

---

## Simulation d'une installation de distribution de l'énergie électrique avec le logiciel Matlab – Simulink et la boîte à outils « Simscape Power Systems »

### Objectifs

- Modéliser et simuler un réseau électrique en utilisant Simulink et Simscape Power Systems.
- Etudier le régime transitoire d'un réseau simple
- Etudier la puissance maximale transmissible par une ligne
- Calculer une batterie de condensateur
- Calculer des courants de court – circuit
- Calculer un réseau à l'aide des grandeurs réduites

Les simulations consisteront à :

- Etudier l'influence des puissances active et réactive transitées sur l'amplitude de la chute de tension aux bornes de la ligne. L'influence des capacités sera étudiée.
- Etudier l'influence d'une batterie de condensateur et visualiser le courant de mise sous tension d'une batterie de condensateur.
- Visualiser les régimes temporels d'un court – circuit triphasé.

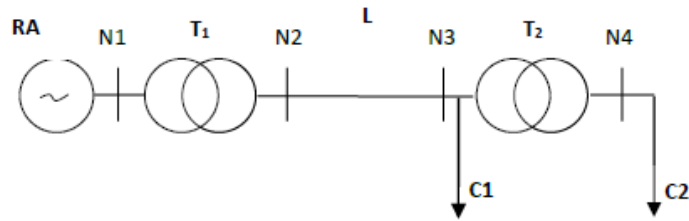
### Description des travaux

#### 1. Lancement de Matlab – Simulink

- Lancer le programme « *MATLAB R2018a* ».
- Utiliser le menu « **File>Open...** » et sélectionner « *TP\_DISTRIBUTION.mdl* »
- Cliquer sur  pour ouvrir Simulink et sur  pour ouvrir la boîte à outils « Simscape ». Notez que dans la librairie « Simscape » vous trouverez les éléments rassemblés dans le fichier « *TP\_DISTRIBUTION.mdl* » et bien d'autres.

#### 2. Réseau de l'étude

Nous considérerons un réseau électrique constitué d'un réseau amont RA, deux transformateurs T1 et T2, une ligne L et des charges C1 et C2.



#### Données du réseau :

##### RA : Réseau amont :

Puissance de court – circuit : 2000 MVA

$U = 225 \text{ kV}$

$X/R = 10$

##### L : Ligne :

90 kV

$R = 0,15 \text{ } \Omega/\text{km} - X_l = 0,4 \text{ } \Omega/\text{km}$

$C = 1,6 \cdot 10^{-9} \text{ F/km}$

Longueur : 50 km

##### Transformateur T1 :

170 MVA – 225 kV/90 kV – 50 Hz

$R_1 = R_2 = 0,005 \text{ pu}$

$X_{f1} = X_{f2} = 0,03 \text{ pu}$

$X_m = 30 \text{ pu}$

$R_m = 100 \text{ pu}$

##### Transformateur T2 :

36 MVA – 90 kV/ 20 kV – 50 Hz

$R_1 = R_2 = 0,002 \text{ pu}$

$X_{f1} = X_{f2} = 0,08 \text{ pu}$

$X_m = 50 \text{ pu}$

$R_m = 500 \text{ pu}$

##### Charge C1

Tension nominale : 90 kV

Fréquence nominale : 50 Hz

Puissance active sous tension nominale (P), puissance réactive inductive sous tension nominale (Ql) et puissance réactive capacitive sous tension nominale (Qc): Paramètres à régler.

##### Charge C2

Tension nominale : 20 kV

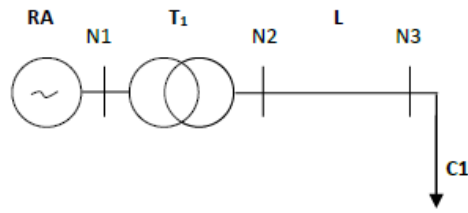
Fréquence nominale : 50 Hz

Puissance active sous tension nominale (P), puissance réactive inductive sous tension nominale (Ql) et puissance réactive capacitive sous tension nominale (Qc): Paramètres à régler.

### **3. Travail demandé**

#### **3.1 Puissance transmissible par la ligne**

Modéliser la partie du réseau suivante :



Le réseau sera construit à l'aide des éléments prélevés dans le fichier « *TP\_DISTRIBUTION.mdl* » et copiés dans un nouveau fichier (File > New > Blank Model)

- Le réseau amont est représenté par un bloc *Three-Phase Source*.
- Les transformateurs sont chacun représentés par un bloc *Three-Phase Transformer (Two Windings)*.
- La ligne de transport est modélisée par un bloc *PI Section Line*.
- Les charges sont représentées par un bloc *Three-Phase Parallel RLC Load*.
- Les appareils de coupure sont modélisés par un bloc *Three-Phase Breaker*.
- Les capteurs de tension sont représentés par un bloc *Voltage Measurement*.
- Les capteurs de courant sont représentés par un bloc *Current Measurement*.
- Pour obtenir la valeur efficace d'un signal, il faut utiliser le bloc *RMS*.
- Les puissances actives et réactives sont calculées à partir des mesures de tension et courant à l'aide du bloc *Active & Reactive Power*.
- Les mesures sont visualisées en fonction du temps  $y = f(t)$  à l'aide du bloc *Scope*.
- Les courbes  $y = f(x)$  peuvent être tracées à l'aide du bloc *XY Graph*.

En effectuant un double-click sur chaque élément, vous pourrez en préciser ses paramètres et avoir un accès à une aide sur l'élément (« **Help** »).

Attention, tout circuit doit toujours être constitué d'au moins une boucle fermée. Vous pouvez utiliser pour cela des valeurs de R, L et C très grandes (introduire inf) ou très petites (introduire 0 : eps).

Placer le bloc « *Continuous* » dans le fichier de simulation afin de définir le type de résolution numérique utilisé. Entrez les paramètres de la simulation dans le menu « **Simulation > Model Configuration Parameters** » : temps de début et fin de la simulation, *Solver Type* : Variable-step ; *Solver* : ode23tb.

▪ *Influence de la puissance active.*

Faire varier la charge C1 de 0 à 200 MW (avec Q=0 MVar) par échelon (0MW en  $t = 0s$ ; 20MW en  $t = 0,1s$ , ...) en utilisant des interrupteurs et en précisant leur état initial (fermé ou ouvert) et leur instant de changement d'état. Visualiser les caractéristiques  $V3 = f(P3)$ ,  $P3 = f(t)$  et  $V3 = f(t)$ . Conclusion.

▪ *Influence de la puissance réactive.*

Faire varier la charge C1 de 0 à 200 MVar (avec  $P=0$  MW) par échelon (0MVar en  $t=0s$ ; 20MVar en  $t=0,1s$ , ...) en utilisant des interrupteurs et en précisant leur état initial (fermé ou ouvert) et leur instant de changement d'état. Visualiser les caractéristiques  $V3 = f(Q3)$ ,  $Q3 = f(t)$  et  $V3 = f(t)$ . Conclusion.

▪ *Influence des éléments de la ligne.*

Pour un essai à vide avec le modèle en  $\pi$  de la ligne, mesurer la tension à l'entrée et la sortie de la ligne. Conclusion.

Faire le même essai avec le modèle R, L de la ligne ( $C = 0$ ). Conclusion.

### 3.2 Influence d'une batterie de condensateur

Modéliser entièrement le réseau. Pour des charges C1 et C2 résistives ( $C1 = 50$  MW et  $C2 = 10$  MW), calculer la batterie de condensateurs à installer au nœud N4 afin d'éliminer le transit de puissance réactive au nœud N3. Vérifier votre résultat à l'aide de la simulation. Visualiser le courant de mise sous tension d'une batterie de condensateur.

### 3.3 Etude d'un court – circuit triphasé

Un court – circuit triphasé équilibré a lieu en N4. Calculer à l'aide des grandeurs réduites le courant de court – circuit en N1, N2, N3 et N4. Retrouver ces résultats à l'aide du logiciel de simulation. Pour cela il faut reprendre le réseau modélisé au paragraphe 2.3.2 sans la batterie de condensateur. Un court – circuit triphasé est créé en N4 à l'aide d'un interrupteur connectant les phases entre elles.

### 3.4 Réseau amont équivalent.

Déterminer le modèle de Thévenin du réseau situé en amont du nœud N4. Vérifier vos résultats à l'aide du logiciel. Expliquer votre procédure.

## 4. Pour aller plus loin (Facultatif).

Si vous voulez voir les composants d'un bloc, click droit et *look under mask*. Etudiez, par exemple, le bloc *Active & Reactive Power* pour connaître sa fonction.