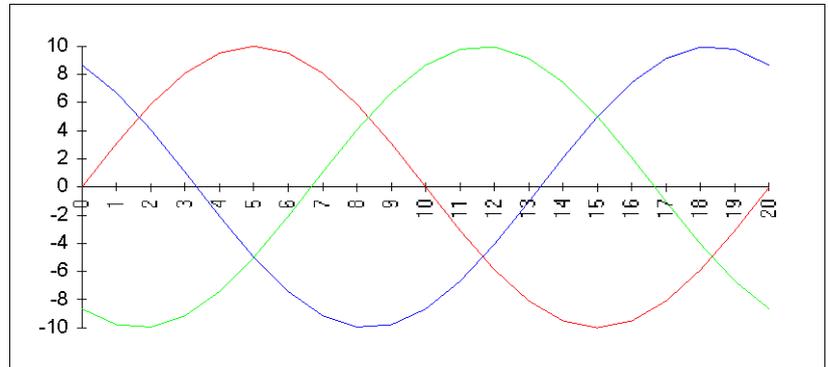
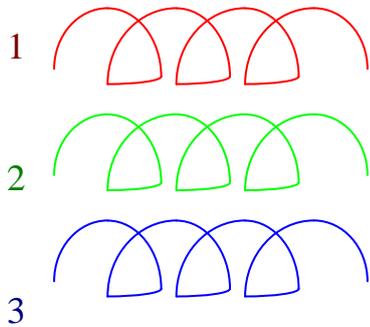


Le triphasé

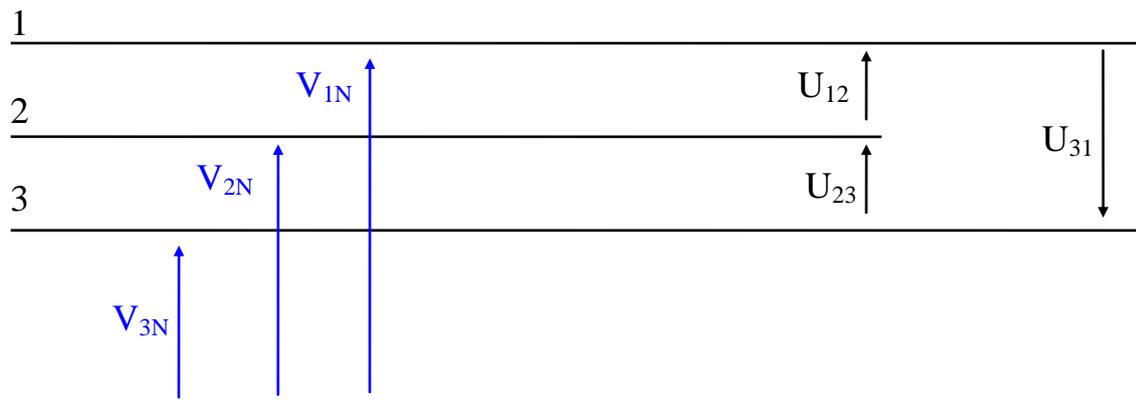
Le secteur EDF délivre un système de tension sur 4 bornes : trois phases et un neutre.

Cette tension est obtenue par un alternateur triphasé ou au secondaire d'un transformateur triphasé.

Ceux-ci comportent trois enroulements qui sont le siège de forces électromotrices sinusoïdales déphasées les unes par rapport aux autres d'un tiers de période.



Représentation :



Tension entre phase

Tension entre phase et neutre

Tension composée

Tension simple

U

V

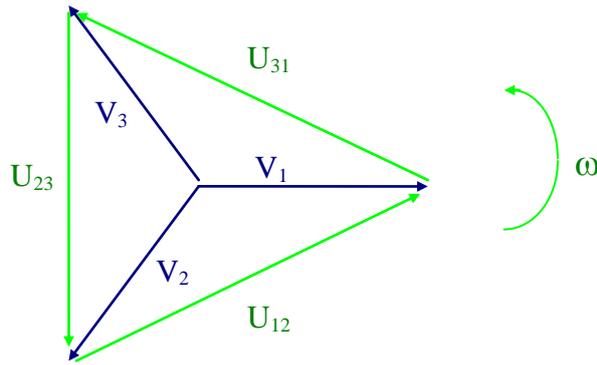
$$U = \sqrt{3} \cdot V$$

(V) (V)



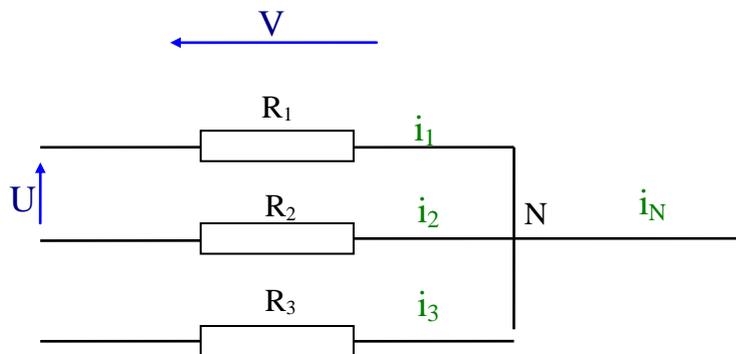
Fiche n°1 - exercice n°1

Représentation de Fresnel :



I Le couplage étoile :

Les trois enroulements sont en étoile s'ils sont reliés en un point commun appelé Neutre.



Nous avons : (vectoriellement)

$$i_1 + i_2 + i_3 = i_N$$

et

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

Fiche n°1 - exercices n°2, 3, 4, 5



Fiche n°3 - exercice n°2, 4.

1.1 Montage équilibré :

Les trois récepteurs sont identiques ($R_1 = R_2 = R_3$).

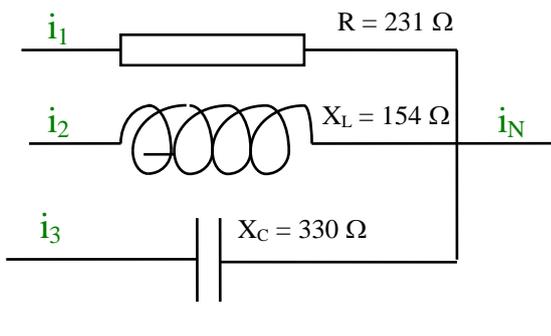
Dans ce cas, $i = V / R$ ou plus généralement $I = V / Z$.

En effectuant la somme vectorielle $i_1 + i_2 + i_3 = 0$.

Dans ce cas, le neutre n'est pas nécessaire (voir photocopie « vecteurs »)

1.2 Montage déséquilibré :

Les impédances ne sont plus identiques .



Fiche n°1 - exercices n°4, 6.



Fiche n°3 - exercice n°1, 5.

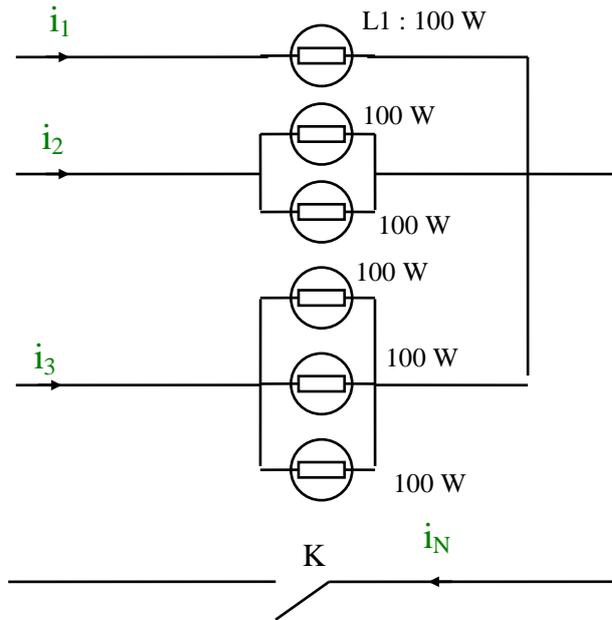
Avec un réseau 231 / 400 V - 50 Hz

$$\left. \begin{array}{l} i_1 = 1 \text{ A} \\ i_2 = 1,5 \text{ A} \\ i_3 = 0,7 \text{ A} \end{array} \right\} i_1 \neq i_2 \neq i_3$$

⇒ résolution graphique pour déterminer l'intensité dans le neutre.

1.3 Suppression du fil neutre :

expérience :



a/ K fermé : (avec neutre)

$$i_1 = 0,47 \text{ A}$$

$$i_2 = 0,94 \text{ A}$$

$$i_3 = 1,41 \text{ A}$$

$$i_N = \mathbf{0,81 \text{ A}}$$

b/ K ouvert : (sans neutre)

L1 : surtension

L3 : sous tension

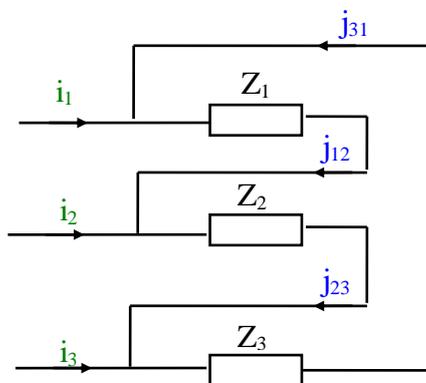
En conclusion, il y a risque de surtension en cas de déséquilibre et de suppression du fil neutre → détérioration.

donc : **pas de fusible sur le neutre.**

Ceci explique la présence de barrette neutre et non de fusible.

II Le couplage triangle :

Un récepteur est branché en triangle si les trois dipôles sont branchés entre deux fils de phase.



Nous avons : (vectoriellement)

$$I_1 = J_{12} - J_{31}$$

$$I_2 = J_{23} - J_{12}$$

$$I_3 = J_{31} - J_{23}$$

Courant en ligne **I**

Courant dans le dipôle **J**

2.1 Montage équilibré :

Les trois récepteurs sont identiques.

Les trois intensités J sont identiques (même module, même phase) et nous avons :

$$\begin{matrix} I = \sqrt{3} \cdot J \\ \text{(A)} & \text{(A)} \end{matrix}$$

Fiche n°2 - exercices n°1, 2, 3.



Fiche n°3 - exercice n°6.

2.2 Montage déséquilibré :

Les trois récepteurs sont quelconques.

Pour déterminer les intensités J , on utilise la loi d'ohm ($J = U / Z$) ; en utilisant la somme vectorielle, on peut déterminer l'intensité en ligne (I).

2.3 Remarques :

- * $I_1 + I_2 + I_3 = 0$ (vectoriellement)
- * Nous ne pouvons pas disposer de fil neutre dans le couplage triangle.

Fiche n°2 - exercices n°5, 6.



Fiche n°3 - exercice n°3.

III Puissances :

3.1 Calculs :

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

a/ en étoile équilibré :

$$P_1 = P_2 = P_3 = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad \text{donc} \quad P = 3 \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$\text{or } U = \sqrt{3} \cdot V \quad \rightarrow \quad V = \frac{U}{\sqrt{3}} \text{ d'où } P = \frac{3 \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi}{\sqrt{3}}$$

$$\begin{matrix} P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \\ \text{(W)} & \text{(V)} & \text{(A)} \end{matrix}$$

U entre phases
I en ligne



Fiche n°4 - exercice n°1, 3, 4

de même $Q_1 = Q_2 = Q_3 = V \cdot I \cdot \sin \varphi$ et donc

$$\begin{matrix} Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi \\ \text{(var)} & \text{(V)} & \text{(A)} \end{matrix}$$

b/ en triangle équilibré :

$$P_1 = P_2 = P_3 = U \cdot J \cdot \cos \varphi \quad \text{donc} \quad P = 3 \cdot U \cdot J \cdot \cos \varphi$$

$$\text{or } I = \sqrt{3} \cdot J \quad \rightarrow \quad J = \frac{I}{\sqrt{3}} \text{ d'où } P = \frac{3 \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi}{\sqrt{3}}$$

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

de même $Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi$

c/ conclusion :

Quel que soit le couplage en équilibré :

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

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

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

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

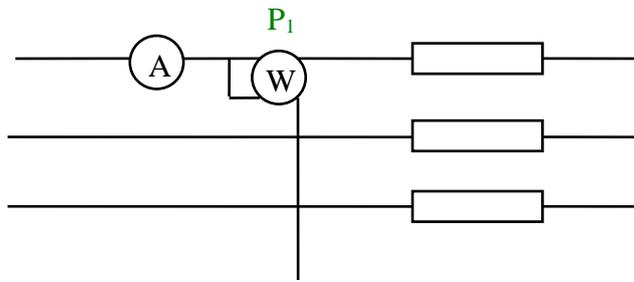


Fiche n°4 - exercice n°2

3.2 Méthodes de mesure :

a/ montage étoile équilibré :

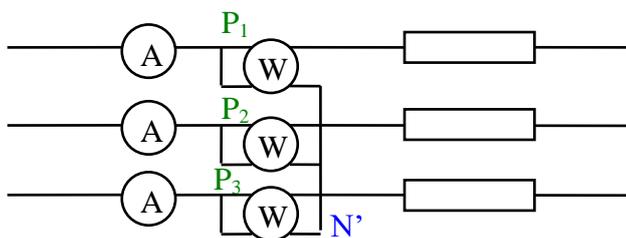
Il suffit de mesurer la puissance consommée dans une phase et de multiplier par trois.



$$P = 3 \cdot P_1$$

b/ montage déséquilibré :

Il faut utiliser 3 wattmètres et additionner leur mesure. Si le neutre n'existe pas, il faut en créer un artificiel en reliant les wattmètres en un point commun.

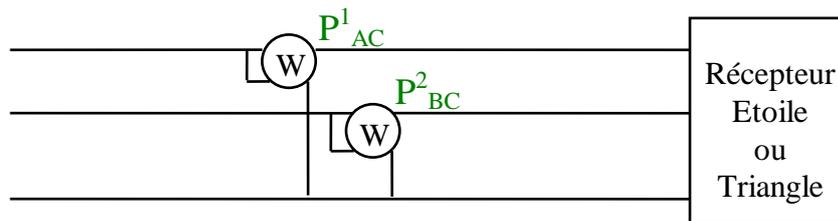


$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

c/ montage dit : « des deux wattmètres » :

On prouve que le montage étant équilibré ou non, on peut obtenir

$$P = P_{AC}^1 + P_{BC}^2 \quad \text{mais le conducteur neutre (s'il existe), ne doit pas être branché}$$



En utilisant deux appareils appropriés, ce montage peut être réalisé à partir d'un seul wattmètre (chahuteur et inverseur)

(voir transparent)

De plus cette méthode nous permet aussi de calculer la puissance réactive.

donc :

$$P = P_{AC}^1 + P_{BC}^2$$

(W) (W) (W)

$$Q = \sqrt{3} (P_{AC}^1 - P_{BC}^2)$$

(var) (W) (W)



Fiche n°4 - exercice n°5

remarque : du fait du branchement, il peut arriver que le wattmètre dévie dans le mauvais sens, dans ce cas l'inverseur intervient sur le circuit tension, mais il faut noter la lecture avec un signe -

IV Compensation du facteur de puissance :

Le calcul s'effectue comme en monophasé.

Mais selon le couplage, la tension appliquée aux bornes du condensateur n'est pas la même.

On calcule toujours la puissance réactive à fournir :

$$Q_c = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

mais :

en étoile : $Q_c = 3 \cdot V^2 \cdot C \cdot \omega$

en triangle : $Q_c = 3 \cdot U^2 \cdot C \cdot \omega$



Fiche n°5

FICHE D'EXERCICES : Réseaux triphasés (1)

Montage étoile (équilibré - déséquilibré)

Notions vues : S0 7 : Tension alternative sinusoïdale triphasée

Formules utilisées :

$$U = \sqrt{3} \cdot V$$
$$i_1 + i_2 + i_3 = i_N$$

U (V) : tension composée, V (V) : tension simple
 i_N = intensité dans le conducteur neutre

1/ Sur les navires de la Marine nationale, l'alimentation triphasé est $V = 260 \text{ V} / 60 \text{ Hz}$.

Calculer : La tension composée et sa fréquence.

$$U = 450 \text{ V} ; f = 60 \text{ Hz.}$$

2/ Trois récepteurs identiques de même impédance ($Z = 21 \Omega ; \varphi = 30^\circ$) sont associés en étoile avec N' relié à N. ($V = 231 \text{ V}$)

Calculer : a/ L'intensité des trois courants
b/ L'intensité dans le Neutre.

$$I = 11 \text{ A.}$$

$$I_N = 0.$$

3/ Trois résistances de 270Ω sont connectées sur un réseau de tension $U = 225 \text{ V}$.

Calculer : L'intensité dans chaque phase.

$$I = 0,48 \text{ A.}$$

4/ Sur le secteur $231 / 400 \text{ V}$ (50 Hz), on monte entre le neutre et chaque fil de phase une résistance de 77Ω .

Calculer : a/ L'intensité commune dans les résistances et donc en ligne.

$$I = 3 \text{ A.}$$

On enlève la résistance de la phase 3,

Calculer b/ Les intensités efficaces des courants dans les fils 1, 2, 3 et dans le fil neutre.

$$I_1 = 3 \text{ A} ; I_2 = 3 \text{ A} ; I_3 = 0 ; I_N = 3 \text{ A (solution graphique)}$$

5/ On dispose de 3 radiateurs monophasés $120 \text{ V} - 2 \text{ kW}$. Le réseau disponible est $127 / 220 \text{ V}$.

On souhaite obtenir 120 V aux bornes de chaque radiateur quand ils fonctionnent tous.

Calculer : a/ La chute de tension dans les fils.

$$\Delta U = 7 \text{ V.}$$

b/ L'intensité en ligne

$$I = 16,7 \text{ A.}$$

c/ La section des fils en sachant que $\rho = 0,018 \Omega \cdot \text{m}$ et que $L = 80 \text{ m}$.

$$S = 6,8 \text{ mm}^2.$$

6/ Soit un récepteur triphasé alimenté en $220 / 380 \text{ V}$, organisé de la façon suivante :

phase 1 : Une résistance ($Z_1 = R_1 = 16,9 \Omega$)

phase 2 : Un récepteur inductif ($Z_2 = 22 \Omega ; \varphi_2 = 20^\circ$)

phase 3 : Un récepteur capacitif ($Z_3 = 27,5 \Omega ; \varphi_3 = -75^\circ$)

Calculer : a/ La valeur efficace des courants en ligne. $I_1 = 13 \text{ A} ; I_2 = 10 \text{ A} ; I_3 = 8 \text{ A.}$

Déterminer graphiquement b/ La valeur efficace du courant dans le Neutre. $I_N = 8,8 \text{ A (graphe)}$

FICHE D'EXERCICES : Réseaux triphasés (2)

Montage triangle (équilibré - déséquilibré), pertes Joules

Notions vues : *S0 7 : Tension alternative sinusoïdale triphasée*

Formules utilisées :

$$I = \sqrt{3} \cdot J \quad I \text{ (A) : Intensité en ligne, } J \text{ (A) : intensité du courant dans un dipôle}$$

Il n'y a pas de tension simple, car il n'existe pas de point neutre.

$$p_j = 1,5 \cdot R \cdot I^2 \quad R \text{ (}\Omega\text{) : résistance mesurée entre phases, } I \text{ (A) : courant en ligne}$$

1/ Trois récepteurs identiques sont montés en triangle sur un secteur 231 / 400 V.

Pour chacun d'eux $Z = 80 \Omega$ et $\varphi = 60^\circ$.

Calculer : a/ L'intensité du courant dans un récepteur.

$$J = 5 \text{ A.}$$

b/ L'intensité du courant en ligne.

$$I = 8,7 \text{ A.}$$

2/ Sur un réseau 231 / 400 V, 50 Hz on associe en triangle trois récepteurs inductifs identiques dont l'impédance est $Z = 90 \Omega$ et le facteur de puissance $\cos \varphi = 0,45$.

$$J = 4,4 \text{ A ; } \varphi = 63^\circ.$$

Calculer : a/ L'intensité du courant dans un récepteur et son déphasage sur la tension correspondante.

b/ L'intensité en ligne

$$I = 9,2 \text{ A.}$$

3/ Sur un secteur triphasé 231 / 400 V, 50 Hz, on monte en triangle trois résistances identiques de 75Ω .

Calculer : a/ L'intensité efficace des courants qui traversent les résistances

b/ L'intensité en ligne

Déterminer : c/ La résistance R' à associer en étoile pour avoir la même intensité en ligne. $R' = 25 \Omega$.

4/ Deux résistances identiques de 50Ω sont montées l'une entre les phases 1 et 2, l'autre entre les bornes 2 et 3.

Calculer : a/ L'intensité du courant dans chaque récepteur.

$$J_{12} = 8 \text{ A ; } J_{23} = 8 \text{ A ; } J_{31} = 0.$$

b/ L'intensité des courants en ligne.

$$I_1 = 8 \text{ A ; } I_2 = 13,6 \text{ A ; } I_3 = 8 \text{ A.}$$

5/ Soit un récepteur triphasé alimenté en 220 / 380 V, organisé de la façon suivante :

entre la phase 1 et la phase 2 : Un récepteur inductif ($Z_{12} = 76 \Omega$; $\varphi_{12} = 80^\circ$)

$$J_{12} = 5 \text{ A.}$$

entre la phase 2 et la phase 3 : Un récepteur inductif ($Z_{23} = 54 \Omega$; $\varphi_{23} = 20^\circ$)

$$J_{23} = 7 \text{ A.}$$

entre la phase 3 et la phase 1 : Un récepteur capacitif ($Z_{31} = 95 \Omega$; $\varphi_{31} = -45^\circ$)

$$J_{31} = 4 \text{ A.}$$

Calculer : a/ La valeur efficace des courants entre phases.

Déterminer graphiquement b/ La valeur efficace des courants en ligne

$$I_1 = 7,4 \text{ A ; } I_2 = 6,2 \text{ A ; } I_3 = 5,4 \text{ A.}$$

6/ Soit trois résistances de 30Ω alimentées par un secteur 220 / 380 V.

- En étoile :

Calculer : a/ La résistance mesurée entre deux phases.

$$R = 60 \Omega.$$

b/ L'intensité du courant en ligne.

$$I = 7,3 \text{ A.}$$

c/ La puissance dissipée par effet Joule dans une résistance.

$$p_j = 1 \text{ 611 W.}$$

d/ La puissance totale perdue par effet Joule.(en utilisant le c/)

$$p_j = 4 \text{ 833 W}$$

e/ La puissance totale perdue par effet Joule.(en utilisant le a/ et le b/)

$$p_j = 4 \text{ 835 W.}$$

- En triangle :f/ La résistance mesurée entre deux phases.

$$R = 20 \Omega.$$

g/ L'intensité du courant dans une résistance.

$$J = 12,7 \text{ A.}$$

h/ L'intensité du courant en ligne

$$I = 22 \text{ A.}$$

i/ La puissance dissipée par effet Joule dans une résistance.

$$p_j = 4 \text{ 838 W.}$$

j/ La puissance totale perdue par effet Joule.(en utilisant le i/)

$$p_j = 14 \text{ 516 W.}$$

k/ La puissance totale perdue par effet Joule.(en utilisant le f/ et le h/)

$$p_j = 14 \text{ 520 W.}$$

Comparer

A/ Exercices : Réseaux triphasés

1/ Trois récepteurs monophasés sont couplés en étoile avec N' relié à N, sur un secteur 231 / 400 V, 50 Hz. On a placé : sur la phase 1 : $R = 231 \Omega$, sur la phase 2 : $X_L = 154 \Omega$, sur la phase 3 : $X_C = 330 \Omega$

Calculer : Les intensités I_1 , I_2 et I_3

2/ Trois condensateurs identiques $C = 470 \mu\text{F}$ sont associés en étoile sur un secteur 260 / 450 V, 60 Hz.

Calculer : a/ L'intensité en ligne.

$$I = 46 \text{ mA.}$$

b/ La capacité C' des condensateurs qui associés en triangle donneraient le même courant.

$$C' = 0,15 \mu\text{F.}$$

3/ Trois récepteurs parfaits de même impédance $Z = 160 \Omega$ sont montés en triangle sur un réseau 220 / 380 V, 50 Hz.

entre 1 et 2 : une résistance, entre 2 et 3 : une inductance, entre 3 et 1 : un condensateur

Calculer : a/ L'intensité du courant dans chaque récepteur.

$$J = 2,4 \text{ A.}$$

b/ Les courants en ligne

$$\text{(voir graphe) } I_1 = 4,7 \text{ A ; } I_2 = 4,7 \text{ A ; } I_3 = 2,3 \text{ A.}$$

4/ Sur un secteur 260 / 450 V, 60 Hz, on monte en étoile trois résistances identiques $R = 12 \Omega$.

Calculer : a/ L'intensité du courant en ligne.

$$I = 21,7 \text{ A.}$$

b/ La résistance R' des 3 résistances qui, associées en triangle donneraient la même intensité en ligne.

$$R' = 36 \Omega.$$

5/ Les puissances, active et réactive, d'un montage en étoile alimenté par un réseau triphasé 380 V, 50 Hz, étant respectivement de 8 230 W et de 14 250 vars,

Calculer : a/ Le facteur de puissance.

$$\cos \varphi = 0,50.$$

b/ La capacité de chacun des condensateurs que l'on doit monter en étoile pour que le facteur de puissance soit de 0,85.

$$C = 200 \mu\text{F.}$$

B/ Problème (10 points)

Pour chauffer un petit atelier, alimenté en 400 V / 50 Hz, on désire fabriquer un ensemble de chauffage comprenant :

- un moteur électrique triphasé pour la ventilation portant les indications suivantes :

$$P = 1,5 \text{ kW} \quad \eta = 0,75 \quad \cos \varphi = \text{illisible} \quad I = 4 \text{ A.}$$

- un radiateur de puissance totale 4,5 kW. Pour le réaliser on dispose de 3 résistances chauffantes de 1,5 kW / 230 V, chacune.

ETUDE DU CHAUFFAGE :

a/ Donner le branchement des résistances. Justifier la réponse. / 1,5

b/ Quelle est l'intensité absorbée sur chaque phase de l'alimentation ? / 1

c/ Quelle est la valeur de la résistance ? / 1

ETUDE DU MOTEUR :

Calculer pour la charge nominale :

d/ la puissance absorbée du moteur. / 1,5

e/ sa puissance apparente. / 1

f/ son $\cos \varphi$ / 1

g/ sa puissance réactive. / 1

ETUDE DE L'ENSEMBLE :

h/ **Calculer** le facteur de puissance de l'ensemble. / 2