SYSTÈMES TRIPHASÉS ÉQUILIBRÉS

CONTENU DU PROGRAMME

I- Réseau triphasé équilibré

1- Tensions simples

2- Tensions composées

II- Récepteurs triphasés équilibrés

1- Couplage étoile : courants, tensions.

2- Couplage triangle : courants, tensions

3- Déphasage

4- Puissances : P, Q et S

5- Triangle de puissances

6- Mesure des puissances

a. Méthode d'un seul wattmètre
b. Méthode de deux wattmètres

OBJECTIFS DU PROGRAMME

- OS B_{21} – Déterminer les grandeurs électriques d'un réseau triphasé équilibré.
- OS B_{22} – Déterminer les grandeurs électriques d'un récepteur triphasé équilibré.
- OS B_{23} – Déterminer les puissances électriques mises en jeu dans un récepteur triphasé équilibré.

SYSTÈMES TRIPHASÉS ÉQUILIBRÉS

A. MISE EN SITUATION

Les photos ci-dessous représentent quatre systèmes techniques.

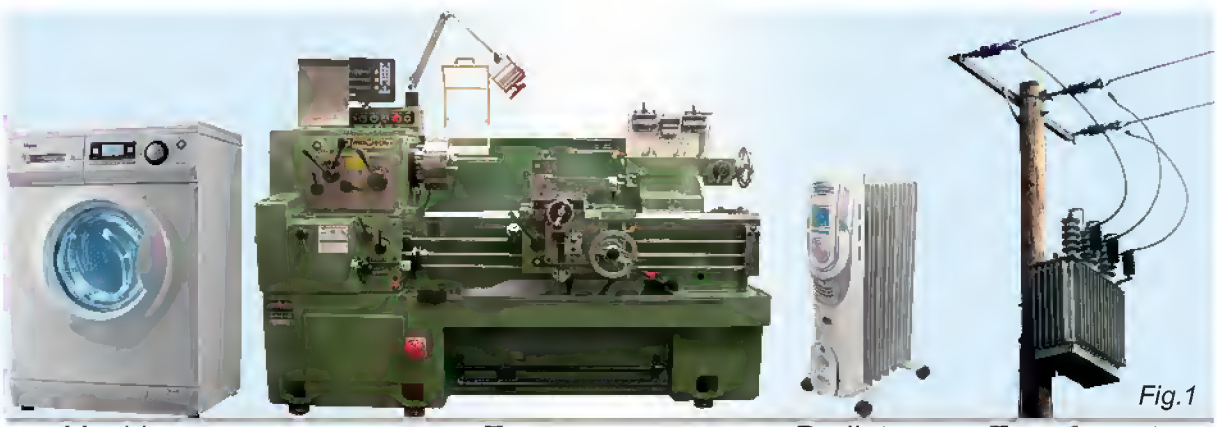


Fig.1

Machine à laver — *Tour parallèle* — *Radiateur à bain d'huile* — *Transformateur triphasé*

L'alimentation électrique de ces systèmes diffère. La machine à laver et le radiateur à bain d'huile sont des systèmes à usage domestique, ils sont branchés sur un réseau au mouen de **deux fils** conducteurs plus un fil de protection appelé fil de terre.

Le tour parallèle et le transformateur sont branchés sur un réseau à travers **trois fils** conducteurs plus un fil de terre.

D'après ces observations, on distingue deux types de réseaux électriques :

- le **réseau monophasé** disponible pour alimenter les appareils électriques à usage domestique;
- le **réseau triphasé** utilisé dans le domaine industriel ainsi que dans le domaine de production, de transport et de distribution d'énergie électrique.

Problématique:

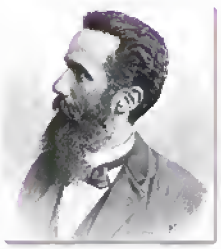
- Quel est l'intérêt de l'utilisation du réseau triphasé ?
- Quelles sont ses caractéristiques ?
- Comment sont branchés les récepteurs sur ce type de réseau ?
- Quelles sont les grandeurs électriques mises en jeu ?

B. SYSTÈMES TRIPHASÉS ÉQUILIBRÉS

I- Aperçu historique

Le réseau triphasé a été inventé dans les années 1880 par ***Galileo Ferraris***.

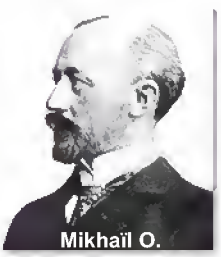
Ces travaux sur le courant monophasé lui ont permis de démontrer qu'il est possible aussi d'obtenir un champ tournant crée par trois bobines identiques positionnées en arc de cercle et décalées entre elles de 120°.



Galileo Ferraris
(1847 – 1897)
Un ingénieur et un scientifique italien

En 1888 et 1891, ***Mikhaïl O. Dolivo-Dobrovolski*** invente le premier générateur de courant triphasé.

Au début du vingtième siècle, ***Nicolas Tesla*** a mis au point les premiers alternateurs donnant naissance aux réseaux électriques de distribution en courant alternatif.



Mikhaïl O. Dolivo-Dobrovolski
(1861 – 1891)
Un scientifique d'origine Russe

De nos jours, la production de l'énergie électrique sous forme triphasée est assurée par des centrales électriques.

Centrale hydraulique Sidi Salem

Fig.4

Centrale thermique Sousse

II- Intérêt du réseau triphasé

- La production de l'énergie électrique s'effectue en triphasé car, à puissances égales, une machine triphasée est plus économique qu'une machine monophasée (conception, masse de fer...).

- Le transport de l'énergie électrique s'effectue en triphasé, car les pertes dans une ligne triphasée sont nettement inférieures à celles dans une ligne monophasée.

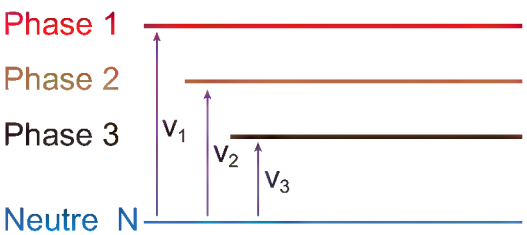
III- Réseau triphasé équilibré

1- Définition

Un réseau triphasé équilibré est constitué de trois tensions sinusoïdales de même fréquence, de même amplitude et qui sont déphasées de **120°** l'une par rapport à l'autre.

2- Tensions simples

La tension simple est la différence de potentiel entre une phase du réseau triphasé et le neutre. Il existe trois tensions simples notées, en valeurs instantanées, par $\mathbf{v_1}$, $\mathbf{v_2}$ et $\mathbf{v_3}$.

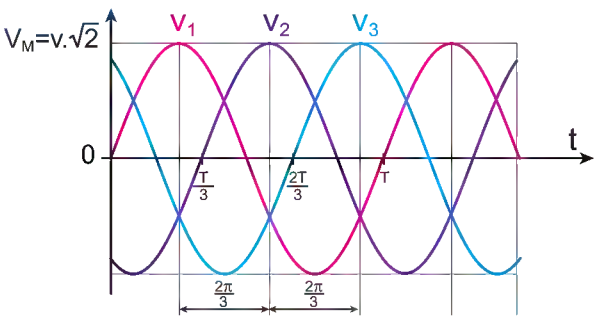


$$v_1(t) = V_M \sin(\omega t)$$

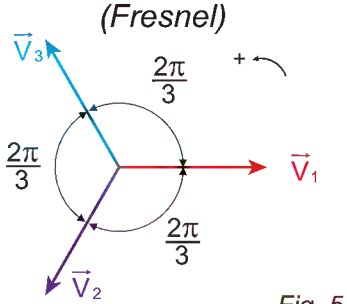
$$v_2(t) = V_M.\sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$$

$$v_3(t) = V_M.\sin(\omega t - \frac{4\pi}{3})$$

Représentation temporelle



Représentation vectorielle (Fresnel)



$\vec{V_1}+\vec{V_2}+\vec{V_3}=\vec{0}$

Fig. 5

Les tensions simples $v_1(t)$, $v_2(t)$ et $v_3(t)$ forment un système triphasé équilibré.

3- Tensions composées

La tension composée est la différence de potentiel entre deux phases du réseau triphasé. Il existe trois tensions composées notées, en valeurs instantanées, par $\mathbf{u_{12}}$, $\mathbf{u_{23}}$ et $\mathbf{u_{31}}$. Elles ont la même fréquence que les tensions simples.

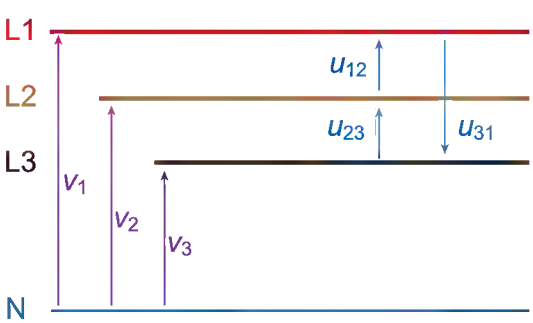


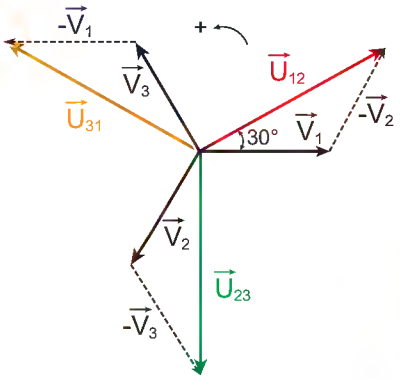
Fig. 6

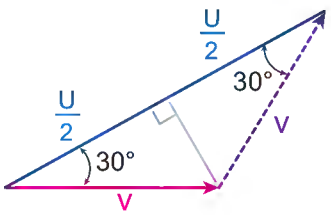
L'application de la loi des mailles nous permet d'obtenir les relations suivantes:

Equations instantanées		Equations vectorielles
$u_{12} = v_1 - v_2$	$\Rightarrow$	$\vec{U_{12}} = \vec{V_1} - \vec{V_2}$
$u_{23} = v_2 - v_3$	$\Rightarrow$	$\vec{U_{23}} = \vec{V_2} - \vec{V_3}$
$u_{31} = v_3 - v_1$	$\Rightarrow$	$\vec{U_{31}} = \vec{V_3} - \vec{V_1}$

a. Représentation vectorielle (Fresnel)

Relation entre les valeurs efficaces des tensions simples et composées.





$\frac{U}{2} = V.Cos(30°) \Rightarrow U = 2.V.Cos(30°)$

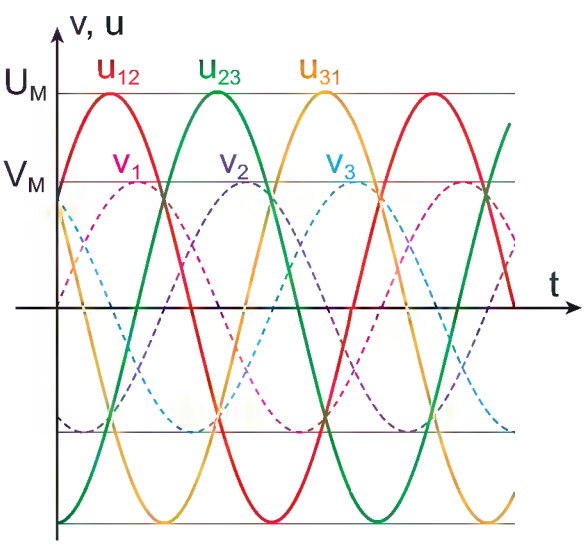
$U = 2.V.\frac{\sqrt{3}}{2} = V.\sqrt{3}$

$U = V.\sqrt{3}$

Fig. 7

Les tensions composées forment un système triphasé équilibré, elles sont en avance de **30° = π/6** par rapport aux tensions simples.

b. Représentation temporelle et équations



En prenant $v_1(t)$ comme référence:

$u_{12}(t) = U_M.\sin(\omega t + \frac{\pi}{6})$

$u_{23}(t) = U_M.\sin(\omega t - \frac{2\pi}{3} + \frac{\pi}{6}) = U_M.\sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$

$u_{31}(t) = U_M.\sin(\omega t - \frac{4\pi}{3} + \frac{\pi}{6}) = U_M.\sin(\omega t - \frac{7\pi}{6})$

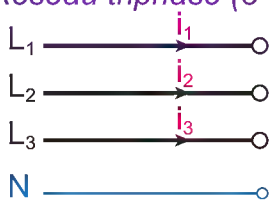
Fig. 8

IV- Récepteur triphasé équilibré

1- Définition

Un récepteur triphasé équilibré est constitué de trois dipôles identiques de même impédance "**Z**". Le courant qui traverse chaque dipôle est noté par "**j**". Le courant qui circule dans les fils de ligne du réseau triphasé est appelé courant de ligne, il est noté par "**i**".

Réseau triphasé (3~)



Récepteur triphasé

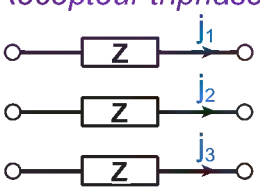
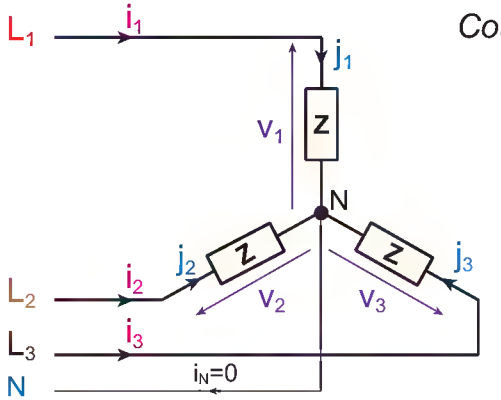


Fig. 9

Pour pouvoir brancher ce récepteur au réseau, il faut tout d'abord relier les trois dipôles entre eux. Deux types de couplage sont possibles : **le couplage étoile** et le **couplage triangle**.

2- Couplage étoile

a. Montage



Couplage étoile
(Y)

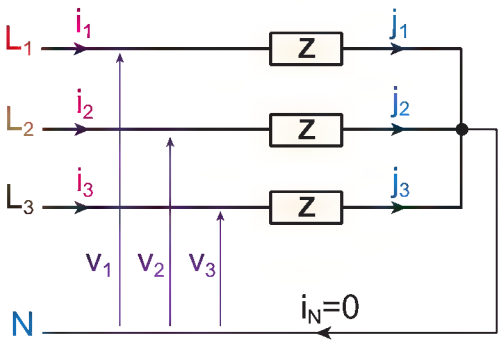


Fig. 10

Le même branchement représenté de deux façons différentes, le premier schéma confirme l'appellation "étoile". Le symbole de ce type de couplage est: **(Y)**

b. Courants

✍ Les trois dipôles sont identiques, de même impédance et créent le même déphasage "φ" entre le courant de ligne et la tension simple, de ce fait :

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

Donc le courant dans le fil de neutre est nul ($i_N = 0$), ce qui permet de dire que le fil neutre n'est pas nécessaire pour brancher un récepteur triphasé équilibré au réseau.

✍ Relations entre les courants :

D'après le deuxième schéma, on constate que les courants de ligne sont égaux aux courants par dipôle.

$$i_1=j_1,\ i_2=j_2 \text{ et } i_3=j_3$$

✍ Le récepteur triphasé ainsi que le réseau triphasé sont équilibrés, les valeurs efficaces des courants **i** et **j** sont égales.

$$I_1 = I_2 = I_3 = I = J_1 = J_2 = J_3 = J = \frac{V}{Z}$$

On montre que: $\vec{I}_1+\vec{I}_2+\vec{I}_3=\vec{0}$

On retiendra pour le couplage étoile:

J = I

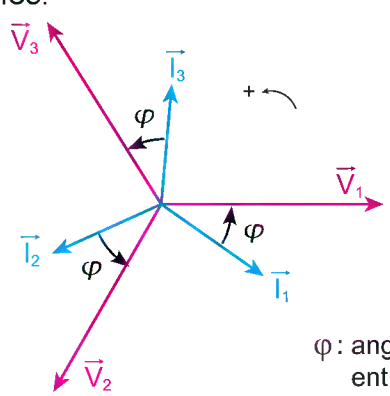


Fig. 11

$\varphi\ (\vec{I}, \vec{V})$
φ : angle de déphasage entre I et V

c. Tensions :

- En couplage étoile, chaque dipôle est soumis à la tension simple du réseau triphasé équilibré.
- Les relations entre les tensions sont celles établies lors de l'étude du réseau triphasé équilibré. On retiendra pour le couplage étoile:

$$V = \frac{U}{\sqrt{3}}$$

3- Couplage triangle

a. Montage

Le branchement en triangle des trois dipôles peut être représenté de trois façons différentes:

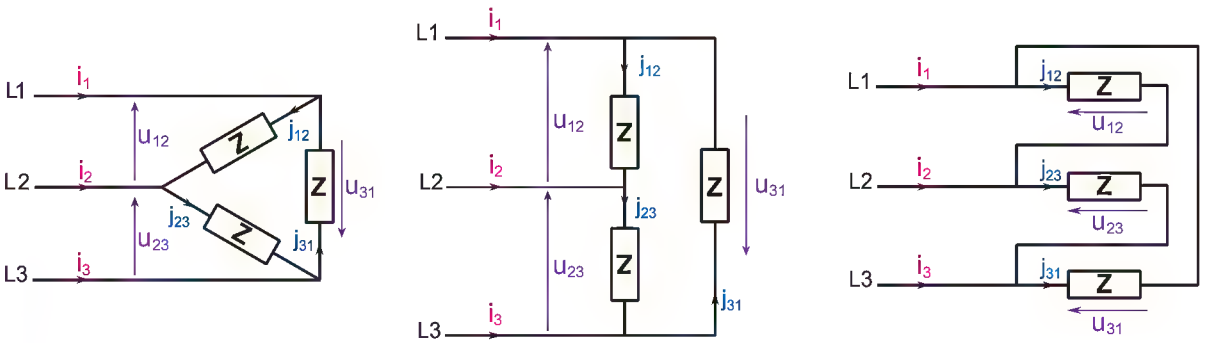


Fig. 12

Le premier schéma légitime l'appellation "triangle". Le symbole de ce type de couplage est: **(Δ ou D)**

b. Courants

- Les trois dipôles sont identiques et de même impédance, de ce fait :

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0 \quad \text{et} \quad j_{12} + j_{23} + j_{31} = 0$$

- Relations entre les courants :

En appliquant la loi des nœuds, on obtient, en valeurs instantanées, les relations suivantes :

$$j_{12} = i_1 + j_{31} \Rightarrow i_1 = j_{12} - j_{31}$$
$$j_{23} = i_2 + j_{12} \Rightarrow i_2 = j_{23} - j_{12}$$
$$j_{31} = i_3 + j_{23} \Rightarrow i_3 = j_{31} - j_{23}$$

- Le récepteur triphasé est équilibré, on obtient, en valeurs efficaces, les relations suivantes:

$$J_{12} = J_{23} = J_{31} = J = \frac{V}{Z} \quad \text{et} \quad I_1 = I_2 = I_3 = I$$

Représentation vectorielle

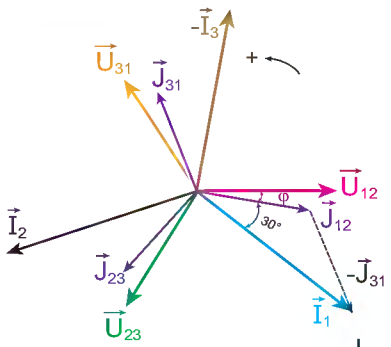


Fig. 13

Equations intantanées		Equations Vectorielles
$i_1 = j_{12} - j_{31}$	$\Rightarrow$	$\vec{I_1} = \vec{J_{12}} - \vec{J_{31}}$
$i_2 = j_{23} - j_{12}$	$\Rightarrow$	$\vec{I_2} = \vec{J_{23}} - \vec{J_{12}}$
$i_3 = j_{31} - j_{23}$	$\Rightarrow$	$\vec{I_3} = \vec{J_{31}} - \vec{J_{23}}$

$\varphi\ (\widehat{\vec{J},\vec{U}})$

φ : angle de déphasage entre U et J

$\frac{I_1}{2} = J_{12}.\cos 30° \Rightarrow I_1 = 2.J_{12}.\cos 30°$

$I_1 = 2.J_{12}.\frac{\sqrt{3}}{2} = J_{12}.\sqrt{3}$

Dans le cas général: $J = \frac{I}{\sqrt{3}}$

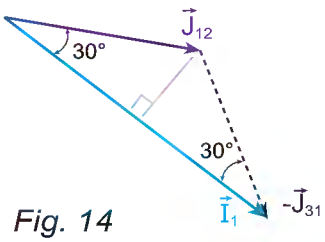


Fig. 14

c. Tensions

Couplé en triangle, chaque dipôle est soumis à la tension composée du réseau triphasé. De ce fait, on obtient :

$$U_{12} = V_1 \ ; \ U_{23} = V_2 \ ; \ U_{31} = V_3$$

En général : $\mathbf{V = U}$

4- Puissances mises en jeu

a. Théorème de Boucherot :

Les puissances active et réactive absorbées par un groupement de dipôles sont respectivement égales à la somme des puissances actives et réactives absorbées par chaque élément du groupement.

$$\mathbf{P = P_1 + P_2 + P_3 \quad ET \quad Q = Q_1 + Q_2 + Q_3}$$

Pour un récepteur triphasé équilibré:

$$\mathbf{P = 3.P_1}$$

b. Puissance active absorbée

Cas du couplage étoile :

Chaque dipôle du récepteur triphasé absorbe une puissance active $P_1 = V.I.\cos\varphi$. La puissance totale absorbée par le récepteur est:

$$P = 3.V.I.\cos\varphi = 3.\frac{U}{\sqrt{3}}.I.\cos\varphi = \sqrt{3}\ .U.I.\cos\varphi$$

Cas du couplage triangle

Chaque dipôle du récepteur triphasé absorbe une puissance active $P_1 = U.J.\cos\varphi$.
La puissance totale absorbée par le récepteur est:

$$P = 3.U.J.\cos\varphi = 3.U.\frac{I}{\sqrt{3}}.\cos\varphi = \sqrt{3}.U.I.\cos\varphi$$

Quelque soit le couplage, la puissance active absorbée est:

$$P = \sqrt{3}.U.I.\cos\varphi$$

c. Puissance réactive absorbée

Quelque soit le couplage, la puissance réactive absorbée est:

$$Q = \sqrt{3}.U.I.\sin\varphi$$

d. Puissance apparente

Quelque soit le couplage, la puissance apparente est:

$$S = \sqrt{3}.U.I$$

5- Triangle de puissances

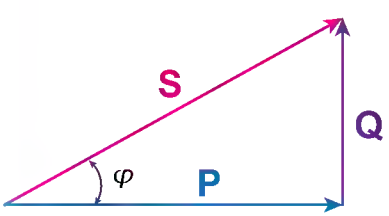


Fig. 15

- Facteur de puissance: $\cos\varphi = \frac{P}{S}$

- Relation entre les puissances $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

6- Pertes par effet joule dans un récepteur résistif triphasé équilibré

a. Cas du couplage étoile

D'après le schéma, la résistance vue entre deux bornes du récepteur est équivalente à deux résistances (**r + r**) en série **R=2.r**

Pour chaque dipôle, la puissance dissipée par effet joule est $P_{j1} = r.I^2$

Pour le récepteur triphasé

$$P_j = 3.P_{j1} = 3.r.I^2 = 3.\frac{R}{2}.(I)^2 = \frac{3}{2}.R.I^2$$

$$P_j = \frac{3}{2}.R.I^2$$

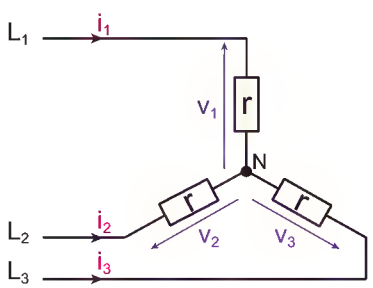


Fig. 16

b. Cas du couplage triangle

On ne considère que le terme résistif des impédances des dipôles.

D'après le schéma ci-dessous, la résistance vue entre deux bornes du récepteur est équivalente à une résistance "**r**" branchée en parallèle avec deux résistances (**2r**) en série.

$$R = \frac{2r.r}{2r+r} = \frac{2}{3}r$$

Pour chaque dipôle, la puissance dissipée par effet joule est $P_{j1} = r.j^2$

Pour le récepteur triphasé:

$P_j = 3.P_{j1} = 3.r.J^2$

$$P_j = 3.\frac{3}{2}.R.(\frac{I}{\sqrt{3}})^2 = \frac{3}{2}.R.I^2 \quad \Rightarrow \quad \boxed{P_j = \frac{3}{2}.R.I^2}$$

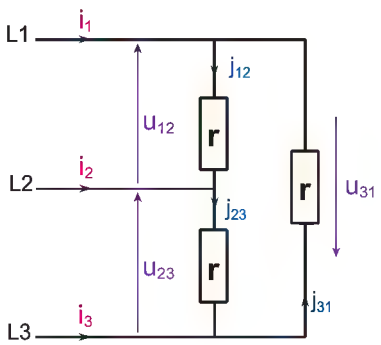


Fig. 17

V- Mesure des puissances en triphasé

1- Appareil de mesure : le wattmètre

Le wattmètre est l'appareil qui permet de mesurer la puissance active en monophasé ou en triphasé. Il possède au moins quatre bornes. Deux bornes pour mesurer le courant (circuit intensité à brancher en série) et deux bornes pour mesurer la tension (circuit tension à brancher en parallèle).

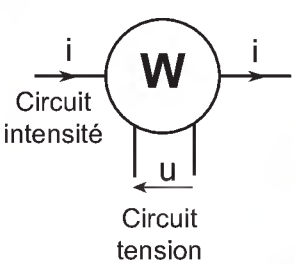


Fig. 18

2- Méthode d'un seul wattmètre

Dans le cas où le fil neutre est accessible, on utilise un seul wattmètre pour mesurer la puissance active absorbée par le récepteur triphasé.

Montage

La puissance mesurée par le wattmètre est:

$$\boxed{P' = V.I.\cos\varphi}$$

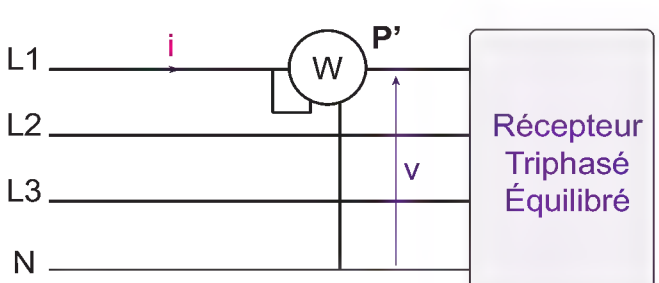


Fig. 19

La relation entre la puissance mesurée par le wattmètre et la puissance absorbée par le récepteur triphasé équilibré est: **P = 3.P'**

3- Méthode de deux wattmètres

Dans le cas où le fil neutre n'est pas accessible, on utilise deux wattmètres pour mesurer la puissance active absorbée par le récepteur triphasé équilibré.

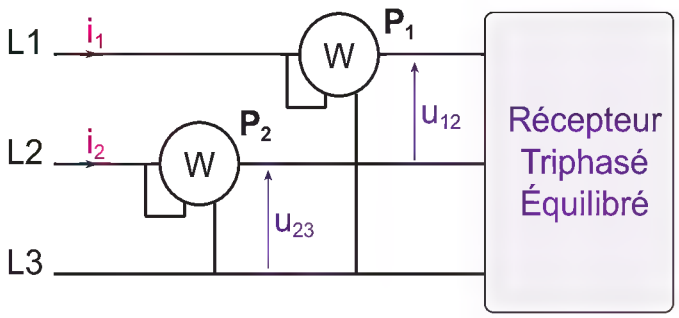


Fig. 20

- La puissance active absorbée par le récepteur est égale à la somme algébrique des deux puissances mesurées P1 et P2.

$$P = P_1 + P_2$$

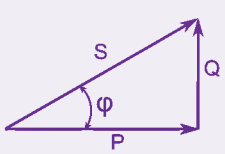
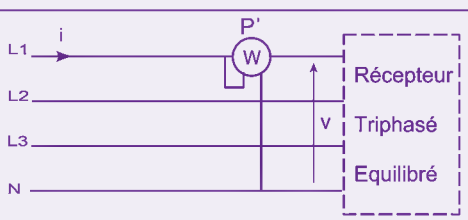
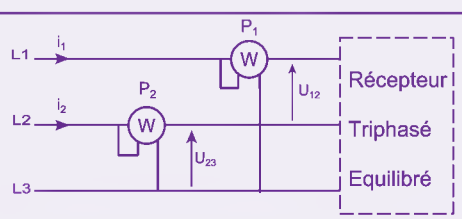
REMARQUE

Si l'un des deux wattmètres indique une puissance négative, on inverse sa polarité en courant ou en tension. La puissance totale absorbée est alors la différence entre les deux puissances mesurées.

- La puissance réactive absorbée par le récepteur est donnée par l'expression:

$$Q = \sqrt{3}.(P_1 - P_2)$$

C. RÉSUMÉ

	Couplage étoile	Couplage triangle
Relation entre U et V	$V = \frac{U}{\sqrt{3}}$	$V = U$
Relation entre I et J	$J = I$	$J = \frac{I}{\sqrt{3}}$
Déphasage	$\varphi\ (\widehat{I, V})$	$\varphi\ (\widehat{J, U})$
Puissance active	$P = \sqrt{3}.U.I.\cos\varphi$	$P = \sqrt{3}.U.I.\cos\varphi$
Pertes par effet Joule	$P = \frac{3}{2} . R I^2$	$P = \frac{3}{2} . R I^2$
Puissance réactive	$Q = \sqrt{3}.U.I.\sin\varphi$	$Q = \sqrt{3}.U.I.\sin\varphi$
Puissance apparente	$S = \sqrt{3}.U.I$	$S = \sqrt{3}.U.I$
Triangle de puissances	 $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$	
Facteur de puissance	$\cos\varphi = \frac{P}{S}$	
Mesure des puissances (méthode d'un seul wattmètre)	 $P = 3.P'$	
Mesure des puissances (méthode de deux wattmètres)	 $P = P_1 + P_2$ $Q = \sqrt{3}.(P_1 - P_2)$	

D. ÉVALUATION

I- Contrôle de connaissances

1- Dans un réseau triphasé équilibré les trois tensions simples sont déphasées l'une par à l'autre de:

a. 30°
b. 60°
c. 120°

2- La tension simple est la différence de potentiel entre:

a. deux phases du réseau triphasé
b. entre une phase et le neutre

3- La tension composée est la différence de potentiel entre:

a. deux phases du réseau triphasé
b. entre une phase et le neutre

4- La relation entre la tension composée et la tension simple d'un réseau triphasé équilibré est :

a. U = V
b. U = $\sqrt{2}$ .V
c. U = $\sqrt{3}$ .V

5- Un récepteur triphasé équilibré est composé de :

a. trois dipôles non identiques
b. deux dipôles identiques
c. trois dipôles identiques

6- Chaque dipôle d'un récepteur triphasé équilibré couplé en étoile est :

a. soumis à la tension simple du réseau triphasé et parcouru par le courant de ligne.
b. soumis à la tension composée du réseau triphasé et parcouru par le courant par phase.

7- Les relations entre les grandeurs électriques dans le cas d'un couplage triangle sont :

a. I = J et U = V
b. I = J.$\sqrt{3}$ et U = V
c. I = J et U = Vφ

8- La puissance active absorbée par un récepteur triphasé équilibré est :

a. P = U.I.cosφ
b. P = $\sqrt{3}$.U.I.cosφ
c. P = $\sqrt{3}$.U.I.sinφ

II- Exercices résolus

EXERCICE N°1

Un récepteur triphasé équilibré est composé de trois enroulements identiques de facteur de puissance cosφ=0,86. Ce récepteur couplé en étoile et branché au réseau triphasé U= 380V.

1- Déterminer la valeur de la tension aux bornes de chaque enroulement.
2- Déterminer la valeur du courant traversant chaque enroulement si l'impédance de chacun est Z = 20Ω.
3- Déduire du résultat trouvé à la question (2) la valeur du courant en ligne.
4- Représenter un schéma de branchement du récepteur au réseau et indiquer les valeurs efficaces des tensions et des courants sur le schéma.
5- Déterminer la puissance active absorbée par le récepteur triphasé.
6- Montrer, par calcul, que la puissance active absorbée par le récepteur est trois fois la puissance active absorbée par un enroulement : P = 3.P1.
7- Déterminer la puissance réactive absorbée par le récepteur triphasé.
8- Déterminer la puissance apparente du récepteur triphasé.
9- Représenter le triangle des puissances.
On prendra une échelle de 1000W par cm et 1000 VAR par cm.

EXERCICE N°2

Un récepteur triphasé équilibré composé de trois dipôles identiques est branché au réseau triphasé U=400V. La plaque signalétique du récepteur indique que chaque dipôle doit être soumis à la tension 400V.

1- Quel est le couplage des dipôles du récepteur ? Justifier votre réponse.
2- Déterminer la valeur du courant traversant chaque dipôle si son impédance est Z = 35Ω. En déduire la valeur du courant en ligne.
3- Représenter, à l'échelle, les vecteurs de Fresnel des courants en ligne et ceux des courants par phase. On prendra une échelle de 4A/cm.
4- Représenter un schéma de branchement du récepteur au réseau et indiquer les valeurs efficaces des tensions et des courants sur le schéma.
5- Déterminer les valeurs des puissances P, Q et S si l'angle de déphasage du courant par rapport à la tension est φ = 60°.
6- On se propose de mesurer la puissance active absorbée par le récepteur.
Quelle méthode de mesure doit-on adopter ? Justifier votre réponse.
7- Représenter un schéma électrique de la solution.

EXERCICE N°3

Sur la plaque signalétique d'un moteur triphasé, on lit les indications suivantes :
U = 400V ; (Y) ; 50Hz ; cosφ = 0,78
Ce moteur est branché sur le réseau triphasé U = 400V. La mesure de la puissance par la méthode d'un seul wattmètre a donné une puissance absorbée par une phase P1 = 1100W.

1- Déterminer la puissance active absorbée par le moteur.
2- Déterminer le courant en ligne. En déduire le courant par enroulement.
3- Déterminer l'impédance "Z" d'un enroulement du moteur.
4- Déterminer la puissance apparente et la puissance réactive absorbées par le moteur.

III- Exercices à résoudre

EXERCICE N°1

Un four thermique composé de trois dipôles résistifs identiques couplés en étoile et branchés à un réseau triphasé équilibré 230/400V.

1- Représenter un schéma de branchement du four sur le réseau.
2- Déterminer le courant en ligne si la résistance d'un dipôle est R = 35Ω. En déduire la valeur du courant traversant chaque dipôle.
3- Déterminer la puissance active absorbée par le four. En déduire la valeur de la puissance apparente.
4- Que peut-on dire de la puissance réactive ? Justifier.

EXERCICE N°2

Un moteur triphasé composé de trois enroulements identiques couplés en triangle.
Le moteur est branché au réseau 230/400V. La mesure des puissances a donné les résultats suivants P1 = 900W, P2 = 500W.

1- Déterminer la puissance active et la puissance réactive absorbées par le moteur.
2- Déterminer le facteur de puissance.
3- Déterminer le courant en ligne.
4- Déterminer le courant par enroulement.
5- Déterminer l'impédance d'un enroulement.

EXERCICE N°3

Une installation électrique alimentée par un réseau triphasé U = 400V est composée de (d') :

- trente lampes ($\cos\varphi$ =1) réparties de façon à équilibrer les trois phases. Chaque lampe absorbe une puissance de 200W ;
- trois machines outils dont chacune est équipée d'un moteur triphasé absorbant une puissance active de 330W et une puissance réactive de 290VAR;
- un four électrique composé de trois résistances chauffantes ($\cos\varphi$ =1) absorbant chacune une puissance de 400W.

1- Déterminer la puissance active et la puissance réactive absorbées par les trois machines outils.
2- Déterminer le courant en ligne (I_M) à l'entrée de la dérivation des trois moteurs.
3- Déterminer le facteur de puissance ($\cos\varphi_M$) correspondant aux trois machines.
4- Déterminer la puissance active totale absorbée par l'installation électrique.
5- Déterminer le courant en ligne à l'entrée de l'installation électrique.
6- Déterminer le facteur de puissance de l'installation électrique ($\cos\varphi_T$).

EXERCICE N°4

Un récepteur triphasé équilibré composé de trois bobines identiques dont l'impédance de chacune est Z=15 Ω. Ces bobines sont couplées en triangle et branchées au réseau triphasé U = 400V. Le facteur de puissance cosφ = 0,85.

1- Quelle est la valeur de la tension aux bornes de chaque bobine.
2- Déterminer la valeur du courant traversant chaque bobine.
3- Déduire la valeur du courant en ligne.
4- Représenter un schéma de branchement du récepteur au réseau et indiquer les valeurs efficaces des tensions et des courants sur le schéma.
5- Déterminer la puissance active absorbée par le récepteur triphasé.
6- Déterminer la puissance réactive absorbée par le récepteur triphasé.
7- En déduire la puissance apparente du récepteur triphasé.
8- Représenter, à une échelle convenable, le triangle de puissances. On prendra une échelle de 2000 (W, VAR et VA) par cm.

EXERCICE N°5

Un récepteur triphasé équilibré composé de trois dipôles identiques est branché au réseau triphasé U = 400V. En fonctionnement normal, chaque dipôle doit être soumis à la tension 230V.

1- Indiquer le couplage de ces trois dipôles.
2- Déterminer la valeur du courant traversant chaque dipôle si l'impédance de chacun est Z = 25Ω.
3- En déduire la valeur du courant en ligne.
4- Représenter un schéma de branchement du récepteur au réseau et indiquer les valeurs efficaces des tensions et des courants sur le schéma.
5- Déterminer les valeurs des puissances P, Q et S si l'angle de déphasage du courant par rapport à la tension est φ = 60°.
6- On se propose de mesurer la puissance active absorbée par le récepteur. Quelle méthode de mesure doit-on adopter ? Justifier votre réponse.
7- Représenter un schéma électrique de la solution.

EXERCICE N°6

Une installation électrique alimentée par un réseau triphasé équilibré 230/400V est composé de trois récepteurs triphasés équilibrés :

- un moteur triphasé "M1" : P1 = 1,5KW, cosφ1 = 0,83
- un moteur triphasé "M2" : P2 = 5KW, cosφ2 = 0,86.
- un transformateur triphasé : P3 = 0,8KW, cosφ3 = 0,75.

1- Déterminer le courant de ligne absorbé par chaque récepteur.
2- Déterminer le courant en ligne lorsque les trois récepteurs fonctionnent en même temps.
3- Déterminer la puissance active totale absorbée par l'installation électrique.
4- Déterminer le facteur de puissance de l'installation électrique.

IV- Correction des exercices

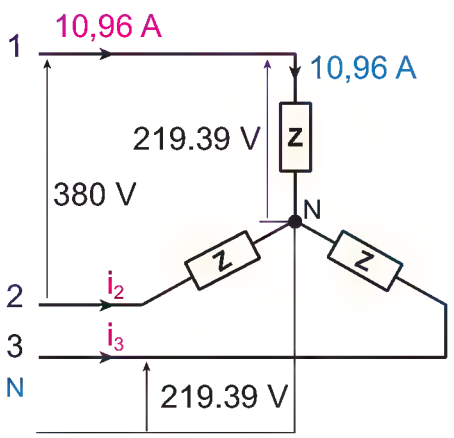
EXERCICE N°1

1. $V = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219{,}39V$

2. $J = \frac{V}{Z} = \frac{219{,}39}{20} = 10{,}96A$

3. Couplage étoile : $I = J = 10{,}96A$

4. Schéma de branchement :



5. $P = \sqrt{3}.U.I.\cos\varphi = \sqrt{3}.380.10{,}96.0{,}86 = 6203{,}73W$

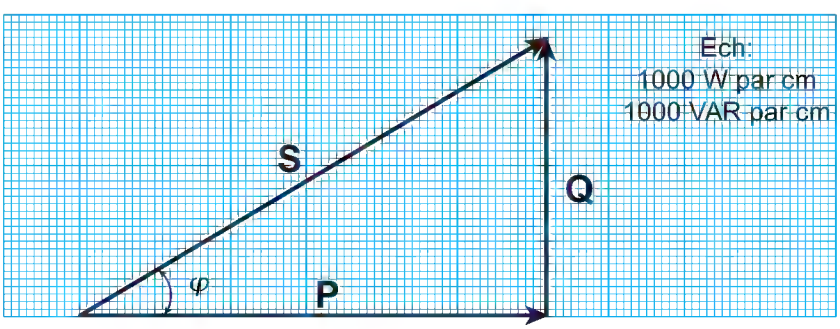
6. $P_1 = V.J.\cos\varphi = 219{,}39.10{,}96.0{,}86 = 2067{,}88W$

$3.2067{,}88 = 6203{,}64 = P$. On vérifie ainsi le théorème de Boucherot : $P = 3.P_1$

7. $Q = \sqrt{3}.U.I.\sin\varphi = 3.380.10{,}96.\sin(\cos^{-1}0{,}86) = 3681{,}08VAR$

8. $S^2 = \sqrt{P^2 + Q^2} \longrightarrow S = P^2 + Q^2 = \sqrt{(6203{,}73)^2 + (3681{,}08)^2} = 7213{,}64VA$

9. Triangle de puissances :

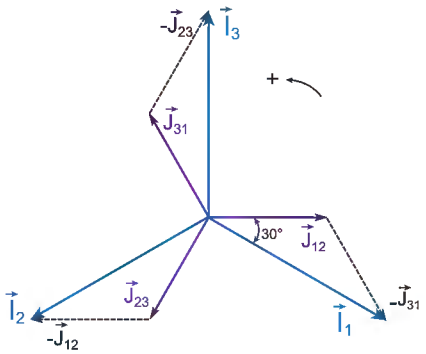


EXERCICE N°2

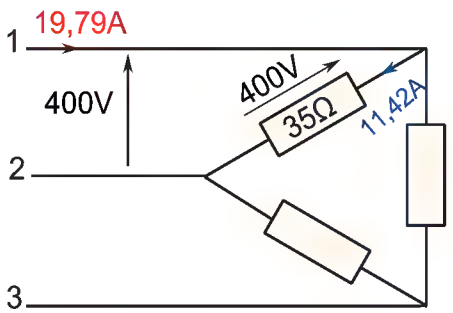
1- Le couplage est triangle car chaque dipôle doit être branché entre deux phases du réseau et soumis à la tension composée U= 400 V.

2- $J = \frac{V}{Z} = \frac{400}{35} = 11,42A \longrightarrow I = J.\sqrt{3} = 11,42.\sqrt{3} = 19,79A$

3- Représentation vectorielle (de Fresnel)



4- Schéma de branchement

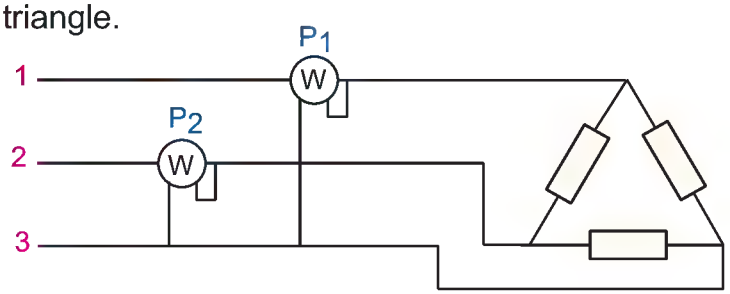


5- $P = \sqrt{3}.U.I.\cos\varphi = \sqrt{3}.400.19,79.\cos(60°) = 6855,45W$

$Q = \sqrt{3}.U.I.\sin\varphi = \sqrt{3}.400.19,79.\sin(60°) = 11874VAR$ $\quad S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{6855,45}{0,5} = 13710,9VA$

6- Pour mesurer la puissance active absorbée par le récepteur, on applique la méthode des deux wattmètres car le neutre n'est pas accessible lorsque le couplage est en triangle.

7- Montage



EXERCICE N°3

1- $P = 3.P_1 = 3.1100 = 3300W$

2- $I = \frac{P}{\sqrt{3}.U.\cos\varphi} = \frac{3300}{\sqrt{3}.400.0,78} = 6,10A$; couplage étoile : $I = J = 6,10A$

3- $Z = \frac{V}{J} = \frac{U}{\sqrt{3}.I} = \frac{400}{\sqrt{3}.6,10} = 21,85\Omega$

4- $S = \sqrt{3}.U.I = \sqrt{3}.400.6,10 = 4226,20VA$; $Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{(4226,1)^2 - (3300)^2} = 2640,22VAR$