

Solutionnaire examen final ELE 1409

Exercice 1 : Choix d'un transformateur monophasé

4 points

On veut utiliser un outil dont la tension de fonctionnement en monophasé est de 127 V-60 Hz. La plaque signalétique de l'outil porte les indications 200 W- $\cos \varphi = 0.7$ retard. Le réseau disponible est monophasé avec une tension de 220 V et une fréquence de 60 Hz. On voudrait choisir un transformateur pour alimenter l'outil, on a le choix entre les transformateurs suivants :

- Transformateur 1 : 30 V/127 V- 100 VA.
- Transformateur 2 : 30 V/220 V- 150 VA.
- Transformateur 3 : 220 V/127 V-330 VA.
- Transformateur 4 : 220 V/127 V-130 VA.

1. **Choix du transformateur et justification : 2 points**

La consommation en puissance apparente de l'outil vaudra :

$$S = \frac{P}{FP} = \frac{200}{0.7} = 285.71 \text{ VA} \quad (0.5 \text{ pt})$$

- **Transformateur 1** : ce premier transformateur n'est donc pas suffisant en puissance apparente de plus, bien que la tension au secondaire soit de 127 V, la tension primaire du transformateur n'est que de 30 V. Il ne pourra donc pas être raccordé au réseau. (**0 point pour ce choix**).
- **Transformateur 2** : les tensions ne sont pas adaptées et la puissance apparente est insuffisante. (**0 point pour ce choix**).
- **Transformateur 3** : ce transformateur satisfait aussi bien aux caractéristiques du réseau qu'à celles de la charge (tension et puissance apparente) : c'est le transformateur approprié. (**1.5 point pour ce choix**).
- Transformateur 4 : les tensions sont adaptées mais la puissance apparente est insuffisante (**0.5 point pour ce choix**).

2. L'outil est alimenté par le transformateur choisi supposé parfait. Il consomme 200 W avec un facteur de puissance de 0.7 retard. Calcul des courants primaire et secondaire.

Le transformateur étant parfait, on aura :

$$S_2 = S_1 = \frac{P}{FP} = 285.71 \text{ VA} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = \frac{S_1}{V_1} = \frac{285.71}{220} = \boxed{1.3 \text{ A}} \\ I_2 = \frac{S_2}{V_2} = \frac{285.71}{127} = \boxed{2.24 \text{ A}} \end{cases}$$

1 point pour chacune des valeurs de courant. Ne pas appliquer une double pénalité à ce niveau. Accorder tous les points si la démarche est bonne.

Exercice 2 : Bilan de puissance d'une installation électrique triphasée. 15 points

On considère l'atelier ci-dessous alimenté via une ligne donc l'impédance par phase vaut $\bar{Z}_\ell = 0.3 + j0.5 \Omega$ par un transformateur triphasé. Le transformateur triphasé est constitué de trois transformateurs monophasés identiques connectés en **étoile au primaire** et en **triangle au secondaire**.

Les caractéristiques de chacun des transformateurs monophasés sont les suivantes :

$$347 \text{ V} / 380 \text{ V} ; 30 \text{ kVA} ; 60 \text{ Hz}$$

L'atelier comporte les charges suivantes :

- Un trio d'impédances couplées en étoile avec $\bar{Z}_Y = 6 + j8 \Omega$.
- Un trio d'impédances couplées en triangle avec $\bar{Z}_\Delta = 8 - j6 \Omega$.
- Un moteur absorbant une puissance apparente de 30 kVA avec un FP de 0.65 retard.

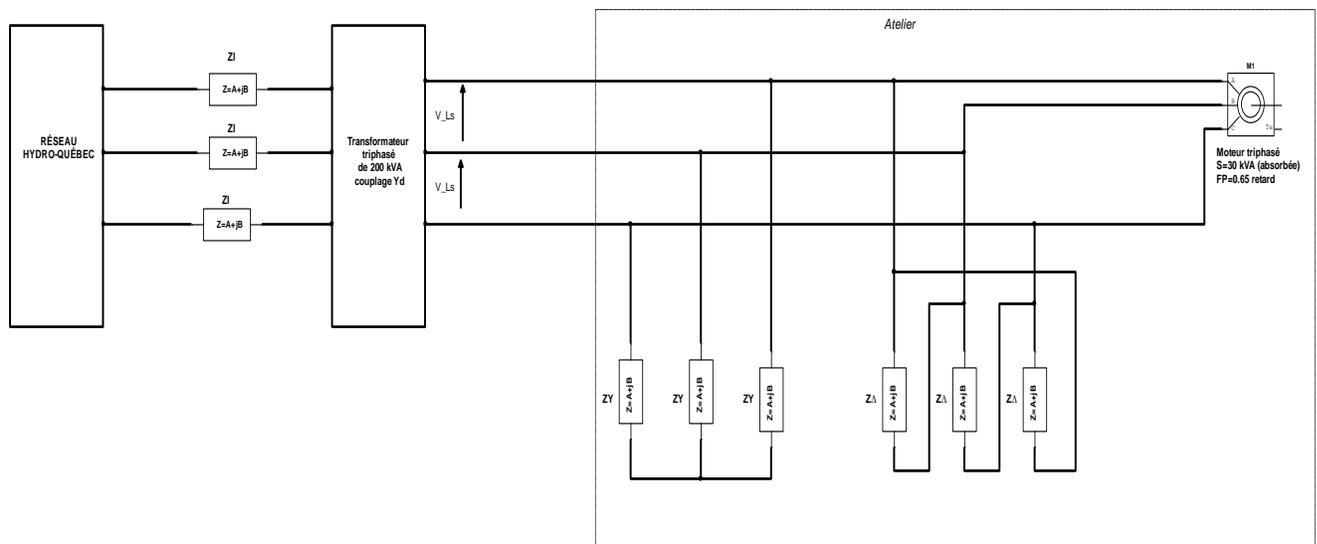


Figure 1. Schéma de l'installation triphasée pour l'exercice 2

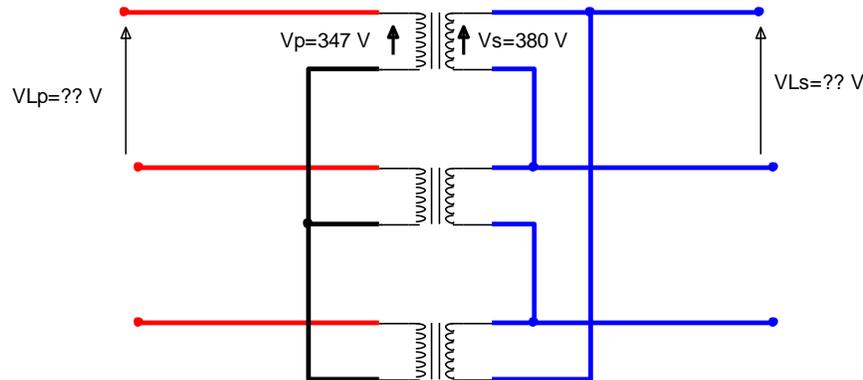
1. Tension de ligne au primaire et au secondaire du transformateur triphasé. 1 point

Avec les caractéristiques des transformateurs, on identifie :

$$\underbrace{347 \text{ V}}_{V_P} / \underbrace{380 \text{ V}}_{V_S}$$

En schématisant comme montré ci-dessous, on obtient avec ce mode de couplage :

$$\begin{cases} V_{Ls} = V_s \Leftrightarrow \boxed{V_s = 380 \text{ V}} \\ V_{Lp} = V_p \sqrt{3} = 347 \times \sqrt{3} \Leftrightarrow \boxed{V_{Lp} = 601.02 \text{ V}} \end{cases}$$



Aucun point n'est accordé pour une valeur fausse.

2. Calcul des rapports m et m_g pour le transformateur triphasé réalisé. **1 point**

Il a été précédemment identifié les valeurs suivantes :

$$\frac{\underbrace{347 \text{ V}}_{V_P}}{\underbrace{380 \text{ V}}_{V_S}}$$

Ce qui donne :

$$\boxed{m} = \frac{V_P}{V_S} = \frac{347}{380} = \boxed{0.91}$$

Dans un couplage **Yd**, on a la relation suivante entre m et m_g .

$$m_g = \sqrt{3} \cdot m \Leftrightarrow \boxed{m_g} = 0.91 \times \sqrt{3} = \boxed{1.58}$$

25 % des points pour les bonnes formules et 75% des points pour le bon calcul.

3. Calcul en kW, des puissances active et réactive absorbées par la charge couplée en étoile. **2 points**

La forme polaire de cette impédance est la suivante :

$$\bar{Z}_Y = \underbrace{6}_{R_Y} + j \underbrace{8}_{X_Y} \Omega \Leftrightarrow Z_Y = \sqrt{R_Y^2 + X_Y^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \Omega \quad (0.5 \text{ pt})$$

Dans ce cas, chaque impédance est alimentée par la tension de phase et parcourue par le courant de ligne définie comme suit :

$$I_{LY} = \frac{V_S}{Z_Y} = \frac{380}{10} = 38 \text{ A} \quad (0.5 \text{ pt})$$

Ce qui donne alors les puissances active et réactive suivantes :

$$\begin{cases} P_Y = 3R_Y \cdot I_{LY}^2 = \frac{3 \times 6 \times 38^2}{1000} = 25.99 \text{ kW} & (0.5 \text{ pt}) \\ Q_Y = 3X_Y \cdot I_{LY}^2 = \frac{3 \times 8 \times 38^2}{1000} = 34.66 \text{ kvar} & (0.5 \text{ pt}) \end{cases}$$

4. **Calcul en kW les puissances active et réactive absorbées par la charge couplée en triangle.** **2 points**

La forme polaire de cette impédance est la suivante :

$$\bar{Z}_\Delta = \underbrace{8}_{R_Y} + j \underbrace{-6}_{X_Y} \Omega \Leftrightarrow Z_\Delta = \sqrt{R_\Delta^2 + X_\Delta^2} = \sqrt{8^2 + (-6)^2} = 10 \Omega \quad (0.5 \text{ pt})$$

Dans ce cas, chaque impédance est alimentée par la tension de ligne et parcourue par le courant de phase définie comme suit :

$$I_{ph\Delta} = \frac{V_{Ls}}{Z_Y} = \frac{380}{10} = 38 \text{ A} \quad (0.5 \text{ pt})$$

Ce qui donne alors les puissances active et réactive suivantes :

$$\begin{cases} P_\Delta = 3R_\Delta \cdot I_{ph\Delta}^2 = \frac{3 \times 8 \times 38^2}{1000} = 34.66 \text{ kW} & (0.5 \text{ pt}) \\ Q_\Delta = 3X_\Delta \cdot I_{ph\Delta}^2 = \frac{3 \times (-6) \times 38^2}{1000} = -25.99 \text{ kvar} & (0.5 \text{ pt}) \end{cases}$$

Aucun point n'est accordé si la puissance réactive ne comporte pas de signe moins "-".

5. **Calcul des puissances active et réactive totales de l'atelier.** **2 points**

Pour le moteur de 30 kVA avec un FP de 0.65 retard, les puissances mises en jeu sont les suivantes :

- Puissance active

$$P_m = S_m \times FP_m = 30 \times 0.65 = 19.5 \text{ kW} \quad (0.5 \text{ pt})$$

- Puissance réactive

$$Q_m = \sqrt{S_m^2 - P_m^2} = \sqrt{30^2 - 26^2} = 22.8 \text{ kvar} \quad (0.5 \text{ pt})$$

- Total :

$$\begin{cases} P_{\text{tot}} = P_Y + P_{\Delta} + P_m \\ Q_{\text{tot}} = Q_Y + Q_{\Delta} + Q_m \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} P_{\text{tot}} = 25.99 + 34.66 + 19.5 = 80.15 \text{ kW} \\ Q_{\text{tot}} = 34.66 + (-25.99) + 22.8 = 31.47 \text{ kvar} \end{cases} \quad (0.5 \text{ pt})$$

Ne pas appliquer la double pénalité pour le calcul de la puissance réactive totale. Tenir compte du résultat obtenu à la question 4.

6. **La puissance apparente du transformateur triphasé est-elle suffisante? 2 points**

Pour l'atelier le besoin en puissance apparente vaut :

$$S_{\text{tot}} = \sqrt{P_{\text{tot}}^2 + Q_{\text{tot}}^2} = \sqrt{80.15^2 + 31.47^2} = 86.11 \text{ kVA} \quad (0.5 \text{ pt})$$

La puissance apparente du transformateur triphasé vaut :

$$S_{\text{transfo}} = 3S = 3 \times 30 = 90 \text{ kVA} > 86.11 \text{ kVA} \quad (1 \text{ pt})$$

La capacité du transformateur triphasé est alors suffisante. (0.5 pt)

7. **Calcul de la capacité des condensateurs couplés en étoile permettant de relever le facteur de puissance à 0.98 retard. 2 points**

La puissance apparente après compensation vaut :

$$S_{\text{apc}} = \frac{P_{\text{tot}}}{FP_{\text{apc}}} = \frac{80.15}{0.98} = 81.79 \text{ kVA} \quad (0.5 \text{ pt})$$

La puissance réactive après compensation vaudra alors :

$$Q_{\text{apc}} = \sqrt{S_{\text{apc}}^2 - P_{\text{tot}}^2} = \sqrt{81.79^2 - 80.15^2} = 16.3 \text{ kvar} \quad (0.5 \text{ pt})$$

La puissance apparente des condensateurs vaudra alors :

$$Q_C = Q_{\text{apc}} - Q_{\text{tot}} = 16.3 - 31.47 = -15.17 \text{ kvar} \quad (0.5 \text{ pt})$$

La capacité des condensateurs couplés en étoile vaudra alors :

$$C_Y = -\frac{Q_C}{\omega V_{LS}^2} = -\frac{-15.17 \times 1000 \times 1000}{377 \times 380} = 0.28 \text{ mF} \quad (0.5 \text{ pt})$$

8. Avec les condensateurs installés, calculer la valeur efficace de la tension de source V_L (au niveau du réseau d'Hydro-Québec) permettant de maintenir une tension de 380 V aux bornes de la charge. 3 points

Lorsque les condensateurs sont installés, le courant de ligne au secondaire devient :

$$I_{LS} = \frac{S_{apc}}{\sqrt{3} \cdot V_{LS}} = \frac{81.79 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380} = 124.27 \text{ A} \quad (0.5 \text{ pt})$$

À partir du rapport de transformation global, on obtient :

$$m_g = \frac{I_{LS}}{I_{LP}} \Leftrightarrow I_{LP} = \frac{I_{LS}}{m_g} = \frac{124.27}{1.58} = 78.65 \text{ A} \quad (0.5 \text{ pt})$$

Les puissances mises en jeu dans la ligne s'obtiennent comme suit :

$$\bar{Z}_\ell = \underbrace{0.3}_{R_\ell} + j \underbrace{0.5}_{X_\ell} \Omega \Leftrightarrow \begin{cases} P_\ell = 3R_\ell \cdot I_{LP}^2 = 3 \times 0.3 \times 78.65^2 = 5.57 \text{ kW} \\ Q_\ell = 3X_\ell \cdot I_{LP}^2 = 3 \times 0.5 \times 78.65^2 = 9.28 \text{ kvar} \end{cases} \quad (0.5 \text{ pt})$$

Les transformateurs étant idéaux, le bilan de puissance vue de la source s'obtient comme suit :

$$\begin{cases} P_{\text{source}} = P_{\text{tot}} + P_\ell = 80.15 + 5.57 = 85.72 \text{ kW} \\ Q_{\text{source}} = Q_{\text{apc}} + Q_\ell = 16.3 + 9.28 = 25.58 \text{ kvar} \end{cases} \quad (0.5 \text{ pt})$$

Note importante : la puissance Q_{apc} est utilisée dans ce calcul car la question précise que les condensateurs sont installés.

La puissance apparente vue de la source vaudra alors :

$$S_{\text{source}} = \sqrt{P_{\text{source}}^2 + Q_{\text{source}}^2} = \sqrt{85.72^2 + 25.58^2} = 89.46 \text{ kVA} \quad (0.5 \text{ pt})$$

La tension de source vaudra alors finalement :

$$\boxed{V_L} = \frac{S_{\text{source}}}{\sqrt{3} \times I_{LP}} = \frac{89.46 \times 1000}{\sqrt{3} \times 78.65} = \boxed{656.7 \text{ V}} \quad (0.5 \text{ pt})$$

Exercice 3 : Caractérisation d'un moteur asynchrone triphasé. 11 points

Soit un moteur asynchrone triphasé avec les caractéristiques suivantes données sur la plaque signalétique: 50 HP, 4 pôles, 440 V, 60 Hz, FP = 0.89 retard. En régime nominal, le moteur a un glissement $s = 0.03$ et tire un courant de 60 A. Les pertes par frottement et ventilation et les pertes magnétiques sont respectivement égales à 1000 W et 750 W à la vitesse et tension nominale. Prendre $1 \text{ HP} = 746 \text{ W}$.

1. Calcul de la vitesse nominale du moteur et son couple nominal sur l'arbre. 1.5 points

Avec 4 pôles et 60 Hz, la vitesse synchrone du moteur sera de $n_s = 1800 \text{ rpm}$ et en considérant le glissement du moteur, on obtient :

$$\boxed{n_n} = (1 - s)n_s = (1 - 0.03) \times 1800 = \boxed{1746 \text{ rpm}}$$

En considérant la vitesse de rotation et la puissance mécanique de 50 HP, on détermine le couple nominal comme suit :

$$P_n = \frac{T_n \times n_n}{9.55} \Leftrightarrow \boxed{T_n} = \frac{9.55 \times P_n}{n_n} = \frac{9.55 \times 50 \times 746}{1746} = \boxed{204.02 \text{ N.m}}$$

0.75 point par sous-question

25 % des points pour les bonnes formules et 75% des points pour le bon calcul.

2. Calcul des pertes Joule dans le rotor du moteur en régime nominal. 2 points

Ces pertes sont liées à la puissance transmise au rotor par la relation suivante :

$$p_{jr} = sP_{tr} \Leftrightarrow P_{tr} = \frac{p_{jr}}{s}$$

À partir du diagramme du cheminement de puissance, on peut écrire la relation suivante :

$$P_n = P_u = \underbrace{P_{tr}}_{p_{jr}/s} - p_{jr} - \underbrace{p_{mec}}_{1000 \text{ W}} \Rightarrow P_u = \frac{p_{jr}}{s} - p_{jr} - p_{mec} = p_{jr} \left(\frac{1}{s} - 1 \right) - p_{mec}$$

$$\Leftrightarrow p_{jr} \left(\frac{1}{s} - 1 \right) = P_u + p_{mec} \Rightarrow p_{jr} = \frac{P_u + p_{mec}}{\frac{1}{s} - 1} \quad (1 \text{ pt})$$

L'application numérique donne alors :

$$p_{jr} = \frac{50 \times 746 + 1000}{\frac{1}{0.03} - 1} = \boxed{1184.54 \text{ W}} \quad (1 \text{ pt})$$

3. Calcul des pertes Joule dans le stator du moteur en régime nominal. 1.5 point

On peut à présent déterminer la puissance transmise au rotor comme suit :

$$P_{tr} = \frac{p_{jr}}{s} = \frac{1184.54}{0.03} = 39484.67 \text{ W} \quad (0.5 \text{ pt})$$

Cette puissance est liée aux pertes Joule statoriques comme suit :

$$P_{tr} = \underbrace{P_g}_{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot FP} - p_{js} - \underbrace{p_{fer}}_{750 \text{ W}} \Rightarrow p_{js} = P_a - P_{tr} - p_{fer}$$

$\sqrt{3} \times 440 \times 60 \times 0.89 = 40696.27 \text{ W}$

Ce qui donne finalement :

$$p_{js} = 40696.27 - 39484.67 - 750 = \boxed{461.6 \text{ W}} \quad (1 \text{ pt})$$

4. Calcul du rendement en % du moteur en régime nominal. 1 point

$$\eta(\%) = \frac{P_u}{P_a} \times 100 = \frac{746 \times 50}{40696.27} \times 100 = \boxed{91.65 \%}$$

5. Nouvelle valeur de la vitesse de rotation et du couple sur l'arbre du moteur si la machine développe une puissance de 20 HP. 2 points

Dans ce cas on n'est plus au régime nominal et on peut approximer la puissance utile comme suit :

$$P_u \approx \frac{K \cdot s \cdot n_s}{9.55} \Rightarrow s \approx \frac{9.55 \times P_u}{K \cdot n_s}$$

Dans cette relation, K est le coefficient de proportionnalité entre le couple et le glissement et celui-ci est défini comme suit :

$$K = \frac{T_n}{s_n} = \frac{204.02}{0.03} = 6800.67 \text{ N.m} \quad (0.5 \text{ pt})$$

Le glissement approximatif sera alors de :

$$s_{20 \text{ HP}} \approx \frac{9.55 \times 20 \times 746}{6800.67 \times 1800} = 0.01 \quad (0.5 \text{ pt})$$

On obtient alors les valeurs de vitesse et de couple comme suit :

$$\begin{cases} n_{20\text{ HP}} = (1 - s_{20\text{ HP}})n_s = (1 - 0.01) \times 1800 = 1782 \text{ rpm} & (0.5 \text{ pt}) \\ T_{20\text{ HP}} = K \times s_{20\text{ HP}} = 6800.67 \times 0.01 = 68.01 \text{ N.m} & (0.5 \text{ pt}) \end{cases}$$

6. On utilise la stratégie V/f constant et on suppose que le rendement et le facteur de puissance sont maintenus constants. La fréquence est ajustée à 30 Hz, de telle façon qu'il développe le couple nominal.

a. **Calcul de la tension d'alimentation.** 0.5 point

À 30 Hz la fréquence est diminuée de moitié et donc il en sera de même pour la tension, car la stratégie V/f constant est utilisée. Ainsi on aura :

$$V_{60\text{ Hz}} = 440 \text{ V} \Rightarrow V_{30\text{ Hz}} = \frac{V_{60\text{ Hz}} \cdot f_{30\text{ Hz}}}{f_{60\text{ Hz}}} = \frac{440 \times 30}{60} = 220 \text{ V}$$

b. **Calcul de la vitesse de rotation.** 1 point

Dans la stratégie V/f constant à couple nominal, la vitesse de glissement est maintenue constante et en régime nominal, on avait :

$$n_g = n_s - n_n = 1800 - 1746 = 54 \text{ rpm} \quad (0.25 \text{ pt})$$

À 30 Hz, la nouvelle vitesse synchrone sera de :

$$n_{s_{30\text{ Hz}}} = \frac{120 \times f_{30\text{ Hz}}}{p} = \frac{120 \times 30}{4} = 900 \text{ rpm} \quad (0.25 \text{ pt})$$

Ainsi, on aura alors :

$$n_g = n_{s_{30\text{ Hz}}} - n_{30\text{ Hz}} \Rightarrow n_{30\text{ Hz}} = n_{s_{30\text{ Hz}}} - n_g = 900 - 54 = 846 \text{ rpm} \quad (0.5 \text{ pt})$$

c. **Calcul de la puissance utile en HP.** 0.5 point

Elle vaut :

$$P_{u_{30\text{ Hz}}} = \frac{T_n \times n_{30\text{ Hz}}}{9.55} = \frac{204.02 \times 846}{9.55} = 18073.39 \text{ W} = \frac{18073.39}{746} \text{ HP} = 24.23 \text{ HP}$$

d. **Calcul du courant de ligne.** 1 point

Il est lié à la puissance absorbée et à la tension de ligne comme suit :

$$\underbrace{P_{a_{30\text{ Hz}}}}_{P_{u_{30\text{ Hz}}}/\eta} = \sqrt{3} \cdot V_{30\text{ Hz}} \cdot I_{L_{30\text{ Hz}}} \cdot FP \Rightarrow I_{L_{30\text{ Hz}}} = \frac{P_{u_{30\text{ Hz}}}}{\eta \cdot \sqrt{3} \cdot V_{30\text{ Hz}} \cdot FP} \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$\Rightarrow I_{L_{30\text{ Hz}}} = \frac{18073.39}{0.9165 \times \sqrt{3} \times 220 \times 0.89} = 58.15\text{ A} \quad (0.5\text{ pt})$$

Exercice 4 : Calcul de la puissance d'utilisation (souscrite) et facturation de l'énergie électrique

6 points

Soit donnée une installation triphasée alimentée sous une tension de 230 V. Les caractéristiques des éléments de cette installation sont reportées dans le tableau ci-dessous. L'objectif principal est de déterminer la puissance d'utilisation de cette installation c'est-à-dire la puissance à souscrire auprès du fournisseur d'énergie.

Récepteurs	Caractéristiques
Centrale de traitement d'air (récepteur 1)	$P_1=60 \text{ kW}$, $\eta_1=90\%$, $FP_1=0,8$ retard, $ku_1=0.96$
Climatiseur (récepteur 2)	$P_2=22 \text{ kW}$, $\eta_2=90\%$, $FP_3=0.8$ retard, $ku_3=0.96$
Groupe d'eau glacé (récepteur 3)	$P_3=200 \text{ kW}$, $\eta_3=82\%$, $FP_3=0.85$ retard, $ku_3=0.9$

1. Calcul de la puissance d'utilisation en kW de chacun des récepteurs. **2 points**

On utilise pour cela le facteur d'utilisation de chaque récepteur.

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{u_1} = k_{u_1} \cdot P_{a_1} = k_{u_1} \cdot \frac{P_1}{\eta_1} = 0.96 \times \frac{60}{0.9} = 64 \text{ kW} \\ P_{u_2} = k_{u_2} \cdot P_{a_2} = k_{u_2} \cdot \frac{P_2}{\eta_2} = 0.96 \times \frac{22}{0.9} = 23.47 \text{ kW} \\ P_{u_3} = k_{u_3} \cdot P_{a_3} = k_{u_3} \cdot \frac{P_3}{\eta_3} = 0.9 \times \frac{200}{0.82} = 219.51 \text{ kW} \end{array} \right.$$

0.5 point par réponse juste

2. Calcul de la puissance d'utilisation en kW au niveau de l'armoire de distribution en tenant compte d'un facteur d'extension de 1.25. Vous devez aussi prendre en considération le nombre de circuits (facteur de simultanéité); chaque récepteur étant un circuit. **1.5 point**

On a un total de 3 circuits et en considérant le tableau des facteurs de simultanéité pour armoire de distribution, on aura un facteur de simultanéité de **0.9**. **(0.5 point)**

On obtient alors :

$$P_{\text{armoire}} = k_s \cdot k_e (P_{u_1} + P_{u_2} + P_{u_3}) = 0.9 \times 1.25 \times \left(\frac{64 + 23.47 + 219.51}{306.98} \right)$$

$$= \boxed{345.35 \text{ kW}} \quad (0.5 \text{ pt})$$

3. Les mesures suivantes ont été réalisées à l'entrée de cette installation durant une période de mesure. Quel tarif sera appliqué à cette installation si ? Justifiez votre réponse. **1 point**

- Puissance maximale appelée : 250 kW
- Puissance apparente maximale appelée : 294.12 kVA.

La puissance maximale appelée étant d'au moins 50 kW, il sera appliqué le **tarif M**, car on a :

$$50 \text{ kW} < P_{am} < 5000 \text{ kW}$$

4. Dans la suite de la question précédente, on désire appliquer le tarif M et on rappelle ci-dessous sa structure. Quelle est la valeur de la puissance à facturer selon vos calculs précédents ? **1 point.**

- Structure du tarif M

Kilowatts de puissance à facturer	17.573 \$
Coût du kilowattheure pour les 210 000 premiers kilowattheures	6.061 ¢
Coût du kilowattheure pour le reste d'énergie	4.495 ¢

- Puissance à facturer est le maximum entre la puissance souscrite, la puissance maximale appelée et 0.9 fois la puissance apparente maximale appelée.

$$\begin{cases} P_{am} = 250 \text{ kW} \\ P_s = P_u = P_{\text{armoire}} = 345.35 \text{ kW} \\ 0.9 \times S_{am} = 0.9 \times 294.12 = 264.71 \text{ kW} \end{cases} \Rightarrow \boxed{P_{\text{facturé}} = 345.35 \text{ kW}}$$

5. Calculer les frais associés à cette puissance (seulement; on ne tient pas compte de l'énergie) à facturer. 1 point

$$\text{Coût} = 345.35 \times 17.573 = \boxed{6068.84 \$}$$

Exercice 5 : Questions de laboratoire.

4 points

Les questions 1 et 2 sont indépendantes.

1. Durant le laboratoire 2, vous avez réalisé le montage ci-dessous pour lequel, l'analyseur de puissance triphasé Xitron 2553 est configuré en mode 3 fils, 3 phases. La tension affichée par l'analyseur est de 203 V. La résistance par phase de la charge triphasée est de 50 Ω.

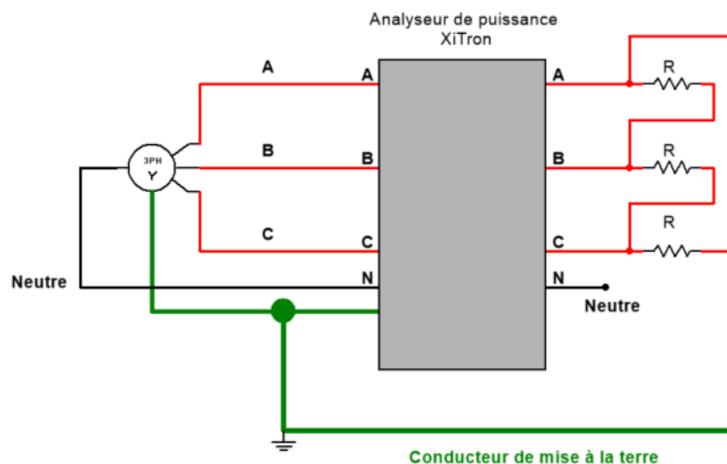


Figure 2. Analyse d'une charge triphasée purement résistive couplée en triangle

- a. **Calcul de la valeur du courant affiché par l'analyseur de puissance triphasé. 1 point**
- L'analyseur lit toujours le courant de ligne I_L . (0.25 pt)
 - En mode 3 phases, 3 fils, la tension indiquée par l'analyseur est la tension de ligne et pour un couplage triangle chacune des résistances est alimentée par la tension de ligne et parcourue par le courant de phase défini comme suit :

$$I_{ph} = \frac{V_L}{R} = \frac{203}{50} = 4.06 A \quad (0.25 pt)$$

- Le courant de ligne est finalement lié au courant de phase par la relation :

$$I_L = I_{ph} \sqrt{3} = 4.06 \times \sqrt{3} = \boxed{7.03 \text{ A}} \quad (0.5 \text{ pt})$$

- a. Calcul de la puissance réelle affichée par l'analyseur de puissance triphasée. **1 point**

Il s'agit de la puissance active définie comme suit :

$$P = 3RI_{ph}^2 = \sqrt{3}V_L I_L = 3 \times 50 \times (4.06)^2 = \sqrt{3} \times 203 \times 7.03 = \boxed{2472.54 \text{ W}}$$

2. La figure ci-dessous représente la plaque signalétique d'un moteur asynchrone.

MOTEUR ASYNCHRONE . Rotor c ¹ c ¹ C51111							
TYPE	LS 80 L2	N°					
kW	0,55	COSφ	0,76	ΔV	220	A	2,8
ch	0,75	rd ¹ %	68	λV	380	A	1,61
tr/mm	930	isol ¹ classe	E	amb ^{ce} °C	40		
Hz	50	ph.	3	service	S1		

Figure 3. Plaque signalétique d'un moteur asynchrone

- b. **Le moteur proposé est-t-il monophasé ou triphasé ?** **0.5 point**

Moteur triphasé car on n'a nombre de phases (ph) : 3

- c. **Puissance nominale de ce moteur ?** **0.5 point**

Sur cette plaque, on peut lire : $P_u = 0.55 \text{ kW} = 550 \text{ W}$

- d. **Calcul de la puissance absorbée par le moteur si les enroulements du stator sont couplés en triangle.** **1 point**

Sur la plaque signalétique dans le cas d'un couplage triangle du moteur, on a :

$$\begin{cases} V_L = 220 \text{ V} \\ I_L = 2.8 \text{ A} \end{cases} \quad (0.5 \text{ pt})$$

On obtient alors la puissance absorbée suivante :

$$P_{a\Delta} = \sqrt{3} \cdot V_{L\Delta} \cdot I_{L\Delta} \cdot FP \Rightarrow P_{a\Delta} = \sqrt{3} \times 220 \times 2.8 \times 0.76 = \boxed{810.88 \text{ W}} \quad (0.5 \text{ pt})$$