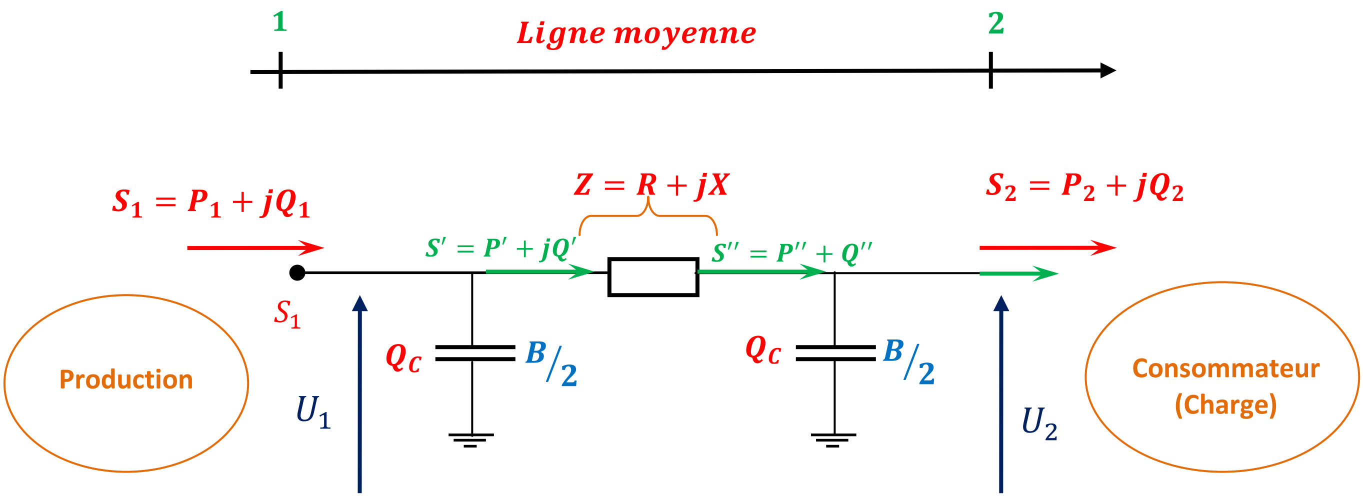
Chapitre III : Caractéristique du transport d'EE

Lors du transport de l'énergie électrique de la production jusqu'à la consommation, il y a des pertes de puissances, d'énergie et des chutes de tension dans les impédances des lignes et transformateurs, Ce sont les Caractéristique du transport d'énergie électrique

1) Pertes de puissances sur les lignes

Soit une ligne de longueur moyenne (réseau de répartition), dont le schéma équivalent en π, est donné ci-dessous :



Si S_2 est donnée, donc $S_1 = ?$

D'après le schéma ci-dessus, on trouve que :

$$S'' = P'' + jQ'' = \boldsymbol{S_2} - jQ_{c2} = \boldsymbol{P_2 + jQ_2} - jQ_{c2}$$

$$Avec: \quad Q_{c2} = \sqrt{3}\, I_{c2}\, U_2 \cong \frac{B}{2} U_2^2$$

Les pertes de puissances sur l'impédance $\boldsymbol{Z}$ **sont déterminées par :**

$$\begin{cases} \Delta P = 3RI^2 = 3\left(\dfrac{S}{\sqrt{3}U}\right)^2 R \\ \Delta Q = 3XI^2 = 3\left(\frac{S}{\sqrt{3}U}\right)^2 X \end{cases}$$

Donc on peut écrire :

$$\left.\begin{aligned} \Delta P &= \frac{P''^2 + Q''^2}{{U_2}^2} R \\ \Delta Q &= \frac{P''^2 + Q''^2}{{U_2}^2} X \end{aligned}\right\} \qquad \Delta\dot{S} = \Delta P + j\Delta Q$$

$$S' = S'' + \Delta S = (p'' + \Delta P) + j(Q'' + \Delta Q) = P' + jQ'$$

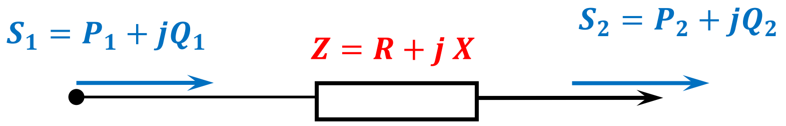
Dans ce cas ; la puissance à l'entrée de la ligne sera :

$$S_1 = P_1 + jQ_1 = S' - jQ_{c1} = P' + jQ' - jQ_{c1}$$

Avec :

$$\begin{cases} Q_{c1} = \sqrt{3}\, I_{c1}\, U_1 \cong \dfrac{B}{2} U_1^2 \\ P' = P_1 \\ Q' = Q_1 - Q_{c1} \end{cases}$$

Pour les lignes de distribution, qui sont généralement des lignes courtes, on peut *négliger la susceptance B* , et son schéma équivalent sera plus simple



On aura donc :

$$\begin{cases} S_1 = P_1 + jQ_1 = S' \\ S'' = P'' + jQ'' = \boldsymbol{S_2} \\ S_1 = S_2 + \Delta S \quad avec \quad \Delta\dot{S} = \Delta P + j\Delta Q \end{cases}$$

Les pertes de puissance dans ce cas, seront :

$$\Delta P = \frac{\boldsymbol{P_2}^2 + \boldsymbol{Q_2}^2}{U_2^{\ 2}} R \qquad \Rightarrow \qquad \Delta S = \frac{\boldsymbol{P_2}^2 + \boldsymbol{Q_2}^2}{U_2^{\ 2}} (R + jX)$$

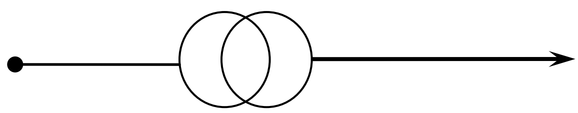
$$\Delta Q = \frac{\boldsymbol{P_2}^2 + \boldsymbol{Q_2}^2}{U_2^{\ 2}} X$$

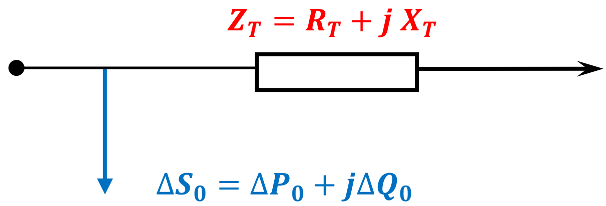
1.2 Le rendement d'une ligne de transport

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}.100 = \frac{P_1 - \Delta p}{P_1}.100 = \left(1 - \frac{\Delta p}{p_1}\right).100 \ \geq 95\%$$

2) Pertes de puissances dans les transformateurs

Les pertes de puissances dans les transformateurs sont les pertes de puissances dans le noyau de fer et dans les enroulements.





a. Les pertes de puissances dans le noyau de fer sont constantes est égale aux pertes à vide, déterminés par :

$$\Delta S_0 = \Delta P_0 + j\left(\frac{i_0\%}{100}.S_n\right)$$

b. Les pertes de puissances dans les enroulements (pertes cuivre) sont les pertes de court circuit

$$\Delta S_{cuivre} = \Delta S_{CC} = 3.R_T.I_T^2 + 3.X_T.X_T^2 \qquad Avec\ \ I = \frac{S}{\sqrt{3}U_N}$$

$$\boldsymbol{\Delta S_{CC} = \frac{S^2}{U_N^{\ 2}} R_T + j\,\frac{S^2}{U_N^{\ 2}} X_T}$$

On sait que :

$$R_T = \Delta P_{CC} \frac{{U_N}^2}{{S_N}^2}$$

$$X_T = \frac{U_{CC}\%}{100} \cdot \frac{{U_N}^2}{S_N}$$

On les remplace dans l'équation précédente, on obtient :

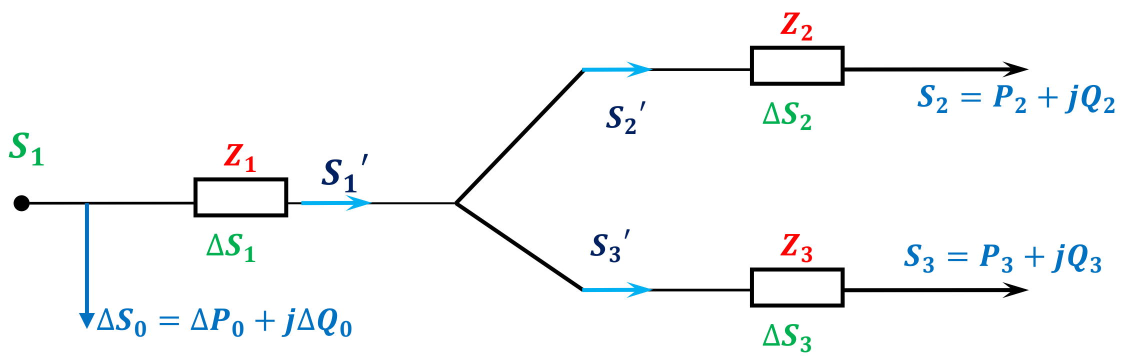
$$\Delta S_{CC} = \Delta P_{CC}\left(\frac{S^2}{{S_N}^2}\right) + j\frac{U_{CC}\%}{100}\left(\frac{S^2}{{S_N}^2}\right)S_N$$

$$\Rightarrow \quad \Delta S_{CC} = {K_T}^2\left(\Delta P_{CC} + j\frac{U_{CC}\%}{100}S_N\right) \qquad avec \qquad {K_T}^2 = \frac{S}{S_N}$$

On obtient donc, les pertes totales :

$$\boldsymbol{\Delta S_T} = \boldsymbol{\Delta S_0} + \boldsymbol{\Delta S_{CC}} = \left(\Delta P_0 + {K_T}^2\Delta P_{CC}\right) + j\left(i_0\% + {K_T}^2 U_{CC}\%\right)\frac{S_N}{100}$$

2.2 Cas d'un transformateur à trois enroulements



D'après ce schéma, on peut écrire :

$$S_2' = S_2 + \Delta S_2$$

$$S_3' = S_3 + \Delta S_3$$

avec

$$\begin{cases} \Delta S_2 = \dfrac{{P_2}^2 + {Q_2}^2}{{U_2}^2}(R_2 + jX_2) \\ \Delta S_3 = \dfrac{{P_3}^2 + {Q_3}^2}{{U_3}^2}(R_3 + jX_3) \end{cases}$$

Avec : $U_2, U_3, R_2, R_3, X_2, X_3$ sont réduites à la tension U_1

On a comme : $$S_1' = S_2' + S_3' = S_2 + \Delta S_2 + S_3 + \Delta S_3 = P_1' + jQ_1'$$

$$\Delta S_1 = \frac{(P_1')^2 + (Q_1')^2}{{U_2}^2}(R_1 + jX_1)$$

On sait bien que :

$$\Delta \boldsymbol{S_T} = \Delta \boldsymbol{S_0} + \Delta \boldsymbol{S_1} + \Delta \boldsymbol{S_2} + \Delta \boldsymbol{S_3}$$

On remplace les pertes de chaque enroulement dans l'équation des pertes totales, on obtient :

$$\Delta S_T = \left(\Delta P_0 + {K_1}^2 \Delta P_1 + {K_2}^2 \Delta P_2 + {K_3}^2 \Delta P_3\right) + j(\Delta Q_0 + {K_1}^2 U_{1cc}\% \frac{S_{1N}}{100} + {K_2}^2 U_{2cc}\% \frac{S_{2N}}{100} + {K_3}^2 U_{3cc}\% \frac{S_{3N}}{100})$$

$avec \qquad {K_T}^2 = \frac{S}{S_N} \qquad ; \qquad i = 1 \div 3$