

## Dossier des expertes et experts

<b>90</b>	<b>Minutes</b>	<b>24</b>	<b>Exercices</b>	<b>16</b>	<b>Pages</b>	<b>60</b>	<b>Points</b>
-----------	----------------	-----------	------------------	-----------	--------------	-----------	---------------

### Moyens auxiliaires autorisés :

- Règle, équerre, chablon
- Recueil de formules sans exemple de calcul
- Calculatrice de poche, indépendante du réseau (tablettes, smartphones, etc. ne sont pas autorisés)

### Cotation – Les critères suivants permettent l’obtention de la totalité des points:

- Les formules et les calculs doivent figurer dans la solution.
- Les résultats sont donnés avec leur unité.
- Le cheminement vers la solution doit être clair.
- Les réponses et leur unité doivent être soulignés deux fois.
- Le nombre de réponses demandé est déterminant.
- Les réponses sont évaluées dans l’ordre.
- Les réponses données en plus ne sont pas évaluées.
- Le verso est à utiliser si la place manque. Par exercice, un commentaire adéquat tel que par exemple « voir la solution au dos » doit être noté.
- **Toute erreur induite par une précédente erreur n’entraîne aucune déduction.**

### Barème

<b>6</b>	<b>5,5</b>	<b>5</b>	<b>4,5</b>	<b>4</b>	<b>3,5</b>	<b>3</b>	<b>2,5</b>	<b>2</b>	<b>1,5</b>	<b>1</b>
60,0-57,0	56,5-51,0	50,5-45,0	44,5-39,0	38,5-33,0	32,5-27,0	26,5-21,0	20,5-15,0	14,5-9,0	8,5-3,0	2,5-0,0

### Délai d’attente:

Cette **épreuve d’examen ne peut pas être utilisée librement comme exercice** avant le **1<sup>er</sup> septembre 2024**.

### Créé par:

Groupe de travail PQ d'EIT.swiss pour la profession d’installatrice-électricienne CFC /  
Installateur-électricien CFC

### Editeur:

CSFO, département procédures de qualification, Berne

**1. Systèmes électrochimiques N° d'objectif d'évaluation 3.5.5b**

2

Une source de tension ayant une tension à vide de 1,58 V est chargée avec une résistance de 10 Ω. Un courant de 150 mA circule. Calculez :

- a) La tension aux bornes de la résistance.

1

$$U_{charge} = R_{charge} \cdot I = 10 \, \Omega \cdot 0,15 \, A = \underline{\underline{1,5 \, V}}$$

- b) La résistance interne de la source de tension.

1

$$U_i = E - U = 1,58 \, V - 1,5 \, V = \underline{\underline{0,08 \, V}}$$

$$R_i = \frac{U_i}{I} = \frac{0,08 \, V}{0,15 \, A} = \underline{\underline{0,533 \, \Omega}}$$

**2. Technique d'éclairage N° d'objectif d'évaluation 3.5.8**

3

L'éclairage d'un bureau est réalisé avec 24 TL de 36 W chacun (45 W y compris self EVG). Le flux lumineux d'un TL est de 3000 lm.

Situation actuelle :

- L'éclairement est de 286 lux
- Dimension du bureau : Longueur 12,6 m, largeur 10 m
- Rendement global d'éclairage : 0,5 (Le facteur de maintenance est inclus)

L'éclairage actuel doit être remplacé par des lampes LED. Le futur éclairage planifié est de 400 lux.

Les nouvelles lampes LED ont les caractéristiques suivantes :

- Flux lumineux : 4200 lm
- Puissance : 40 W
- Nouveau rendement d'éclairage : 0,75 (Le facteur de maintenance est inclus)

- a) Déterminez le nombre de lampes LED.

2

$$A = l \cdot b = 12,6 \, m \cdot 10 \, m = \underline{\underline{126 \, m^2}}$$

$$N_{LED} = \frac{E_m \cdot A}{\Phi_L \cdot \eta_{Global}} = \frac{400 \, lx \cdot 126 \, m^2}{4200 \, lm \cdot 0,75} = \underline{\underline{16 \, lampes}}$$

- b) Quelle est l'augmentation ou la diminution, en watts, de la puissance totale consommée ?

1

$$P_{TL} = N_{TL} \cdot P_{TL1} = 24 \cdot 45 \, W = 1080 \, W$$

$$P_{LED} = N_{LED} \cdot P_{LED1} = 16 \cdot 40 \, W = 640 \, W$$

$$\Delta P = P_{LED} - P_{TL} = 640 \, W - 1080 \, W = \underline{\underline{-440 \, W}}$$

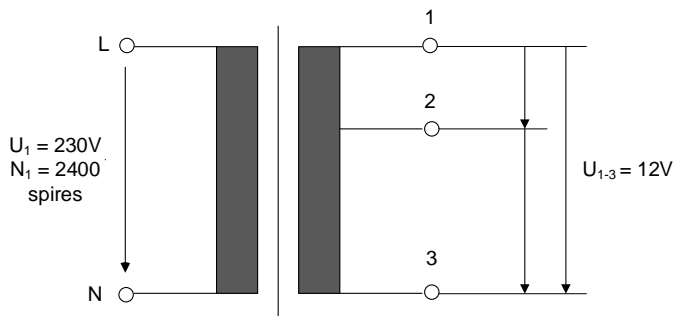
**La puissance totale diminue de 440 W.**

Points  
par  
page:

### 3. Transformateur N° d'objectif d'évaluation 5.1.6b

2

L'enroulement secondaire d'un transformateur de sonnerie permet d'obtenir des tensions  $U_{12}$  et  $U_{23}$  dans un rapport 1 : 2.



Calculez le nombre de spires des deux enroulements partiels au secondaire.

$$N_{2\text{ tot}} = \frac{U_2 \cdot N_1}{U_1} = \frac{12\text{ V} \cdot 2400}{230\text{ V}} = \underline{125\text{ spires}}$$

1

$$N_{2/1-2} = \frac{N_{2\text{ tot}}}{3} = \frac{125}{3} = 41,67 = \underline{42\text{ spires}}$$

0,5

$$N_{2/2-3} = \frac{2 \cdot N_{2\text{ tot}}}{3} = \frac{2 \cdot 125}{3} = 83,34 = \underline{83\text{ spires}}$$

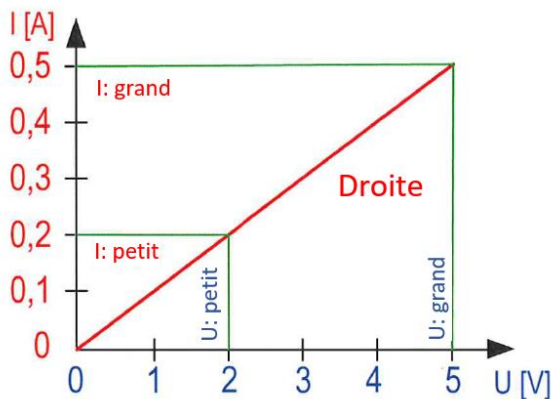
0,5

Remarque pour les experts : Il existe d'autres moyens d'arriver au résultat.

### 4. Loi d'Ohm N° d'objectif d'évaluation 3.2.3

2

Caractéristique d'une résistance



- a) Expliquez le graphique ci-dessus. Deux des quatre termes suivants doivent être utilisés : **plus grand / plus petit / proportionnel / inversement proportionnel**

1

**Plus la tension est élevée, plus le courant est important.  
Le courant varie proportionnellement à la tension.**

- b) Calculez la résistance à partir du graphique ci-dessus.

1

Par exemple  $R = \frac{U}{I} = \frac{2\text{ V}}{0,2\text{ A}} = \underline{10\ \Omega}$

Remarque pour les experts : Il existe d'autres moyens d'arriver au résultat.

Points  
par  
page:

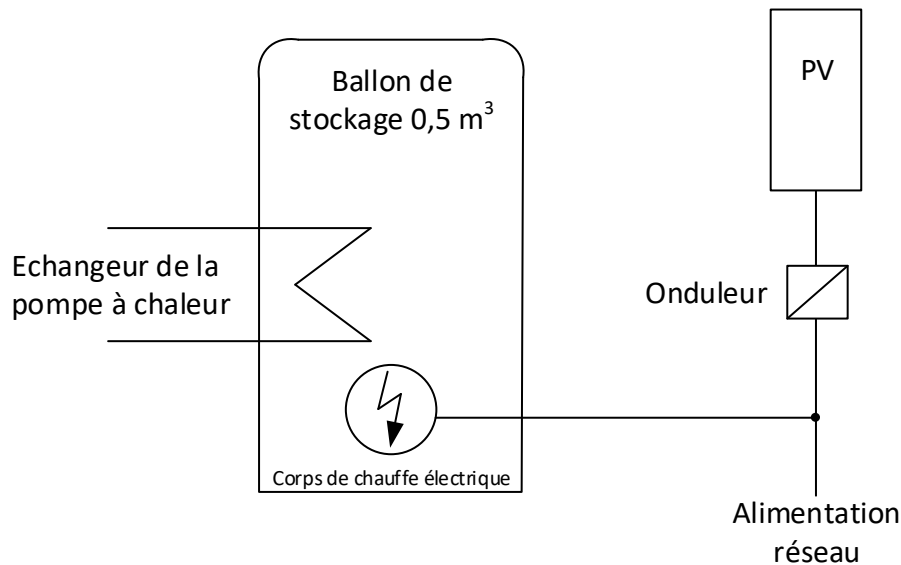


**7. Effet calorifique N° d'objectif d'évaluation 3.5.3**

**3**

L'eau dans le ballon de stockage d'un système de pompe à chaleur doit être chauffée de 10°C à 60°C en 8 heures grâce à un système photovoltaïque agissant sur un corps de chauffe électrique. Le rendement est de 95 %.

$$c_{H_2O} = 4,187 \frac{kWs}{kg \cdot K} \quad \rho_{H_2O} = 1 \frac{kg}{dm^3}$$



Calculer la puissance électrique fournie par l'onduleur.

$$\Delta \vartheta = \vartheta_w - \vartheta_k = 60^\circ C - 10^\circ C = \underline{50 K}$$

$$m = 0,5 m^3 \rightarrow \underline{500 kg}$$

$$P_{el.} = \frac{c_{H_2O} \cdot m \cdot \Delta \vartheta}{t \cdot \eta} = \frac{4,187 kWs \cdot 500 kg \cdot 50 K}{kg \cdot K \cdot 8 \cdot 3600 s \cdot 0,95} = \underline{\underline{3,826 kW}}$$

0,5

0,5

2

Points  
par  
page:

**8. Résistances en AC N° d'objectif d'évaluation 3.2.7b**

3

A quels composants correspondent les graphiques ci-dessous ?

Sous chaque graphique, indiquez le chiffre correspondant parmi les choix suivants:

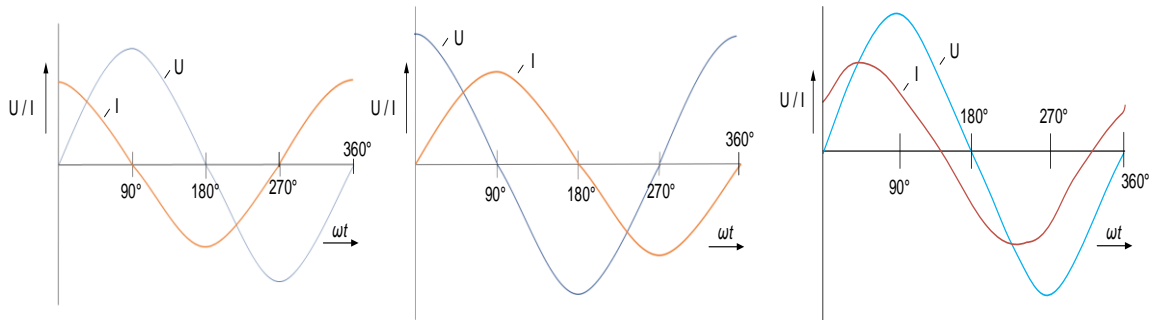
1: condensateur idéal

4: Résistance parfaite

2: bobine réelle

5: Couplage R-C

3: bobine idéale



1	3	5
---	---	---

1 /  
juste

**9. Grandeurs des circuits N° d'objectif d'évaluation 3.2.3**

2

Pour chaque affirmation, cochez juste ou faux :

Affirmations	Juste	Faux
La résistance diminue lorsque la longueur du câble diminue.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La résistance diminue lorsqu'un matériau conducteur avec une conductivité électrique plus faible est utilisé.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
La résistance diminue lorsqu'un fil de plus grande section est utilisé.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La résistance diminue lorsqu'un matériau avec une résistivité plus élevée est utilisé.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

0,5

0,5

0,5

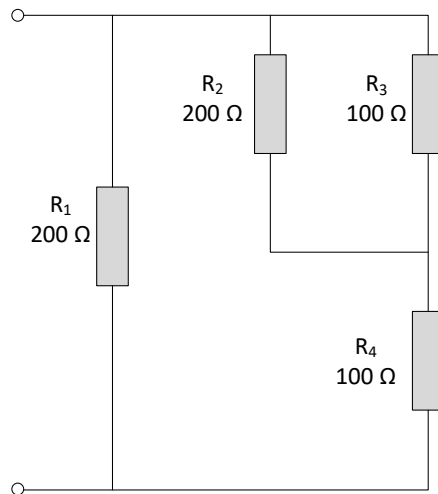
0,5

Points  
par  
page:

**10. Circuit mixte N° d'objectif d'évaluation 5.3.1**

3

Calculez la résistance équivalente de ce circuit.



$$R_{23} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{200 \Omega} + \frac{1}{100 \Omega}} = \underline{\underline{66,67 \Omega}}$$

1

$$R_{234} = R_{23} + R_4 = 66,67 \Omega + 100 \Omega = \underline{\underline{166,67 \Omega}}$$

1

$$R_{\text{équ}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{234}}} = \frac{1}{\frac{1}{200 \Omega} + \frac{1}{166,67 \Omega}} = \underline{\underline{90,9 \Omega}}$$

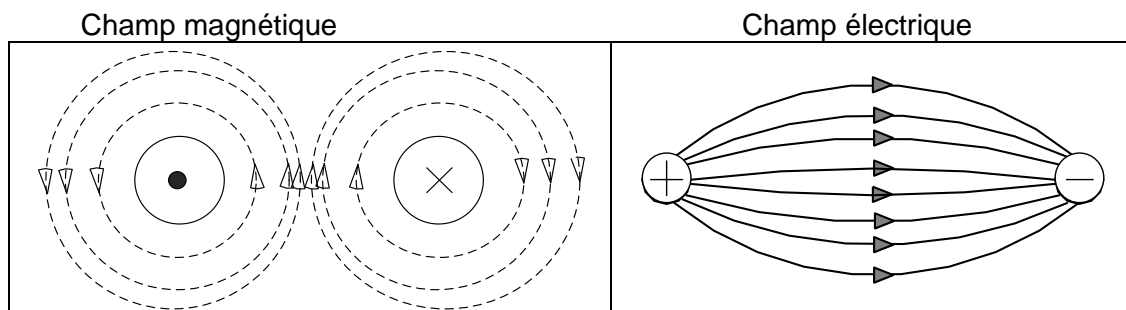
1

**11. Champs magnétique et électrique N° d'objectif d'évaluation 3.2.5b**

2

Champ magnétique : compléter avec le point et la croix afin d'indiquer le sens du courant.

Champ électrique : compléter avec les signes « + » et « - ».



0,5 /  
juste

Points  
par  
page:

**12. Alimentation triphasée N° d'objectif d'évaluation 5.3.2**

**3**

Les valeurs suivantes sont mesurées sur un réseau triphasé chargé symétriquement :  
 $U = 390 \text{ V}$ ,  $I = 120 \text{ A}$ ,  $\cos \varphi = 0,8$ .

Calculez :

- a) La puissance apparente.

1

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 390 \text{ V} \cdot 120 \text{ A} = \underline{\underline{81,06 \text{ kVA}}}$$

- b) La puissance active.

1

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 390 \text{ V} \cdot 120 \text{ A} \cdot 0,8 = \underline{\underline{64,85 \text{ kW}}}$$

- c) La puissance réactive.

1

$$\cos \varphi = 0,8 \Rightarrow \varphi = 36,87^\circ \Rightarrow \sin \varphi = 0,6$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 390 \text{ V} \cdot 120 \text{ A} \cdot 0,6 = \underline{\underline{48,64 \text{ kvar}}}$$

ou

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{(81,06 \text{ kVA})^2 - (64,85 \text{ kW})^2} = \underline{\underline{48,64 \text{ kvar}}}$$

**13. Energie en triphasé N° d'objectif d'évaluation 5.3.2**

**2**

Un appareil relié au réseau triphasé  $3 \times 400 / 230 \text{ V}$  absorbe une puissance de  $44,5 \text{ kW}$ .

Calculez :

- a) L'énergie consommée en 8 heures et 15 minutes ?

1

$$W = P \cdot t = 44,5 \text{ kW} \cdot 8,25 \text{ h} = \underline{\underline{1'321'650 \text{ kWs} = 367,125 \text{ kWh}}}$$

- b) Le coût de l'énergie sachant que le prix du kWh est de 19 centimes ?

1

$$\begin{aligned} \text{Coût} &= k \cdot W = 0,19 \text{ Fr/kWh} \cdot 367,125 \text{ kWh} \\ &= \underline{\underline{6975,375 \text{ centimes}}} = \underline{\underline{69,75 \text{ Fr}}} \end{aligned}$$



**14. Résistance de ligne N° d'objectif d'évaluation 3.2.4**

3

Un grill électrique est connecté au réseau via un enrouleur. La tension à la prise murale est de 228 V.

(On néglige la résistance du cordon d'appareil du grill)

$$(\rho_{Cu} = 0,0175 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m})$$



Calculez le courant réel circulant dans ce circuit ?

$$R_L = \frac{\rho_{Cu} \cdot l_L \cdot 2}{A} = \frac{0,0175 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \cdot 50 m \cdot 2}{1,5 mm^2} = \underline{1,167 \Omega}$$

1

$$R_{grill} = \frac{U_N^2}{P_N} = \frac{(230 V)^2}{2300 W} = \underline{23 \Omega}$$

1

$$R_{\text{équ}} = R_L + R_{grill} = 1,167 \Omega + 23 \Omega = \underline{24,167 \Omega}$$

0,5


$$I = \frac{U_{\text{prise}}}{R_{\text{équ}}} = \frac{228 V}{24,167 \Omega} = \underline{\underline{9,434 A}}$$

0,5

**15. Circuits et grandeurs N° d'objectif d'évaluation 3.2.3**

2

Pour chaque affirmation, cochez juste ou faux :

Affirmations	Juste	Faux
Dans une source de tension électrique, il y a un excès d'électrons à la borne positive.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
La résistance interne d'un voltmètre doit être aussi élevée que possible.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
 On mesure une tension de 230 V entre les bornes 1 et 2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Un ampèremètre est placé en parallèle dans le circuit électrique.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

0,5

0,5

0,5

0,5

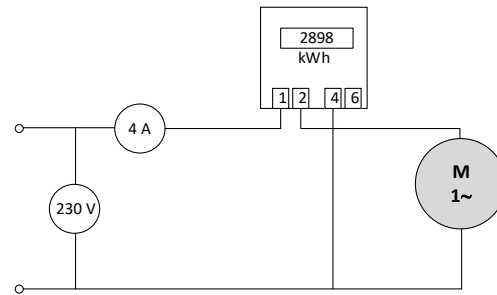
Points  
par  
page:

**16. Puissances actives, réactives, apparentes et facteur de puissance**  
**N° d'objectif d'évaluation 5.3.2**

3

Le moteur est enclenché pendant 30 secondes.  
Durant ce temps, vous comptez 5 impulsions  
sur le compteur électronique placé en amont.

$$(c = 1000 \frac{\text{impulsions}}{\text{kWh}})$$



- a) Calculez la puissance apparente du moteur.

1

$$S = U \cdot I = 230 \text{ V} \cdot 4 \text{ A} = \underline{\underline{920 \text{ VA}}}$$

- b) Calculez la puissance active absorbée par ce moteur.

1

$$P_{abs} = \frac{3600 \cdot n}{c \cdot t} = \frac{3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \cdot 5 \text{ Impulsions}}{1000 \frac{\text{Impulsions}}{\text{kWh}} \cdot 30 \text{ s}} = \underline{\underline{0,6 \text{ kW} = 600 \text{ W}}}$$

- c) Calculez le  $\cos \varphi$  de ce moteur.

1

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{600 \text{ W}}{920 \text{ VA}} = \underline{\underline{0,652}}$$

**17. Loi d'Ohm N° d'objectif d'évaluation 5.3.1**

2

Combien de résistances de  $1,6 \text{ k}\Omega$  devez-vous connecter en parallèle pour que le couplage consomme un courant de  $3,45 \text{ A}$  sous une tension de  $230 \text{ V}$  ?

$$R_{\text{équ}} = \frac{U}{I} = \frac{230 \text{ V}}{3,45 \text{ A}} = \underline{\underline{66,67 \Omega}}$$

1

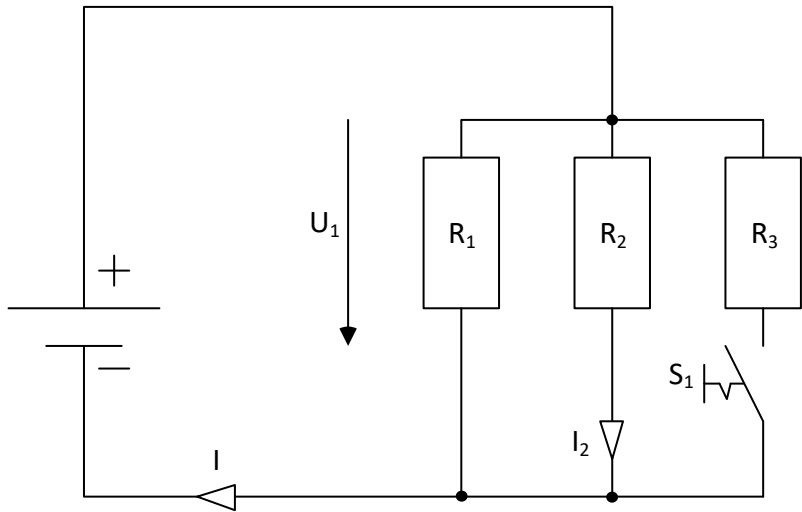
$$n = \frac{R}{R_{\text{équ}}} = \frac{1'600 \Omega}{66,67 \Omega} = \underline{\underline{24}}$$

1

18. Loi d'Ohm N° d'objectif d'évaluation 5.3.1

2

$R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$  ont la même valeur. Que se passe-t-il lorsque l'on ferme l'interrupteur  $S_1$ .  
(On néglige la résistance interne de la source de tension)



Pour chaque affirmation, cochez juste ou faux :

Affirmations	Juste	Faux
Le courant $I_2$ reste le même.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La résistance équivalente du circuit diminue.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La tension $U_1$ diminue.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Le courant total $I$ diminue.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

0,5

0,5

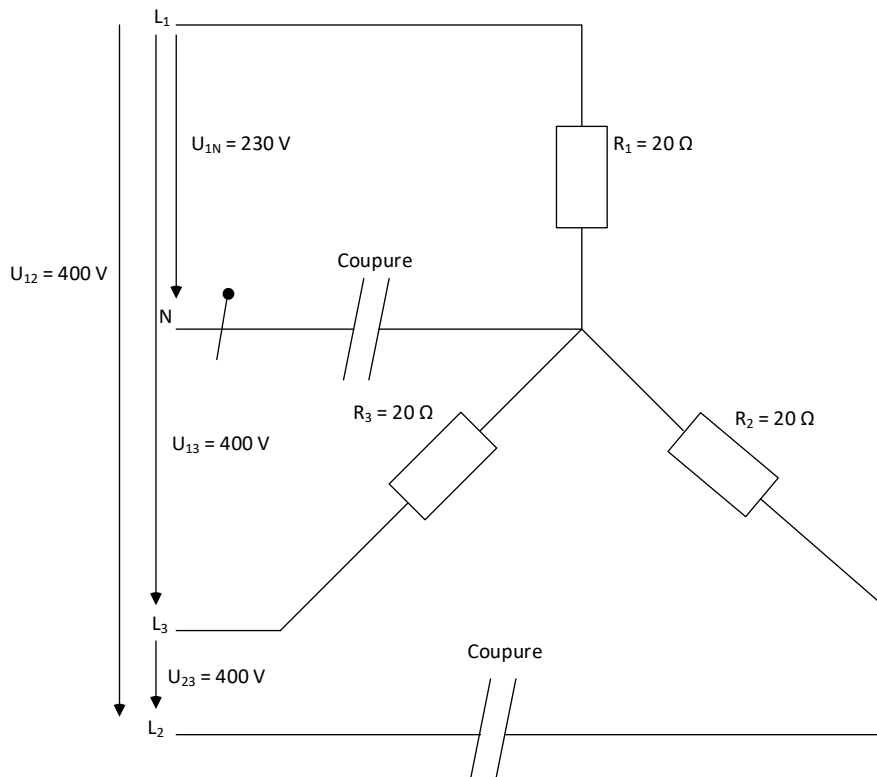
0,5

0,5

**19. Coupure de ligne dans le réseau triphasé N° d'objectif d'évaluation 5.3.4**

**3**

Le conducteur de neutre et un conducteur de phase sont coupés.



Calculez :

- a) Les tensions aux bornes de  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$ .

1

$$U_{R1} = U_{R3} = \frac{U_{13}}{2} = \frac{400 \text{ V}}{2} = \underline{\underline{200 \text{ V}}}$$

$$U_{R2} = \underline{\underline{0 \text{ V}}}$$

- b) Les courants traversant  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$ .

1

$$R_{13} = R_1 + R_3 = 20 \, \Omega + 20 \, \Omega = \underline{\underline{40 \, \Omega}}$$

$$I_{R1} = I_{R3} = \frac{U_{13}}{R_{13}} = \frac{400 \text{ V}}{40 \, \Omega} = \underline{\underline{10 \text{ A}}} \quad I_{R2} = \underline{\underline{0 \text{ A}}}$$

- c) La puissance active totale (avec les deux coupures dans le circuit).

1

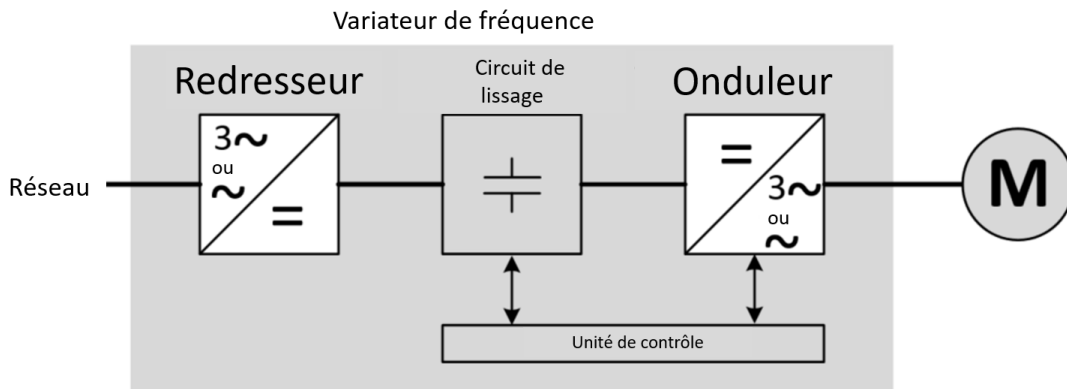
$$P_{\text{tot}} = \frac{(U_{13})^2}{R_{1+3}} = \frac{(400 \text{ V})^2}{40 \, \Omega} = \underline{\underline{4000 \text{ W}}}$$

Points  
par  
page:

## 20. Convertisseur de fréquence N° d'objectif d'évaluation 5.4.3

2

- a) Sur le schéma de principe d'un variateur de fréquence, complétez les symboles représentant le redresseur et l'onduleur.



0,5

0,5

- b) Pour chaque affirmation, cochez juste ou faux :

Affirmations	Juste	Faux
Les convertisseurs de fréquence peuvent être utilisés pour démarrer les moteurs électriques.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Avec un démarreur électronique progressif, il est possible de varier la vitesse d'un moteur électrique durant son fonctionnement.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

0,5

0,5

## 21. Résistances en AC N° d'objectif d'évaluation 3.2.7

2

Vous mesurez l'impédance de boucle  $Z_S$  avec cet appareil de mesure, qui affiche les valeurs suivantes :



Calculez  $X_L$  de la boucle.

$$X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 0,0022 \text{ H} = \underline{\underline{0,691 \Omega = 691 \text{ m}\Omega}}$$

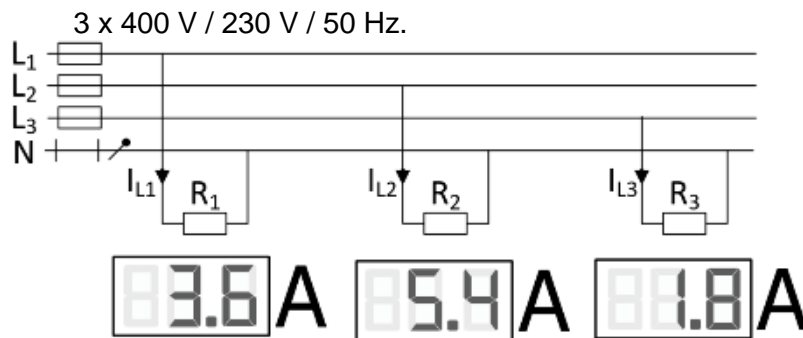
ou

$$X_L = \sqrt{Z_S^2 - R_S^2} = \sqrt{(1,522 \Omega)^2 - (1,356 \Omega)^2} = \underline{\underline{0,691 \Omega = 691 \text{ m}\Omega}}$$

Points  
par  
page:

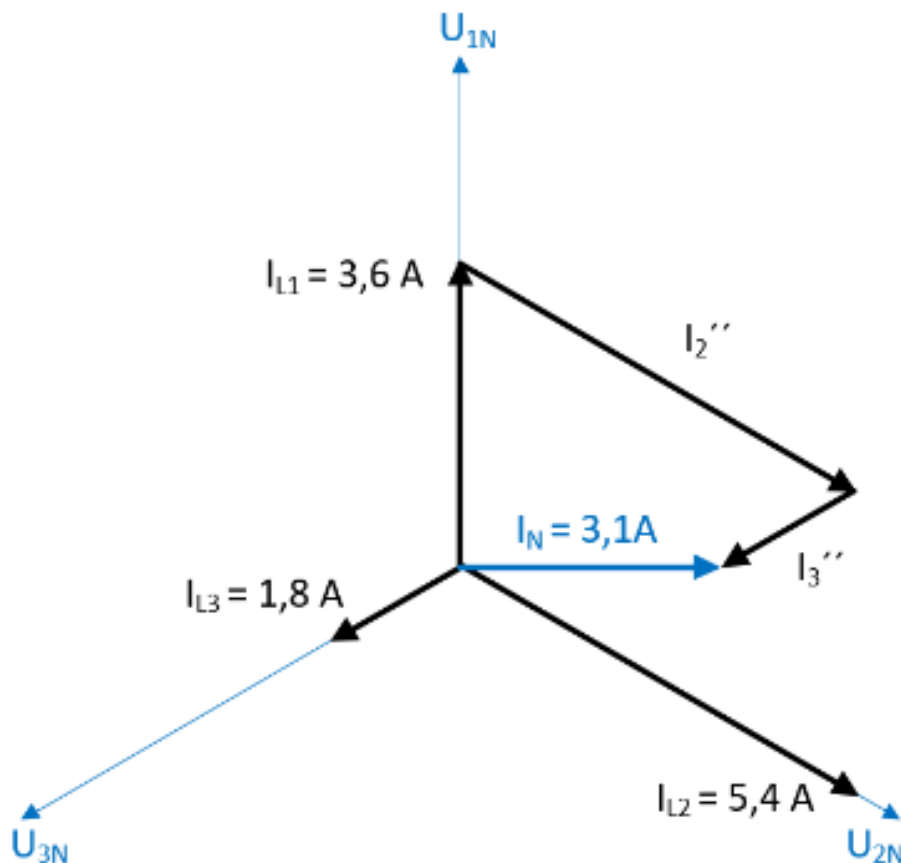
## 22. Système triphasé N° d'objectif d'évaluation 5.3.4

Le réseau triphasé est chargé avec 3 résistances dans lesquelles circulent les courants suivants.



Déterminer graphiquement le courant dans le conducteur neutre sur le diagramme vectoriel ci-dessous.

Echelle : 1cm = 1 Ampère



Solution :

Remarque pour les experts :

$I_N = 3,1 \text{ A}$  (tolérance :  $2,8 \text{ A} - 3,4 \text{ A}$ ). La solution n'est pas à l'échelle.

$I_2''$   
0,5

$I_3''$   
0,5

$I_N$   
1

Points  
par  
page:

**23. Compensation N° d'objectif d'évaluation 5.3.4**

**5**

Un moteur monophasé à courant alternatif possède les caractéristiques suivantes : 230 V; 50 Hz; 4,6 A;  $\cos \varphi = 0,8$ . Le facteur de puissance doit être amélioré afin d'obtenir un  $\cos \varphi = 0,9$ .

- a) Quelle puissance réactive doit fournir le condensateur ?

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 230 \text{ V} \cdot 4,6 \text{ A} \cdot 0,8 = \underline{846 \text{ W}}$$

1

$$Q_c = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) = 846 \text{ W} \cdot (0,75 - 0,484) = \underline{225 \text{ var}}$$

2

ou

ou

$$Q_1 = U \cdot I \cdot \sin \varphi_1 = 230 \text{ V} \cdot 4,6 \text{ A} \cdot 0,6 = \underline{634,8 \text{ var}}$$

0,5

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi_1 = 230 \text{ V} \cdot 4,6 \text{ A} \cdot 0,8 = \underline{846 \text{ W}}$$

0,5

$$S_2 = \frac{P}{\cos \varphi_2} = \frac{846 \text{ W}}{0,9} = \underline{940 \text{ VA}}$$

0,5

$$Q_2 = \sqrt{(S_2)^2 - P^2} = \sqrt{(940 \text{ VA})^2 - (846 \text{ W})^2} = \underline{409,7 \text{ var}}$$

0,5

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = 634,8 \text{ var} - 409,7 \text{ VA} = \underline{225 \text{ var}}$$

1

- b) Calculez la capacité du condensateur permettant cette compensation.

1

$$C = \frac{Q_c}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2} = \frac{225 \text{ var} \cdot 1 \cdot 10^6}{2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot (230 \text{ V})^2} = \underline{13,54 \mu\text{F}}$$

ou

$$X_c = \frac{U^2}{Q_c} = \frac{(230 \text{ V})^2}{225 \text{ var}} = \underline{235,11 \Omega}$$

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_c} = \frac{1 \cdot 10^6}{2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 235,11 \Omega} = \underline{13,54 \mu\text{F}}$$

- c) Quelle est l'intensité du courant après compensation ?

1

$$I_2 = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi_2} = \frac{846 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 0,9} = \underline{4 \text{ A}}$$

ou

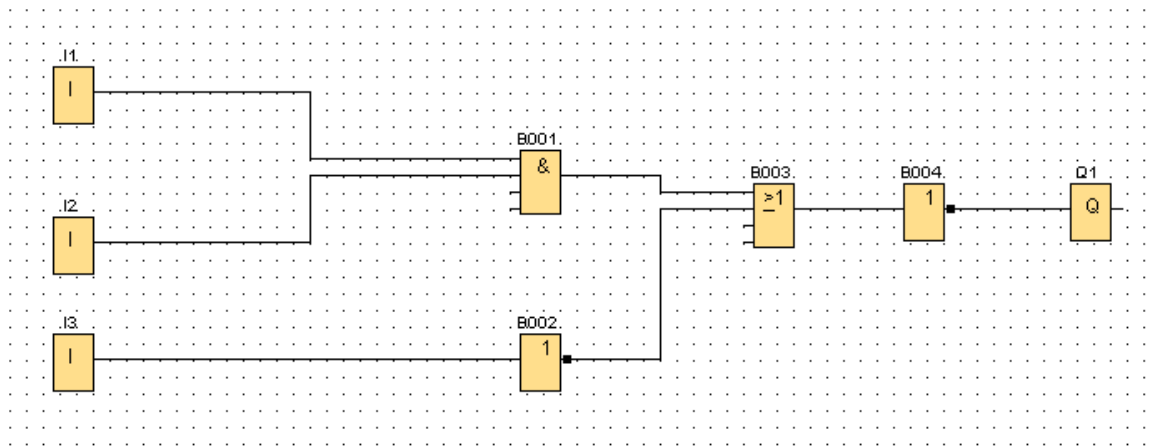
$$I_2 = \frac{S_2}{U} = \frac{940 \text{ VA}}{230 \text{ V}} = \underline{4 \text{ A}}$$

Points  
par  
page:

**24. Circuits logiques N° d'objectif d'évaluation 5.4.4**

**2**

Toutes les entrées de ce circuit ont un niveau 1 logique.



- a) Quel est l'état logique de la sortie Q1 ?

**1**

**Q1 est inactive ou Q1 est éteinte ou Q1 à un niveau 0.**

- b) Indiquer le niveau logique des entrées permettant de modifier l'état de Q1.  
(aucun changement de câblage autorisé)

**1**

**Les entrées I1 ou I2 doivent passer à 0.**