

Série 2014

Procédures de qualification  
**Installatrice-électricienne CFC**  
**Installateur-électricien CFC**

Connaissances professionnelles écrites  
**Pos. 4.2 Technique des systèmes électriques**

## Dossier des expertes et experts

**Temps :** 70 minutes

**Auxiliaires :** Règle, équerre, chablon, calculatrice de poche sans transmission de données et recueil de formules sans exemple de calcul.

**Cotation :**

- Le nombre de points maximum est donné pour chaque exercice.
- Pour obtenir le maximum de points, les formules et les calculs doivent figurer dans la solution ainsi que les résultats avec leur unité soulignés deux fois.
- Le cheminement de la solution doit être clair et son contrôle doit être aisé.
- Si dans un exercice on demande plusieurs réponses, vous êtes tenu de répondre à chacune d'elle. Les réponses sont évaluées dans l'ordre où elles sont données. Les réponses données en plus ne sont pas évaluées.
- S'il manque de la place, la solution peut être écrite au dos de la feuille et vous devez le mentionner sur l'exercice.

**Barème :**                      **Nombres de points maximum : 39,0**

37,5	-	39,0	Points = Note	6,0
33,5	-	37,0	Points = Note	5,5
29,5	-	33,0	Points = Note	5,0
25,5	-	29,0	Points = Note	4,5
21,5	-	25,0	Points = Note	4,0
18,0	-	21,0	Points = Note	3,5
14,0	-	17,5	Points = Note	3,0
10,0	-	13,5	Points = Note	2,5
6,0	-	9,5	Points = Note	2,0
2,0	-	5,5	Points = Note	1,5
0,0	-	1,5	Points = Note	1,0

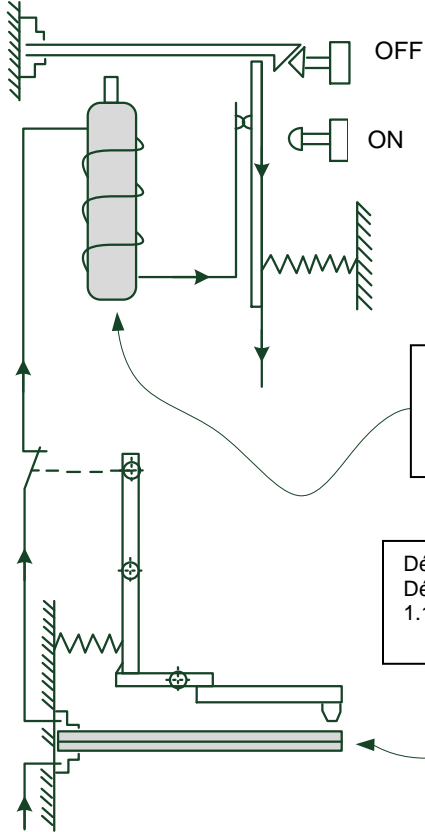
Les solutions ne sont pas données  
pour des raisons didactiques

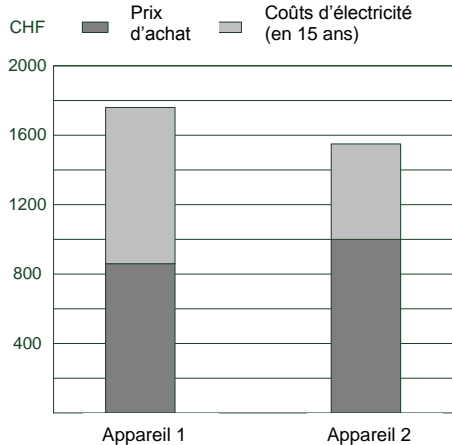
(Décision de la commission des  
tâches d'examens du 09.09.2008)

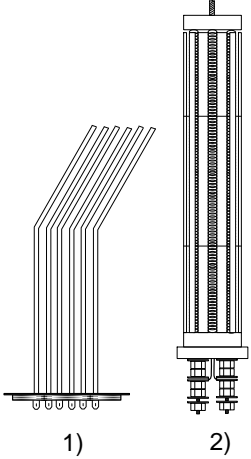
**Délai d'attente :** Cette épreuve d'examen ne peut pas être utilisée librement comme exercice avant le **1<sup>er</sup> septembre 2015**.

Créé par : Groupe de travail EFA de l'USIE pour la profession d'  
installatrice-électricienne CFC / installateur-électricien CFC  
Editeur : CSFO, département procédures de qualification, Berne

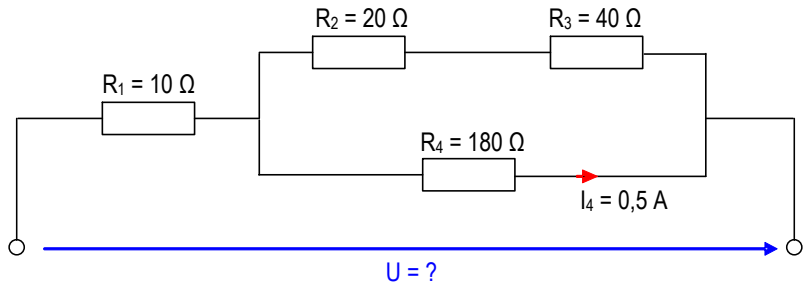
Exercices		Nombre de points																
		maximal	obtenus															
1.	<p>5.1.1</p> <p>Au sein du réseau interconnecté Suisse, l'énergie électrique produite dans les centrales est acheminée vers les récepteurs par des lignes à très haute tension (220/380 kV/50 Hz). Des parcs éoliens modernes situés dans la Mer du Nord transportent l'énergie vers le continent, par l'intermédiaire de câbles haute tension sous forme de tension continue.</p> <p>Citez un avantage déterminant du transport en tension continue.</p> <p>- Dans les lignes de grande longueur, chaque brin agit comme une plaque dans un condensateur. Dans le cas de courant alternatif, il y a apparition d'une réactance capacitive <math>X_C</math>. Cette réactance surcharge le réseau!</p> <p>Par contre, si l'on travaille avec du courant continu, la partie réactive disparaît, et seule de l'énergie active est transportée.</p> <p>- Economie de cuivre, une seule ligne.</p>	1																
2.	<p>5.1.3</p> <p>Un client vous consulte et vous demande s'il est possible de remplacer un interrupteur dans la combinaison interrupteur + prise de courant par un variateur. Quels points devez-vous clarifier avant de pouvoir conseiller un variateur ? Donnez deux réponses.</p> <p>- Type d'éclairage (charge active, charge inductive ou capacitive) ?</p> <p>- Quelle est la puissance à faire varier ?</p> <p>- Un interrupteur va et vient est-il nécessaire ?</p> <p>- Compatibilité entre les produits. Le variateur est-il compatible avec la combinaison ?</p> <p>- La source lumineuse est-elle compatible avec un variateur ?</p>	1  (0,5 chacun)																
3.	<p>5.1.6</p> <p>Quels sont les facteurs responsables de l'échauffement des transformateurs ?</p> <table><tr><td></td><td>Vrai</td><td>Faux</td></tr><tr><td>- Courants de Foucault</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>- Conversion de tension</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr><tr><td>- Inversion magnétique</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>- Flux de courant dans les spires</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr></table>		Vrai	Faux	- Courants de Foucault	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Conversion de tension	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	- Inversion magnétique	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Flux de courant dans les spires	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2  (0,5 chacun)	
	Vrai	Faux																
- Courants de Foucault	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																
- Conversion de tension	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																
- Inversion magnétique	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																
- Flux de courant dans les spires	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																

Exercices		Nombre de points	
		maximal	obtenus
4.	<p>5.1.4</p> <p>a) Que signifient les quatre éléments de marquage suivants sur un disjoncteur de canalisation unipolaire ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>LS D 13 A</b> <b>courant de déclenchement nominal 13 A avec courbe de déclenchement de type D</b></li> <li>- <b>10'000</b> <b>Pouvoir de coupure de 10'000 A</b></li> <li>- <b>3</b> <b>Classe de limitation de courant 3</b></li> <li>- <b>(+S)</b> <b>Homologation de sécurité suisse</b></li> </ul> <p>b) Indiquez et donnez la dénomination des deux éléments de déclenchement principaux d'un disjoncteur de canalisation et décrivez leur fonctionnement dans l'illustration.</p>  <div data-bbox="694 1518 1225 1653"> <p>Déclencheur électromagnétique : Déclenchement en cas de court-circuit ou de contact à la terre Courants selon le type 3-20 x I<sub>n</sub></p> </div> <div data-bbox="667 1713 1225 1836"> <p>Déclencheur bilame : Déclenchement en cas de surcharge 1.13-1.45 x I<sub>n</sub> dans l'intervalle d'une heure</p> </div>	4	
		(0,5 chacun)	
		(1 chacun)	

Exercices		Nombre de points	
		maximal	obtenus
5.	<p>5.1.6</p> <p>Un transformateur a une puissance apparente nominale de 400 VA et un rendement de 90 %. La tension primaire s'élève à 230 V, la tension secondaire à 12 V, le <math>\cos \varphi_1 = 0,88</math>. On soumet le transformateur à une charge de 280 W. Calculez le courant absorbé par le transformateur.</p> $P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{280 \text{ W}}{0,9} = \underline{311,11 \text{ W}}$ $I_1 = \frac{P_1}{U_1 \cdot \cos \varphi_1} = \frac{311,11 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 0,88} = \underline{\underline{1,54 \text{ A}}}$	2	
		(1)	
		(1)	
6.	<p>5.2.1</p> <p>Le graphique indique les coûts d'acquisition et d'exploitation de deux congélateurs différents. On part du principe que les deux appareils ont une durée de vie de 15 ans.</p>  <p>a) Quel est l'appareil que vous conseilleriez à un client ?</p> <p>- <b>Appareil 2</b></p> <p>b) Justifiez votre réponse</p> <p>- <b>Malgré des coûts d'acquisition inférieurs, le coût global de l'appareil 1 est plus élevé au bout de 15 ans</b></p> <p>- <b>Les coûts d'acquisition plus élevés de l'appareil 2 sont compensés au bout de 15 ans par une consommation énergétique moindre.</b></p>	2	
		(1)	
		(1)	

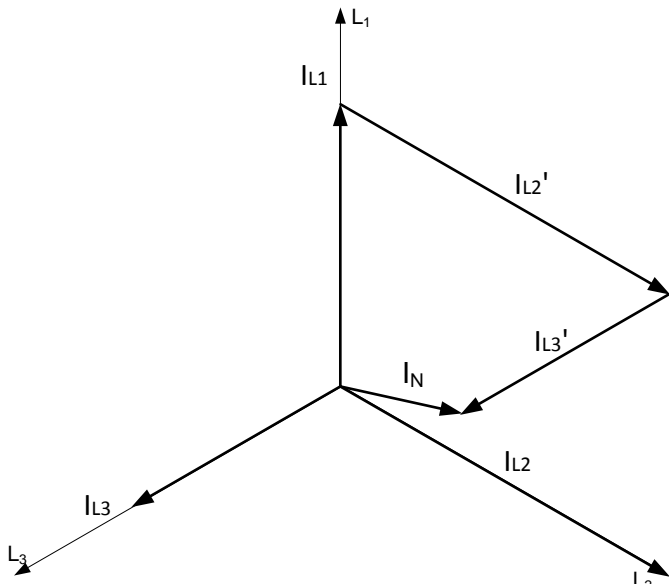
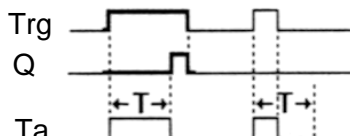
Exercices		Nombre de points	
		maximal	obtenus
7.	<p>5.2.4</p> <p>a) Indiquez le nom des deux corps de chauffe destinés à des chauffe-eau.</p> <p><b>1) Corps de chauffe blindé</b></p> <p><b>2) Corps de chauffe en céramique / résistance thermoplongeuse</b></p>  <p>b) Citez un avantage et un inconvénient pour chaque corps de chauffe représenté ci-dessus.</p> <p><b>1) - bon transfert thermique</b>  <b>- les dépôts de calcaire diminuent le rendement,</b>  <b>- le chauffe-eau doit être vidé, en cas de remplacement du corps de chauffe</b></p> <p><b>2) - Remplacement sans vider le chauffe-eau</b>  <b>- transfert thermique moins bon (tube thermoplongé épais)</b></p>	<p>2</p> <p>(0,5 chacun)</p> <p>(0,5)</p> <p>(0,5)</p>	
8.	<p>5.2.8</p> <p>Quel appareil électrique transforme le courant produit dans une installation photovoltaïque, afin qu'il puisse être injecté dans le réseau de distribution ?</p> <p><b>Onduleur</b></p>	1	

Exercices		Nombre de points	
		maximal	obtenus
9.	<p>5.3.3</p> <p>a) Calculez la puissance apparente du moteur en fonctionnement nominal.</p> <div data-bbox="884 174 1318 492"> </div> <p><math>S_M = U \cdot I = 230 \text{ V} \cdot 13,9 \text{ A} = \underline{\underline{3'197 \text{ VA}}}</math></p> <p>b) Quelle est la valeur de la puissance réactive du moteur en fonctionnement nominal ?</p> <p><math>Q_M = U \cdot I \cdot \sin \varphi = 230 \text{ V} \cdot 13,9 \text{ A} \cdot 0,493 = \underline{\underline{1'576,29 \text{ var}}}</math></p> <p>c) Calculez le rendement du moteur.</p> <p><math>\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{U \cdot I \cdot \cos \varphi} = \frac{2'000 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 13,9 \text{ A} \cdot 0,87} = \underline{\underline{0,72}}</math></p>	3	
		(1)	
		(1)	
		(1)	

Exercices		Nombre de points	
		maximal	obtenus
10.	<p>5.3.3 Circuit résistif</p>  <p>a) Calculer la résistance totale <math>R_{\text{tot}}</math>.</p> $R_{23} = R_2 + R_3 = 20 \, \Omega + 40 \, \Omega = 60 \, \Omega$ $R_{\text{Ges}} = R_1 + \frac{R_{23} \cdot R_4}{R_{23} + R_4} = 10 \, \Omega + \frac{60 \, \Omega \cdot 180 \, \Omega}{60 \, \Omega + 180 \, \Omega} = \underline{\underline{55 \, \Omega}}$ <p>b) Calculez U.</p> $U_4 = R_4 \cdot I_4 = 180 \, \Omega \cdot 0,5 \, \text{A} = 90 \, \text{V}$ $I_{23} = \frac{U_4}{R_{23}} = \frac{90 \, \text{V}}{60 \, \Omega} = 1,5 \, \text{A}$ $I_1 = I_{23} + I_4 = 1,5 \, \text{A} + 0,5 \, \text{A} = 2 \, \text{A}$ $U = U_1 + U_4 = R_1 \cdot I_1 + U_4 = 10 \, \Omega \cdot 2 \, \text{A} + 90 \, \text{V} = \underline{\underline{110 \, \text{V}}}$ <p>c) Calculez <math>P_3</math>.</p> $P_3 = I_{23}^2 \cdot R_3 = (1,5 \, \text{A})^2 \cdot 40 \, \Omega = \underline{\underline{90 \, \text{W}}}$	4	
		(1)	
		(2)	
		(1)	

Exercices		Nombre de points	
		maximal	obtenus
11.	<p>5.3.3</p> <p>L'angle de déphasage entre la tension totale <math>U</math> et le courant <math>I</math> d'une bobine, s'élève à <math>\varphi = 60^\circ</math>. La tension active s'élève à 115 V.</p> <p>a) Calculez <math>U</math>.</p> $U = \frac{U_w}{\cos \varphi} = \frac{115 \text{ V}}{0,5} = \underline{\underline{230 \text{ V}}}$ <p>b) Calculez <math>U_{bl}</math>.</p> $U_{bl} = \sqrt{U^2 - U_w^2} = \sqrt{(230 \text{ V})^2 - (115 \text{ V})^2} = \underline{\underline{199 \text{ V}}}$	2	
		(1)	
		(1)	
12.	<p>5.3.5</p> <p>La tension à la sortie d'un transformateur électronique (230/12 Volt) est mesurée simultanément, à l'aide de deux appareils de mesure différents. Les deux appareils de mesure indiquent des tensions différentes.</p> <p>Appareil de mesure 1      <math>\rightarrow</math>      9,18 Volt</p> <p>Appareil de mesure 2      <math>\rightarrow</math>      11,82 Volt</p> <p>Remarque : Les deux appareils sont réglés sur la bonne plage de tension et les câbles de mesure sont correctement connectés.</p> <p>Justifiez ces valeurs différentes.</p> <p>- <b>Si la tension de sortie n'est pas sinusoïdale, seul un appareil de mesure TRMS pourra la mesurer correctement.</b></p> <p><b>ou</b></p> <p>- <b>la valeur à mesurer est située en dehors de la largeur de bande (plage de fréquence) de l'appareil de mesure.</b></p>	1	



Exercices		Nombre de points	
		maximal	obtenus
13.	<p>5.3.4</p> <p>Sur une cuisinière en fonctionnement (réseau triphasé 3 x 400/230 V/50 Hz) on mesure les courants de phase suivants :  <math>I_{L1} = 7,5 \text{ A}</math>, <math>I_{L2} = 10,1 \text{ A}</math>, <math>I_{L3} = 6,4 \text{ A}</math>.            Déterminez <u>graphiquement</u> le courant de neutre.</p>  <p>Echelle: <math>1 \text{ A} \triangleq 5 \text{ mm}</math></p> <p><b><math>16,6 \text{ mm} \triangleq I_N = \underline{\underline{3,3 \text{ A}}}</math></b></p> <p><b>Tolérance <math>\mp 0,2 \text{ A}</math></b></p> <p><b>2 Pt pour graphique correct, 1 Pt pour bon résultat</b></p>	3	
14.	<p>5.4.1</p> <p>Interprétez le diagramme de temps d'un mini-automate programmable SPS/API.</p> <p>Trg    Entrée            Ta    Réglage temps            Q    Sortie</p>  <p>a) De quel élément de fonction s'agit-il ?</p> <p><b>Circuit de temporisation</b></p> <p>(1)</p> <p>b) T est réglé sur cinq secondes. Quel est le comportement de la sortie, si le signal d'entrée est maintenu pendant trois secondes ?</p> <p><b>La sortie reste sur zéro</b></p> <p>(1)</p>	2	

Exercices		Nombre de points	
		maximal	obtenus
15.	<p>5.3.4</p> <p>Une grande ligne d'emballage automatique a une puissance active de <math>P = 16 \text{ kW}</math>. La tension appliquée s'élève à <math>U = 3 \times 400 \text{ V}/50 \text{ Hz}</math>. Après la mise en place d'une installation de compensation individuelle, un courant de <math>I_2 = 25,7 \text{ A}</math> a été mesuré dans la canalisation d'amenée, ce qui correspond à une baisse de <math>16,6 \%</math>.</p> <p>a) Calculez le facteur de puissance avant et après la compensation.</p> $I_1 = \frac{I_2 \cdot 100\%}{(100 - 16,6)\%} = \frac{25,7 \text{ A} \cdot 100\%}{83,4\%} = 30,82 \text{ A}$ $\cos\varphi_1 = \frac{P}{U \cdot \sqrt{3} \cdot I_1} = \frac{16'000 \text{ W}}{400 \text{ V} \cdot \sqrt{3} \cdot 30,82 \text{ A}} = \underline{\underline{0,749}}$ $\cos\varphi_2 = \frac{P}{U \cdot \sqrt{3} \cdot I_2} = \frac{16'000 \text{ W}}{400 \text{ V} \cdot \sqrt{3} \cdot 25,7 \text{ A}} = \underline{\underline{0,899}}$ <p>b) Quelle est la puissance réactive capacitive des condensateurs utilisés ?</p> $\varphi_1 = \arccos(0,749) = 41,50^\circ$ $\varphi_2 = \arccos(0,899) = 25,97^\circ$ $Q_c = P(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) =$ $16'000 \text{ W} \cdot (\tan (41,50^\circ) - \tan (25,97^\circ)) = \underline{\underline{6'362,25 \text{ var}}}$	3	
		(1)	
		(1)	
		(1)	

Page 11 / 12

Exercices		Nombre de points	
		maximal	obtenus
17.	<p>5.3.3</p> <p>A l'aide d'un ohmmètre, on mesure sur une bobine, une résistance de 200 Ω. Si cette bobine est raccordée à une tension alternative de 230 V/50 Hz, elle est parcourue par un courant de 150 mA.</p> <p>a) Calculez l'inductance de la bobine en fonction de ces indications.</p> $Z = \frac{U}{I} = \frac{230 \text{ V}}{0,15 \text{ A}} = 1'533,33 \text{ } \Omega$ $X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{(1'533,33 \text{ } \Omega)^2 - (200 \text{ } \Omega)^2} = 1'520,23 \text{ } \Omega$ $L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{1'520,23 \text{ } \Omega}{2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz}} = \underline{\underline{4,84 \text{ H}}}$ <p>b) Calculez le cos φ de la bobine.</p> $\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{200 \text{ } \Omega}{1'533,33 \text{ } \Omega} = \underline{\underline{0,130}}$	3	
		(2)	
		(1)	
Total		39	