

**6GEI700 : Transport et Exploitation d'Énergie Électrique  
TP 2 : Écoulement de puissance et régulation de  
tension d'une ligne de transmission simplifiée**

**But**

1. Pour observer l'écoulement d'une puissance active et réactive dans une ligne de transmission triphasée connaissant les charges passives.
2. Pour observer la régulation de tension du côté récepteur en fonction du type de charge.

**Discussion**

**Lignes de transmission**

Une ligne de transmission qui délivre une puissance électrique dissipe une chaleur par effet joule du à la résistance des conducteurs. Cette ligne se comporte donc comme une résistance, qui, dans certains cas est longue de quelques kilomètres.

Une ligne de transmission se comporte aussi comme une inductance, parce que chaque conducteur est entouré d'un champ magnétique, qui étire également la pleine longueur de la ligne.

Finalement, une ligne de transmission se comporte comme une capacité, les conducteurs se comportant (les conducteurs se comportant comme s'ils étaient des plaques plus ou moins séparées).

La résistance, inductance et capacité de la ligne de transmission sont uniformément repartis sur toute sa longueur, le champ magnétique existant autour des conducteurs existe de chaque côté des conducteurs ainsi que le champ électrique crée par la différence de potentiel entre elles. Nous pouvons représenter une ligne de transmission comme étant des milliers de résistances, inductances et capacités élémentaires (Fig. 2-1).

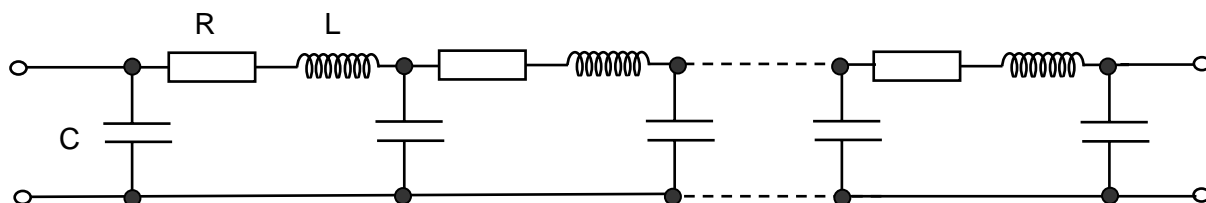


Fig. 2-1

En haute fréquence, c'est ce circuit qui doit être utilisé pour expliquer le comportement d'une ligne de transmission. Fort heureusement, aux basses fréquences (50 ou 60 Hz), nous pouvons simplifier la totalité de la ligne avec une seule inductance, une résistance et une (quelques fois deux) capacité pour chaque phase. Un tel circuit est présenté à la Fig. 2-2.

À la Fig. 2-2, l'inductance  $L$  est égale à la somme des inductances élémentaires de la Fig. 2-1, et ceci est valable pour la résistance  $R$ . La capacité  $C$  est égale à la moitié de la somme des capacités élémentaires à la Fig. 2-1. L'inductance  $L$  et la capacité  $C$  peuvent être remplacée par leur réactances équivalentes  $X_L$  et  $X_C$  comme indiqué à la Fig. 2-3.

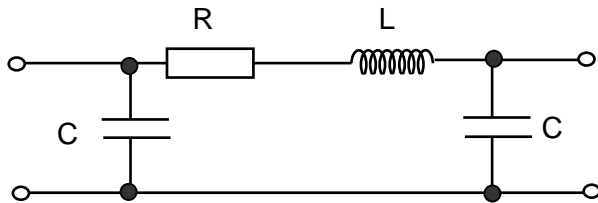


Fig. 2-2

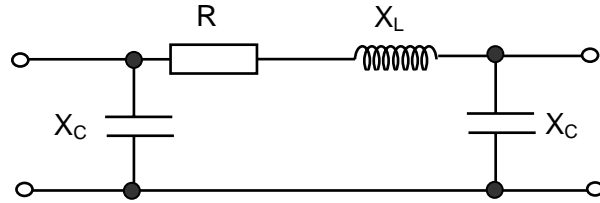
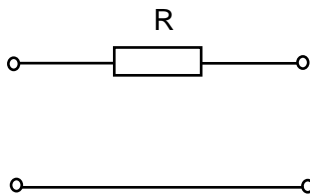
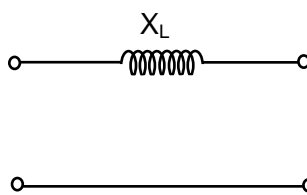


Fig. 2-3

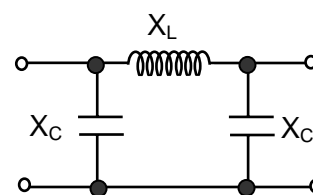
Les valeurs relatives de  $R$ ,  $X_L$  et  $X_C$  dépendent du type de ligne de transmission. Les lignes courtes, à basse tension tel que le câblage d'une maison sont principalement résistives, les inductances et capacités peuvent être négligées (Fig. 2-4a).



(a)



(b)



(c)

Fig. 2-4

Les lignes à moyennes tension (jusqu'à 100 kV) et longueur (quelques centaines de kilomètres) auront une résistance et une réactance capacitive négligeables par rapport à la réactance inductive. De tels lignes peuvent être représentées par une seule réactance  $X_L$ , comme indiqué à la Fig. 2-4b.

Finalement, les lignes à très haute tensions qui s'étendent sur plusieurs centaines de kilomètres possèdent des réactances capacitives et inductives appréciables et peuvent être représentées par le circuit similaire de la Fig. 2-4c.

La plupart des lignes de transmission peuvent être représentés par les schémas définis à la Fig. 2-4b ou 2-4c, et une bonne compréhension de leur comportement peut être obtenu par une simple inductance (Fig. 2-4b). C'est ce circuit qui sera utilisé dans ces expériences.

Pour question d'intérêt, les lignes possèdent une réactance inductive de  $0,8 \Omega$  par mile par phase à la fréquence industrielle de 60 Hz. La réactance de la capacité shunt est de l'ordre de  $200 \text{ k}\Omega$  par mile\*.

## INSTRUMENTS ET COMPOSANTS

Module de source de puissance (120/208 V 3 $\phi$ , 0-120/208 V 3 $\phi$ )	EMS 8821
Module resistance	EMS 8311
Module inductance	EMS 8321
Module de ligne de transmission triphasée	EMS 8329
Module de capacité	EMS 8331
Module de mesure AC (250/250 V)	EMS 8426
Module du Watt-Varmètre triphasé (300 W/300 var)	EMS 8446
Fils de raccordement	EMS 9128
Module du moteur à induction de rotor à enroulement (optionnel)	EMS 8231
Module du moteur à induction à cage d'écurie (optionnel)	EMS 8221

## EXPÉRIENCES

**Attention : La haute Tension est utilisées dans cette expérience de laboratoire ! Ne pas effectuer des connexions sous tension !**

- 2-1) Connecter deux Watt-varmètres en séries avec la source de tension triphasée variable 208 V et appliquer une charge inductive triphasée de 300 Ω, connectée en étoile, comme indiqué à la Fig. 2-5. Ajuster la sortie de la source de tension à 208 V. Une attention particulière devrait être portée lors de la connexion afin que l'ordre approprié des phases soit appliqué au Watt-varmètres.

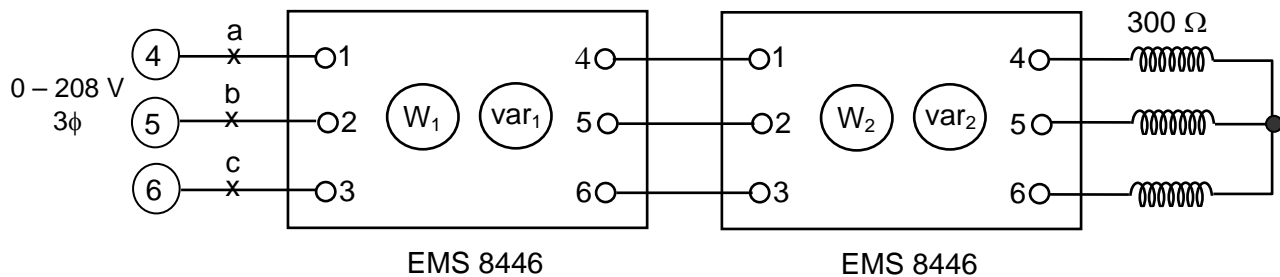


Fig. 2-5

Si les appareils de mesure sont connectés comme indiqué, les deux varmètres devraient indiquer des valeurs positives lorsque la polarité est à la position (+). Si la lecture est négative, la séquence des phases est alors incorrect et deux des phases a, b ou c devraient être interchangée.

Note : Bien que les deux appareils de mesure soient supposés donner les mêmes mesures, celui à gauche pourrait indiquer une valeur légèrement supérieure à cause de la charge qu'impose l'appareil de mesure situé à droite.

$W_1 = \dots\dots\dots$                        $W_2 = \dots\dots\dots$   
 $var_1 = \dots\dots\dots$                        $var_2 = \dots\dots\dots$

- 2-2) En utilisant la source de tension alternative variable, connecter le circuit comme indiqué à la Fig. 2-6, et ajuster l'impédance de la ligne de transmission à 120 Ω. Connecter une source inductive de 300 Ω en étoile et alimenter. Tous les appareils de mesures devraient avoir une lecture positive si leur polarité indiquée est à la position (+). Si la lecture n'est pas positive, vérifier les connexions des séquences de phases. Nous sommes maintenant près à démarrer l'expérience en utilisant le circuit de la Fig. 2-6.

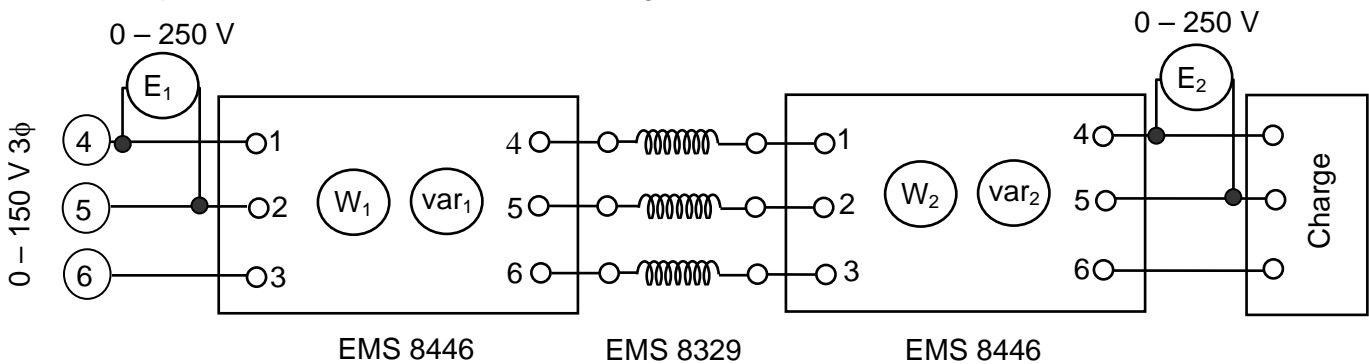


Fig. 2-6

- 2-3) Avec la ligne en circuit ouvert, ajuster la tension de la source afin que la tension ligne-ligne  $E_1$  soit égale à 150 Volts. (Maintenir cette tension constante pour le reste de l'expérimentation). Mesurer  $E_1$ ,  $W_1$ ,  $var_1$  et  $E_2$ ,  $W_2$ ,  $var_2$  et compléter la Tableau 2-1.
- 2-4) Connecter une charge inductive triphasée de 300 Ω par phase, relever les mesures et compléter le Tableau 2-1.

- 2-5) Connecter une charge triphasée résistive de 300 Ω par phase, relever les mesures et compléter le Tableau 2-1.
- 2-6) Connecter une charge triphasée capacitive de 300 Ω par phase, relever les mesures et compléter le Tableau 2-1.
- 2-7) Court-circuiter les bornes ‘Récepteur’ de la ligne de transmission, relever les mesures et compléter le Tableau 2-1.
- 2-8) Calculer les puissances réelle et réactive qui sont absorbées par la ligne de transmission dans les expériences 2-4, 2-5, 2-6 et compléter le Tableau 2-1.
- 2-9) Calculer la régulation de tension de la ligne de transmission à partir de la formule suivante :

$$\% \text{régulation} = \frac{(E_o - E_L) \times 100}{E_o}$$

Où  $E_o$  est la tension à vide et  $E_L$  est la tension sous charge, toutes deux aux bornes ‘réceptrices’. Compléter le Tableau 2-1.

Expérience No.	Charge	$E_1$ (V)	$W_1$ (W)	$var_1$ (vars)	$E_2$ (V)	$W_2$ (W)	$var_2$ (vars)	LIGNE (W)	LIGNE (vars)	Régulation (%)
2-3	Circuit ouvert									
2-4	inductive									
2-5	résistive									
2-6	capacitive									
2-7	Court circuit									

Tableau 2-1.

### QUESTIONS ET PROBLÈMES

1. Une ligne de transmission triphasée possédant une réactance par phase de 120 Ω est connectée à une charge triphasée ayant une résistance de 160 Ω par phase et qui est connectée en étoile. Si la tension d'alimentation est de 70 kV ligne - ligne, calculer :

- a) la tension phase-neutre par phase :  
.....
- b) le courant de ligne par phase :  
.....
- c) Les puissances actives et réactives consommées par la charge :  
.....
- d) Les puissances actives et réactives absorbées par la ligne :  
.....
- e) La tension phase-phase au récepteur :  
.....
- f) La chute de tension par phase le long de la ligne :  
.....
- g) La puissance totale apparente délivrée par la source :  
.....
- h) Les puissances actives et réactives totales délivrées par la source :  
.....

2. Une ligne de transmission longue de 300 miles possède une réactance de 240 Ω par phase et une capacitance phase-neutre de 600 Ω par phase. Son schéma équivalent par phase peut être approximé par le circuit représenté à la Fig. 2-7.

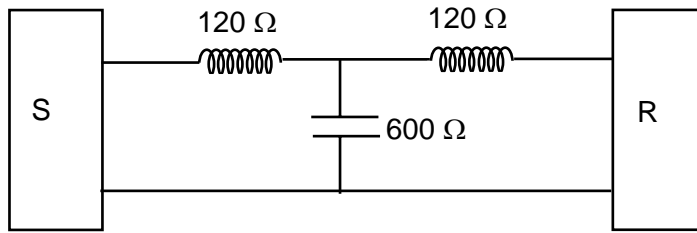


Fig. 2-7

Si la tension ligne-ligne au niveau de la source S est 330 kV, quelle est la tension ligne-ligne au récepteur R lorsque la charge est déconnectée ?

.....  
 .....

Calculer la puissance réactive de la source en kvar. Cette puissance est-elle absorbée ou délivrée par la source ?

.....  
 .....

**Référence :**

Wildi, Théodore, 1992- +Lab-Volt (Québec) Ltée, Electric Power Transmission system Edition : Ste—  
 Foy : Lab-Volt, 1991. Localisation : (1 document) Collection générale : 1. X01473551 TK3226W673.