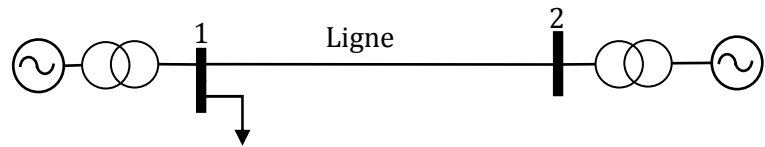


**SÉRIE DE TD N°4**

**Exercice n°1**

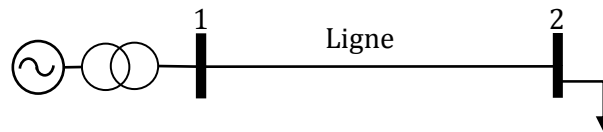
Tracer un diagramme d'impédance pour le système d'alimentation électrique représenté sur le schéma en montrant toutes les impédances en 'pu' sur une base 100-MVA. Choisir 20 kv comme base de tension pour le générateur. Les paramètres du réseau sont donnés ci-dessous.

$G1$  : 90 MVA 20 kV  $X = 9\%$   
 $T1$  : 80 MVA 20/200 kV  $X = 16\%$   
 $T2$  : 80 MVA 200/20 kV  $X = 20\%$   
 $G2$  : 90 MVA 18 kV  $X = 9\%$   
 Line: 200 kV  $X = 120 \Omega$   
 Load: 200 kV  $S = 48 \text{ MW} + j64 \text{ Mvar}$



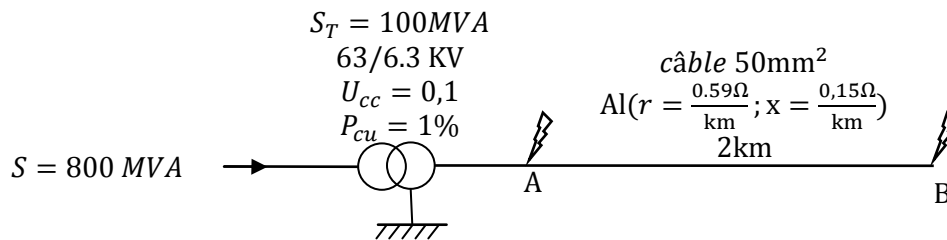
**Exercice n°2**

$G1$  : 60 MVA 20 kV  $X = 9\%$   
 $T1$  : 50 MVA 20/200 kV  $X = 10\%$   
 $T2$  : 50 MVA 200/20 kV  $X = 10\%$   
 $M$ : 43.2 MVA 18 kV  $X = 8\%$   
 Line: 200 kV  $Z = 120 + j200 \Omega$



- Tracer un diagramme d'impédance montrant toutes les impédances en pu sur une base 100MVA. Choisir 20 kilovolts comme base de tension pour le générateur.
- La charge 45 MVA, FP= 0.80 en retard à une tension entre phases de 18 kilovolts. Déterminer la tension du générateur en par unité et en kilovolt.

**Exercice n°3**



- Calculer le courant de court-circuit aux points 'A' et B lors C.C triphasé franc biphasé.
- Conclure sur l'influence de la résistance du circui et sur influence des câbles HTA.

**Exercice n°4**

Déterminer le pouvoir coupure des disjoncteurs des réseaux suivants.

a)	<p> <math>S_T = 100 \text{ MVA}</math>  <math>17/36 \text{ KV}</math>  <math>X_T = 8\%</math> </p> <p> <math>S = 2500 \text{ MVA}</math>  <math>X_d = 35\%</math>  <math>X_i = 25\%</math>  <math>X_h = 6\%</math> </p>
b)	<p> <math>U = 69 \text{ KV}</math>  <math>S = 15 \text{ MVA}</math>  <math>13,8 \text{ KV}</math>  <math>j10</math> </p> <p> <math>X_S = j4,76</math>  <math>X_T = 8\%</math> </p>
c)	<p> <math>S_T = 100 \text{ KVA}</math>  <math>20 \text{ KV} / 410 \text{ V}</math>  <math>X_T = 5\%</math> </p> <p> <math>500 \text{ MVA}</math>  <math>20 \text{ KV}</math>  <math>Z_{L1} = 0,72 + j0,8</math>  <math>1 \text{ MVA}</math>  <math>15\%</math> </p>

**SOLUTION****Exercice n°1****Exercice n°2****Exercice n°3**

- Réseau amont

$$X_a = \frac{U_1^2}{800}$$

$$R_a = 0,1 \cdot X_a$$

Les impédances ramenées au secondaire transformateur :

$$X_{ar} = \frac{U_1^2}{800} \cdot \frac{U_2^2}{U_1^2} = \frac{6,3^2}{800} = 0,05 \Omega$$

$$R_{ar} = 0,005 \Omega$$

- Transfo

$$X_T = 0,1 \cdot \frac{U_2^2}{S_n} = 0,1 \cdot \frac{6,3^2}{10} = 0,4 \Omega$$

$$R_T = \frac{P_{cu}}{S_n} \cdot \frac{U_2^2}{S_n} = 0,01 \cdot \frac{6,3^2}{800} = 0,04 \Omega$$

- Câble

$$R_L = 0,59 \cdot 2 = 1,18 \Omega$$

$$X_L = 0,15 \cdot 2 = 0,3 \Omega$$

- Courant Icc

$$I_{ccA} = \frac{6,3/\sqrt{3}}{|Z_{ar} + Z_T|} = \frac{6,3/\sqrt{3}}{|0,005 + j0,05 + 0,04 + j0,4|} = \frac{6,3/\sqrt{3}}{|0,045 + j0,45|} = 8043 A$$

$$I_{ccB} = \frac{6,3/\sqrt{3}}{|Z_{ar} + Z_T + Z_L|} = \frac{6,3/\sqrt{3}}{|0,005 + j0,05 + 0,04 + j0,4 + 1,18 + j0,3|} = \frac{6,3/\sqrt{3}}{|1,225 + j0,75|} = 2532 A$$

- l'influence de la résistance

$$I_{ccA} = \frac{6,3/\sqrt{3}}{|Z_{ar} + Z_T|} = \frac{6,3/\sqrt{3}}{|j0,05 + j0,4|} = \frac{6,3/\sqrt{3}}{|j0,45|} = 8042 A$$

L'influence la résistance R du circuit est négligeable.

- L'influence des câbles HTA

$$I_{ccB} = \frac{6,3/\sqrt{3}}{|Z_{ar} + Z_T + Z_L|} = \frac{6,3/\sqrt{3}}{|0,005 + j0,05 + 0,04 + j0,4 + 1,18|} = \frac{6,3/\sqrt{3}}{|1,225 + j0,75|} = 2787 A$$

L'impédance des câbles HTA jusqu'à 100m est souvent négligeable.

- Icc biphasé

$$I_{cc2-A} = \frac{U_n}{2 \cdot \sum Z} = \frac{6,3}{2 \cdot 0,45} = 7000 A$$

**Exercice n°4**

- Méthode d'impédances avec des composants symétriques

- Réseau amont

$$Z_a = X\% \cdot \frac{U_1^2}{S_{cc}}$$

$$Z_{d_{a1}} = \frac{35}{100} \cdot \frac{U_1^2}{2500}$$

$$Z_{i_{a1}} = \frac{25}{100} \cdot \frac{U_1^2}{2500}$$

$$Z_{h_{a1}} = \frac{6}{100} \cdot \frac{U_1^2}{2500}$$

Les impédances ramenées au secondaire transformateur :

$$Z_{d_{a2}} = Z_{d_{a1}} \cdot \frac{U_2^2}{U_1^2} = \frac{35}{100} \cdot \frac{U_2^2}{2500} = j0,1814 \Omega$$

$$Z_{i_{a2}} = Z_{i_{a1}} \cdot \frac{U_2^2}{U_1^2} = \frac{25}{100} \cdot \frac{U_2^2}{2500} = j0,1296 \Omega$$

$$Z_{h_{a2}} = 0 \quad \text{Les transformateurs Y arrêtent les courant homopolaire;}$$

- Transformateur

$$Z_a = X\% \cdot \frac{U_1^2}{S_T}$$

$$Z_{dT} = \frac{8}{100} \cdot \frac{U_2^2}{100} = j1,0368 \Omega$$

$$Z_{iT} = \frac{8}{100} \cdot \frac{U_2^2}{100} = j1,0368 \Omega$$

$$Z_{hT} = \frac{8}{100} \cdot \frac{U_2^2}{100} = j1,0368 \Omega$$

▪ Total

$$Z_{dT_{\text{Tot}}} = j0,18 + j1,04 = j1,22 \Omega$$

$$Z_{iT_{\text{Tot}}} = j0,13 + j0,04 = j1,17 \Omega$$

$$Z_{hT_{\text{Tot}}} = j1,04 \Omega$$

Court-circuit monophasé	$I_{cc1} = \frac{\sqrt{3} \cdot 36}{ 1,22 + 1,17 + 1,04 } = 18 \text{ KA}$
Court-circuit biphasé terre	$I_{cc2h} = \frac{\sqrt{3} \cdot 36 \cdot  1,04 - a \cdot 1,17 }{ 1,22 \cdot 1,17(1,22 + 1,17)(1,04) } = 17,6 \text{ KA}$
Court-circuit biphasé isolé	$I_{cc2} = \frac{36}{ 1,22 + 1,17 + 1,04 } = 15 \text{ KA}$
Court-circuit triphasé	$I_{cc3} = \frac{36/\sqrt{3}}{ 1,22 } = 17 \text{ KA}$

Le disjoncteur devra donc couper un courant de court-circuit de 18 kA, soit une puissance de coupure de :  $S = \sqrt{3} \cdot 36 \cdot 18 = 1122 \text{ MVA}$

#### **Exercice n°4-B**

- Méthode d'impédances

$$V = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{13,8}{\sqrt{3}} = 7,9674 \text{ KV}$$

- Source ramenées au secondaire:  $Z_{Alt-U_2} = Z_{Alt} \cdot \frac{U_2^2}{U_1^2} = j4,46 \cdot \frac{13,8^2}{69^2} = j0,19 \Omega$
- Transfo:  $Z_T = jU_{cc} \cdot \frac{U^2}{S_n} = j \frac{8}{100} \cdot \frac{13,8^2}{15} = j1,015 \Omega$
- Ligne :  $Z_L = j10 \Omega$

#### **Point A**

Défaut triphasé

$$I_{cc3-A} = \frac{U/\sqrt{3}}{|Z_{Alt-r} + Z_T|} = \frac{13,8/\sqrt{3}}{|j0,19 + j1,015|} = 6,6120 \text{ KA}$$

Défaut biphasé

$$I_{cc2-A} = \frac{U}{|Z_{Alt-r} + Z_T|} = \frac{13,8}{2 \cdot |j0,19 + j1,015|} = 5,7261 \text{ KA}$$

#### **Point B**

Défaut triphasé

$$I_{cc3-3} = \frac{U/\sqrt{3}}{|Z_{Alt-r} + Z_T + Z_L|} = \frac{13,8/\sqrt{3}}{|j0,19 + j1,015|} = 0,7111 \text{ KA}$$

## Défaut biphasé

$$I_{cc2-3} = \frac{U}{2 \cdot |Z_{Alt-r} + Z_T + Z_L|} = \frac{13,8}{2 \cdot |j0,19 + j1,015 + j10|} = 0,6158 \text{ KA}$$

- Méthode les unités normalisées

- Côte 69 KV

$$\begin{cases} U_{base} = 69 \text{KV} \\ S_{base} = 15 \text{ MVA} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_{base} = \frac{U_{base}^2}{S_{base}} = \frac{69^2}{15} = 317,4 \Omega \\ I_{base} = \frac{S_{base}}{\sqrt{3} \cdot U_{base}} = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 69} = 125,5109 \text{ A} \end{cases}$$

$$\text{Source: } Z_{Alt}(\text{pu}) = \frac{j4,76}{317,4} = j0,015$$

- Côte 13,8 KV

$$\begin{cases} U_{base} = 13,8 \text{ KV} \\ S_{base} = 15 \text{ MVA} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_{base} = \frac{U_{base}^2}{S_{base}} = \frac{13,8^2}{15} = 12,696 \Omega \\ I_{base} = \frac{S_{base}}{\sqrt{3} \cdot U_{base}} = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 627,5546 \text{ A} \end{cases}$$

$$\text{Transfo: } Z_T(\text{pu}) = \frac{j1,015}{12,696} = j0,0799$$

$$\text{Ligne : } Z_L = \frac{j10}{12,696} = 0,7876$$

- Défaut triphasé

$$I_{cc-A} = \frac{U}{Z_{cc}} = \frac{1}{Z_{cc}} = \frac{1}{0,015 + 0,0799} = 10,5374 \text{ pu} = 61,7284 * 627,5546$$

$$I_{cc-A} = 6612,8 \text{ A}$$

$$I_{cc-B} = \frac{U}{Z_{cc}} = \frac{1}{Z_{cc}} = \frac{1}{0,015 + 0,0799 + 0,7876} = 1,1331 \text{ pu}$$

$$I_{cc-B} = 1,1331 * 627,5546 = 711,11 \text{ A}$$

## Réseau amont

$$Z_a = X\% \cdot \frac{U1^2}{S_{cc}} = \frac{U1^2}{500} = j0,8$$

## Ligne 1

$$Z_{L1} = 0,72 + j0,8$$

## Source 1

$$Z_{Alt} = X\% \cdot \frac{U1^2}{S_{cc}} = \frac{15}{100} \cdot \frac{U1^2}{1} = j60$$

## Totale primaire

$$Z_{1r} = Z_1 \cdot \frac{U2^2}{U1^2} = (0,72 + j61,8) \cdot \frac{410^2}{20\,000^2} = 0,0003 + j0,0259$$

## Transfo

$$Z_T = jU_{cc} \cdot \frac{U2^2}{S_n} = \frac{5}{100} \cdot \frac{410^2}{1} = j0,0084$$

$$Z_{D1} = 0,0003 + j0,0343$$

$$I_{cc-D1} = \frac{U_2/\sqrt{3}}{|Z_{D1}|} = 3485,5 \text{ A}$$

**Exercice n°4-C**