

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE**

**Université Mohamed Boudiaf - M'sila  
Faculté de Technologie  
Département de génie Electrique  
Master 01 : Electromécanique  
Module: Réseaux Electriques Industriels**

**Enseignant : Mr DJ. KHODJA**

**Année Universitaire 2020 / 2021**

**TRAVAUX PRATIQUES**

**TP N°1**

**AMELIORATION DU FACTEUR DE  
PUISSANCE EN REGIME ALTERNATIF  
MONOPHASE**

**OBJECTIF DE TP**

- Mettre en œuvre la mesure de la puissance active, de la puissance apparente et de la puissance réactive ainsi que le facteur de puissance pour un circuit monophasé.
- Élaborer le modèle électrique équivalent d'une ligne électrique.
- Observer l'écoulement d'une puissance active et réactive dans une ligne de transmission
- Amélioration du facteur de puissance de l'installation lors de l'exploitation.
- effectuer des constatations sur le comportement du circuit et des éléments qui le composent.

Enseignant : M<sup>r</sup> DJ.KHODJA

**Amélioration Du Facteur De Puissance**

## I. Introduction

Si le dipôle n'introduisait pas de déphasage, la puissance active consommée serait maximale. On chiffre cet inconvénient en utilisant le facteur de puissance qui est le rapport entre la puissance active et la puissance apparente.

Pour une puissance active donnée, on remarque que si le facteur de puissance diminue, le courant de la ligne nécessaire pour maintenir la puissance active constante augmente. Ceci engendre l'augmentation des pertes par effets joules dans les lignes de transport.

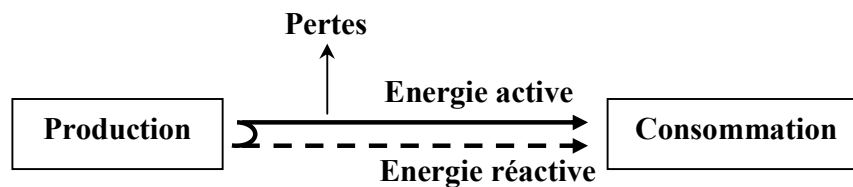
Dans une installation électrique, on cherche donc à maintenir un facteur de puissance élevé (proche de 1).

Les inconvénients d'un mauvais facteur de puissance

- Surcharges au niveau des transformateurs,
- Echauffement des câbles d'alimentation,
- Pertes supplémentaires
- Chutes de tension importantes

Donc L'amélioration du facteur de puissance d'une installation permet :

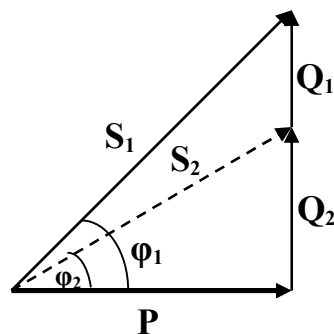
- De diminuer les pertes en lignes.
- De réduire la chute de tension
- De réduire la section des câbles.



L'énergie réactive est liée à l'utilisation de récepteurs inductifs (moteurs, transformateurs).

Le facteur de puissance est l'élément permet de mesurer la consommation d'énergie réactive.

Une grande puissance réactive donc un mauvais facteur de puissance ( $\cos\phi$  faible ou  $\tan\phi$  fort).



Lorsque la puissance réactive  $Q$  est importante le déphasage entre les deux signaux augmente pour une même puissance active  $P$ , il faut fournir d'autant plus de puissance apparente  $S$  et donc du courant élevé sur le réseau.

On cherche alors la valeur pour laquelle le déphasage est minimum ou nul.

Pour procéder au relèvement du facteur de puissance (réduction du déphasage), il faut installer des **condensateurs** (source d'énergie réactive) monté en parallèle sur le récepteur, Cette opération est appelée " compensation

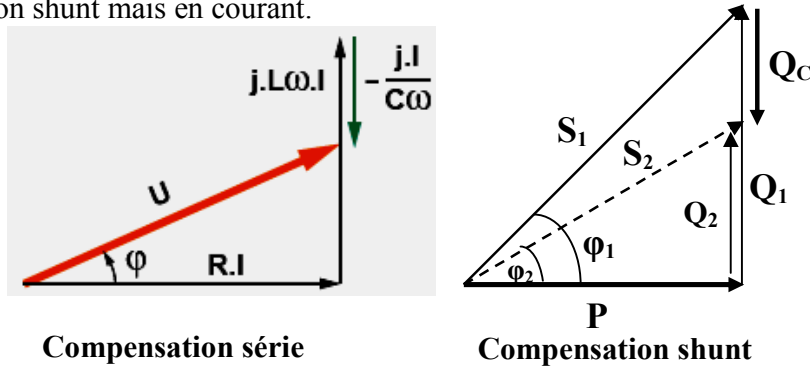
La compensation d'énergie a pour but de limiter la chute de tension en ligne en réduisant les pertes Joule dues au transit d'énergie réactive (compensation shunt) ou en créant une chute de

tension capacitive (compensation série) et d'obtenir un facteur de puissance proche de 1.

## II. Principe de la compensation

La compensation d'énergie a pour but de limiter la chute de tension en ligne en réduisant les pertes Joule dues au transit d'énergie réactive (compensation shunt) ou en créant une chute de tension capacitive (compensation série).

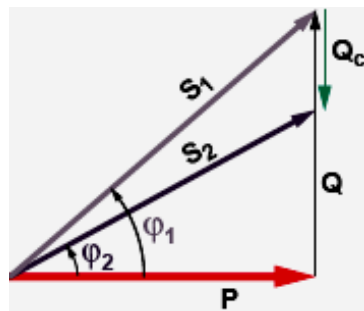
Le graphe suivant correspond à une compensation série ; nous aurions un graphe analogue en compensation shunt mais en courant.



L'inductance est un **consommateur** d'énergie réactive.

Le condensateur est une **source** d'énergie réactive.

Le courant circulant dans la ligne est plus faible, les pertes Joule sont donc réduites.



### II.1 Calcul de la puissance des condensateurs de compensation

La puissance réactive passe de  $Q_1$  à  $Q_2$  :  $Q_2 = Q_1 - Q_C$

La puissance apparente passe de  $S_1$  à  $S_2$ .

La puissance apparente après compensation  $S_2$  est donc diminuée.

La puissance réactive de la compensation est déterminée par :

On a :  $Q_C = Q_1 - Q_2$

$$\text{Avec : } \tan \varphi_1 = \frac{Q_1}{P} \quad \tan \varphi_2 = \frac{Q_2}{P}$$

$$\text{Donc : } Q_C = Q_1 - Q_2 = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$\text{Mais : } Q = I^2 / (C \cdot \omega) \quad Q = I^2 \cdot \frac{1}{C \cdot \omega} \quad \text{avec } I = \frac{U}{1 / C \cdot \omega}$$

D'où  $Q = \left(\frac{U}{1/C.\omega}\right)^2 \cdot \frac{1}{C.\omega}$

Finalement :  $Q_C = U^2.C.\omega$  avec :  $\omega = 2.\pi.f$

- **Remarque :** la valeur de la puissance réactive fournie par le condensateur est proportionnelle à la valeur de la capacité du condensateur shunt (tension constante).

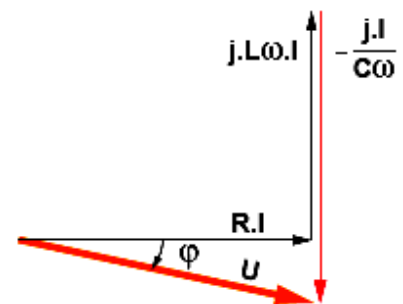
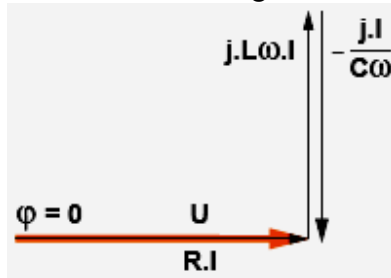
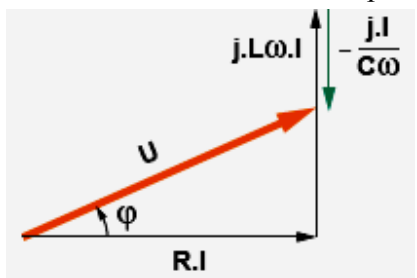
La valeur de la capacité du condensateur de compensation est déterminée par :

$$Q_C = U^2.C.\omega$$

$$C = \frac{Q_C}{U^2.\omega} = \frac{P.(\tan g\phi_1 - \tan g\phi_2)}{U^2.2.\pi.f}$$

- **Remarque :** la valeur de la capacité du condensateur shunt est proportionnelle à la valeur de la puissance réactive fournie par le condensateur (tension constante).

L'addition de condensateurs permet de réduire l'énergie réactive devant transiter dans les lignes.



Compensation partielle **BON**

La réduction du cosφ est ajustée en fonction de la charge par l'utilisation des condensateurs

Compensation totale théoriquement **IDÉAL**  
Difficile à mettre en œuvre surtout si la charge varie.

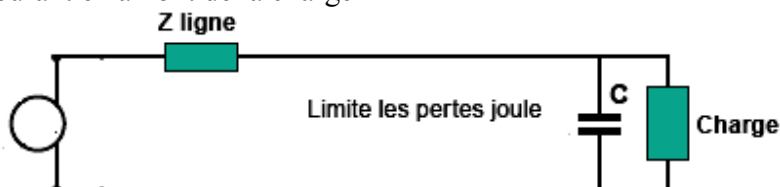
Surcompensation **DANGER**  
Surtensions dangereuses pour les équipements

## II.2 Types de compensation

### II.2.1 La compensation shunt

L'utilisation du condensateur (batterie) de compensation shunt au plus près de la charge permet de réduire la puissance réactive qui transite dans les lignes et donc de réduire les pertes.

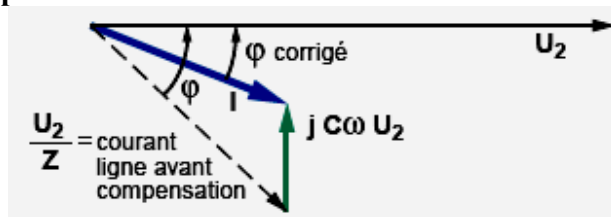
La compensation shunt permet de compenser les énergies réactives consommées par le récepteur et d'optimiser le courant en amont de la charge.



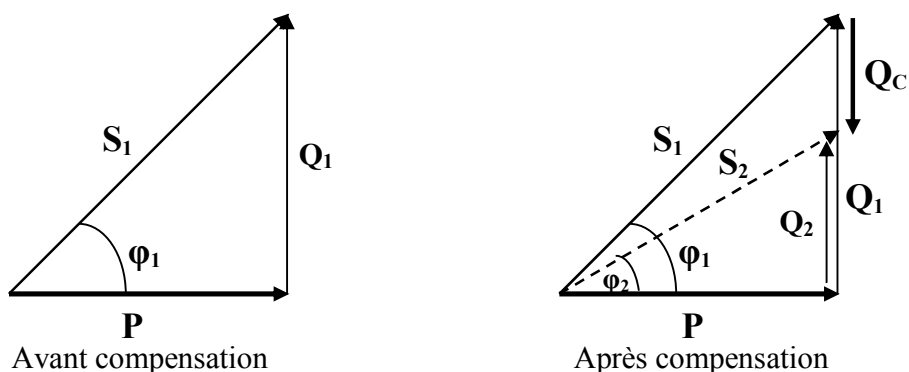
L'installation des condensateurs aux bornes des récepteurs permet de limiter en plus les pertes par effet Joule dans l'installation de l'utilisateur.

Pour Une grande puissance réactive donc un mauvais facteur de puissance (cosφ faible ou tgφ fort) ; Donc L'ajout d'une batterie de condensateurs shunt permet de réduire le courant qui circule dans les lignes.

- **Diagramme de compensation shunt**



- **Triangle des tensions pour compensation shunt**

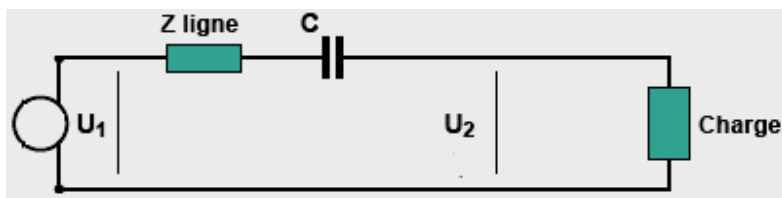


- $P$  : Puissance active (constante).
- $S_1$  : Puissance apparente Avant compensation
- $Q_1$  : Puissance réactive Avant compensation
- $\cos_{\varphi_1}$  : Facteur de puissance Avant compensation
- $S_2$  : Puissance apparente Après compensation
- $Q_2$  : Puissance réactive Après compensation
- $\cos_{\varphi_2}$  : Facteur de puissance Après compensation
- $Q_c$  : Puissance réactive fournie par le condensateur (de la compensation).

## II.2.2 La compensation série

La compensation série permet d'ajouter une chute de tension capacitive qui s'oppose à la chute de tension inductive de la ligne. En aval du condensateur, la tension de la ligne est supérieure à la tension en amont.

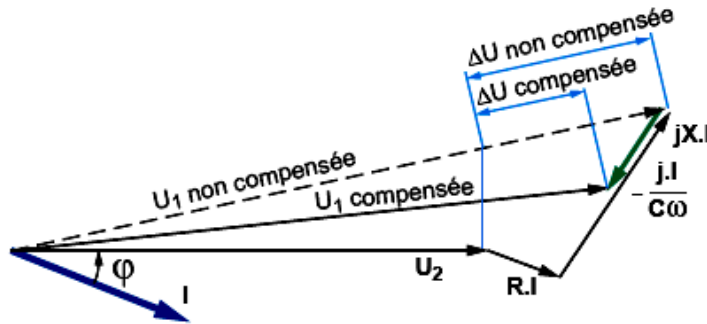
Pour une puissance transitée donnée, le courant sera donc plus faible et les pertes par effet Joule réduites.



La batterie de condensateurs série est traversée par la totalité du courant de la ligne. Ce courant ne peut donc pas être très élevé.

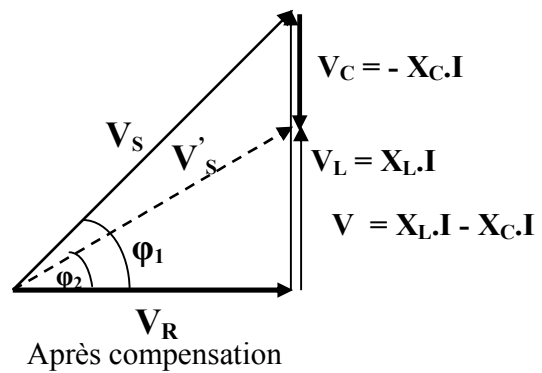
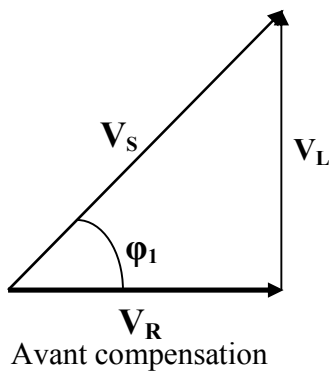
**Remarque :** L'utilisation des batteries de condensateurs série est généralement limitée à des lignes THT de grandes longueurs (plus de 500 km).

- **Diagramme de la compensation série**



- Pour une tension  $U_2$  donnée,  $U_1$  compensée est plus faible que  $U_1$  non compensée.
- Pour une tension  $U_1$  donnée,  $U_2$  compensée est plus élevée que  $U_2$  non compensée.

- **Triangle des tensions pour compensation série**



### III. Manipulation

Raccordez le montage à partir du schéma ci contre aux appareils de mesures, réglez correctement ces appareils, faites vérifier par le professeur.

Le récepteur inductif RL alimenté sous une tension de 10 V.

- **Données**

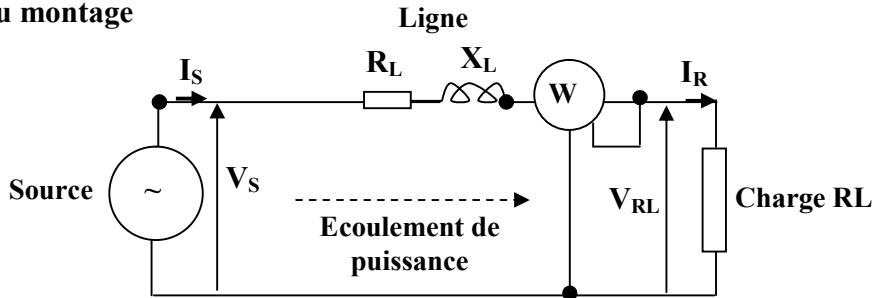
- Caractéristiques de la source:  $V_S = 10V$ .
- Type de la ligne utilisée : Ligne avec Longueur courte.
- Caractéristiques de la ligne :  $R_L = 10\Omega$  ,  $L_L = 15mH$
- La charge :  $R_{ch} = 10\Omega$  ,  $L_{ch} = 60mH$
- Caractéristiques des condensateurs :  $C1 = 16 \mu F - 450V$ ,  $C2 = 32 \mu F - 450V$ ,  $C3 = 48 \mu F - 450V$  et  $C4 = 56 \mu F - 450V$
- La puissance active mesurée est maintenue constante.

**On demande :**

- 1- De mesurer la puissance apparente aux bornes de la charge RL
- 2- De mesurer la puissance active aux bornes de la charge RL
- 3- De déduire de ces mesures le  $\cos\varphi$ .
- 4- Relever la valeur de la puissance réactive.

**A. Mesures sans condensateur**

• **Schéma du montage**



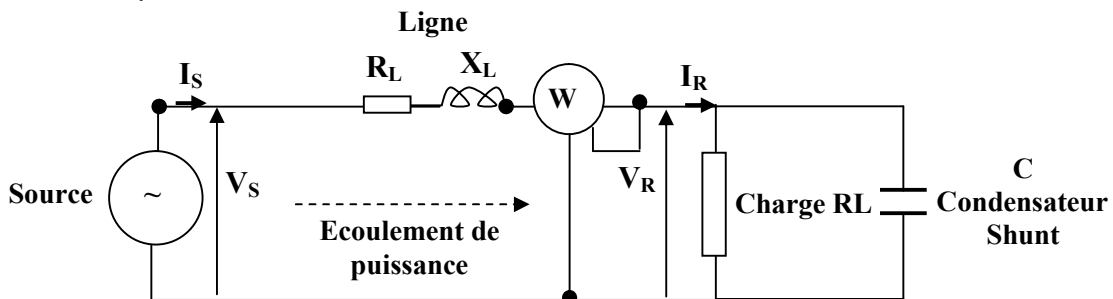
Mettre l'alimentation sous tension,  
Relever les valeurs suivantes

La tension aux bornes de la charge $V_{RL}$	$V_{RL} =$
Le courant absorbé par la charge $I_{RL}$	$I_{RL} =$
la puissance apparente $S$	$S =$
la puissance active $P$	$P =$
la puissance réactive $Q$	$Q =$
Le facteur de puissance $\cos\varphi$	$\text{Cos}\varphi =$

**B. Amélioration de facteur de puissance**

**B.1. Mesures avec condensateur**

Dans le montage précédent, on souhaite d'augmenter le facteur de puissance de la charge RL. Pour cela on ajoute un condensateur shunt en parallèle à la charge RL. On dispose des condensateurs C1, C2, C3 et C4 de valeur de capacités respectivement :  $16\mu\text{F-450V}$ ,  $32\mu\text{F-450V}$ ,  $48\mu\text{F-450V}$  et  $56\mu\text{F-450V}$ .



Soit  $\cos\varphi$  le nouveau facteur de puissance et  $I_R$  le nouveau courant absorber.  
Compléter le tableau ci-dessous pour faire le bilan des puissances.

Capacité du condensateur	La tension $V_{RL}$	Le courant $I_{RL}$	la puissance apparente $S$	la puissance active $P$	la puissance réactive $Q$	Le facteur de puissance $\cos\varphi$
$C1= 16 \mu F$						
$C2= 32 \mu F$						
$C3= 48 \mu F$						
$C4= 56 \mu F$						
$C5= \dots\mu F$						

- Comparer les valeurs mesurées pour le montage sans condensateur avec les valeurs mesurées pour le montage avec condensateur shunt ; Présenter votre étude sous forme d'un tableau comparatif.
- Exprimer la puissance réactive fournie par le condensateur  $Q_c$  mise en jeux par le condensateur seul en fonction de  $U$ ,  $C$  et  $\omega$ .
- Calculer les puissances réactives apportées par chaque condensateur (fournie  $Q_c$ ) et en déduire les puissances actives, réactives et apparentes du montage complet, ainsi que le facteur de puissance que l'on devrait obtenir.
- Comparer avec les mesures pratiques.
- Conclure sur l'intérêt du relèvement du facteur de puissance.
- Donner une représentation de fresnel de triangle des tensions pour la compensation shunt

## B.2. Choix du condensateur shunt

A l'aide des résultats des manipulations précédentes, compléter le tableau suivant :

Capacité du condensateur	Le facteur de puissance $\cos\varphi$
$C1 = 16 \mu F$	$\cos\varphi_1 =$
$C2 = 32 \mu F$	$\cos\varphi_2 =$
$C3 = 48 \mu F$	$\cos\varphi_3 =$
$C4 = 56 \mu F$	$\cos\varphi_4 =$
$C5 = \dots\mu F$	$\cos\varphi_5 =$

Quelle évolution de la valeur du facteur de puissance peut-on prévoir en fonction de la valeur de la capacité du condensateur ? Lequel doit-on choisir entre les valeurs des capacités ?

- Conclure sur l'intérêt d'une compensation réactive shunt.