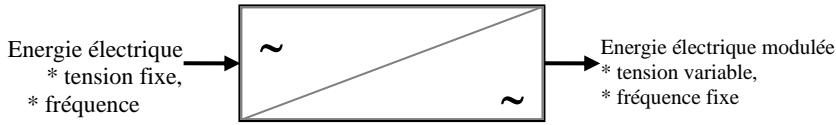
.....  
**PL:** commun,  
**FW:** sens direct,  
**RV:** sens inverse.

La variation de vitesse



### 3. La variation de vitesse des moteurs asynchrones triphasés.

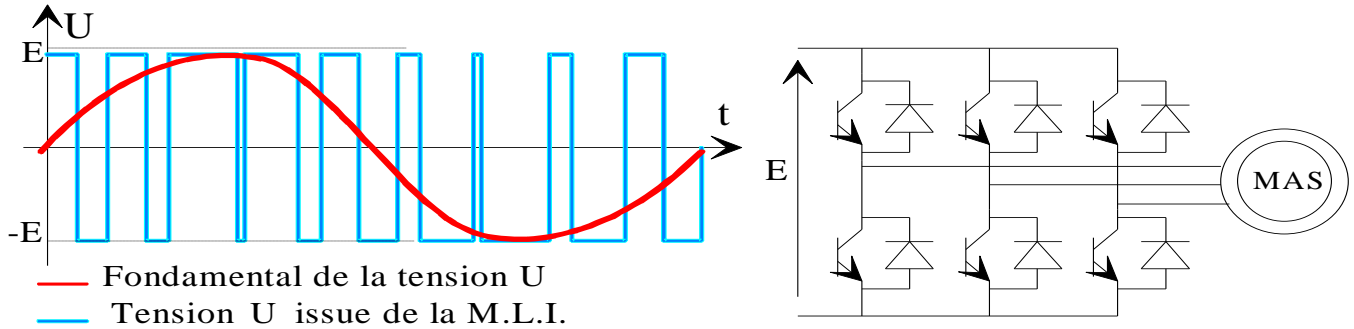
#### 3.1 Les convertisseurs de fréquences



Ce sont de modulateurs d'énergie.

principe :

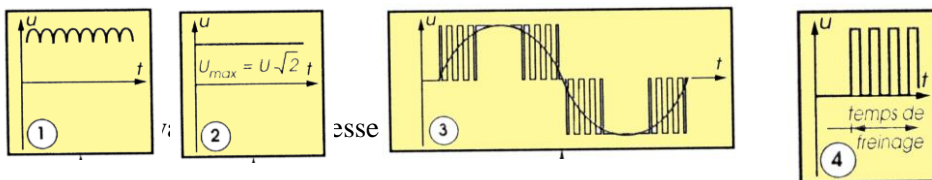
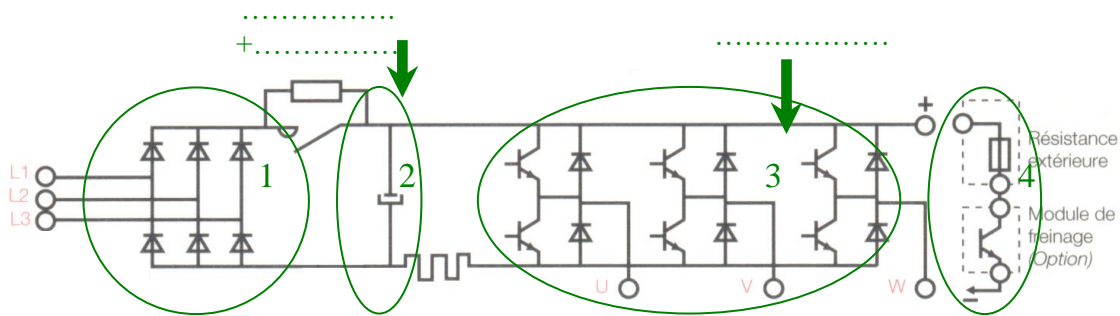
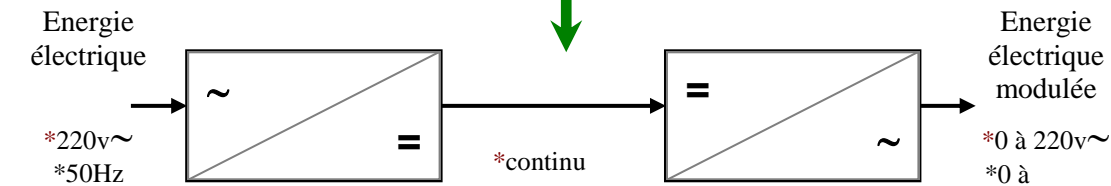
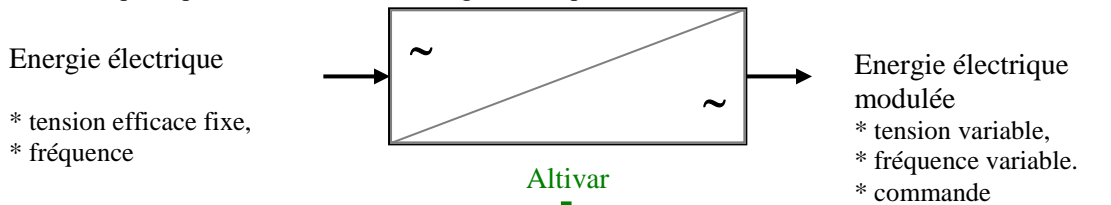
*La variation de la fréquence de la tension appliquée ..... de ce dernier.*  
*La rotation de ce moteur est sans à-coup, y compris à très basse vitesse car la forme du courant est proche de la sinusoïde.*



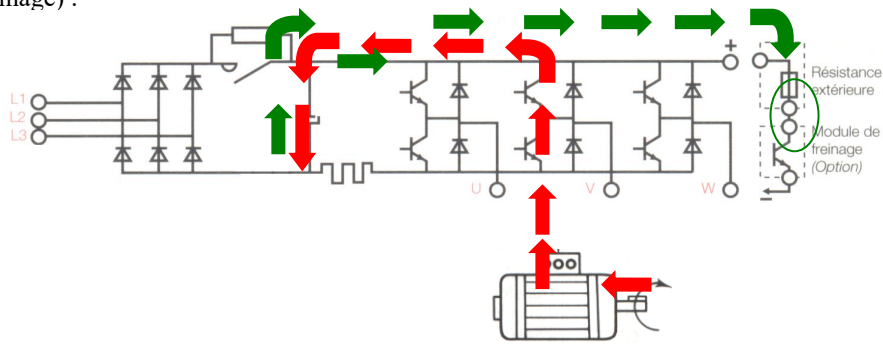
#### 3.2 Le variateur de vitesse :ALTIVAR

**Fonction et constitution :**

Le variateur de vitesse 'Altivar' est un convertisseur de fréquence pour moteur ..... La variation de la fréquence de la tension appliquée au moteur entraîne une variation de la vitesse de ce dernier. L' altivar fonctionne selon le principe de la modulation de largeur d' impulsions M.L.I.



1. le pont redresseur : il est composé de 6 diodes, ..... ( réseau monophasé ou triphasé).
2. le condensateur : sa fonction est ..... 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 ..... **triphasé à fréquence et tension variable selon le principe** .....
4. le module de freinage : sa fonction est de limiter la tension aux bornes du condensateur lors d'une phase de restitution d'énergie (freinage) .

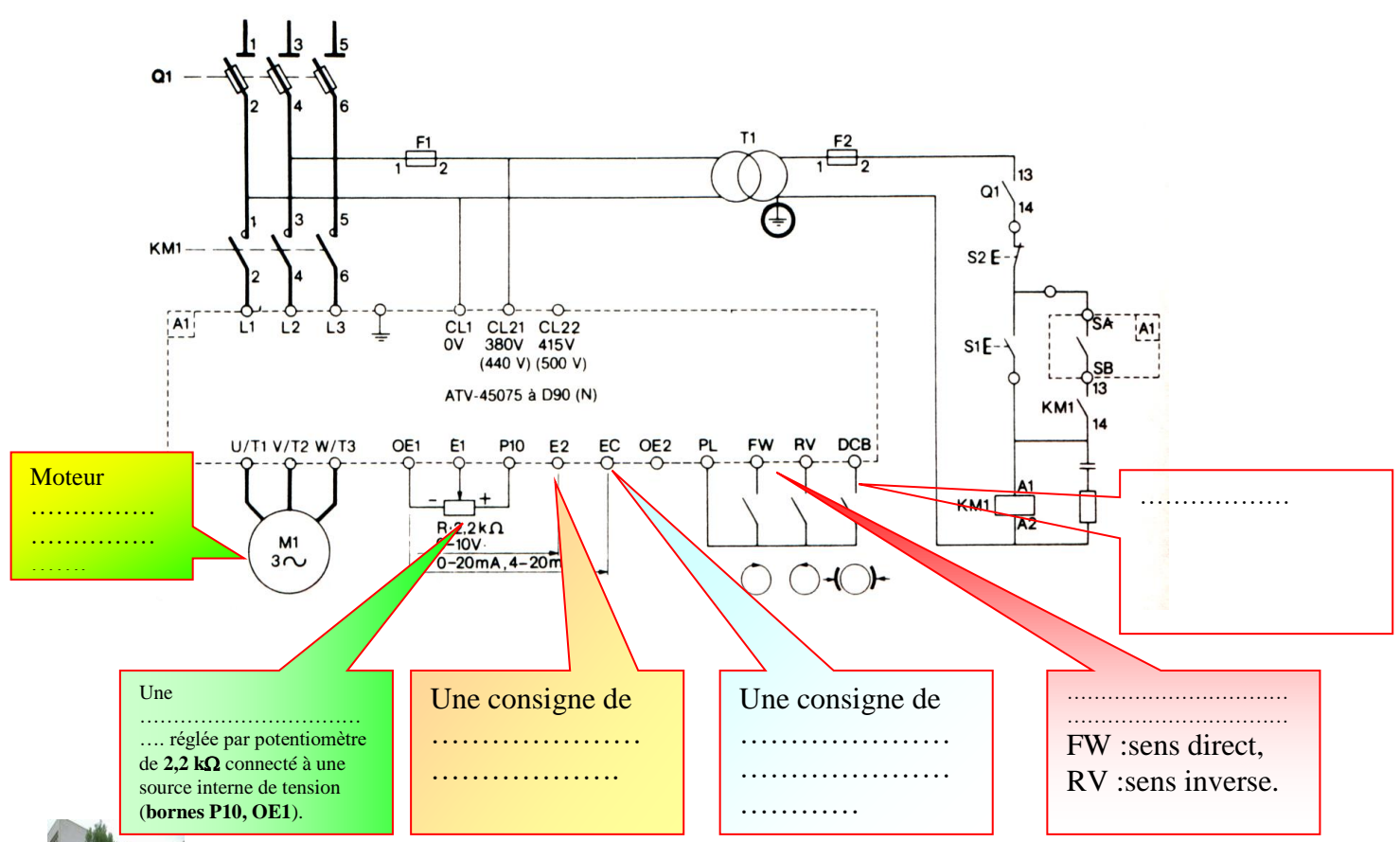


➔ Phase de freinage, la charge via le moteur ..... Le condensateur de filtrage ..... Il se charge. L'énergie ne peut pas être restituée au réseau, le pont de diodes est unidirectionnel (1 sens du courant).

➔ Le condensateur se décharge, il fournit de l'énergie ..... Cette énergie est consommée par la résistance extérieure.

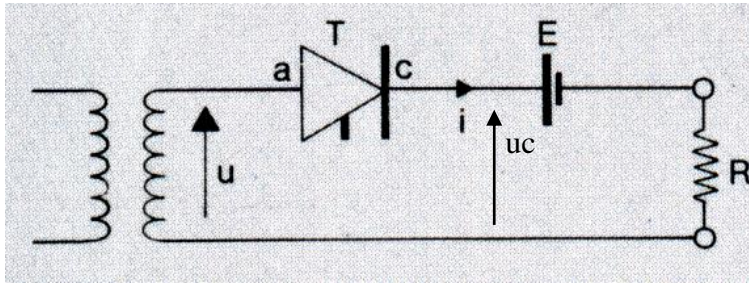
- Le circuit de commande : Le circuit de commande est entièrement géré par ..... qui permet de paramétrer le variateur, de mesurer des grandeurs électriques (tensions, courant...) et de localiser les parties défectueuses.

**Le schéma standard du variateur ex :ATV-45**



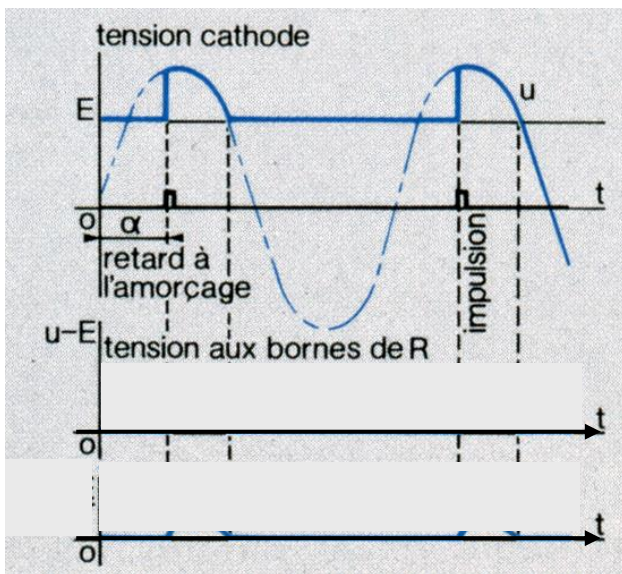
## TD Variation de vitesse

### 1: redressement contrôlé "chargeur de batteries"



donnée: - le thyristor est non passant ( $i=0$ ).

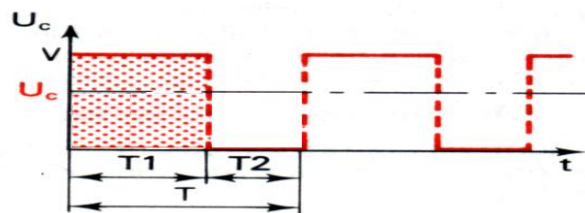
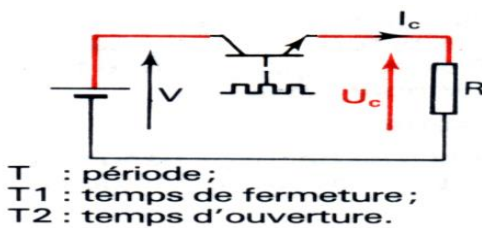
1. déterminer l'équation de  $V_{ac}$  en fonction  $u$  et  $E$
2. quelles sont les conditions pour que le thyristor soit passant ?
3. tracer l'allure de la tension aux bornes de la résistance.
4. tracer l'allure du courant dans la charge.
5. quelle est la condition pour que le thyristor se bloque ?



réponse :

### exemple 2: hacheur "chauffage électrique"

Une batterie de 12v alimente une résistance par l'intermédiaire d'un transistor de puissance.



Calculer la tension aux bornes de la résistance a 2 valeurs:

de  $0 < t < T_1$ : état passant,

de  $T_1 < t < T$ : état bloqué,

on pose  $\alpha = T_1/T$

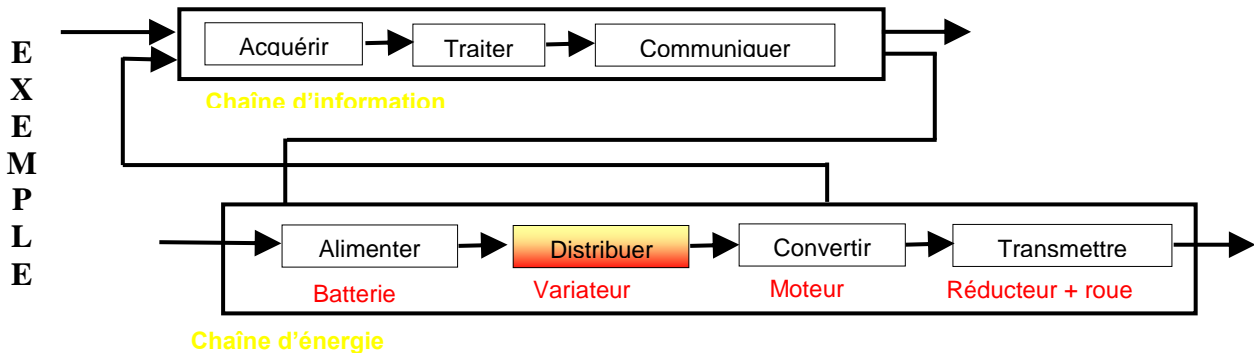
1. Calculer  $U_c(\text{eff})$  en fonction de  $\alpha$  et  $V$
2. Calculer  $I_c(\text{eff})$  en fonction de  $\alpha$ ,  $V$  et  $R$ .
3. Calculer la puissance en fonction  $V$ ,  $R$  et  $\alpha$



# LA VARIATION DE VITESSE

LIAISON REFERENTIEL B.122 Les circuits de puissance Thèmes : E5 – Liaison entre chaîne d'énergie et chaîne d'information  
E6 – La commande modulée de la chaîne d'énergie

Centre d'intérêt : C18 Pilotage, contrôle et comportement d'un système pluritechnologique  
I5 : Commande de la chaîne d'énergie



## 1- PRESENTATION - DEFINITION :

La chaîne d'information reçoit les informations, les traite, élabore des ordres de pilotage adressés à la chaîne d'énergie, et génère des comptes rendus.

De l'exemple ci-dessus, la fonction qui permet de transmettre la puissance est le bloc distribuer. On peut distribuer l'énergie de deux façons :

- Soit sous forme de tout ou rien (TOR)
- Soit de manière modulée.

Aujourd'hui, le monde industriel a besoin de plus en plus d'applications nécessitant un système à vitesse variable.

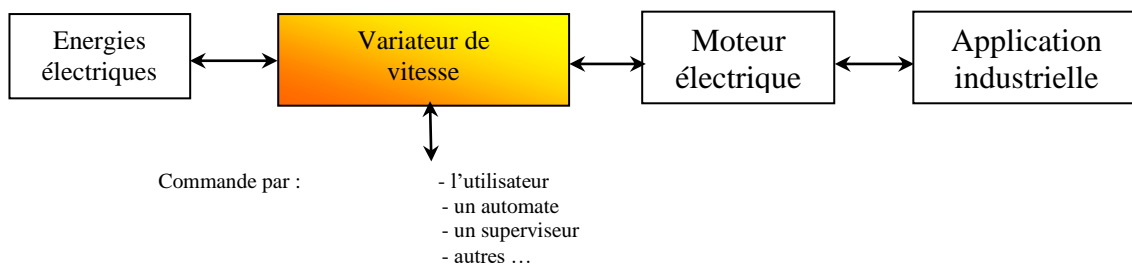
La solution qui est de plus en plus retenue est la motorisation électrique car les progrès en électronique de puissance permettent maintenant la modulation d'énergie électrique.

Exemples: - Traction électrique ( trains, voitures électriques, métro),  
- Levage ( ascenseurs, grues),  
- Propulsion de navires.  
- Pompage, compression, ventilation etc...

Il existe trois types de moteurs, très utilisés en variation de vitesse:

- le moteur à courant continu,
- le moteur asynchrone,
- le moteur synchrone en autopilotage.

Pour chacun de ces moteurs, il a fallu concevoir un variateur tenant compte de ses caractéristiques et de sa technologie. Voici un synoptique général applicable à n'importe quelle motorisation:



Tout variateur électronique agit en convertisseur d'énergie électrique. Sa structure est fonction:

- ☒ de la nature du réseau d'alimentation,
- ☒ des niveaux de tensions et de courant,
- ☒ des performances exigées: gamme de vitesse, précision ,...
- ☒ du type de moteur





## 2. Variation de vitesse pour moteurs à courant continu

La variation de vitesse des moteurs à courant continu met en œuvre deux types de modulateurs d'énergie :

### Les hacheurs et les redresseurs.

Dans les deux cas, il est appliqué au moteur **une tension moyenne variable**.

### 2.1 Le hacheur.

**Le hacheur est un convertisseur qui assure directement la conversion de continu à continu.**

Le hacheur est un commutateur électronique à fonctionnement périodique.

Il s'intercale entre :

- ▶ **Un générateur de courant continu** : batterie, alimentation stabilisée, redresseur,...
- ▶ **Un récepteur de courant continu** : moteur, accumulateur en charge,...

À la sortie de ce modulateur, la charge est soumise périodiquement :

- ▶ A une tension constante pendant une durée  $t_0$ ,
- ▶ A une tension nulle pendant le reste de la période, soit  $T-t_0$ .

La tension moyenne appliquée à la charge dépend :

- ▶ de la **f. e. m. E** du générateur d'alimentation,
- ▶ du rapport cyclique  $\alpha$  :  $\alpha = t_0/T$

Le redresseur commandé.

$$U = \alpha * E$$

### 2.2 Le redresseur commandé.

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

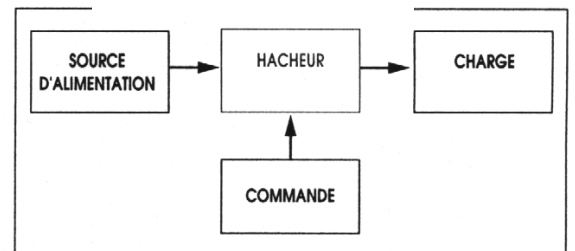
Il s'intercale entre :

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

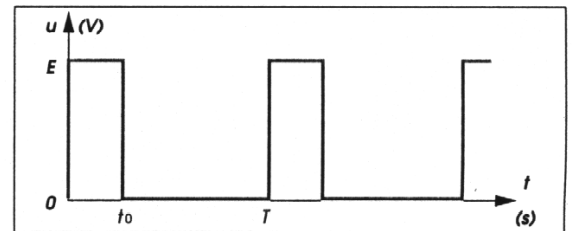
Un redresseur commandé est réalisé en substituant **des thyristors aux diodes** d'un montage redresseur (**un thyristor est un interrupteur commandé**).

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

Schéma fonctionnel :

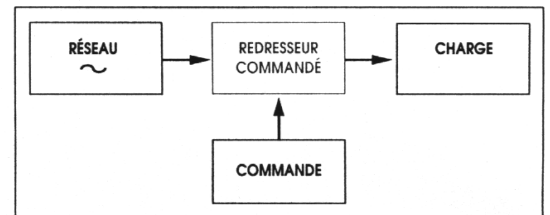
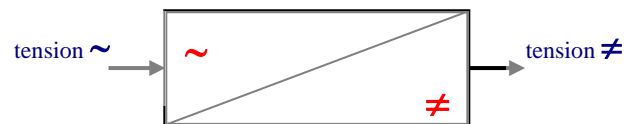


1a. Utilisation du hacheur.

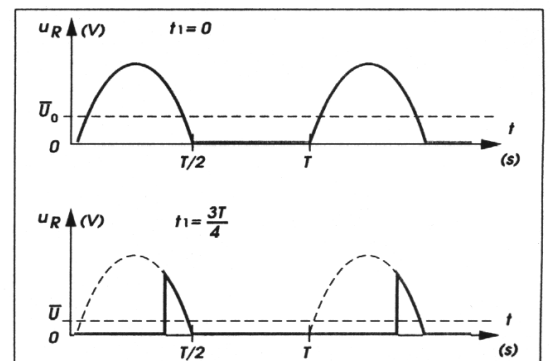


1b. Tension aux bornes de la charge.

Schéma fonctionnel



1c. Utilisation du redresseur commandé.



1d. La valeur moyenne de la tension redressée dépend de l'instant d'amorçage.



## 2.3 Le variateur de vitesse 'RECTIVAR'

### Introduction

Les variateurs de vitesse 'RECTIVAR' trouvent leur place dans tous les secteurs de l'industrie où une régulation de vitesse ou de couple est nécessaire.

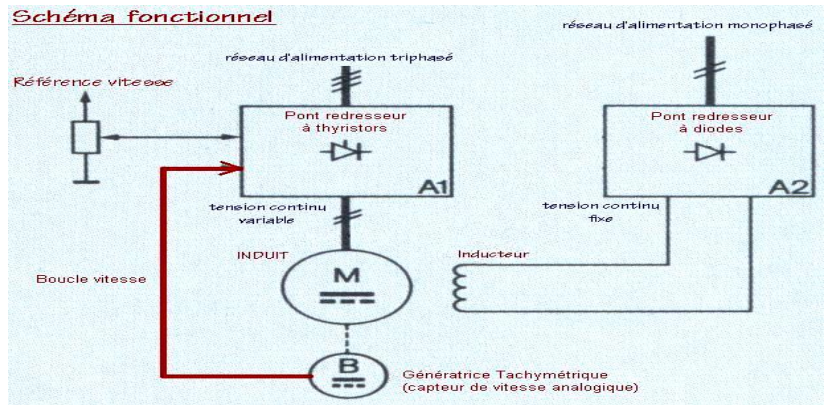
Ils sont destinés à l'alimentation **de moteurs à courant continu** à excitation séparée, et offrent un freinage par récupération d'énergie sur le réseau.

Le 'RECTIVAR' est un modulateur d'énergie. Il fournit à partir d'un réseau triphasé, **une tension redressée (continue) de valeur moyenne variable**.

Constitution :

Le variateur de vitesse 'RECTIVAR' comprend:

- ▶ une source de tension variable pour l'induit du moteur élaborée par un **pont redresseur à thyristors**,
- ▶ une source de tension fixe pour l'inducteur élaborée par un **pont redresseur à diodes**,
- ▶ une boucle d'asservissement vitesse assurée par une **dynamo-tachymétrique** ou une détection : U-RI,
- ▶ une boucle d'asservissement courant et des alimentations stabilisées...



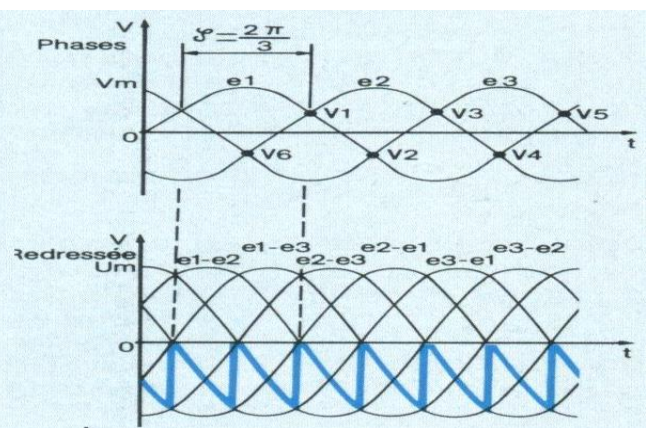
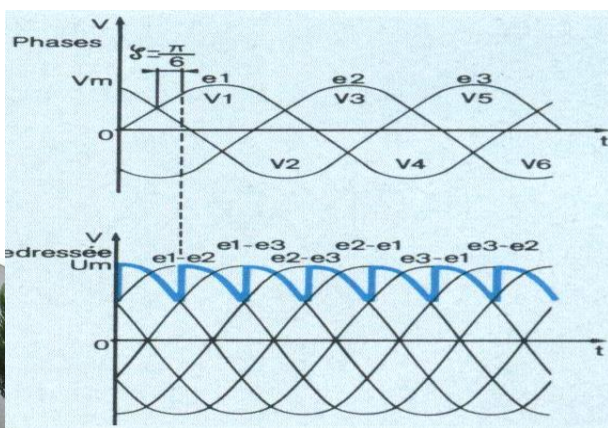
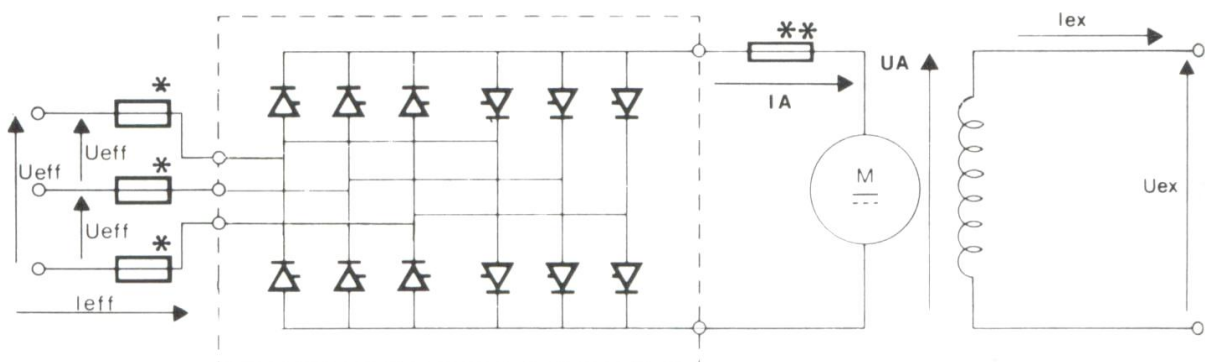
## 2.4 Le 'RECTIVAR' RTV 64

### d) Le pont de puissance du RTV 64

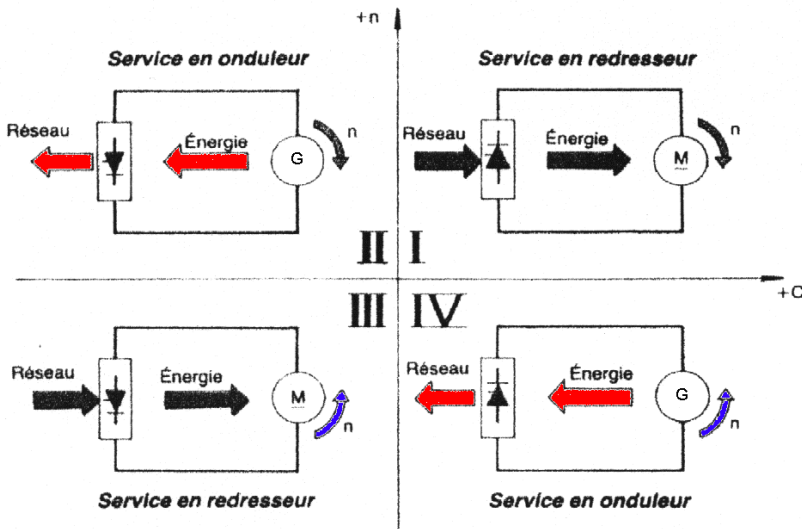
Le pont de puissance du RTV 64 est composé de **deux ponts complets 'anti-parallèle'**. Ces ponts comportent uniquement des semi-conducteurs contrôlés : **les thyristors**. Un tel pont peut transmettre **l'énergie dans les deux sens**.

\*Les fusibles associés sont **des fusibles ultra rapides**.

### e) La tension délivrée par le pont.



f) Les quadrants de fonctionnements

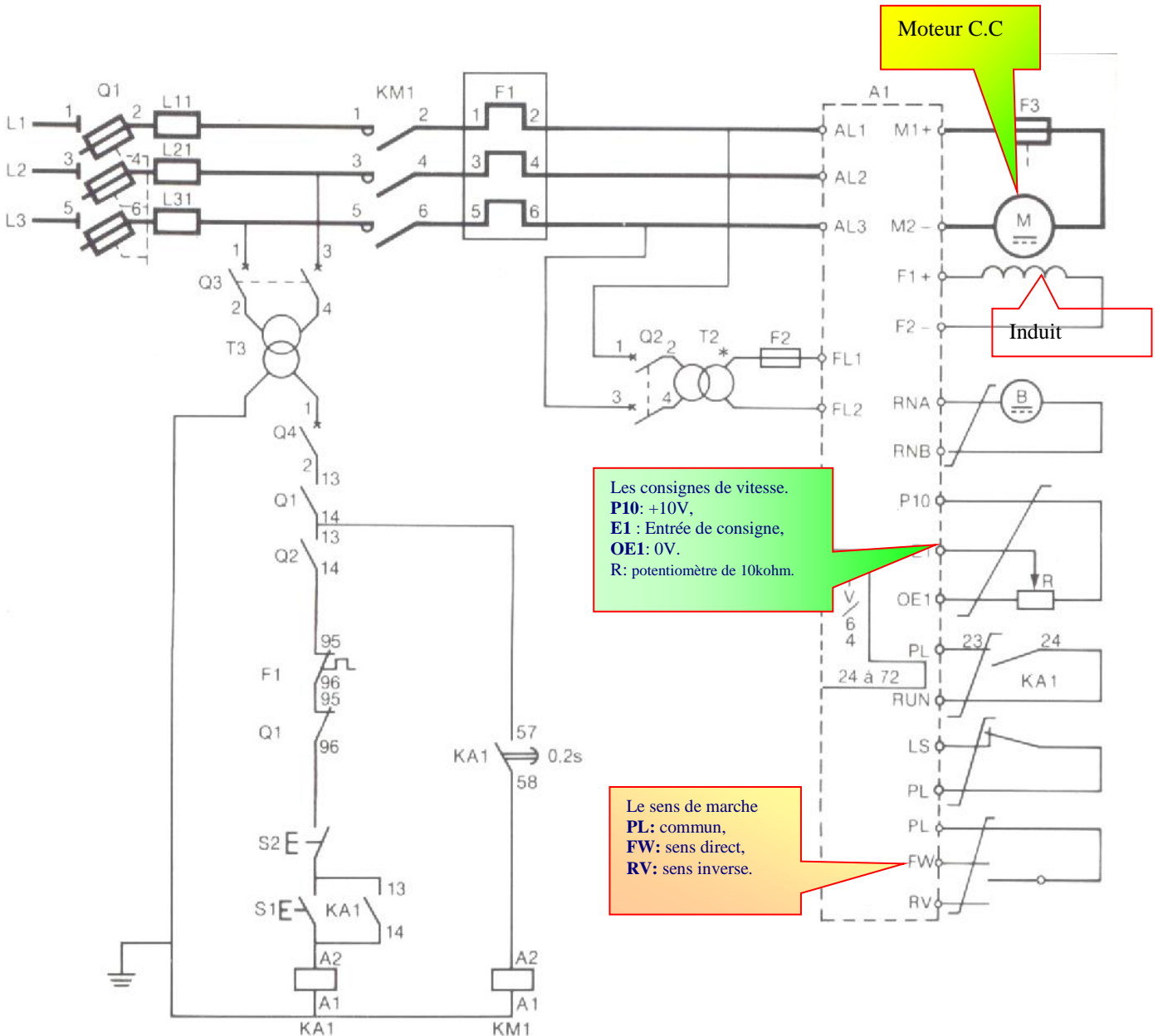


Le croquis ci-contre montre les 4 possibilités de fonctionnement (4 quadrants) dans le plan couple vitesse.

Rotation	La machine fonctionne	C	n	C*n	Quadrant
1er sens	en moteur	+	+	+	1
1er sens	en générateur	-	+	-	2
2ièm sens	en moteur	-	-	+	3
2ièm sens	en générateur	+	-	-	4

Le Variateur RVT64 possède deux ponts redresseurs montés en « anti- parallèle », un tel variateur est capable de restituer de l'énergie au réseau par freinage du MCC.

d) Schéma standard conseillé du variateur RTV 64



Moteur C.C

Induit

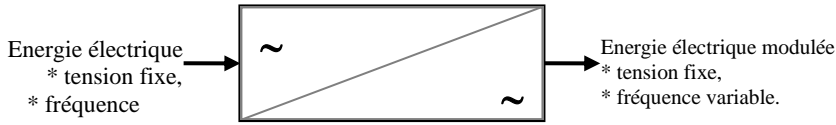
Les consignes de vitesse.  
**P10:** +10V,  
**E1 :** Entrée de consigne,  
**OE1:** 0V.  
 R: potentiomètre de 10kohm.

Le sens de marche  
**PL:** commun,  
**FW:** sens direct,  
**RV:** sens inverse.

La variation de vitesse

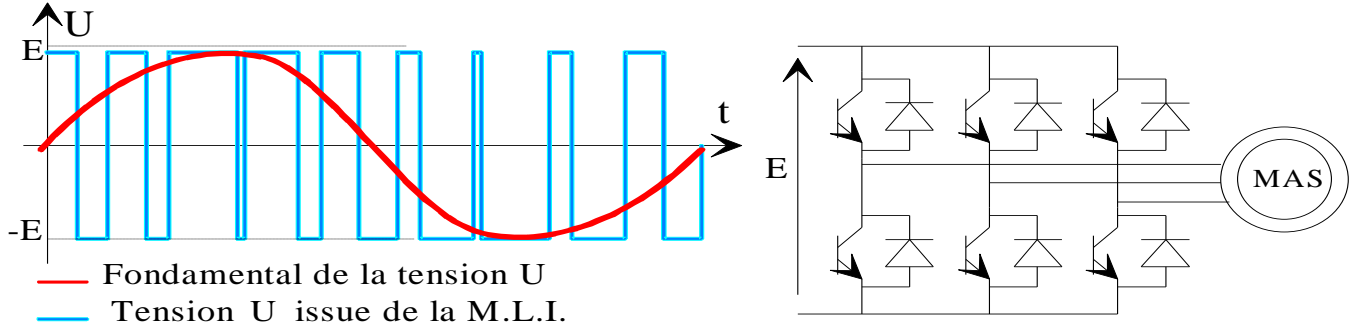
### 3. La variation de vitesse des moteurs asynchrones triphasés.

#### 3.1 Les convertisseurs de fréquences



Ce sont de modulateurs d'énergie.  
principe :

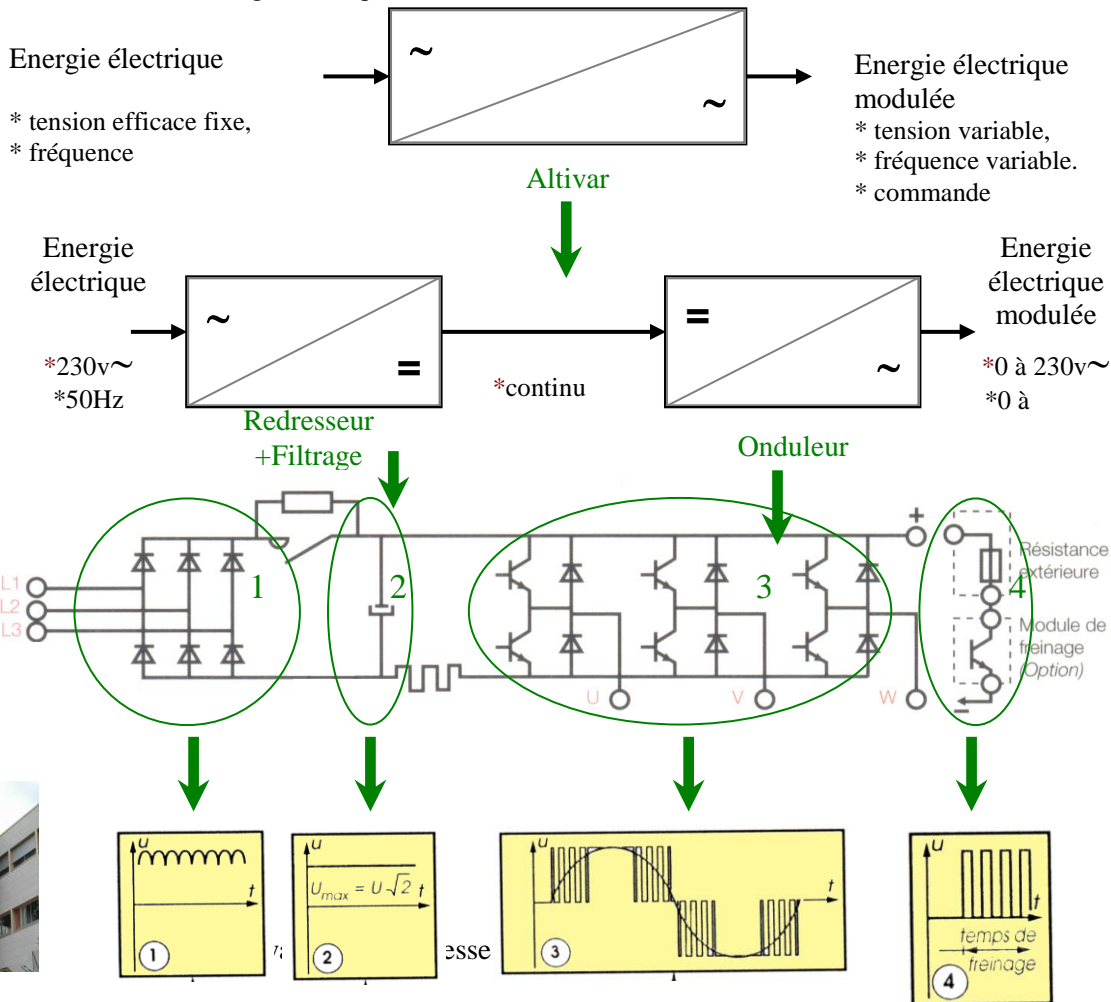
**La variation de la fréquence de la tension appliquée au moteur entraîne une variation de la vitesse de ce dernier. La rotation de ce moteur est sans à-coup, y compris à très basse vitesse car la forme du courant est proche de la sinusoïde.**



#### 3.2 Le variateur de vitesse :ALTIVAR

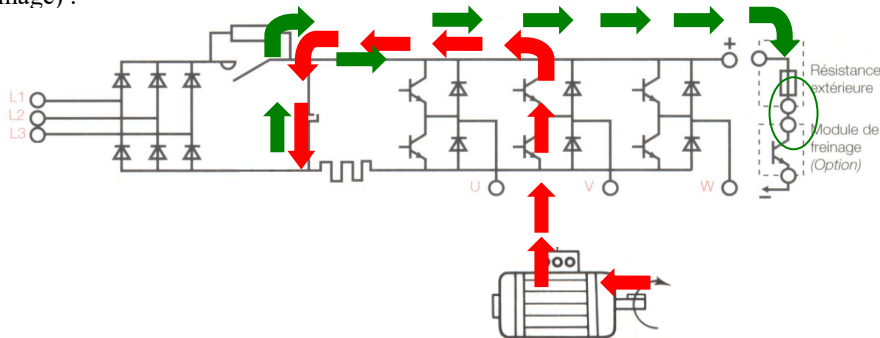
##### Fonction et constitution :

Le variateur de vitesse 'Altivar' est un convertisseur de fréquence pour moteur asynchrone triphasé. La variation de la fréquence de la tension appliquée au moteur entraîne une variation de la vitesse de ce dernier. L'altivar fonctionne selon le principe de la modulation de largeur d'impulsions M.L.I.





5. le pont redresseur : il est composé de 6 diodes, sa fonction est de redresser la tension d'alimentation, ( réseau monophasé ou triphasé).
6. le condensateur : sa fonction est de **filtrer la tension redressée**. La tension filtrée est alors parfaitement continue.
7. 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 variable selon le principe de la commande M.L.I.**
8. le module de freinage : sa fonction est de limiter la tension aux bornes du condensateur lors d'une phase de restitution d'énergie (freinage) .

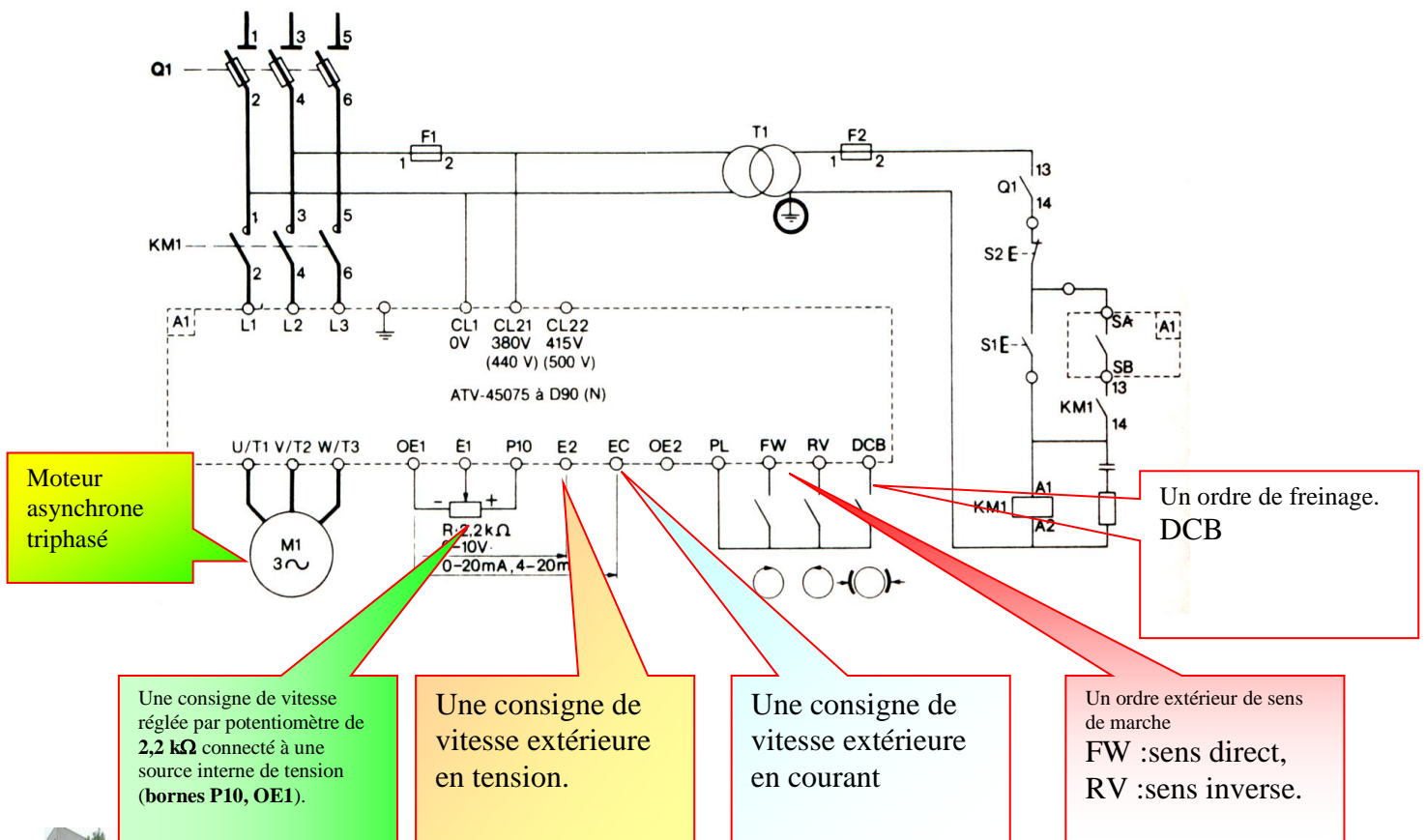


➡ Phase de freinage, la charge via le moteur restitue de l'énergie à l'altivar. Le condensateur de filtrage emmagasine de l'énergie. Il se charge. L'énergie ne peut pas être restituée au réseau, le pont de diodes est unidirectionnel (1 sens du courant).

➡ Le condensateur se décharge, il fournit de l'énergie au module de freinage. Cette énergie est consommée par la résistance extérieure.

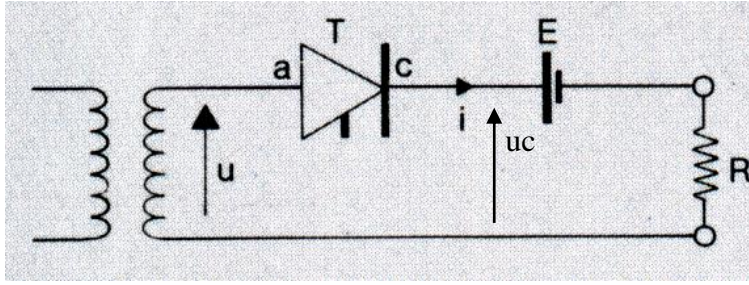
- Le circuit de commande : Le circuit de commande est entièrement géré par un **microprocesseur** qui permet de paramétrer le variateur, de mesurer des grandeurs électriques (tensions, courant...) et de localiser les parties défectueuses.

**Le schéma standard du variateur ex :ATV-45**



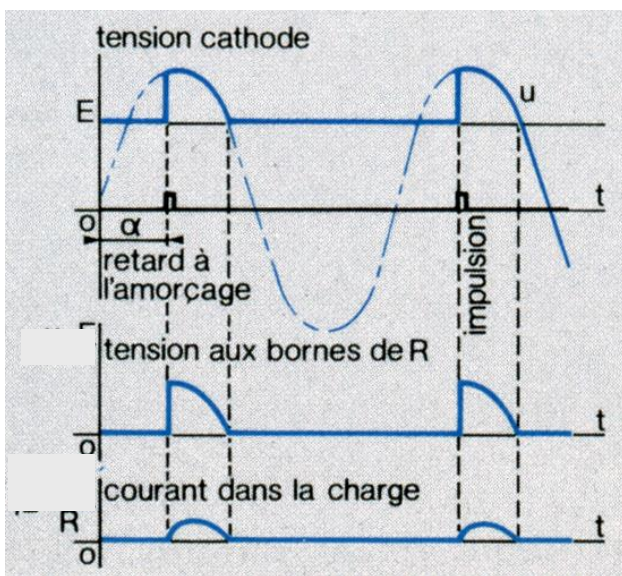
## TD Variation de vitesse

### 1: redressement contrôlé "chargeur de batteries"



donnée: - le thyristor est non passant ( $i=0$ ).

6. déterminer l'équation de  $V_{ac}$  en fonction  $u$  et  $E$
7. quelles sont les conditions pour que le thyristor soit passant ?
8. tracer l'allure de la tension aux bornes de la résistance.
9. tracer l'allure du courant dans la charge.
10. quelle est la condition pour que le thyristor se bloque ?



réponse :

\* $V_{ac} = u - E - Ri$ ,

\* $V_{ac} = u - E$  ( $i=0$ )

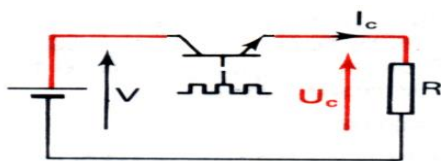
\* $u_c = E$  ( $i=0$ )

\*le thyristor devient passant si :  $V_{ac} > 0$  d'où  $u > E$  et impulsion sur G.

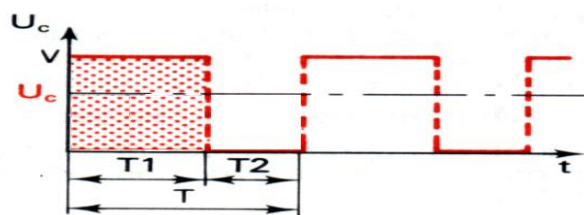
\*le thyristor se bloque si :  $i=0$ ,  $u_c = E$ .

### exemple 2: hacheur "chauffage électrique"

Une batterie de 12v alimente une résistance par l'intermédiaire d'un transistor de puissance.



T : période;  
T1 : temps de fermeture;  
T2 : temps d'ouverture.



Calculer la tension aux bornes de la résistance a 2 valeurs:

de  $0 < t < T_1$ : état passant,

de  $T_1 < t < T$ : état bloqué,

on pose  $\alpha = T_1/T$

3. Calculer  $U_c(\text{eff})$  en fonction de  $\alpha$  et  $V$
4. Calculer  $I_c(\text{eff})$  en fonction de  $\alpha$ ,  $V$  et  $R$ .
3. Calculer la puissance en fonction  $V$ ,  $R$  et  $\alpha$



