

GEL-4150/GEL-7040

RÉSEAUX ÉLECTRIQUES**EXAMEN PARTIEL**

Le 25 octobre 2018

De 13h30 à 15h20

Salle PLT-2546

Document autorisé

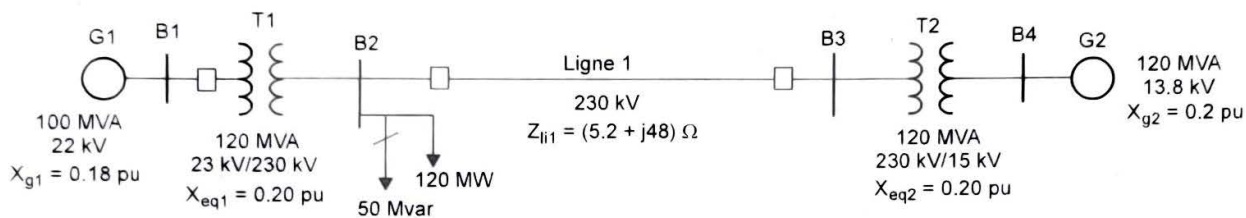
Une feuille format lettre (8.5 po. x 11 po.) manuscrite recto-verso

Remarques

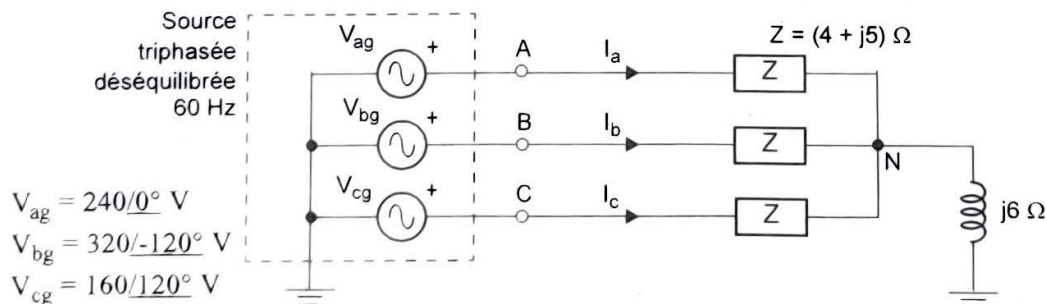
- Écrivez proprement et lisiblement
- La démarche de votre solution doit être clairement expliquée
- Les tensions et les courants doivent être bien identifiés sur les schémas
- Les courbes doivent être faites avec soins

Problème no. 1 (25 points)

a) Un réseau triphasé est représenté par le schéma unifilaire suivant:

On choisit $S_{base3\phi} = 100$ MVA et $V_{baseLL} = 22$ kV (côté générateur G1).

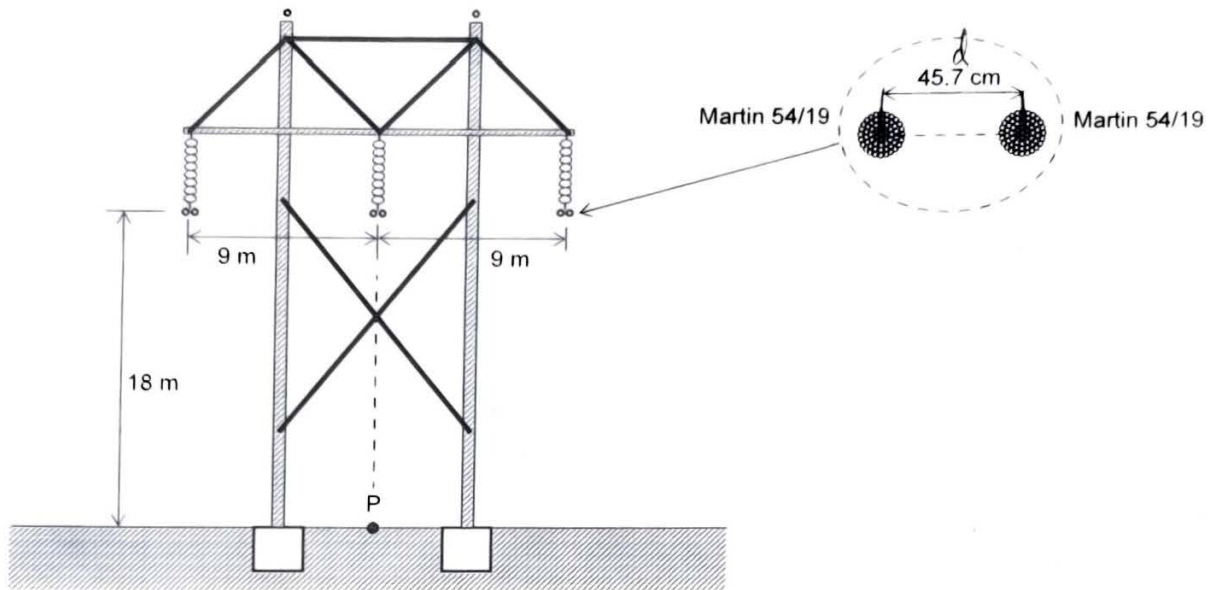
- **Tracer** un schéma monophasé équivalent en p.u. du réseau (la charge peut être représentée comme une combinaison parallèle d'une résistance et d'une inductance). (4 points)
- **Calculer** les valeurs en p.u. des impédances du réseau: X_{eq1} , Z_{li1} , X_{eq2} et X_{g2} dans la base choisie. (9 points)

b) Une source de tension triphasée déséquilibrée est connectée à une charge équilibrée composée de trois impédances $Z = (4 + j5)\Omega$ connectées en Y avec le neutre connecté à la terre par une réactance de $j6\Omega$ 

- **Déterminer** les tensions de séquence V_0 , V_1 , V_2 de la source triphasée déséquilibrée. (3 points)
- **Déterminer** les impédances de séquence Z_0 , Z_1 , Z_2 de la charge triphasée. (3 points)
- **Tracer** les trois réseaux de séquence et **calculer** les courants de séquence I_0 , I_1 , I_2 . (3 points)
- **Calculer** les courants de ligne I_a , I_b , I_c . (3 points)

Problème no. 2 (25 points)

Une ligne triphasée 345 kV, 60 Hz complètement transposée utilise trois faisceaux de deux conducteurs ACSR du type Martin 54/19 par faisceau. Les conducteurs dans un faisceau sont distancés de 45.7 cm. Les faisceaux sont arrangés tel que montré dans la figure suivante.



Les caractéristiques du câble ACSR Martin 54/19 sont données dans le tableau suivant.

Nom de code	Nombre de brins		Section (Aluminium) [mm ²]	Diamètre extérieur [mm]	GMR (à 60 Hz) [mm]	Capacité en courant (à 60 Hz) [A]	Résistance (à 50°C) [Ω/km]		
	Aluminium	Acier					DC	50 Hz	60 Hz
Martin	54	19	685.4	36.17	14.60	1250	0.0476	0.0495	0.0502

- Calculer la résistance série R_1 en Ω/km. La température des conducteurs est de 50°C. (5 points)
- Calculer l'inductance série de la séquence directe L_1 en H/km. (5 points)
- Calculer la capacité shunt de la séquence directe C_1 en F/km. (5 points)
- Calculer le champ électrique maximal à la surface des conducteurs en kV/cm. (5 points)
- Calculer le champ électrique au point P au sol. (5 points)

Problème no. 3 (25 points)

Considérons une ligne de transport triphasée (complètement transposée) non compensée 735 kV, 60 Hz, de longueur 300 km. Les paramètres de la ligne sont donnés:

$$R_l = 0.01273 \, \Omega/\text{km} \quad L_l = 0.9337 \, \text{mH}/\text{km} \quad C_l = 12.74 \, \text{nF}/\text{km}$$

La tension au bout de la source est maintenue constante à 1.0 p.u. On suppose que la tension au bout de la charge est $V_r = 0.95$ p.u. et le déphasage δ entre V_s et V_r est de 35° .

Pour simplifier les calculs, on utilisera le modèle de ligne «moyenne» (circuit équivalent en pi nominal)

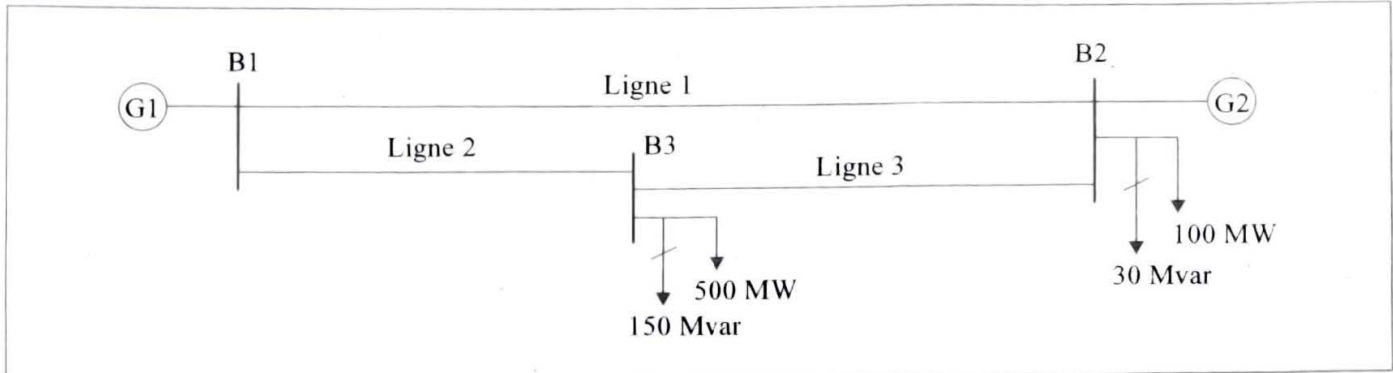
- **Déterminer** les valeurs des éléments Z et $Y/2$ du circuit équivalent en pi nominal (modèle «ligne moyenne») de la ligne. (5 points)
- À partir du résultat précédent, **calculer** les paramètres ABCD de la ligne. (5 points)
- **Calculer** la puissance maximale que la ligne non compensée peut transporter (limite pratique de stabilité statique). (5 points)
- On connecte deux condensateurs en série aux deux bouts de la ligne pour réaliser une compensation totale de 35%. **Calculer** la valeur (en μF) de chaque condensateur de compensation. (5 points)
- Les paramètres ABCD de la ligne compensée sont calculés:

$$\begin{bmatrix} A_{eq} & B_{eq} \\ C_{eq} & D_{eq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (0.9495 \angle 0.16^\circ) & (71.0857 \angle 86.8^\circ) \\ (1.386 \times 10^{-3} \angle 90.08^\circ) & (0.9495 \angle 0.16^\circ) \end{bmatrix}$$

Calculer la puissance maximale que la ligne compensée peut transporter (limite pratique de stabilité statique). (5 points)

Problème no. 4 (25 points)

Considérons le réseau simple à trois barres montré dans la figure suivante.



Les valeurs de base du réseau sont: $S_{base} = 100 \text{ MVA}$ et $V_{base} = 230 \text{ kV}$.

Les paramètres du réseau et des lignes sont donnés dans les tableaux suivants.

Barre	V (pu)	δ (degré)	P_G (pu)	Q_G (pu)	P_L (pu)	Q_L (pu)	Q_{Gmax} (pu)	Q_{Gmin} (pu)
1	1.0	0			0	0		
2	1.05		5.0		1.0	0.3		
3			0	0	5.0	1.5		

Ligne	Connexion	R' (pu)	X' (pu)	G' (pu)	B' (pu)	S_{max} (pu)
1	B1 - B2	0.01	0.05	0	0.0	5.0
2	B1 - B3	0.01	0.05	0	0.0	5.0
3	B2 - B3	0.01	0.05	0	0.0	5.0

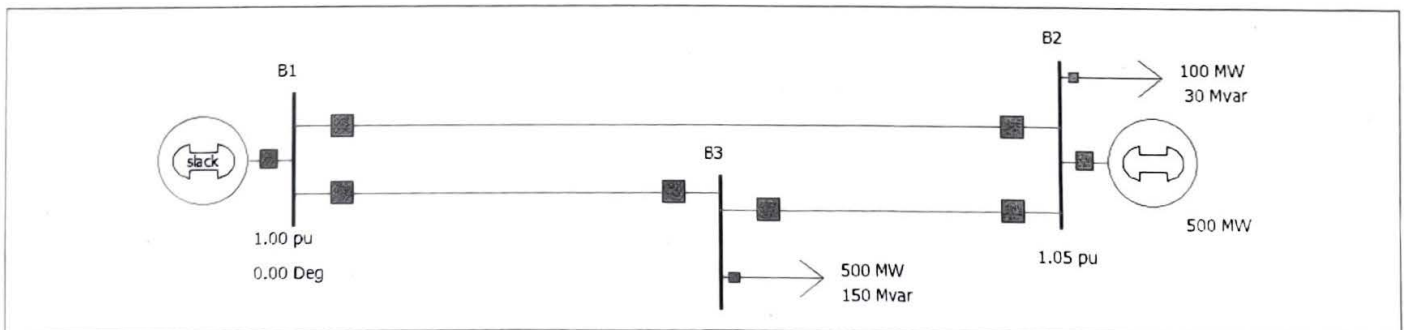
- Déterminer la matrice des admittances Y_{bus} . (6 points)

- Pour cette question uniquement, on suppose que la matrice des admittances Y_{bus} est:

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} 39 \angle -79^\circ & 19.5 \angle 101^\circ & 19.5 \angle 101^\circ \\ 19.5 \angle 101^\circ & 39 \angle -79^\circ & 19.5 \angle 101^\circ \\ 19.5 \angle 101^\circ & 19.5 \angle 101^\circ & 39 \angle -79^\circ \end{bmatrix}$$

Établir les six équations non-linéaires à résoudre par la méthode Newton-Raphson. (9 points)

- Le diagramme PowerWorld de ce réseau est montré dans la figure suivante.



Les résultats d'écoulement de puissance obtenus avec *PowerWorld* sont donnés dans les tableaux suivants.

Filter Advanced Bus Find... Remove											
	Number	Name	Area Name	Nom kV	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar	Gen MW	Gen Mvar
1	1	B1	1	230.00	1.00000	230.000	0.00			117.25	-15.53
2	2	B2	1	230.00	1.05000	241.500	2.03	100.00	30.00	500.00	281.77
3	3	B3	1	230.00	0.95170	218.892	-5.88	500.00	150.00		

Filter Advanced ▾ Generator ▾										Find... Remove			
	Number of Bus	Name of Bus	ID	Status	Gen MW	Gen Mvar	Set Volt	AGC	AVR	Min MW	Max MW	Min Mvar	Max Mvar
1	1	B1	1	Closed	117.25	-15.53	1.00000	NO	YES			-9900.00	9900.00
2	2	B2	1	Closed	500.00	281.77	1.05000	YES	YES			-9900.00	9900.00

Filter Advanced Branch Find... Remove															
	From Number	From Name	To Number	To Name	Circuit	Status	Branch Device Type	Xfrmr	MW From	Mvar From	MVA From	Lim MVA	% of MVA Limit (Max)	MW Loss	Mvar Loss
1	1	B1	2	B2	1	Closed	Line	NO	-90.7	-80.5	121.3	500.0	25.5	1.47	7.35
2	1	B1	3	B3	1	Closed	Line	NO	207.9	65.0	217.8	500.0	43.6	4.75	23.73
3	3	B3	2	B2	1	Closed	Line	NO	-296.8	-108.7	316.1	500.0	69.8	11.03	55.17

- À l'aide des résultats de PowerWorld, **compléter** et **transcrire** dans votre cahier d'examen le tableau suivant:

Barre	V (pu)	δ (degré)	P_G (pu)	Q_G (pu)	P_L (pu)	Q_L (pu)
1	1.0	0			0	0
2	1.05		5.0		1.0	0.3
3			0	0	5.0	1.5

(4 points)

- À l'aide des résultats de PowerWorld, **déterminer** les quantités suivantes:

- les puissances actives et réactives transitées sur les lignes (2 points)
- les pertes de puissances active et réactive sur les lignes (2 points)
- Y-a-t-il des anomalies dans les résultats obtenus? Si oui, proposer des moyens de correction. (2 points)