

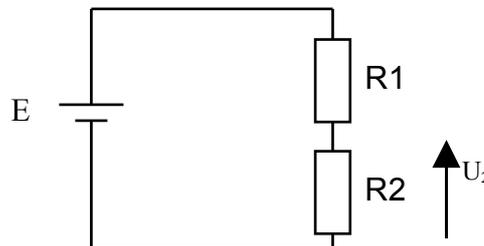
<b>Formulaire</b>
-------------------

**Résistance équivalente****Pour des résistances en série :**

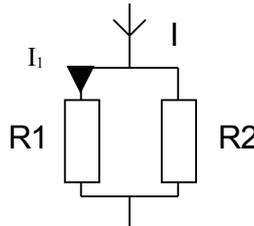
$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$
----------------------------

**Pour des résistances en parallèle :**

$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
--

**Pont diviseur**

$U_2 = E \frac{R_2}{R_1 + R_2}$
---------------------------------

**Diviseur de courant**

$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$
---------------------------------

**Théorème de Thevenin**

On peut remplacer tout réseau à deux bornes par un générateur de tension équivalente à la tension à vide entre les deux bornes du réseau, ayant une résistance interne égale à la résistance du réseau entre les deux bornes considérées (en remplaçant les générateurs par leur résistance interne).

**Théorème de la superposition**

Le courant qui circule dans une branche est égal à la somme algébrique des courants causés par chaque générateur agissant indépendamment, tandis que les autres générateurs sont remplacés par leurs résistances internes respectives.

**Loi de Laplace**

$$F = B I l \sin \alpha$$

F force en Newton (N)      I intensité en Ampère (A)      B champ magnétique en Tesla (T)  
 $\alpha$  angle entre le champ et le conducteur traversé par le courant

Règle de la main droite :

F pousse -> Pouce      I intensité -> Index      B Magnétique -> Majeur

**Flux**

$$\phi = BS \cos \alpha$$

$\alpha$  angle entre la normale à la surface considérée et le champ B  
 $\phi$  flux magnétique en Weber (Wb)      S surface en m<sup>2</sup>      B intensité du champ magnétique en Tesla (T)

**Force électromotrice induite Loi de Faraday**

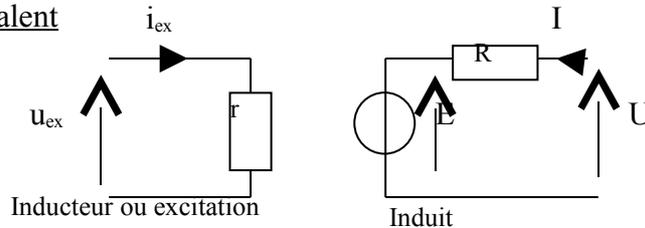
Aux bornes d'une spire apparaît une force électromotrice (e) (*une tension*)

$$e = - \frac{d\phi}{dt}$$

C.a.d. je dérive le flux ( $\phi$ ) en prenant pour variable le temps (t)

**Moteur à courant continu**

Schéma équivalent



Force contre électromotrice (E)

$$E = k \phi \Omega$$

Couple électromagnétique T<sub>em</sub> (N.m) :

$$T_{em} = k \phi I$$

k : coefficient dépendant de la machine

$\phi$  : Flux magnétique sous un pôle en Weber (Wb)

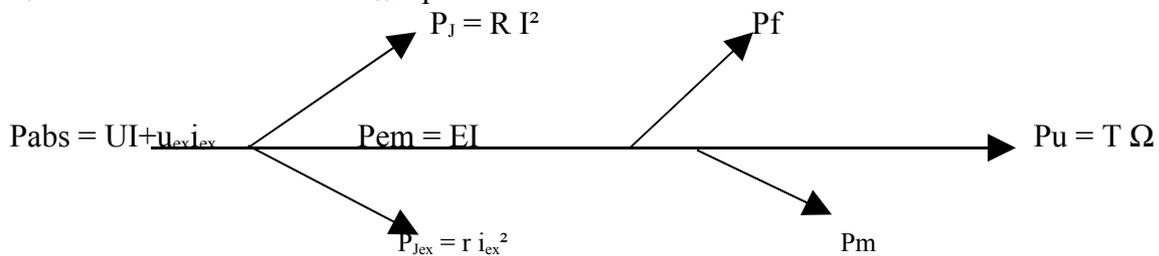
I : intensité dans l'induit (A)

$\Omega$  : vitesse de rotation en rad/s

Bilan des puissances

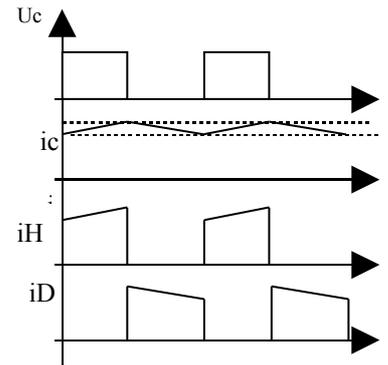
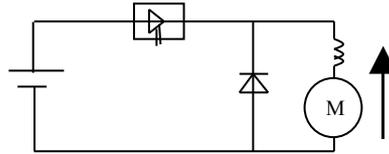
Pertes collectives  $P_C = P_m + P_f$      $T_p$  couple associé à  $P_C$      $P_{em}$  puissance électromagnétique

$P_J$  : Pertes Joule à l'induit     $P_{Jex}$  : pertes Joule à l'excitation



**Hacheur série**

$\bar{U}_{ch} = V\alpha$        $U_{ch} = V\sqrt{\alpha}$



rapport cyclique  $\alpha = \frac{\text{temps où l'interrupteur est passant}}{\text{la période}}$

Ondulation  $\Delta i = \frac{\hat{i} - i}{2}$

Courant moyen dans la charge  $\bar{i}_c = \frac{\hat{i} + i}{2}$

Courant moyen dans l'interrupteur  $\bar{i}_H = \alpha \bar{i}_c$

Courant moyen dans la diode  $\bar{i}_D = (1 - \alpha) \bar{i}_c$

Pour une charge inductive  $\Delta i_{MAX} = \frac{V}{8Lf}$

**Différentes valeurs caractéristiques d'un signal périodique**

$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt$

$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$

Tension moyenne :

Tension efficace :

Puissance active  $P = \bar{u} \bar{i}$

Puissance apparente  $S = U I$

$\tau = \frac{U_{CA}}{\bar{u}}$

$u = \bar{u} + u_{CA}$        $U^2 = \bar{u}^2 + U_{CA}^2$

Taux d'ondulation ( $\tau$ ):

Remarque :

et

$U_{CA}$  tension efficace de la composante alternative

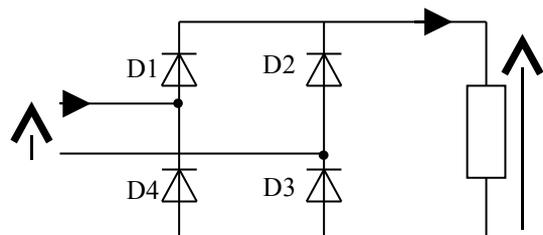
Facteur de forme (F):  $F = \frac{U}{\bar{u}}$       avec  $\tau^2 = F^2 - 1$

T: période (s)    F: fréquence (Hz)    P: puissance active (W)    S: puissance apparente (VA)

**Redressement non commandé bialternance**

Tension moyenne aux bornes de la charge:  $\bar{u} = \frac{2\hat{u}}{\pi}$

Tension efficace aux bornes de la charge:  $U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}$



**Redressement commandé bialternance**

$\bar{u} = \frac{\hat{u}(\cos\alpha + 1)}{\pi}$       pour 

$\bar{u} = \frac{2\hat{u} \cos\alpha}{\pi}$       pour 

Pont tous thyristors toutes les diodes sont remplacées par des thyristors.

Pont mixte les diodes D1 et D2 sont remplacées par des thyristors.

**Impédance complexe d'un dipôle passif**

$$\underline{Z} = \left[ \frac{U}{I} ; \varphi_u - \varphi_i \right]$$

- dipôle purement **résistif** :

$$\underline{Z} = [R; 0] = R$$

- dipôle purement **inductif** :

$$\underline{Z} = \left[ L\omega ; + \frac{\pi}{2} \right] = jL\omega$$

- dipôle purement **capacitif** :

$$\underline{Z} = \left[ \frac{1}{C\omega} ; - \frac{\pi}{2} \right] = -j \frac{1}{C\omega}$$

**Loi d'Ohm en régime sinusoïdal**

$$\underline{U} = \underline{Z} \underline{I}$$

**Groupement d'impédance**

Série

$$\underline{Z}_{eq} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}_3$$

Parallèle

$$\underline{Y} = \underline{Y}_1 + \underline{Y}_2 + \underline{Y}_3$$

**Fonction de transfert ou transmittance complexe d'un quadripôle**

$$\underline{T} = \frac{\underline{U}_S}{\underline{U}_E} = \left[ \frac{U_S}{U_E} ; \varphi_{u_S} - \varphi_{u_E} \right]$$

**Puissance en monophasé**

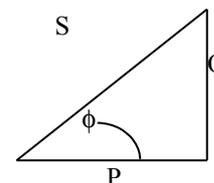
$$\begin{aligned} P &= UI \cos \varphi \quad \text{active (W)} \\ Q &= UI \sin \varphi \quad \text{réactive (VAR)} \\ S &= UI \quad \text{apparente (VA)} \end{aligned}$$

Triangle des puissances (vrais en triphasé)

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

Facteur de puissance (toujours vrais)

$$k = \frac{P}{S}$$



**Transformateur**

Rapport de transformation

## Formulaire Terminale STI

$$m = \frac{N_2}{N_1} = - \frac{u_2}{u_1} = - \frac{i_1}{i_2}$$

Formule de Boucherot

$$U_1 = 4,44 N_1 s f B_{\max}$$

$B_{\max}$  valeur maximum du champ magnétique en Tesla (T)

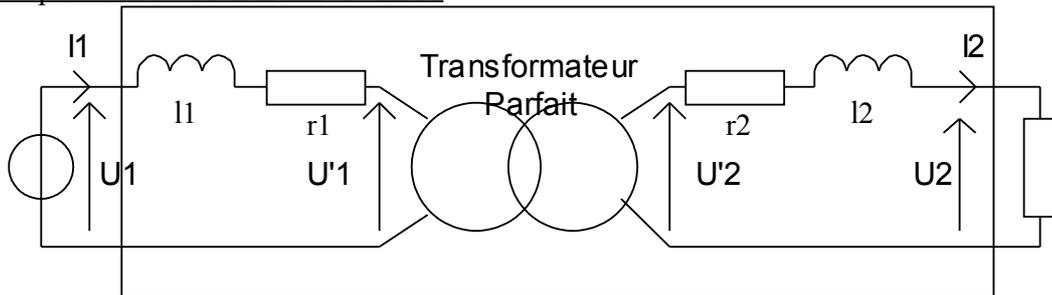
$s$  section du cadre magnétique en  $m^2$

$f$  la fréquence en (Hz)

Impédance du transformateur vu du primaire

$$Z_1 = \frac{Z_2}{m^2}$$

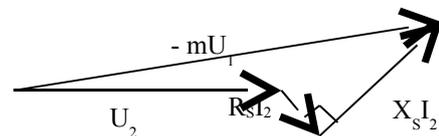
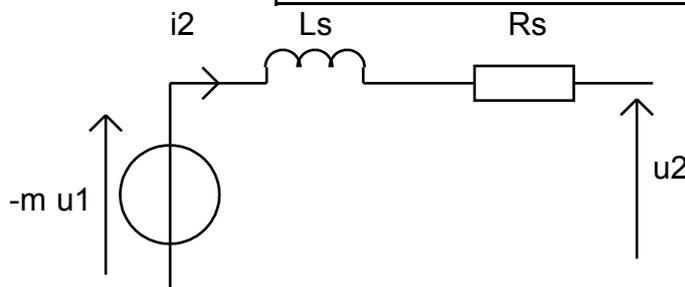
Schéma équivalent du transformateur réel



Transformateur réel

Schéma équivalent du transformateur réel vu du secondaire :

$$R_s = r_2 + r_1 m^2 \quad \text{et} \quad L_s = m^2 l_1 + l_2$$



$$- m \underline{u}_1 = \underline{u}_{2v} = \underline{u}_2 + R_s \underline{i}_2 + j X_s \underline{i}_2$$

Détermination de  $R_s$  par l'essai en court-circuit

$$R_s = \frac{P_{1CC}}{I_2^2}$$

Détermination de  $Z_s$  par l'essai en court-circuit

$$Z_s = \frac{m U_{1CC}}{I_2}$$

$$X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2}$$

Formule approchée de Kapp

$$U_2 = U_{2V} - \Delta U_2 \quad \text{avec} \quad \Delta U_2 = R_s I_2 \cos \varphi_2 + X_s I_2 \sin \varphi_2$$

**Triphasé**

$$U = \sqrt{3}V$$

U : tension composée (entre phases)      V : tension simple (entre Phase et neutre)

I : intensité de ligne      J : intensité dans les impédances ou enroulements

En Etoile

$$I = J$$

En triangle :

$$I = \sqrt{3}J$$

Puissances

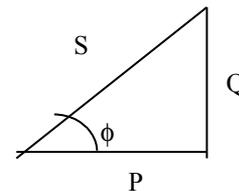
$$P = \sqrt{3}UI \cos \phi \quad \text{active}$$

$$Q = \sqrt{3}UI \sin \phi \quad \text{réactive}$$

$$S = \sqrt{3}UI \quad \text{apparente}$$

Triangle des puissances

$$S^2 = P^2 + Q^2$$



Facteur de puissance

$$k = \frac{P}{S}$$

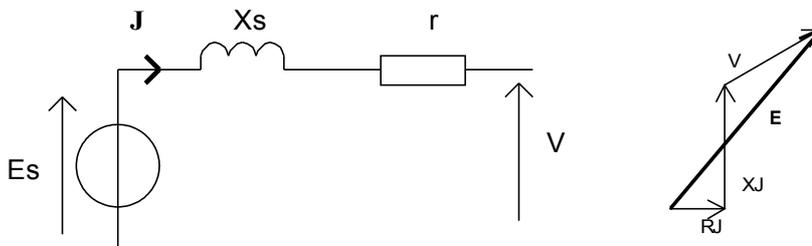
**Machine synchrone**

$$E = k N \phi n p \quad \text{avec } k \cong 2,22$$

$$f = n p$$

**Alternateur**

Modèle du stator couplé étoile (Y) pour une phase



$$\underline{V} = \underline{E}_S - (r + jX_s) \underline{J}$$

Détermination de r

$$r = \frac{U_c}{I_c}$$

Détermination de Xs

$$Z_s = \frac{E_s}{I_{cc}} \Rightarrow X_s = \sqrt{Z_s^2 - r^2} \quad \text{de plus } I_{cc} = k I_e$$

Puissance absorbée Pa = 2 π n T<sub>M</sub> + u<sub>ex</sub> i<sub>ex</sub>

Puissance utile Pu = √3 UI cos φ

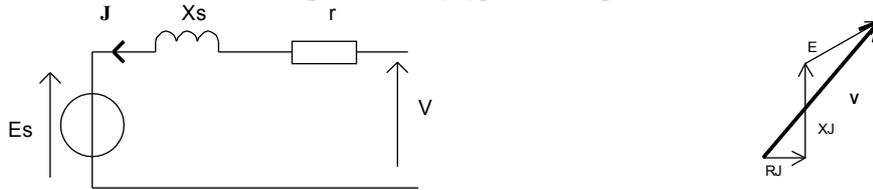
Pertes Joule dans l'inducteur P<sub>JR</sub> = u<sub>ex</sub> i<sub>ex</sub> = r i<sub>ex</sub><sup>2</sup>

Pertes Joule dans l'induit P<sub>JS</sub> =  $\frac{3}{2} R_a I^2$

Pertes constantes Pc

## Moteur synchrone

Modèle du stator couplé étoile (Y) pour une phase



$$\underline{V} = \underline{E}_s + (r + jX_s) \underline{J}$$

Pertes : ce sont les mêmes formules que pour l'alternateur

Puissance absorbée  $P_a = \sqrt{3} UI \cos \phi + u_{ex} i_{ex}$       Puissance utile  $P_u = 2 \pi n T_M$

## Moteur asynchrone

Vitesse synchronisme  $n$  (tr/s)

$$f = np \Rightarrow n = \frac{f}{p}$$

avec  $f$  : la fréquence du réseau en Hertz (Hz)

$p$  : nombre de paires de pôles

Glissement

$$g = \frac{\Omega - \Omega'}{\Omega} = \frac{n - n'}{n}$$

$g$  : est le glissement, grandeur sans unité.

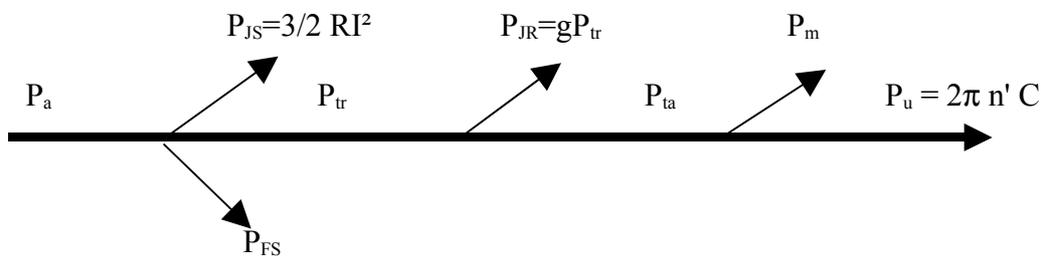
$\Omega$  : vitesse de synchronisme (rad/s)

$n$  : fréquence de rotation de synchronisme (tr/s)

$\Omega'$  : vitesse de rotation du moteur (rad/s)

$n'$  : fréquence de rotation du moteur (tr/s)

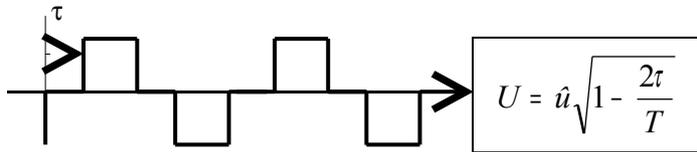
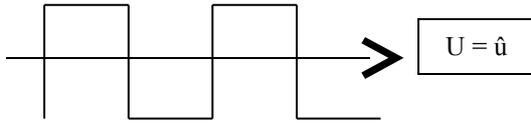
Arbre des puissances



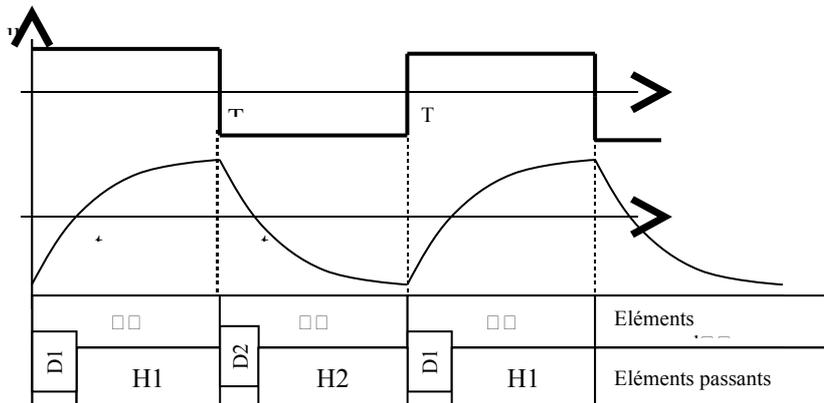
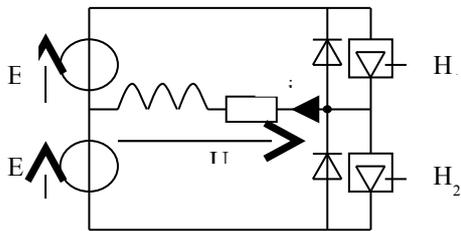
$R$  : résistance entre deux phases moteur couplé et à chaud

**Onduleur**

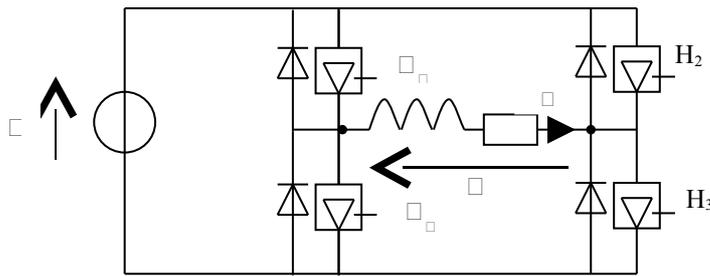
Valeur efficace



Onduleur 2 interrupteurs



Onduleurs 4 interrupteurs



Commande décalée



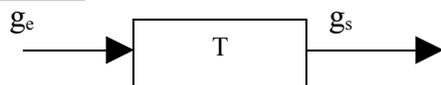
- Lors des phases d'alimentation ( $P > 0$ ) se sont les interrupteurs commandés qui sont passant
- Lors des phases de récupération ( $P < 0$ ) se sont les diodes de même indice que les interrupteurs commandés qui sont passant.
- Lors des phases roue libre ( $P = 0$ )
  - ⇒ c'est l'interrupteur était commandé et qui l'est encore qui est passant
  - ⇒ et la diode d'indice correspondant à l'interrupteur qui était commandé mais qui ne l'est plus qui est passant.

Commande symétrique

Même principe que pour la commande décalée mais sans phase de roue libre.

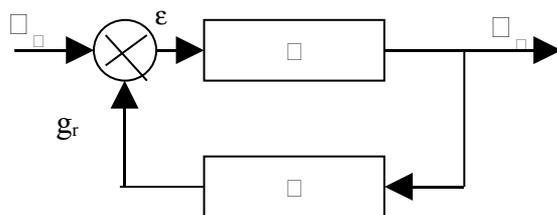
Asservissement

Boucle ouverte



T : fonction de transfert ou transmittance

Boucle fermée



$$T = \frac{H}{1 + KH}$$

H : Chaîne directe  
K : chaîne retour