

# Electrotechnique - Magnétisme et Circuits Magnétiques

## *LP Infrastructure Ferroviaire : Signalisation*

F. Kölbl

2019 - 2020





# Table des matières

<b>1</b>	<b>Cours : Circuits triphasés</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Travaux Dirigés</b>	<b>8</b>

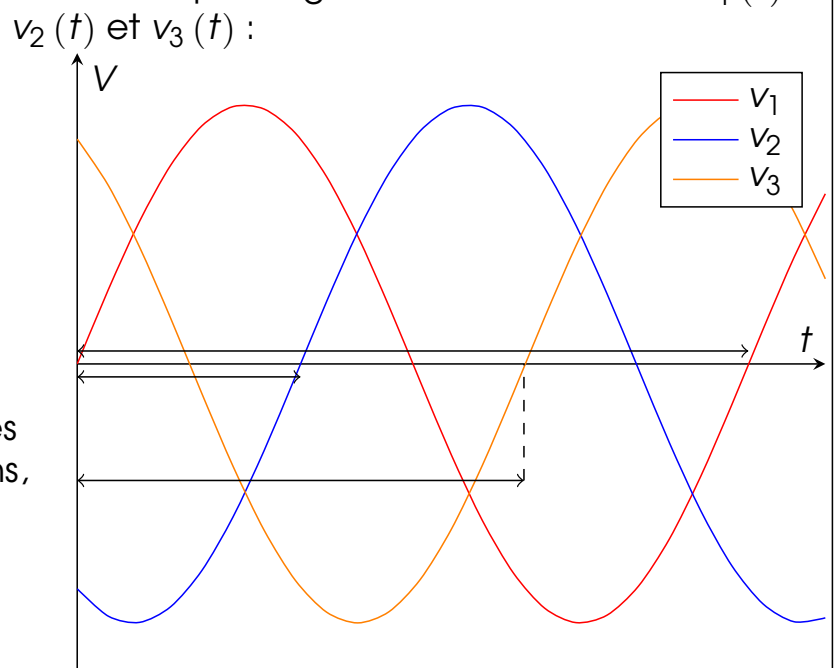
# Circuits triphasés - Cours

## Source triphasée

en Triphasé, on a **trois phase** sur lesquelles s'établissent un couple Courant/tension (de phase). On a donc en fonction du temps, un générateur de tensions  $v_1(t)$ ,  $v_2(t)$  et  $v_3(t)$  :

$$\begin{cases} v_1(t) = \\ v_2(t) = \\ v_3(t) = \end{cases}$$

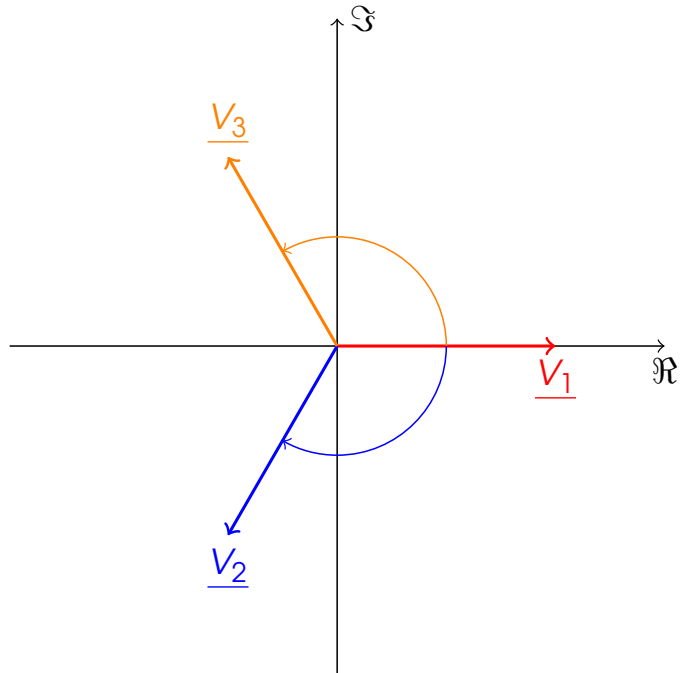
- le système est  $\begin{matrix} \text{si les} \\ \text{phases sont dans ce sens,} \\ \text{sinon,} \end{matrix}$
- si  $\begin{matrix} \text{alors le} \\ \text{générateur est} \end{matrix}$



Tous les calculs se font

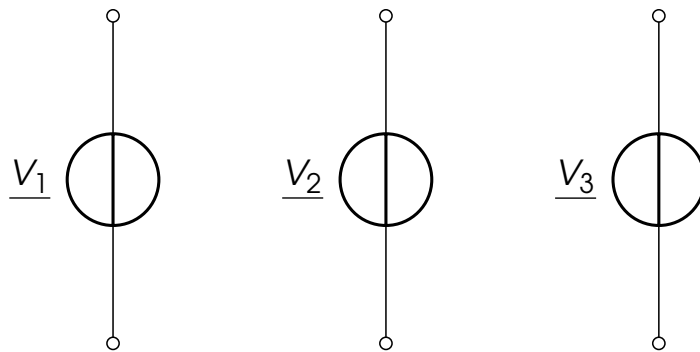
, **de la même manière qu'en monophasé**  
mais avec trois phases :  
Le diagramme :

$$\begin{cases} \underline{V}_1 = \\ \underline{V}_2 = \\ \underline{V}_3 = \end{cases}$$



## Générateurs

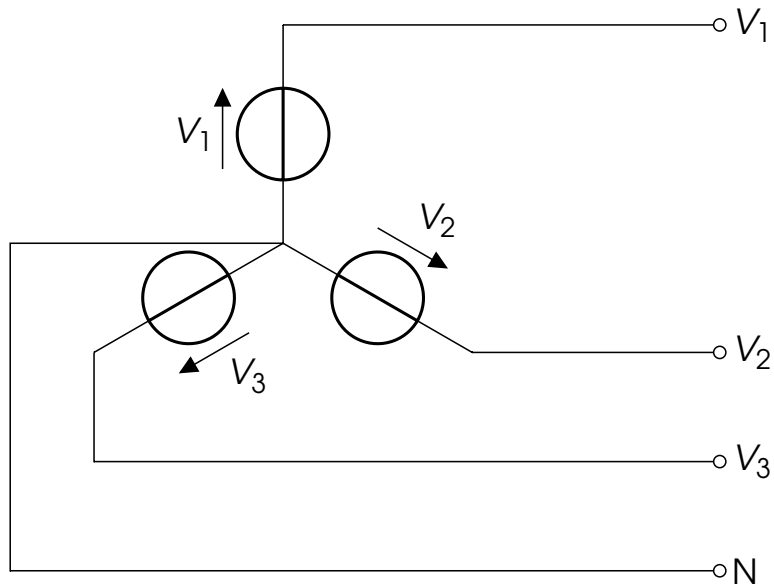
On dispose donc de trois générateurs :



Deux couplages sont possibles :

- étoile :
- triangle :

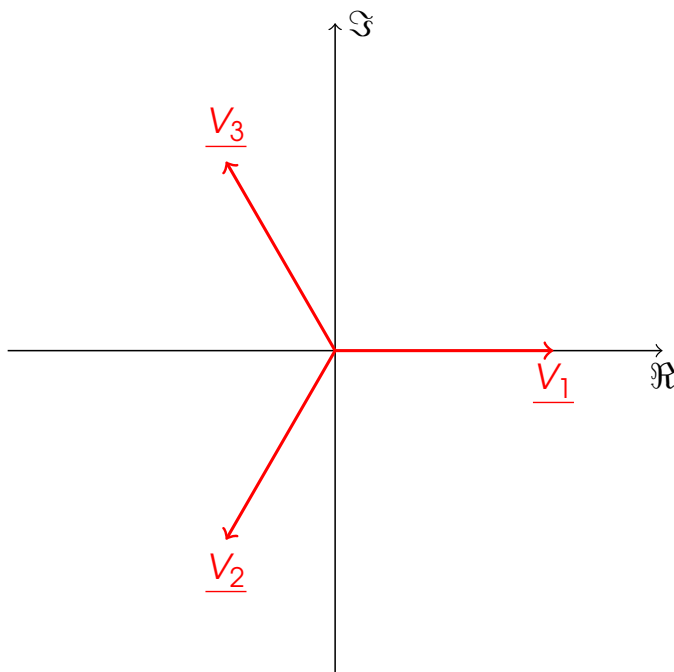
## Générateurs : association en étoile (1/2)



On appelle :

- les tensions notées  $V$  :
- les tensions notées  $U$  :

## Générateurs : association en étoile (2/2)



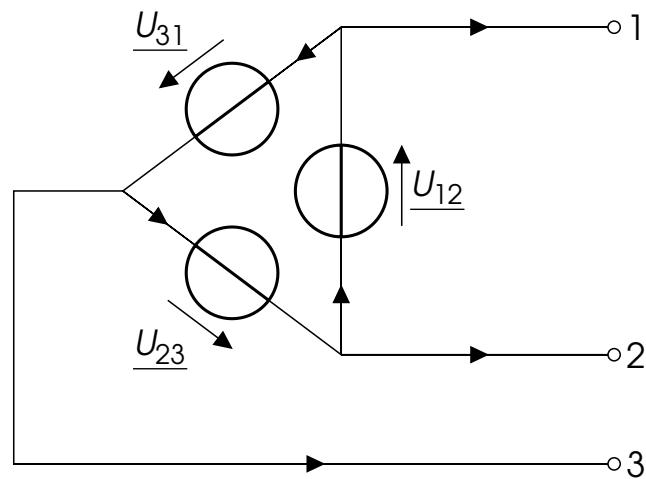
Les tensions composées valent :

$$\begin{cases} \underline{U}_{12} = \\ \underline{U}_{23} = \\ \underline{U}_{31} = \end{cases}$$

Si  $(V_1, V_2, V_3)$  est alors  $(\underline{U}_{12}, \underline{U}_{23}, \underline{U}_{31})$  est , On a alors :

$$\Rightarrow U_{eff} =$$

## Générateurs : association en triangle (1/2)



On appelle :

- les tensions notées  $I$  :
- les tensions notées  $J$  :

## Générateurs : association en triangle (2/2)

par le même raisonnement que précédemment, les courants de ligne valent :

$$\begin{cases} \underline{l}_1 = \\ \underline{l}_2 = \\ \underline{l}_3 = \end{cases}$$

Si  $(\underline{l}_1, \underline{l}_2, \underline{l}_3)$  est

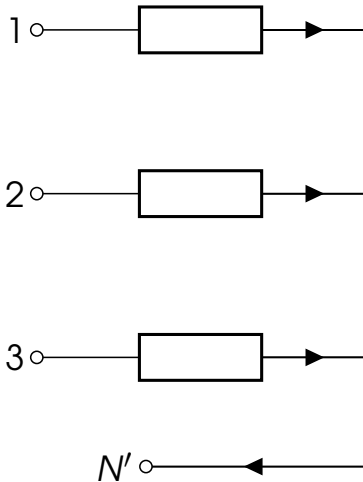
, alors  $(\underline{J}_{12}, \underline{J}_{23}, \underline{J}_{31})$  est

. On a alors :

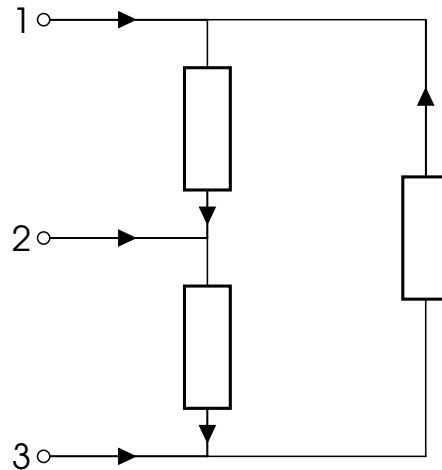
$$\Rightarrow I_{eff} =$$

Le raisonnement est similaire pour les charges, comparé aux générateurs. A partir de 3 charges, deux configurations sont possibles :

couplage étoile :



couplage triangle :



## Charges équilibrées

### On parle de *Charges équilibrées*

de manière indépendantes des générateurs, si :

- en étoile :
- en triangle :

Dans ces conditions :

- $I_1 + I_2 + I_3$  et  $J_{12} + J_{23} + J_{31}$
- comme les impédances sont les mêmes :  
 $I_1 =$  et  $J_{12} =$
- on peut écrire  $I =$  sur la charge,
- il est possible de ne pas relier le neutre, on parle de



## Charge étoile quelconque

$$P =$$

$$Q =$$

S et le facteur de puissance

## Charge triangle quelconque

$$P =$$

$$Q =$$

S et le facteur de puissance

# Puissances - Systèmes triphasés équilibrés

## Charge étoile équilibrée

$$P =$$

$$Q =$$

$$S^2 =$$

$$k =$$

## Charge triangle équilibrée

$$P =$$

$$Q =$$

$$S^2 =$$

$$k =$$

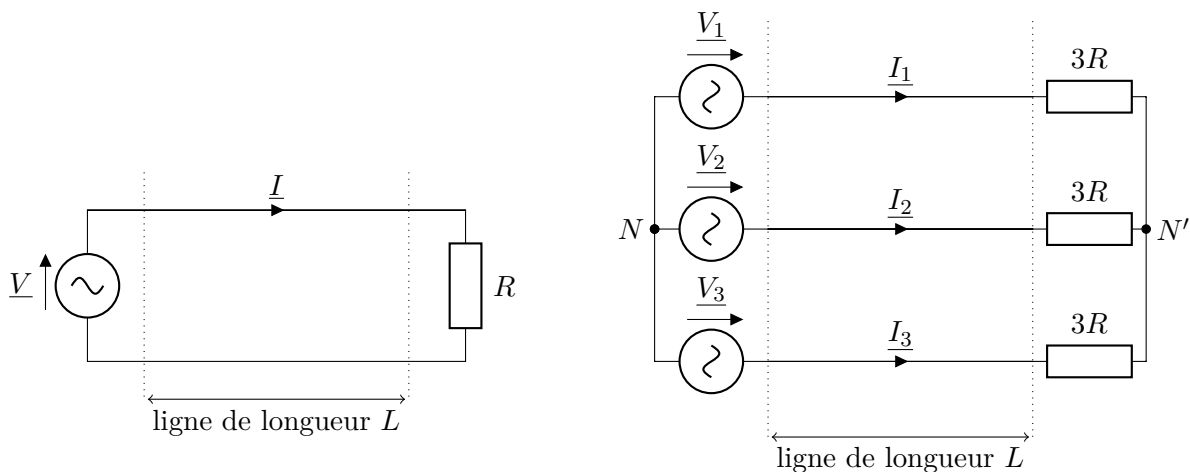
# Circuit Triphasés - Travaux dirigés

## Exercice 1 :

1. Un moteur triphasé (690/400V), raccordé en étoile a un facteur de puissance de 0,89. Calculer la puissance active, réactive et apparente de ce moteur si le courant de ligne est de 12A.
2. Un radiateur électrique triphasé, composé de trois corps de chauffe couplés en étoile, est alimenté par un réseau triphasé 400 V. Un ampèremètre placé dans un conducteur polaire indique 3A. Calculer la puissance totale du radiateur et la résistance d'un corps de chauffe.
3. Un système triphasé est composé de 3 résistances raccordées en étoile avec neutre.  $R_1 = 25\Omega$ ,  $R_2 = 50\Omega$  et  $R_3 = 100\Omega$ . La tension réseau est de 400V. Déterminer le courant de neutre par calcul.

## Exercice 2 : Comparaison monophasé/triphasé

On souhaite comparer deux lignes de distributions d'énergie, la première étant monophasé et la seconde triphasée. Ces deux lignes, représentées sur la figure suivante, sont toutes les deux destinées à véhiculer le courant sur une distance  $L$  :



On donne  $V = V_1 = V_2 = V_3$

1. Donner l'expression (complexe) de  $\underline{V}$  du circuit monophasé.
2. Donner les expressions (complexes) de  $\underline{V}_1$ ,  $\underline{V}_2$  et  $\underline{V}_3$ .
3. Calculer la valeur efficace  $I_{eff}$  du courant dans la ligne en monophasé.
4. Idem pour  $I_{eff1}$ ,  $I_{eff2}$  et  $I_{eff3}$  en triphasé.
5. Calculer la puissance totale consommée par la charge en fonction de  $V$  et  $R$  en monophasé.

6. Idem pour le triphasé. Que peut on dire de ces deux installations ?
7. Calculer l'expression littérale de la section des conducteurs permettant d'imposer une densité de courant  $\delta$  (en  $A/m^2$ ) dans les deux installations en fonction de  $V$ ,  $R$  et  $\delta$ .
8. En déduire l'expression du volume des conducteurs nécessaire pour assurer la distribution d'énergie dans le deux cas.
9. A une fréquence  $f$  donnée, calculer l'expression de la puissance instantanée consommée par la charge du circuit monophasé.
10. Idem pour l'installation triphasée.
11. Conclure sur l'intérêt de la distribution mono/triphasée.

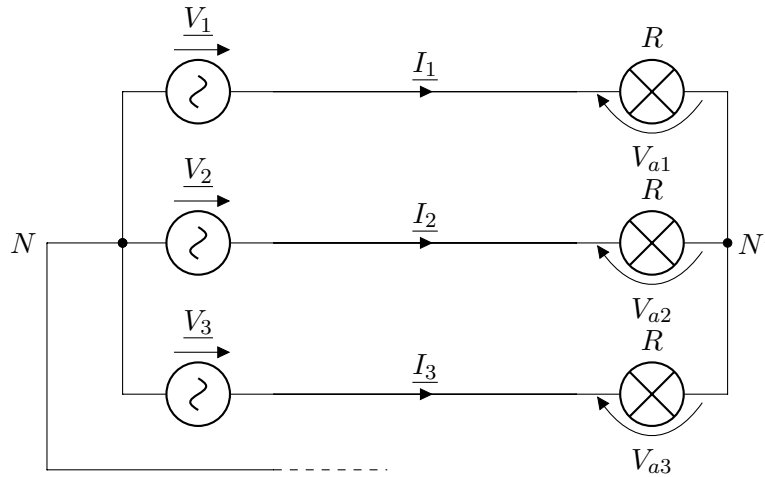
### Exercice 3 : Etude d'un atelier alimenté en triphasé

On s'intéresse à une installation électrique triphasée en basse tension (230/400V) d'un atelier comportant :

- des luminaires et des appareils de bureatique représentant  $6kW$  répartis uniformément sur les trois phases et de facteur de puissance unitaire,
  - trois machines triphasées consommant chacune  $5kW$  avec un facteur de puissance de 0.8 arrière,
  - Un appareillage particulier représentant trois impédances identiques  $\underline{Z} = 10\Omega + j15\Omega$  câblées en triangle sur les phases.
1. Calculer les puissances active et réactive  $P_Z$  et  $Q_Z$  consommées par les impédances  $\underline{Z}$ .
  2. Calculer la puissance active totale consommée par l'atelier.
  3. Calculer la puissance réactive totale consommée par l'atelier.
  4. En déduire la puissance apparente totale de la valeur du courant de ligne  $I$  consommé.
  5. Calculer la valeur du facteur de puissance de l'atelier. Ce facteur est-il tolérable par le fournisseur d'énergie ?
  6. Représenter dans le plan complexe (diagramme de Fresnel) les tensions simples, composées et les courants de ligne des trois phases.
  7. Calculer la valeur des capacités  $C$ , câblées en étoile, permettant de relever le facteur de puissance à la valeur 1.
  8. Calculer, dans le cas de la question précédente, l'impédance à laquelle l'atelier est équivalent en schéma monophasé équivalent.

### Exercice 4 : Charge équilibrée et importance du neutre lors d'un incident

Dans cet exercice, on étudiera les conséquences de relier ou non le neutre sur une installation triphasée très simple. Cette installation est constituée de trois ensembles identiques d'ampoules d'éclairages, modélisées ici par des résistances, câblées en étoile avec ou sans le neutre sur un générateur de tension triphasé 230/400V. Les ampoules sont des éléments résistifs et on estime leur consommation à  $3kW$ . Le schéma de l'installation est représenté sur la figure suivante.



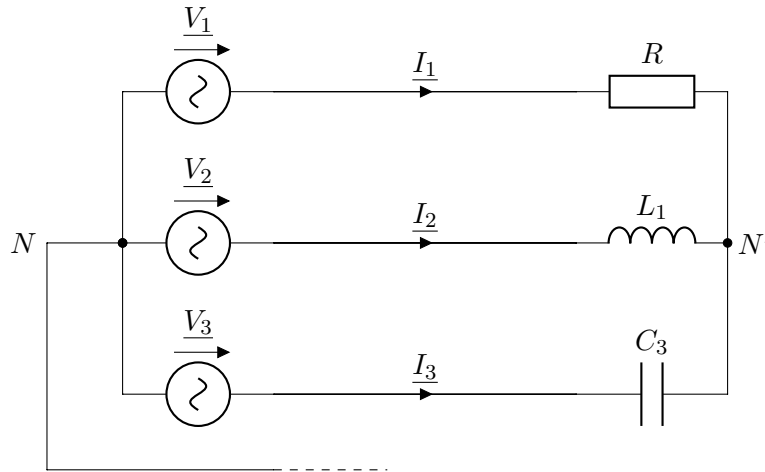
1. Le système triphasé est-il équilibré ? si le neutre est relié, que vaut la somme vectorielle  $\underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3$  ?
2. Est-il alors important de connecter le neutre dans cette installation, c'est-à-dire de relier physiquement par un fil les points  $N$  et  $N'$  ?
3. Sous quelle valeur de tension se trouvent les ampoules ?
4. En déduire la valeur de la résistance équivalente de chaque ampoule  $R$ .
5. Calculer l'expression littérale de  $\underline{I}_1$  en fonction de  $\underline{V}_1$  et  $R$ .
6. En déduire la valeur du courant efficace qui traverse la lampe.
7. Trouver ensuite  $\underline{I}_2$  et  $\underline{I}_3$ .
8. Tracer le diagramme de Fresnel des tensions et courants calculés.

On considère maintenant qu'un défaut se produit. Les ampoules branchées sur la phase 3 sont toutes déconnectées. Le neutre n'est pas connecté

9. Quelle relation existe-t-il entre  $\underline{I}_1$  et  $\underline{I}_2$  ?
10. Calculer l'expression littérale de  $\underline{I}_1$  en fonction de  $\underline{V}_1$ ,  $\underline{V}_2$  et  $R$ .
11. Calculer alors sous quelle tension se trouvent à présent les ampoules restantes.
12. Représenter le diagramme de Fresnel des tensions et courants calculés.
13. Ces changements observés seraient-ils produits si le neutre avait été relié ? Que faut-il faire sur les installations électriques en pratique ?
14. Quel garde-fou, ou sécurité supplémentaire, permet de protéger un utilisateur intervenant sur l'installation électrique.

## Exercice 5 : Triphasé déséquilibré

On étudie le montage suivant :



On donne  $R = 20\Omega$ ,  $L = 1mH$  et  $C = 200\mu F$ . Le montage est alimenté par un système de tension triphasé direct équilibré de tension efficace  $230V$  à  $50Hz$ .

1. Calculer  $\underline{I}_1$
2. Calculer  $\underline{I}_2$
3. Calculer  $\underline{I}_3$
4. En déduire le courant de neutre complexe.
5. Calculer la puissance active totale.
6. Calculer la puissance réactive totale.
7. Calculer la puissance apparente totale.

On décide de rendre variable la valeur du condensateur  $C$  (donc  $C \neq 200\mu F$ )

8. (a) Calculer la valeur de  $C$  permettant d'avoir un facteur de puissance global de 1.
- (b) Calculer le courant de neutre dans ce cas.

### Exercice 6 :

On s'intéresse à une installation électrique triphasée en basse tension ( $230/400V$ ) d'un atelier comportant :

- des luminaires et des appareils de bureatique représentant  $2kW$  répartis uniformément sur les trois phases et de facteur de puissance unitaire,
- trois machines triphasées consommant chacune  $5kW$  avec un facteur de puissance de 0.75 arrière,
- Un appareillage particulier représentant trois impédances identiques  $\underline{Z} = 20\Omega + j25\Omega$  câbées en étoile sur les phases.

1. Calculer les puissances active et réactive  $P_Z$  et  $Q_Z$  consommées par les impédances  $\underline{Z}$ .
2. Calculer la puissance active totale consommée par l'atelier.
3. Calculer la puissance réactive totale consommée par l'atelier.

4. En déduire la puissance apparente totale de la valeur du courant de ligne  $I$  consommé.
5. Calculer la valeur du facteur de puissance de l'atelier. Ce facteur est-il tolérable par le fournisseur d'énergie ?
6. Représenter dans le plan complexe (diagramme de Fresnel) les tensions simples, composées et les courants de ligne des trois phases.
7. Calculer la valeur des capacités  $C$ , cablées en étoile, permettant de relever le facteur de puissance à la valeur 1.