

## Dossier des expertes et experts

<b>90</b>	<b>Minutes</b>	<b>19</b>	<b>Exercices</b>	<b>16</b>	<b>Pages</b>	<b>54</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 soulignées 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>
54,0-51,5	51,0-46,0	45,5-40,5	40,0-35,5	35,0-30,0	29,5-24,5	24,0-19,0	18,5-13,5	13,0-8,5	8,0-3,0	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 de planificatrice-électricienne CFC / Planificateur-électricien CFC

### Editeur:

CSFO, département procédures de qualification, Berne

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

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.

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

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

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

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

2. Distribution d'énergie N° d'objectif d'évaluation 5.1.1b

3

La plaque signalétique suivante figure sur un transformateur triphasé.

TRANSFORMATEUR					
Type 8TBN0 1000 88					
1	+250 V	16250			
2	Tension nominale	16000	420	V	
3	-250 V	15750			
Courant nominal		36,1	1375	A	
Puissance nominale		1000	kVA	Fréquence	50 Hz
Groupe de commutation		Dyn5	$\epsilon_{cc}$	4,2	%
Refroidissement		ONAN	Année de fabrication	2021	

a) Que signifie Dyn5 pour le groupe de commutation ?

2

D = Primaire en triangle

y = Secondaire en étoile

n = Conducteur de neutre

5 = Primaire et secondaire décalés (déphasés) de 5 x 30°

b) Quelle est l'intensité du courant au secondaire en cas de court-circuit ?

1

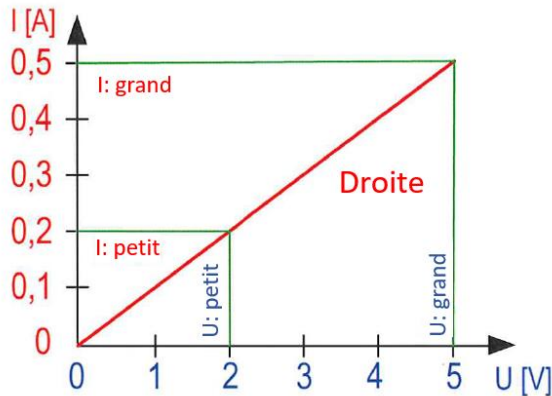
Plaque signalétique  $\epsilon_{cc} = 4,2 \%$ ,  $I_N = 1375 \text{ A}$

$$I_{cc} = \frac{I_N \cdot 100\%}{\epsilon_{cc}} = \frac{1375 \text{ A} \cdot 100\%}{4,2 \%} = \underline{\underline{32,7 \text{ kA}}}$$

### 3. 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.**

**Remarque pour les experts :  
D'autres affirmations sont possibles.**

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

1

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

### 4. Dispositifs de commutation N° d'objectif d'évaluation 5.4.2b

2

Affirmation sur la capacité d'un condensateur.  
Pour chaque affirmation, cochez juste ou faux :

Affirmations	Juste	Faux
Plus la rigidité diélectrique est élevée, plus la capacité est petite.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Plus la surface des armatures du condensateur est petite, plus la capacité est grande.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Plus les armatures du condensateur sont épaisses, plus la capacité est grande.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Plus la distance entre les armatures du condensateur est grande, plus la capacité est petite.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

0,5

0,5

0,5

0,5

Points  
par  
page:

**5. Moteur triphasé N° d'objectif d'évaluation 5.3.4**

**3**

Une pompe à eau potable fournit 50 litres d'eau par seconde à un réservoir situé 60 m plus haut. Une puissance utile de 2,98 kW est nécessaire. Les pertes dans la canalisation sont de 10 %, le rendement de la pompe est de 80 %. Le moteur électrique 3 x 400 V couplé à la pompe a un rendement de 90 % et absorbe une puissance de 4,14 kW avec un  $\cos \varphi$  de 0,88.

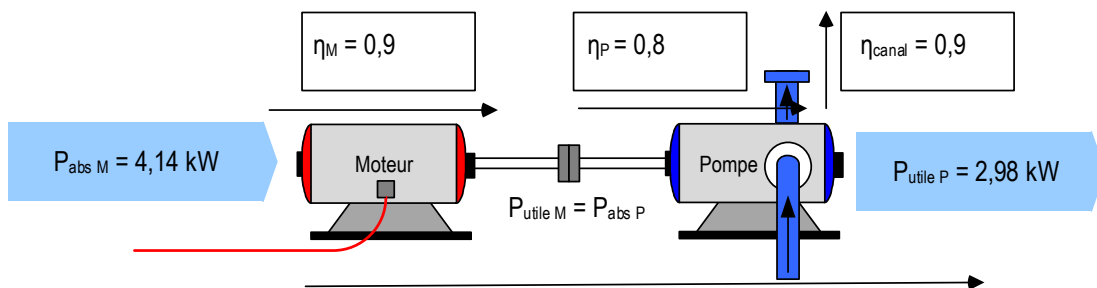
- a) Calculez le rendement global du système.

0,5

$$\eta_{global} = \eta_{canalisation} \cdot \eta_{pompe} \cdot \eta_{moteur} = 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = \underline{\underline{0,648}}$$

- b) Complétez les valeurs manquantes.

2,5

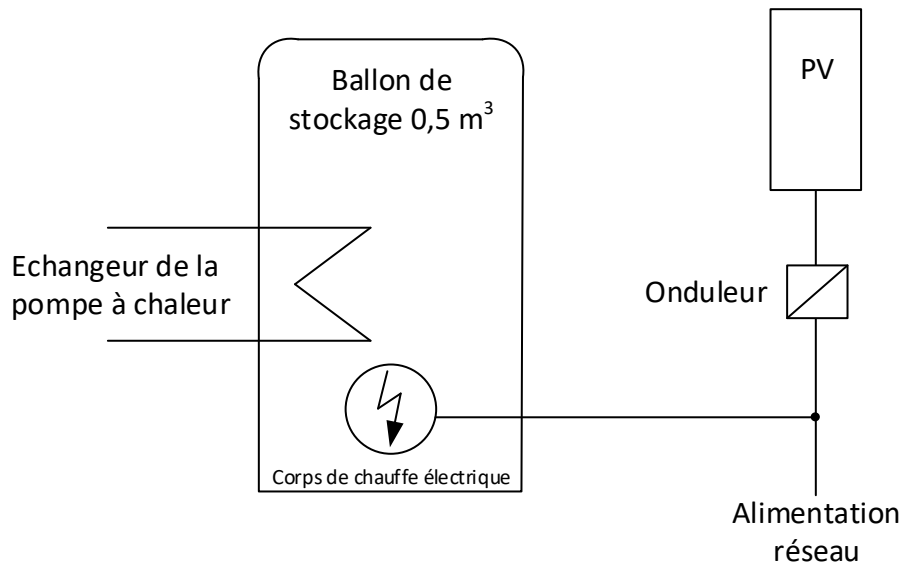


**6. Effet calorifique N° d'objectif d'évaluation 3.5.3**

**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.

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

0,5

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

0,5

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

2

Points  
par  
page:

**7. 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:

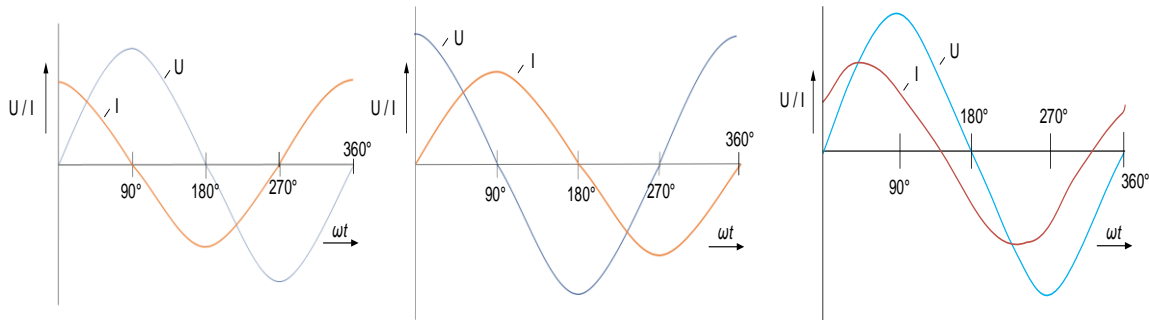
1: condensateur idéal

4: Résistance parfaite

2: bobine réelle

5: Couplage R-C

3: bobine idéale



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

1 /  
juste

**8. 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

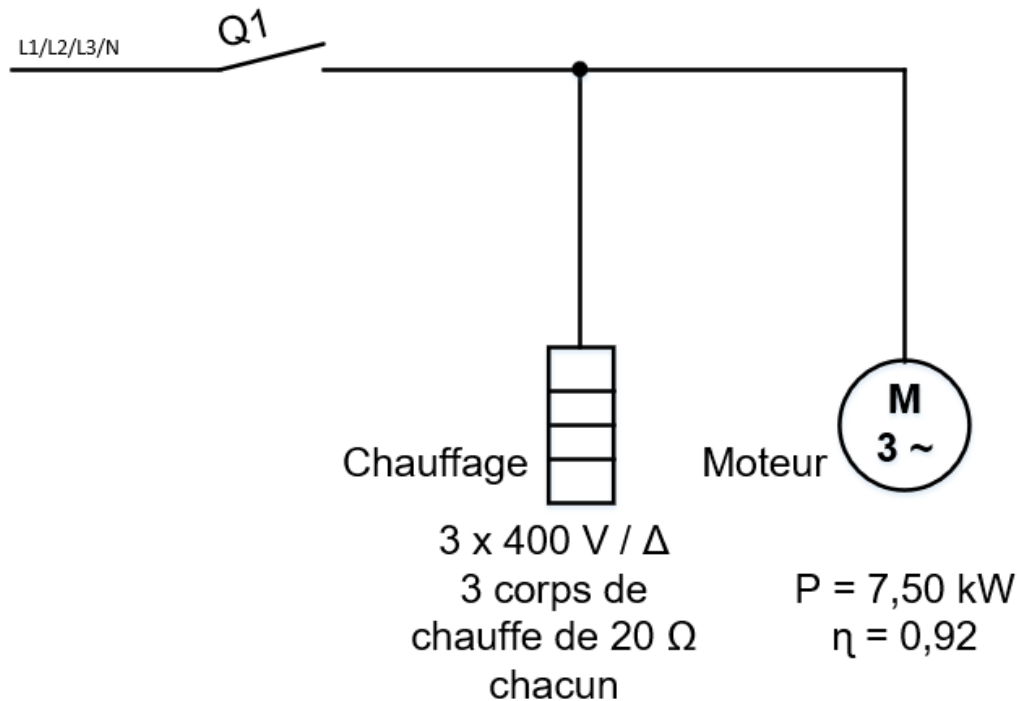
0,5

Points  
par  
page:

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

4

Un chauffage et un moteur sont enclenchés pendant 8 heures par un contacteur Q1.  
Quelle est l'énergie active consommée ?



$$P_{ch} = 3 \cdot P_{ch1\text{ enr}} = 3 \cdot \frac{U^2}{R} = 3 \cdot \frac{(400\text{ V})^2}{20\ \Omega} = 3 \cdot 8\text{ kW} = \underline{24\text{ kW}}$$

1

$$P_M = \frac{P_{utile}}{\eta} = \frac{7,50\text{ kW}}{0,92} = \underline{8,15\text{ kW}}$$

1

$$P_G = P_{ch} + P_M = 24\text{ kW} + 8,15\text{ kW} = \underline{32,15\text{ kW}}$$

1

$$W_G = P_G \cdot t = 32,15\text{ kW} \cdot 8\text{ h} = \underline{\underline{257,2\text{ kWh}}}$$

1



**10. 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

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

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

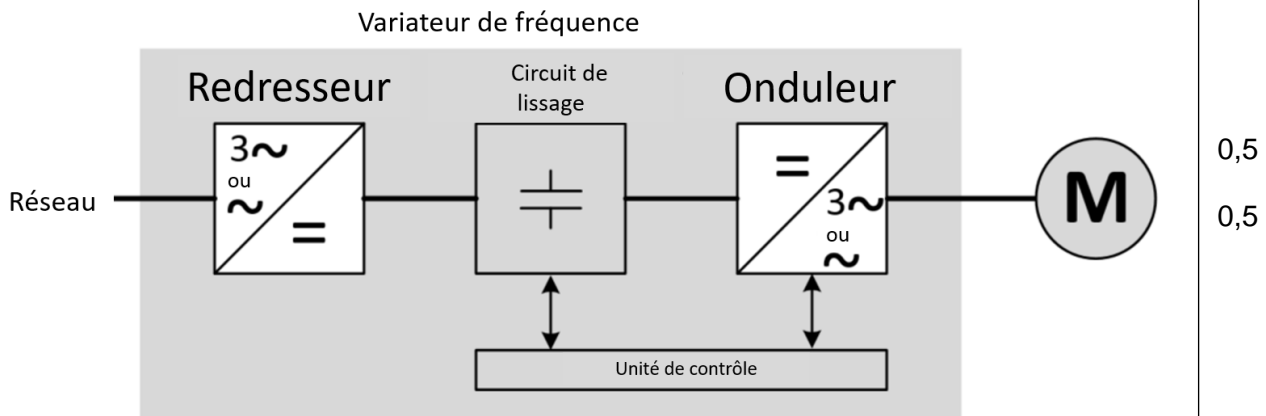
ou

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

**11. Convertisseur de fréquence N° d'objectif d'évaluation 5.4.3**

1

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



0,5  
0,5

Points  
par  
page:

**12. 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

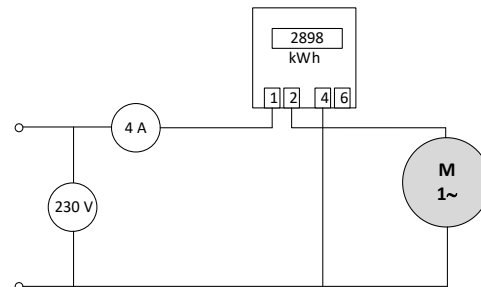
$$X_L = \sqrt{Z_S^2 - R_S^2} = \sqrt{(1,522 \Omega)^2 - (1,356 \Omega)^2} = \underline{\underline{0,691 \Omega = 691 \text{ m}\Omega}}$$

**13. 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 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

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

Points  
par  
page:

**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

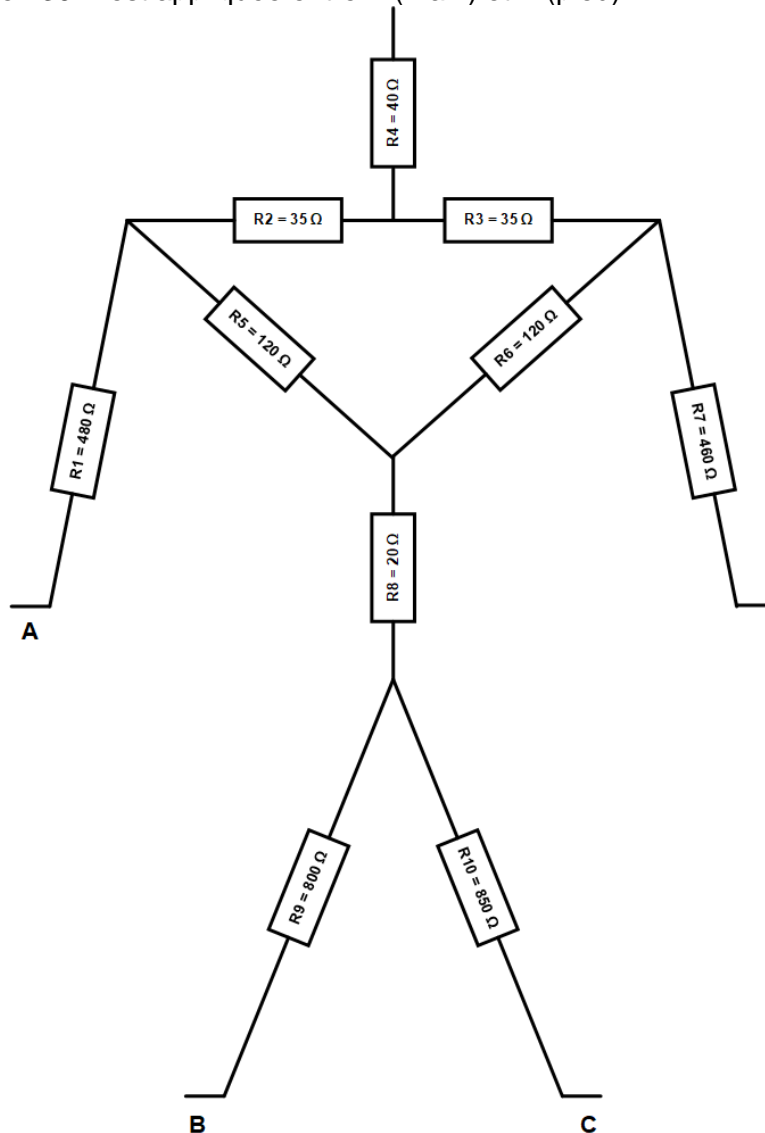
$$I = \frac{U_{\text{prise}}}{R_{\text{équ}}} = \frac{228 V}{24,167 \Omega} = \underline{\underline{9,434 A}}$$

0,5

Points  
par  
page:

**15. Loi d'Ohm N° d'objectif d'évaluation 3.2.3b**

En termes simplifiés, le corps humain peut être considéré comme un « circuit mixte de résistances ». Calculez le courant de choc qui traverse le corps humain lorsqu'une tension de contact de 230 V est appliquée entre A (main) et B (pied).



$$R_{\text{équi}} = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2 + R_3 + R_6} + \frac{1}{R_5}} + R_8 + R_9 =$$

$$480 \, \Omega + \frac{1}{\frac{1}{35 \, \Omega + 35 \, \Omega + 120 \, \Omega} + \frac{1}{120 \, \Omega}} + 20 \, \Omega + 800 \, \Omega = \underline{1373,5 \, \Omega}$$

$$I = \frac{U}{R_{\text{équi}}} = \frac{230 \, \text{V}}{1373,5 \, \Omega} = \underline{\underline{0,167 \, \text{A}}}$$

4

1

2

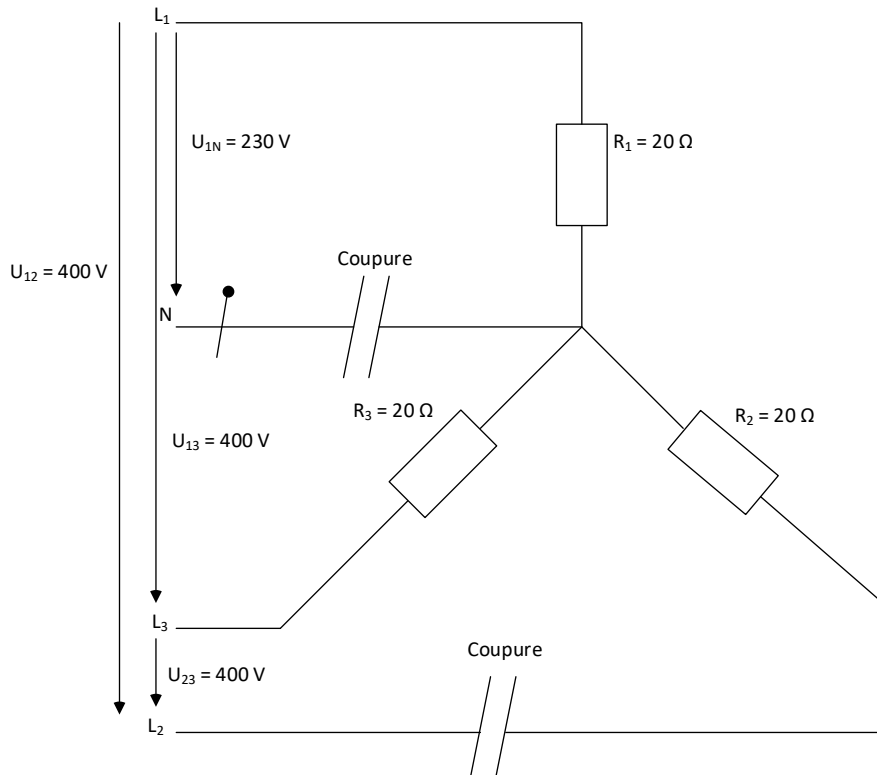
1

Points  
par  
page:

**16. 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:

**17. Système triphasé N° d'objectif d'évaluation 5.3.4**

4

Un système triphasé (3 x 400 V / 230 V 50 Hz) est chargé asymétriquement.

a) Calculez les courants dans les conducteurs L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> et L<sub>3</sub>.

**Solution :**

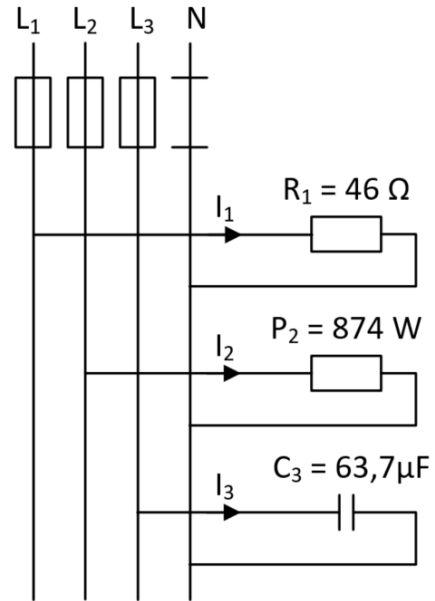
$$I_{L1} = \frac{U_{1N}}{R_1} = \frac{230 \text{ V}}{46 \Omega} = \underline{\underline{5 \text{ A}}}$$

$$I_{L2} = \frac{P_2}{U_{2N}} = \frac{874 \text{ W}}{230 \text{ V}} = \underline{\underline{3,8 \text{ A}}}$$

$$X_{C3} = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 63,7 \mu\text{F}} = \underline{\underline{50 \Omega}}$$

$$I_{L3} = \frac{U_{3N}}{X_C} = \frac{230 \text{ V}}{50 \Omega} = \underline{\underline{4,6 \text{ A}}}$$

b) Déterminez graphiquement le courant dans le conducteur neutre.  
(Echelle 1 A  $\hat{=}$  1 cm)



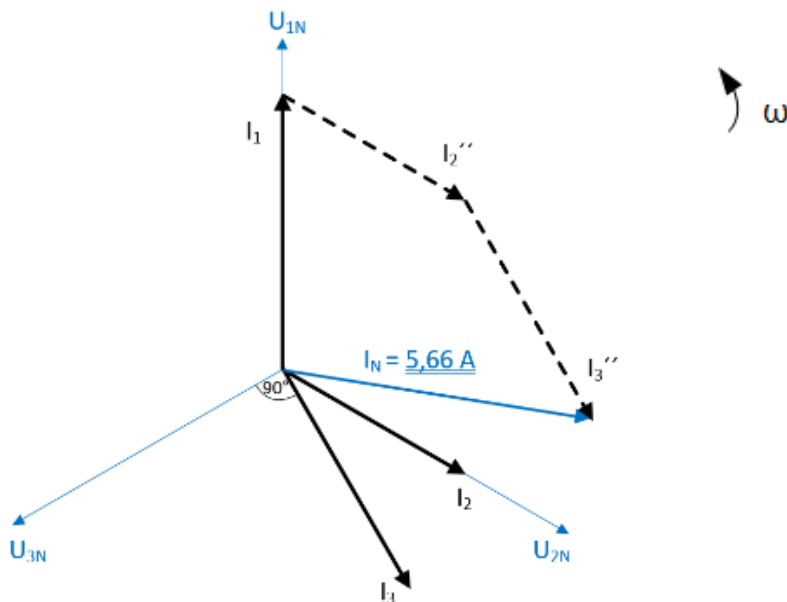
0,5

0,5

0,5

0,5

2



**Remarques pour la correction:**

I<sub>L1</sub> 0,5 Pt.

I<sub>L2</sub>'' 0,5 Pt.

I<sub>L3</sub>'' 0,5Pt.

I<sub>N</sub> 0,5Pt. (Tolérance : 5,1 A – 6,2 A)

**Remarque pour les experts : La solution n'est pas à l'échelle.**

Points  
par  
page:

**18. 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 ?

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

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

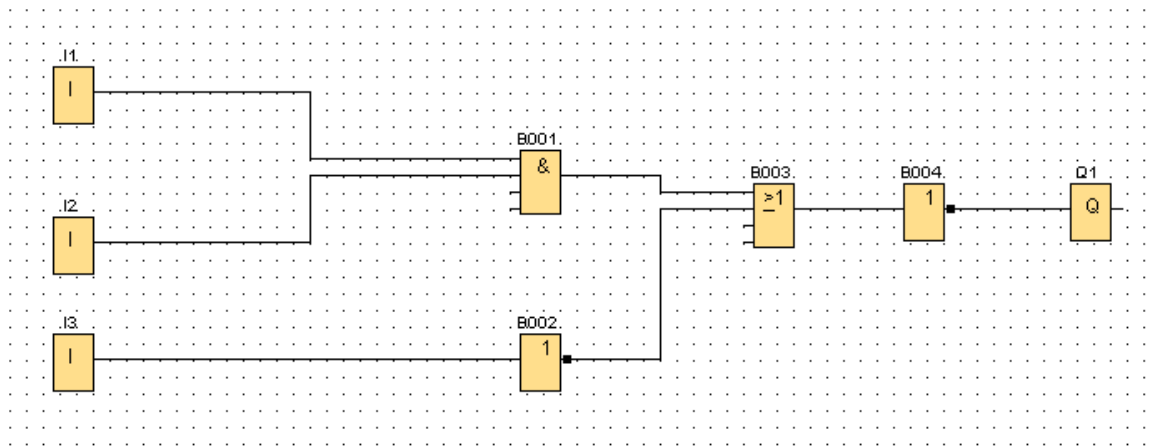
$$I_2 = \frac{S_2}{U} = \frac{940 \text{ VA}}{230 \text{ V}} = \underline{4 \text{ A}}$$

Points  
par  
page:

**19. 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.**

Points  
par  
page: