

Exercice 1 : Choix d'un transformateur monophasé

5 points

On veut choisir un transformateur monophasé pour alimenter à 240 V une installation électrique comportant deux charges comme montré sur la **Figure 1** ci-dessous. La source d'alimentation disponible est monophasée de valeur 120 V.

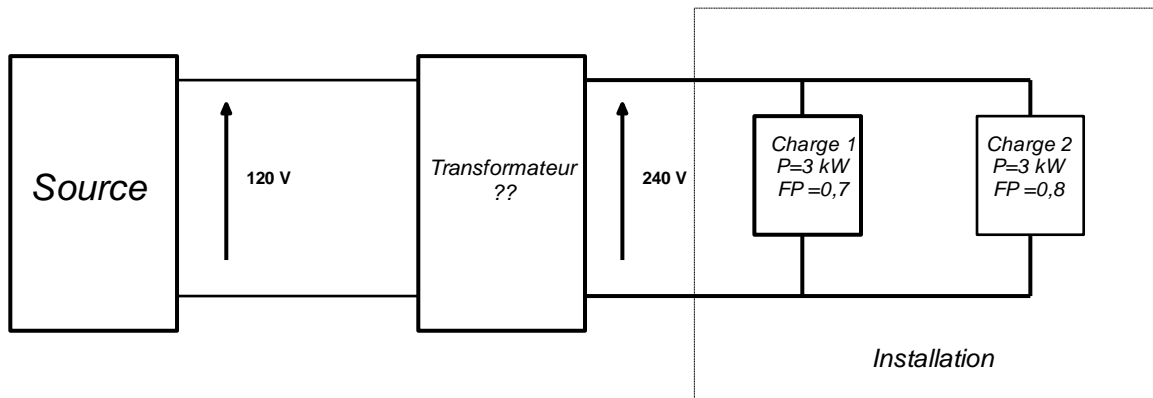


Figure 1. Schématisation de l'exercice 1.

1. Quels sont les trois principaux critères à respecter dans le choix du transformateur ? **1,5 points**
2. Déterminer la puissance apparente totale de l'installation comportant les charges 1 et 2. **2,5 points**
3. Parmi les 5 transformateurs suivants, lequel choisiriez-vous ? **1 point**
 - Transformateur 1 : 120 V/240 V; $S = 9 \text{ kVA}$
 - Transformateur 2 : 120 V/240 V; $S = 4 \text{ kVA}$
 - Transformateur 3 : 600 V/240 V; $S = 9 \text{ kVA}$
 - Transformateur 4 : 120 V/240 V; $S = 7 \text{ kVA}$
 - Transformateur 5 : 600 V/240 V; $S = 2,5 \text{ kVA}$

Exercice 2 : Bilan de puissance d'une installation électrique triphasée. 6 points

On s'intéresse à une installation électrique triphasée d'un atelier via un transformateur triphasé 2,4kV/480 V. Une source triphasée équilibrée est raccordée au primaire du transformateur à travers une ligne triphasée équilibrée d'impédance complexe $\bar{Z}_L = (1,25 + j 2) \Omega$ comme montré ci-dessous. Le transformateur triphasé est constitué de 3 transformateurs monophasés identiques connectés en $\Delta - Y$. Comme montré sur la **Figure 2**, L'atelier alimenté à 480 V comporte :

- Des luminaires et des appareils de bureautique représentant un ensemble de 6 kW répartis uniformément sur les trois phases et de facteur de puissance unitaire.
- Trois machines triphasées consommant chacune 5 kW avec un facteur de puissance de 0,8 retard.
- Un appareillage particulier équivalent à trois impédances complexes identiques $\bar{Z}_\Delta = (10 + j15) \Omega$ couplées en triangle sur les phases.

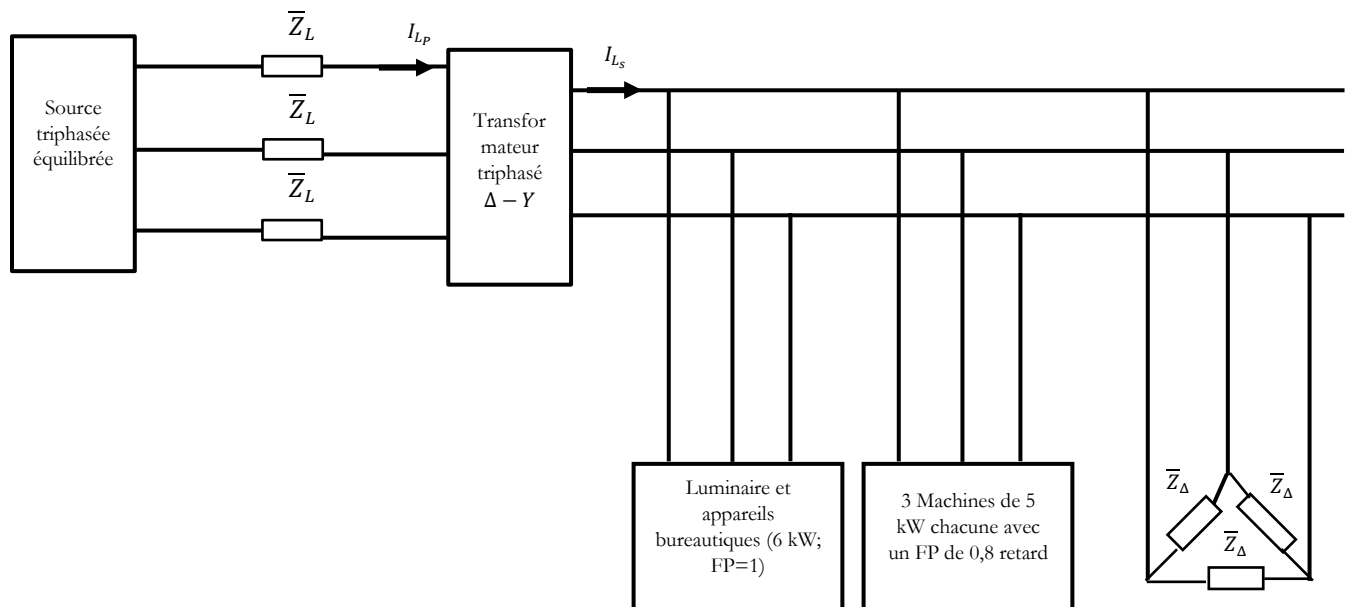


Figure 2. Schéma de l'installation triphasée pour l'exercice 2

1. Calculer la puissance active P_{Δ} et réactive Q_{Δ} Consommées par les trois impédances couplées en triangle. **1 point**
2. Calculer la puissance réactive totale consommée par l'atelier. **1 point**
3. Calculer la valeur efficace du courant de ligne au secondaire du transformateur triphasé. **1 point**
4. Calculer la valeur efficace du courant de ligne au primaire du transformateur triphasé. **1 point**
5. Calculer la valeur efficace (en volts) de la tension de ligne à la source de tension triphasée équilibrée, nécessaire pour maintenir exactement 2,4 kV au primaire du transformateur. **2 points**

Exercice 3 : Caractérisation d'un moteur asynchrone triphasé. 12 points

Un moteur asynchrone triphasé de 30 HP, 600 V, 60 Hz, 6 pôles, fonctionne à pleine charge avec un glissement de 3% et absorbe une puissance de 25600 W avec un facteur de puissance 83 % retard. Prendre $1 \text{ HP} = 746 \text{ W}$.

1. Calculer
 - a. la vitesse de rotation, 0,5 point
 - b. le couple développé sur l'arbre 0,5 point
 - c. le courant absorbé en régime nominal. 1 point
2. Quel est le rendement du moteur? 1 point
3. Calculer la vitesse de rotation du moteur **et** la puissance qu'il fournit à la charge s'il développe la moitié de son couple nominal. 1 point
4. Calculer la vitesse de rotation du moteur **et** le couple développé sur l'arbre s'il fournit à la charge la moitié de sa puissance nominale. 2 points
5. Pour corriger le facteur de puissance vu par la source qui alimente le moteur, et obtenir une valeur de 0,9 retard, trois condensateurs sont raccordés en triangle et en parallèle avec le moteur. Calculer la capacité de chaque condensateur. 2 points
6. Le moteur, sans le condensateur de correction du facteur de puissance, est alimenté à travers un variateur de vitesse à la fréquence de 40 Hz avec V / f constant. Pour un fonctionnement à couple nominal et en considérant que le rendement et le facteur de puissance sont peu influencés par la fréquence d'alimentation.
 - a. Calculer la vitesse de rotation du moteur 1 point
 - b. Calculer la puissance mécanique développée sur l'arbre. 1 point
 - c. Calculer le courant de ligne. 1 point
7. Le moteur est alimenté à une fréquence de 30 Hz, avec V/f constant de telle façon que le moteur développe cette fois-ci sur l'arbre, la moitié du couple nominal. Calculer la vitesse de rotation du rotor. 1 point

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

13 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, $ku_1=0,96$
Circuits de prises triphasées (récepteur 2)	230 V/16 A, $FP=0,6$, nombre de prises : 2
Climatiseur (récepteur 3)	$P_3=22 \text{ kW}$, $\eta_3=90\%$, $FP_3=0,8$ retard, $ku_3=0,96$
Groupe d'eau glacé (récepteur 4)	$P_4=200 \text{ kW}$, $\eta_4=82\%$, $FP_4=0,85$ retard, $ku_4=0,9$

- Déterminer le courant pour chacun des récepteurs sans tenir compte du facteur d'utilisation. On rappelle qu'il s'agit d'une installation triphasée. **2 points**
- Calculer le facteur d'utilisation des prises de courant. On rappelle que ce facteur dépend du nombre de prises alimenté par le même circuit. **1 point**
- Déterminer la puissance d'utilisation en kW de chacun des récepteurs. **2 points**
- Calculer le courant d'emploi pour chaque récepteur. **1 point**
- Calculer 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**
- 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.
7. Dans la suite de la question précédente, on désire appliquer le tarif M et on rappelle ci-dessous sa structure et la formule permettant de calculer la puissance à facturer. **Quelle est la valeur de la puissance à facturer selon vos calculs précédents ? 1 point**

- Structure du tarif M

Kilowatts de puissance à facturer	16,139 \$
Coût du kilowattheure pour les 210 000 premiers kilowattheures	5,567 ¢
Coût du kilowattheure pour le reste d'énergie	4,128 ¢

- Puissance à facturer est le maximum entre la puissance souscrite, la puissance maximale appelée et 0,9 fois la puissance apparente maximale appelée.
8. Calculer les frais associés à cette puissance (seulement; on ne tient pas compte de l'énergie) à facturer. **1 point**
9. Déterminer le facteur de puissance global de cette installation. **0,5 point**
10. Calculer la puissance du transformateur d'alimentation de ce secteur en considérant une fois de plus un facteur d'extension de 1,25. **1 point**
11. Vous disposez d'une gamme de transformateurs **Legrand** de capacité : 200 kVA, 400 kVA, 600 kVA et 1000 kVA. Lequel choisiriez-vous pour alimenter ce secteur ? Justifier votre réponse. **1 point**

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 triphasée Xitron 2553 est configuré en mode 4 fils, 3 phases. La tension affichée par l'analyseur est de 120 V. La résistance par phase de la charge triphasée est de 150Ω .

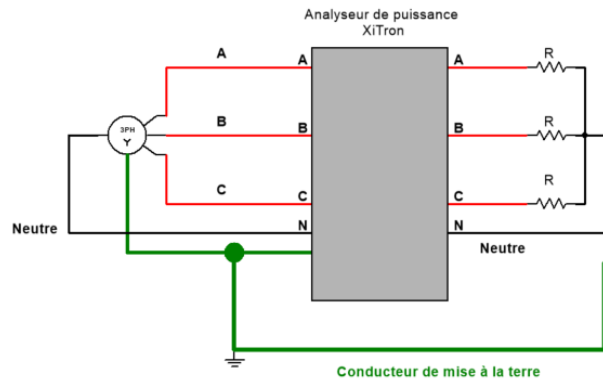


Figure 3. Analyse d'une charge triphasée purement résistive couplée en étoile

- a. Quelle sera la valeur du courant affiché par l'analyseur de puissance triphasée ? **1 point**
 - b. Calculer la puissance réelle affichée par l'analyseur de puissance triphasée. **1,5 point**
2. La photo de la page suivante est celle de la plaque signalétique du moteur asynchrone du laboratoire 4. Calculer le glissement du moteur en régime nominal. **1,5 point**



Figure 4. Plaque signalétique du moteur Leeson du laboratoire A-236

Fin de l'examen ici ! Bon succès et un bel été