

PCPI – 2 TS CIRA BTS CIRA Contrôle Industriel et Régulation Automatique	Chapitre 9 HACHEURS	ELECTRICITE
ACTICITE 17 : PRESENTATION		CORRECTION

LES CONVERTISSEURS

Un hacheur est un **convertisseur**.

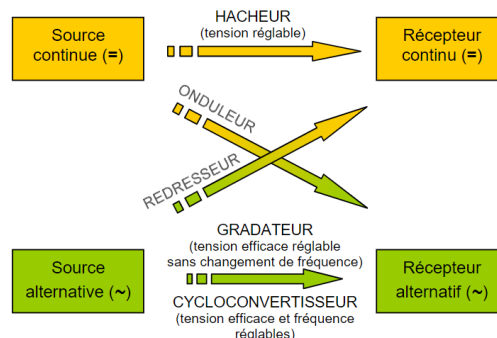
Un convertisseur statique a pour rôle **d'adapter** une source d'énergie à un récepteur.

Son principe va être de successivement **connecter** et **déconnecter** par commutation contrôlée la charge à la source

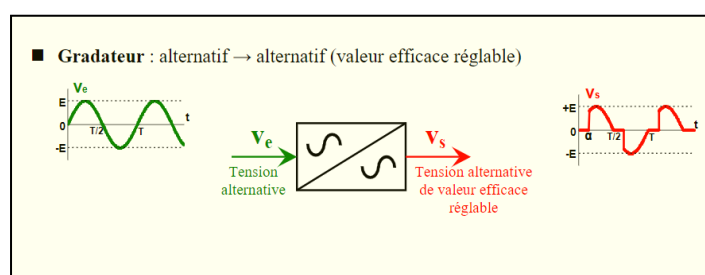
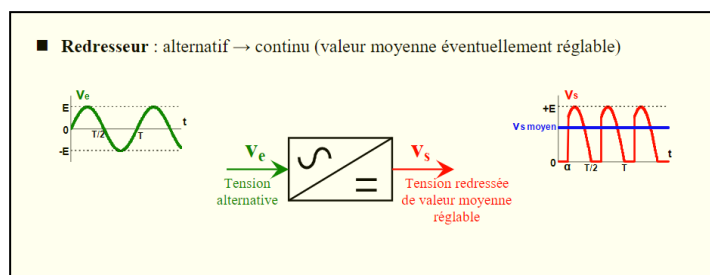
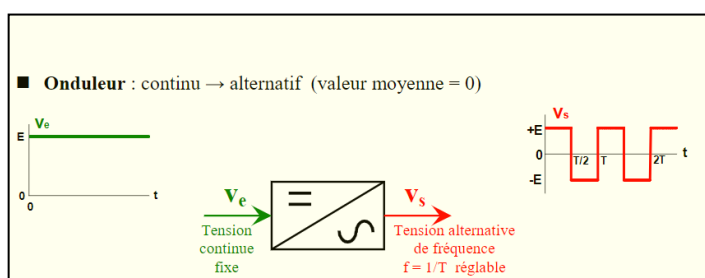
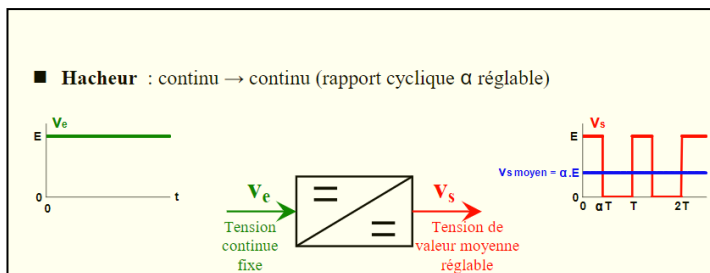
Suivant le type de machine à commander et suivant la nature de la source de puissance, on distingue plusieurs familles de convertisseurs statiques (schéma ci-dessous) :

Il est alors possible de convertir :

- une tension continue en :
 - tension continue : **le hacheur**
 - tension alternative : **l'onduleur**
- une tension alternative en :
 - tension continue : **le redresseur**
 - une tension alternative : **le gradateur**



Voici ce qu'il se passe au niveau des tensions



Une notion importante en électronique de puissance est la notion de **réversibilité**.

Un convertisseur statique d'énergie est dit réversible lorsque l'énergie peut transiter dans **les deux sens** (source → récepteur ou récepteur → source) de manière naturelle ou commandée.

Exemple

Lors du freinage d'une voiture électrique, l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique (moteur → génératrice) qui sert recharger les accumulateurs à travers le redresseur réversible (redresseur commandé).

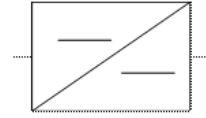
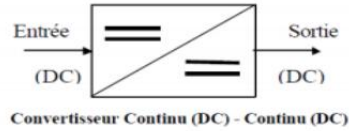
FOCUS SUR LE HACHEUR

DEFINITION

Le **hacheur** est un **convertisseur continu – continu**.

C'est un dispositif de l'électronique de puissance mettant en œuvre un ou plusieurs **interrupteurs électroniques commandés**, ce qui permet de **modifier** la valeur de la tension **moyenne** d'une source de tension continue avec un rendement élevé.

SYMBOLE

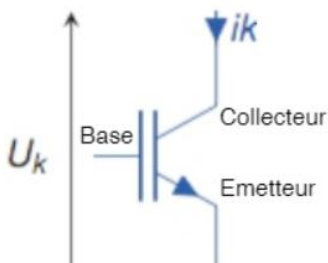


UTILISATIONS

Par exemple dans notre cas, le hacheur série peut servir de **variateur de vitesse** pour les moteurs à courant continu.

CONSTITUTION

- d'un **transistor**

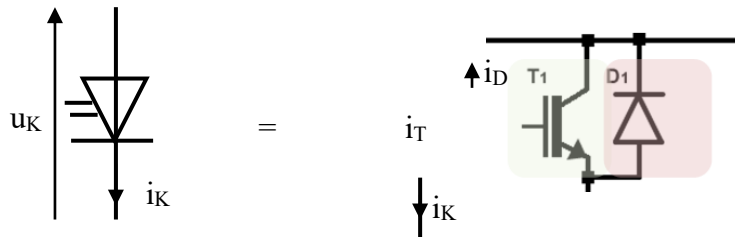


Le transistor T est un **interrupteur commandable** à l'amorçage et au blocage.

L'amorçage est obtenu en appliquant un courant dans la base du transistor au travers d'une tension u_k .

Il est souvent couplé avec une diode D

- d'une **diode**



Si $u_k > 0$ et qu'il y a un signal de commande alors : T est **passant** et D est **bloquante** alors $i_k = i_T$

Si $u_k < 0$ et qu'il y a un signal de commande alors : T est **bloquant** et D est **passante** alors $i_k = -i_D$

- d'une **inductance**

PRINCIPE AU TRAVERS D'UN EXEMPLE SIMPLE

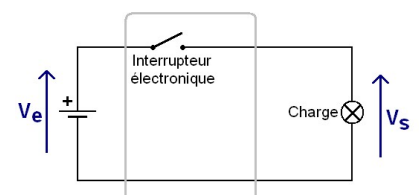
Pour faire très simple, imaginez une ampoule et un interrupteur.

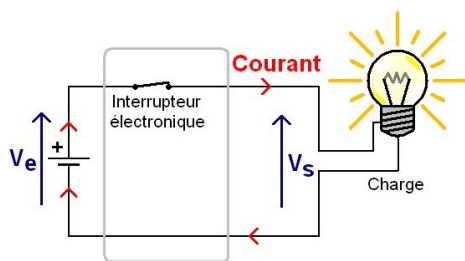
Vous pouvez soit allumer l'ampoule, soit l'éteindre. Il semble difficile de faire varier sa luminosité (la graduer) et pourtant... Imaginez maintenant qu'avec votre main (très rapide), vous puissiez allumer et éteindre l'ampoule très rapidement, si rapidement qu'elle n'a ni le temps de s'allumer à fond, ni le temps de s'éteindre complètement.

La luminosité de l'ampoule sera intermédiaire parce qu'il s'agit d'une **moyenne** dans le temps. La tension que reçoit l'ampoule est intermittente : on dit qu'elle est "hachée" par l'interrupteur. C'est le principe du hacheur série.

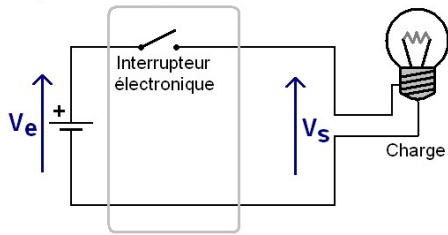
On peut appeler V_s la tension de sortie du hacheur série :

- V_s est la tension aux bornes de l'ampoule.
- V_e est la tension d'entrée du montage, c'est la source de tension continue





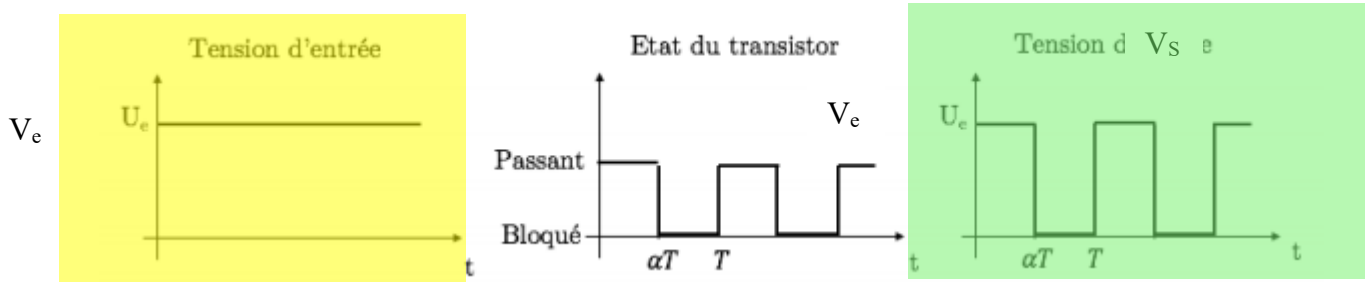
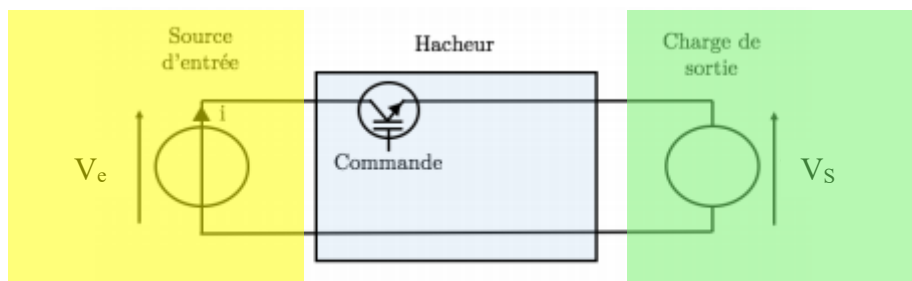
Hacheur série **fermé** : ampoule **allumée**. alors $V_s = V_e$



Hacheur série **ouvert** : ampoule **éteinte**. alors $V_s = 0V$

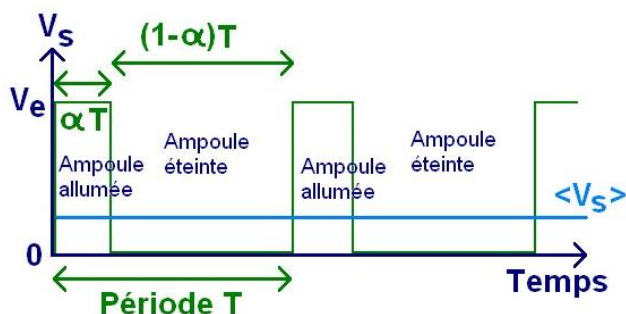
L'intérêt du hacheur série est de pouvoir allumer et éteindre des milliers de fois par seconde, contrairement à un interrupteur qu'on ne peut manœuvrer qu'au rythme de sa main...

ALLURE DE LA TENSION



Reprenons le cas de notre lampe

La tension de sortie vaut tantôt $V_s = V_e$, tantôt $V_s = 0V$.



- Pendant la durée $\alpha.T$ ($0 < \alpha < 1$)
→ la tension V_s est égale à **V_e**
→ l'ampoule **allumée**

- Pendant la durée qui reste $T - \alpha.T = T \times (1 - \alpha)$
→ la tension V_s est égale à **0**
→ l'ampoule **éteinte**

α (alpha) représente le pourcentage du temps où l'interrupteur est fermé, c'est-à-dire $V_s = V_e$.

α est appelé le **rapport cyclique**.

VALEUR MOYENNE DE LA TENSION

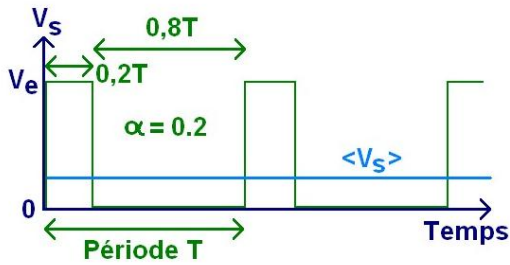
→ Quelle est en moyenne la valeur de la tension de sortie ?

La valeur moyenne sur une période T de V_s est notée **$\langle V_s \rangle$**

Elle se calcule par la **méthode des aires** (vue en 1^{ière} année) :

$$\langle V_s \rangle = (\alpha T \cdot V_e + (1 - \alpha) T \cdot 0) / T = \alpha \cdot V_e$$

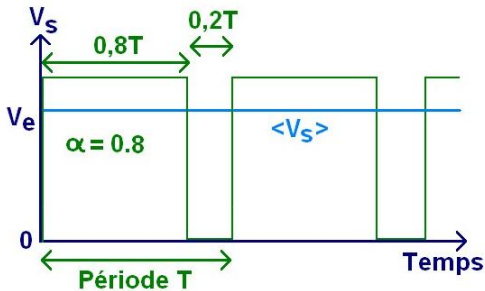
Exemple 1



$$\langle V_s \rangle = (0.2.T.V_e + 0.8.T.0)/T$$

$$= 0.2V_e$$

Exemple 2



$$\langle V_s \rangle = (0.8.T.V_e + 0.2.T.0)/T$$

$$= 0.8V_e$$

Exemple 3

Si $\alpha = 1$, V_s est tout le temps égale à **Ve**. On a donc $V_s = V_e$.

Si $\alpha = 0$, V_s est tout le temps égale à **0**. On a donc $V_s = 0$.

Si $\alpha = 0.5$, V_s est la moitié du temps égale à 0, et l'autre moitié égale à V_e . On a $V_s = V_e/2$.

CONCLUSION

En modifiant le **rapport cyclique** de la tension d'alimentation, on réussit à modifier la valeur moyenne de la tension aux bornes de la charge

VALEUR EFFICACE DE LA TENSION

→ Quelle est la valeur efficace de la tension de sortie ?

- Mettre le signal au **carré** : V_e^2
- Faire la valeur **moyenne** : $\langle V_s^2 \rangle = V_e^2 \times \alpha T / T = V_e^2 \times \alpha$
- Prendre la **racine carrée** : $U_{eff} = V_e \sqrt{\alpha}$

AMELIORATION DU SYSTEME

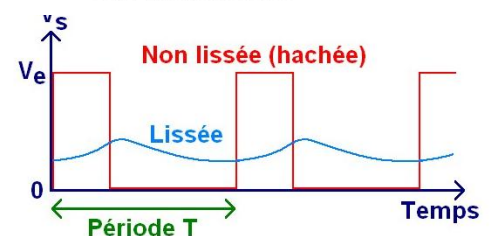
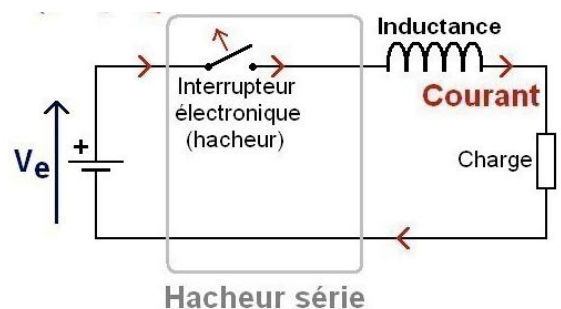
Rôle de l'inductance

Pour éviter que la tension de sortie soit "hachée", il faut ajouter des éléments qui vont la **lisser**, c'est-à-dire réduire ses variations.

Pour cela, on ajoute une **inductance en série**

En sortie du hacheur série, on branche une résistance (charge résistive).

Sur le graphique ci-dessous, la tension V_s avec et sans inductance.



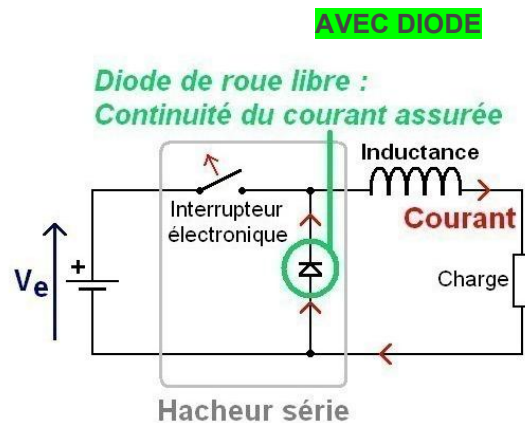
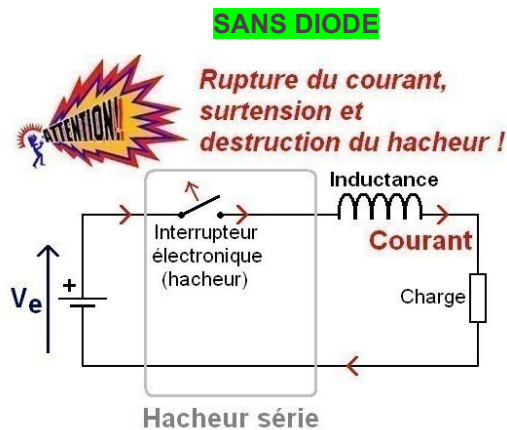
Rôle de l'inductance et par conséquent de la diode dans le hacheur série

L'inductance est un composant clé du hacheur série.

C'est à cause de l'inductance qu'un 2^{ème} composant est indispensable : une **diode** (dite la diode de roue libre) est nécessaire.

Explications :

Lorsque l'interrupteur s'ouvre, le courant dans l'inductance ne peut pas s'arrêter brutalement, il faut qu'il puisse «s'échapper ». La diode de roue libre permet au courant de trouver ce chemin



Explications supplémentaire sur la diode de roue libre

On peut comparer la bobine à un volant d'inertie :



La tension aux bornes d'une bobine s'écrit :

$$u_L(t) = L \times \frac{di(t)}{dt}$$

Si on ouvre l'interrupteur :

→ la variation du courant est très **importante**

→ $\frac{di(t)}{dt}$ est très **grande**

→ $u_L(t)$ très **grande**

→ **destruction** du hacheur

SOLUTION

Mettre une diode qui permet de laisser passer le courant