ulté de Technologie
epartement d'électrotechnique
ème Licence électrotechnique
Matière : Réseaux Electriques

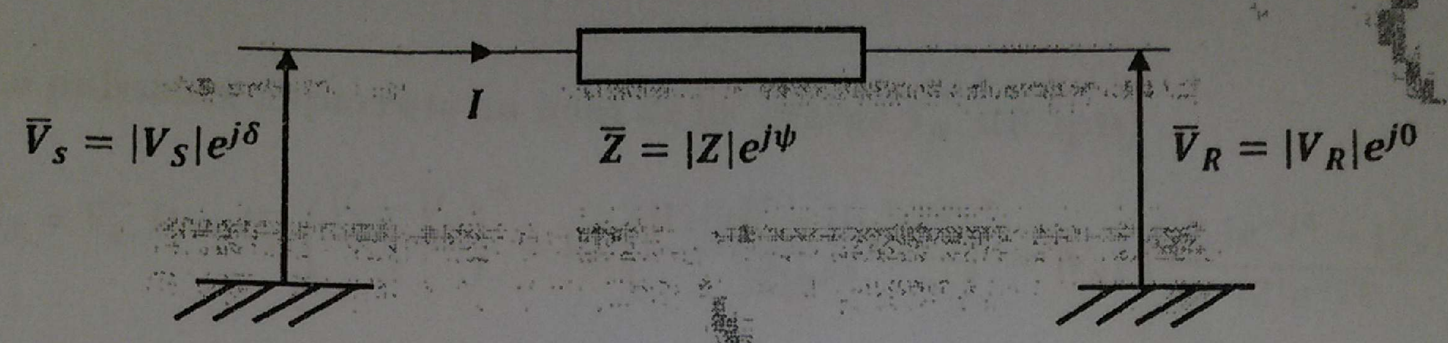
Université de Laghouat
Année universitaire 2016/2017

Durée : 01 H : 30 +5 min.

Epreuve de la Moyenne Durée : Semestre 5

Questions de cours : (5pts)

1. On veut étudier la capacité de transite d'une ligne de transport représenter comme suit :

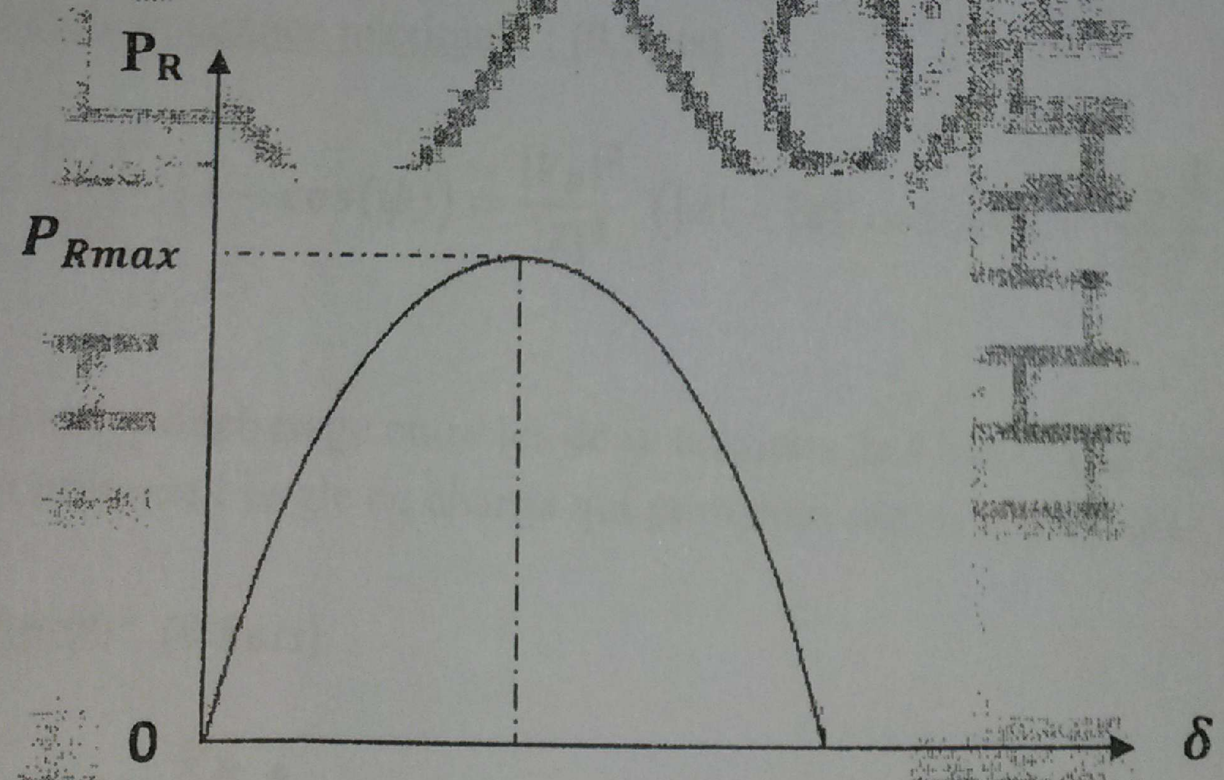


- Démontrer que la puissance active et réactive P_R et Q_R à l'arrivée de cette ligne est donner par :

$$P_R = \frac{|V_R||V_S|}{|Z|}\cos(\psi-\delta) - \frac{|V_R|^2}{|Z|}\cos(\psi) \; ; \; Q_R = \frac{|V_R||V_S|}{|Z|}\sin(\psi-\delta) - \frac{|V_R|^2}{|Z|}\sin(\psi)$$

- Donner la condition pour obtenir une puissance maximum P_{Rmax} ,Puis déduire la formule de cette puissance ?

2. Soit la courbe ci-dessous représente la variation de la puissance active P_R à l'arrivée d'une ligne de transport dû à la variation de l'angle delta δ :



- Que représente l'angle delta δ ?
- Quelle est la valeur de cet angle pour que la puissance active au bout de la charge soit maximum ?
- A partir la figure ci-dessus donner la zone stable et instable de la puissance active P_R ?

3. Pour qu'elle but utilise-t-on les **grandeurs réduites** (système per-unit) dans le réseau électriques ? Quelles sont les **grandeurs de base** utilisées dans le calcul des réseaux ?

4. Pourquoi **transpose-t-on** les lignes électriques de transport ? Expliquer.

Exercice 1 : (5pts)

Soit une ligne de 132 kV (tension nominale) ayant une impédance de 0.125+j0.335 Ω/phase.km, ayant une longueur 100 km. Pour une chute de tension de 10% de la tension nominale, Calculer **la puissance active à l'arrivée** pour deux cas (**V_R =132kV puis V_S =132kV)** si le facteur de puissance est égale à :

a) **l'unité.**
b) **0.8 Ar.**

Calculer **la puissance active limite de la ligne** si les deux tensions de départ et d'arrivée sont égales à la tension nominale.

Exercice 2 : (5pts)

La figure montre le schéma unifilaire d'un réseau électrique triphasé, la réactance du transformateur ayant une puissance nominale totale de 100 MVA, 23/115 kV (tensions composées) est de 20% , et l'impédance de la ligne est Z= j66.125Ω .La charge au nœud 2 est S2=(184.8MW+j6.6Mvar)/**3phase**,et au nœud3 est S3= (0MW+j20Mvar)/**3phase**. Si on veut maintenir au nœud 3 une tension de 115$\angle 0°$ kV. En **utilisant les grandeurs relatives (pu)** (prendre Sbase =100MVA/**phase**).

Déterminer les tensions aux nœuds 2 et 1.

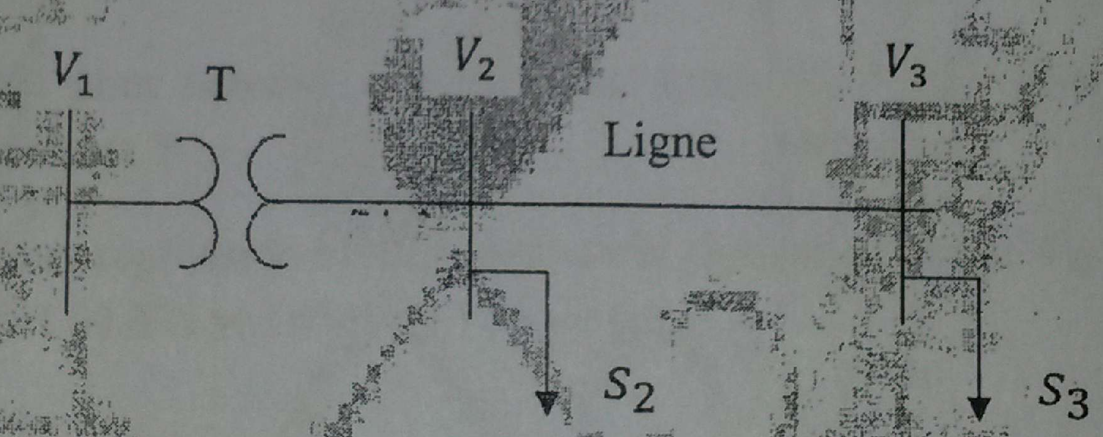
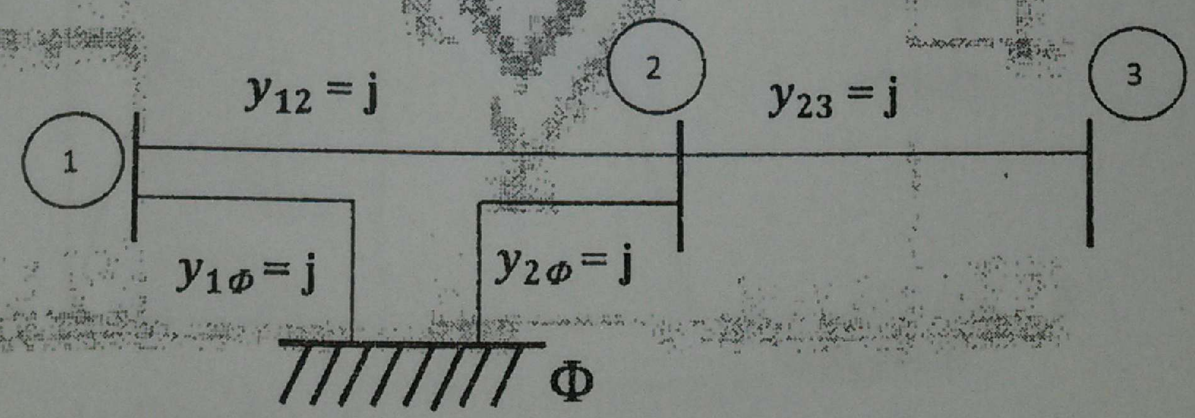


Schéma unifilaire du réseau.

Exercice 3 : (5pts)

Soit le réseau suivant :



1- Déterminer la matrice admittance ramené au nœud 'Φ' ?

2- Faire le changement de référence 'Φ' vers le nœud '1' ($Y^{(\Phi)} \rightarrow Y^{(1)}$) ?

3- Eliminer le nœud "3" non physiquement, Quelle est la nouvelle matrice admittance ?

4- S'il y a une coupure de ligne entre le nœud "2" et "3", déterminer 'Y' ?

Bon courage

UNIVDOCS.COM

Corrigée type EMD (3LELT)

Semestre5 : Réseaux Electriques 2016/2017

Questions de cours :

1. Le courant I :

$$I = \left(\frac{\overline{V_S} - \overline{V_R}}{\bar{z}}\right)$$

- **La puissance apparente au bout de la charge $\overline{S_R}$:(0.5pts)**

$$\overline{S_R} = \overline{V_R}.\bar{I}^* = \overline{V_R}.\left(\frac{\overline{V_S} - \overline{V_R}}{\bar{z}}\right)^* = \overline{V_R}.\left(\frac{|V_S|e^{j\delta} - |V_R|e^{j0}}{|Z|e^{j\psi}}\right)^* = |V_R|.\left(\frac{|V_S|e^{-j\delta} - |V_R|}{|Z|e^{-j\psi}}\right)$$

$$= \frac{|V_R|.|V_S|e^{j(\psi-\delta)}}{|Z|} - \frac{|V_R|^2}{|Z|}e^{j\psi} = P_R + jQ_R \quad \Rightarrow \begin{cases} P_R = \frac{|V_R||V_S|}{|Z|}cos(\psi-\delta) - \frac{|V_R|^2}{|Z|}cos(\psi) \\ Q_R = \frac{|V_R||V_S|}{|Z|}sin(\psi-\delta) - \frac{|V_R|^2}{|Z|}sin(\psi) \end{cases}$$

- **La condition pour que la puissance doit être maximale :(0.5 pts)**

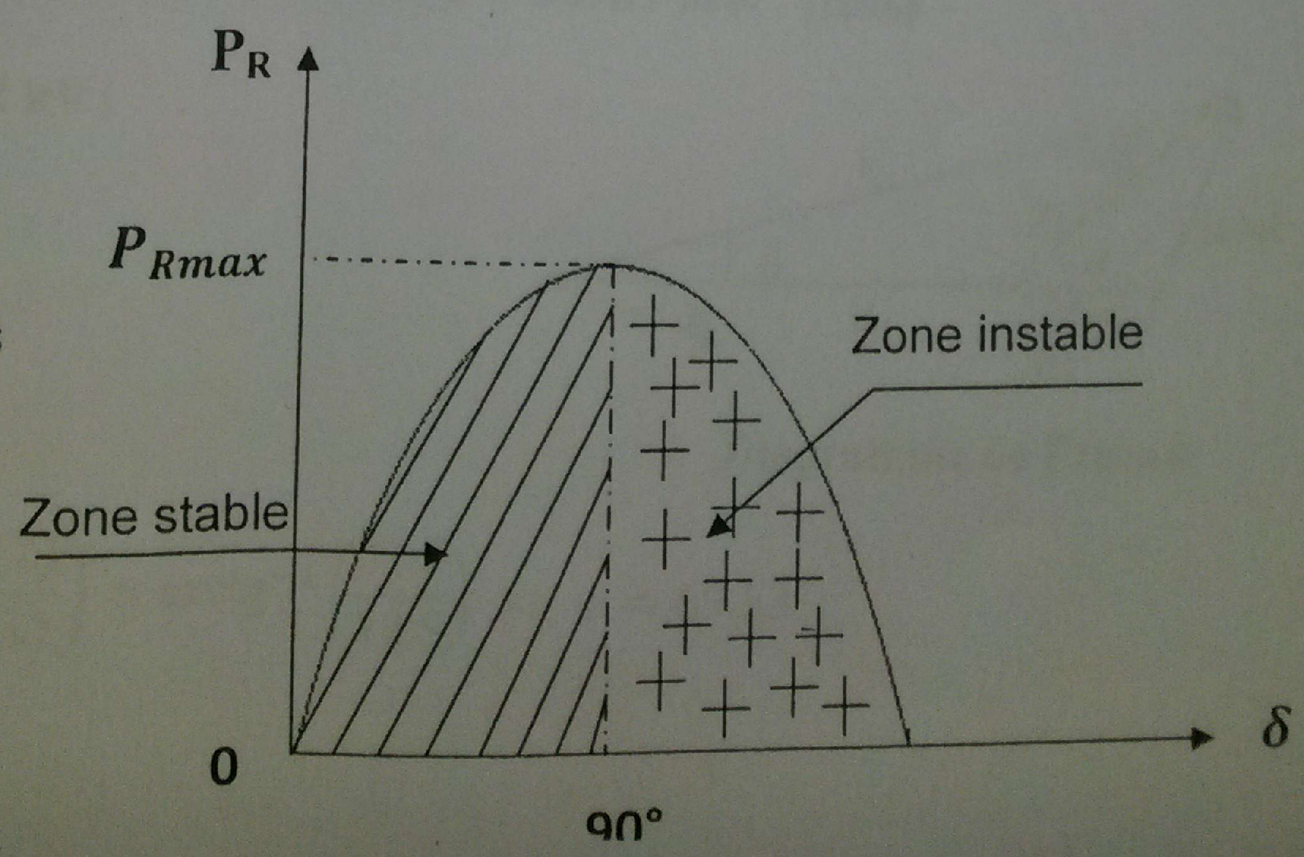
$$\frac{dP_R}{d\delta} = 0 \Rightarrow \frac{-|V_R|^2}{|Z|}.sin(\psi-\delta) = 0 \Rightarrow \psi = \delta$$

Formule de la puissance maximale : **(0.5pts)**

$$P_{Rmax} = \frac{|V_R|^2}{|Z|}.(1 - cos(\psi)) = \frac{|V_R|^2}{|Z|^2}.(|Z| - |Z|.cos(\psi)) = \frac{|V_R|^2}{|Z|^2}.(|Z| - R)$$

2.

- l'angle δ c'est le déphasage entre les deux tensions de départ V_S et l'arrivée V_R de la ligne HT, elle représente l'angle de charge qui permettre régler la puissance active a l'arrivée P_R **(0.5 pts)**
- la valeur est 90°. **(0.5pts)**
-



3. Pour qu'elle but utilise-t-on les **grandeurs réduites** (système per-unit) dans le réseau électriques ? **(0.5pts)**

- **Il donne des informations sur les grandeurs relatifs ;**
- **Simplifier l'étude des circuits contenant des transformateurs ayant plusieurs rapports de transformation ;**
- **Simplifier certain formules et schémas équivalents ;**

Quelles sont **les grandeurs de base** utilisées dans le calcul des réseaux ? **(0.5pts)**

Puissance ; Tension ; Courant ; Impédance

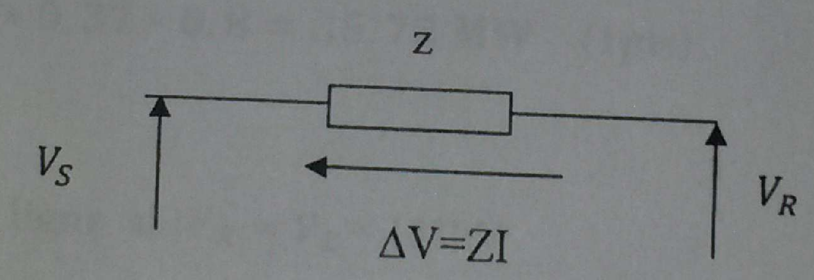
4. Pourquoi **transpose-t-on** les lignes électriques de transport ? **1pts**

On transpose les lignes électriques pour **minimiser la chute de tension totale,** car lors de calcule la valeur de l'inductance on doit déterminer la chute de tension dans chaque tronçon (3 tronçon) donc la chute de la tension total est la moyenne des ces chutes de tension dans chaque tronçon qui est minimum par rapport la chute de tension dans les lignes non transposée.

Exercice 1 :

1er cas: $V_R = 132\ kV$:

$\Delta V = 0.1 * V_n = 13.2$ kV



a) $\cos \emptyset = 1$:

$$I = \frac{\Delta V}{|Z|} = \frac{13.2}{\sqrt{12.5^2 + 33.5^2}} = 0.37\ \text{kA}$$

$$P_R = V_R * I * \cos \emptyset = 132 * 0.37 * 1 = 48.84\ \text{MW} \quad \textbf{(1pts)}$$

b) $\cos \emptyset = 0.8$:

$$P_R = V_R * I * \cos \emptyset = 132 * 0.37 * 0.8 = 39.07\ \text{MW} \quad \textbf{(1pts)}$$

2eme cas: $V_s = 132$ kV :

$$\sin \delta = \frac{ZI * \sin(\psi - \Phi)}{V_S}$$

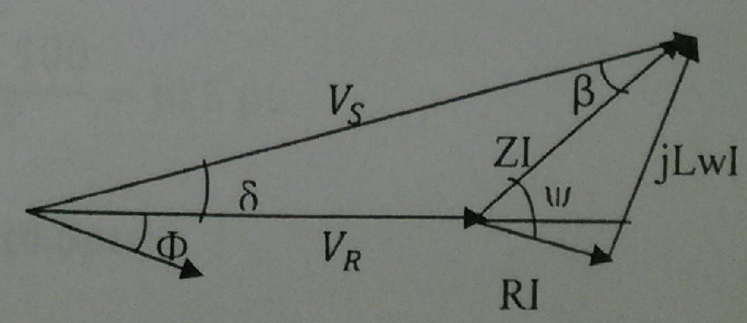


Diagramme de Fresnel

$$\psi = \text{arctg}^{-1}\left(\frac{\text{imag}(Z)}{\text{Real}(Z)}\right) = \text{arctg}^{-1}\left(\frac{33.5}{12.5}\right) \Rightarrow \psi = 69.53°$$

a) $\cos \emptyset = 1$:

$$\sin \delta = \frac{13.2 * \sin(69.53)}{132} \quad \Rightarrow \quad \delta = 5.37°$$

$$\beta = \pi - (\pi - (\psi - \varphi)) - \delta = 69.53 - 5.37 = 64.16°$$

$$V_R^2 = V_S^2 + (ZI)^2 - 2 * V_s * Z * I * \cos(\beta)$$

$$V_R = \sqrt{132^2 + (13.2)^2 - 2 * 132 * 13.2 * \cos(64.16)} = 126.8 \text{ kV}$$

$$\mathbf{P_R = V_R * I * \cos \emptyset = 126.8 * 0.37 * 1 = 46.91 \text{ MW}} \quad \textbf{(1pts)}$$

b) $\cos \emptyset = 0.8$:

$$\sin \delta = \frac{13.2 * \sin(69.53 - 36.86)}{132} \quad \Rightarrow \quad \delta = 3.09°$$

$$\beta = \pi - (\pi - (\psi - \varphi)) - \delta = 69.53 - 36.86 - 3.09 = 29.58°$$

$$V_R = \sqrt{132^2 + (13.2)^2 - 2 * 132 * 13.2 * \cos(29.58)} = 120.69 \text{ kV}$$

$$\mathbf{P_R = V_R * I * \cos \emptyset = 120.69 * 0.37 * 0.8 = 35.72 \text{ MW}} \quad \textbf{(1pts)}$$

2) Puissance active limite de la ligne si :$V_R = V_S = 132$kV

$$\mathbf{P_R max = \frac{V_R^2}{|Z|^2}(|Z| - R) \quad \Rightarrow \quad P_R max = \frac{132^2}{35.75^2}(35.75 - 12.5) = 316.97 \text{ MW}} \quad \textbf{(1pts)}$$

Exercice 2 :

On veut maintenir au nœud 3 une tension de $115\angle 0°$ kV $\Rightarrow$ V_3(pu) = 1 pu (0.5 pts)

Impédance de ligne en per-unit :(0.5pts)

$$Z_L(pu) = \frac{Z_L(\Omega)}{Z_B} = \frac{Z_L(\Omega) * SB}{U_B^2} = \frac{j66.125 * 100}{(115)^2} = j0.5 \text{ pu}$$

Réactance du transformateur en per-unit :(0.5pts)

$$X_T = \frac{20\%}{100} * \frac{SB}{Sn} = \frac{20\%}{100} * \frac{100}{100} = j0.2 \text{ pu}$$

Courant consommé par la charge 3 en per unit :(0.5pts)

$$I_3(pu) = \left(\frac{S_3(pu)}{V3(pu)}\right)^* = \left(\frac{0.066\angle 90°}{1}\right)^* = -j0.066 \text{ pu}$$

Tension au nœud 2 en per unit :(1pts)

$$V_2 = Z_L(pu) * I_3 + V_1 = j0.5 * (-j0.066) + 1 = 1.033\angle 0° \ pu$$

Courant consommé par la charge 2 en per unit :(0.5pts)

$$I_2(pu) = \left(\frac{S_2(pu)}{V2(pu)}\right)^* = \left(\frac{0.616\angle 2.045°}{1.033}\right)^* = 0.596 \angle -2.045° \text{ pu}$$

Courant total I_1: (0.5pts)

$$I_1 = I_2 + I_3 = -j0.066 + 0.595 - j0.021 = 0.595 - j0.087 = 0.601 \angle -8.31° \text{ pu}$$

Tension au nœud 1 en per unit :(1pts)

$$V_1 = X_T(pu) * I_1 + V_2 = j0.2 * (0.595 - j0.087) + 1.033 = 1.0504 + j0.119$$

$$V_1 = 1.057 \angle 6.46° \text{ pu}$$

Exercice 3 : (5pts)

1-Formation de la matrice admittance ramené au nœud 'Φ' : 2pts

Elément diagonaux :

$$Y_{ii} = \sum_{j=\emptyset}^{n} y_{ij}$$

$$Y_{11} = y_{1\emptyset} + y_{12} = j + j = 2j$$
$$Y_{22} = y_{2\emptyset} + y_{21} + y_{23} = j + j + j = 3j$$
$$Y_{33} = y_{3\emptyset} + y_{31} + y_{32} = 0 + 0 + j = j$$

Elément non diagonaux : $\Rightarrow$ $Y = j * \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 \\ -1 & 3 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$

$$Y_{ij} = -y_{ij}$$

$$Y_{12} = Y_{21} = -y_{12} = -j$$
$$Y_{13} = Y_{31} = -y_{13} = 0$$
$$Y_{23} = Y_{32} = -y_{23} = -j$$

2-Changement de référence $Y^{(\Phi)} \longrightarrow Y^{(1)}$: 1pts

2-1 Augmenter Y par l'axe Φ:

$$\begin{array}{cc} & \Phi \\ \Phi & \\ j* & \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 \\ -1 & -1 & 3 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & -1 \end{bmatrix} \end{array}$$

2-2 éliminer l'axe "1" :

$$Y = \begin{bmatrix} 2j & -j & 0 \\ -j & 3j & -j \\ 0 & -j & j \end{bmatrix}$$

3- Elimination non physique de nœud '3' : 1pts

Réduction de Kron :

$$Y = j * \left[\begin{array}{cc|c} 2 & -1 & 0 \\ -1 & 3 & -1 \\ \hline 0 & -1 & 1 \end{array}\right]$$

$$Y = Y_{aa} - Y_{ab}.Y_{bb}^{-1}.Y_{ab}^{t} \Rightarrow Y^{new} = j * \left(\begin{bmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 3 \end{bmatrix} - 1\begin{bmatrix} 0 \\ -1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 0 & -1 \end{bmatrix}\right) = \begin{bmatrix} 2j & -j \\ -j & 2j \end{bmatrix}$$

4-Coupure de ligne 2-3 : 1pts

$$Y_{ii}^{new} = Y_{ii}^{old} + (-y_{ij}) \Rightarrow Y_{22}^{new} = Y_{22}^{old} + (-y_{23}) = 3j - j = 2j$$

$$Y_{jj}^{new} = Y_{jj}^{old} + (-y_{ij}) \Rightarrow Y_{33}^{new} = Y_{33}^{old} + (-y_{23}) = j - j = 0$$

$$Y_{ij}^{new} = Y_{ij}^{old} - (-y_{ij}) \Rightarrow Y_{23}^{new} = Y_{23}^{old} - (-y_{23}) = -j - (-j) = 0$$

$$Y_{ji}^{new} = Y_{ji}^{old} - (-y_{ji}) \Rightarrow Y_{32}^{new} = Y_{32}^{old} - (-y_{32}) = -j - (-j) = 0$$

$$Y = \begin{bmatrix} 2j & -j & 0 \\ -j & 2j & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow Y = \begin{bmatrix} 2j & -j \\ -j & 2j \end{bmatrix}$$