

Dossier des expertes et experts**Temps:** 90 minutes**Auxiliaires:** Recueil de formules sans exemple de calcul, calculatrice de poche (sans banque de données), règle, cercle, équerre et rapporteur.

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 leurs unités soulignés deux fois.
- Le cheminement de la solution doit être clair et son contrôle doit être aisé.
- Pour des exercices avec des réponses à choix multiple, pour chaque réponse fausse il sera déduit le même nombre de points que pour une réponse exacte.
- Si dans un exercice on demande plusieurs réponses vous êtes tenus 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.

Barème: **Nombres de points maximum: 49,0**

47,0 - 49,0	Points = Note	6,0
42,0 - 46,5	Points = Note	5,5
37,0 - 41,5	Points = Note	5,0
32,0 - 36,5	Points = Note	4,5
<u>27,0 - 31,5</u>	<u>Points = Note</u>	<u>4,0</u>
22,5 - 26,5	Points = Note	3,5
17,5 - 22,0	Points = Note	3,0
12,5 - 17,0	Points = Note	2,5
7,5 - 12,0	Points = Note	2,0
2,5 - 7,0	Points = Note	1,5
0,0 - 2,0	Points = Note	1,0

Les solutions ne sont pas données
pour des raisons didactiques

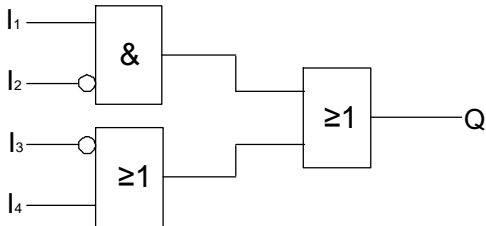
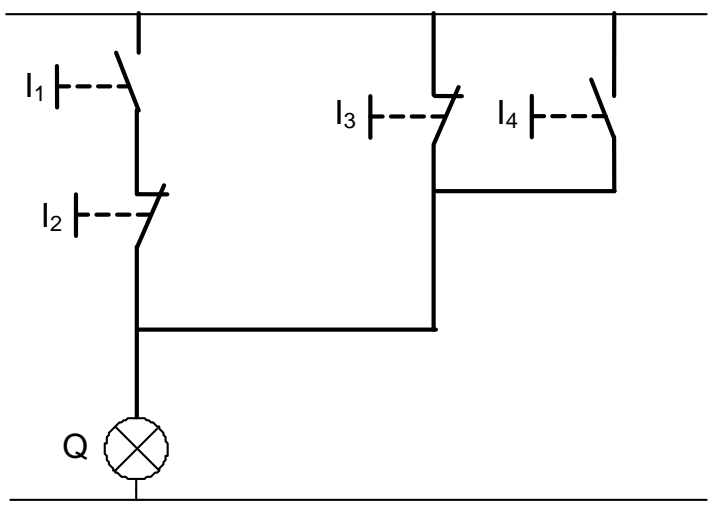
(Décision de la commission des
tâches d'examens du 09.09.2008)

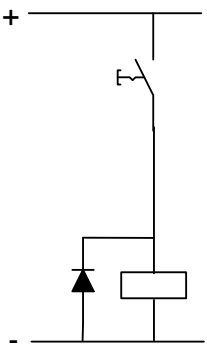
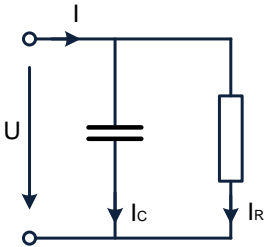
Délai d'attente: Cette épreuve d'examen ne peut pas être utilisée librement comme exercice avant le **1^{er} septembre 2013**.

Créé par: Groupe de travail USIE examen de fin d'apprentissage
Planificatrice-électricienne CFC / Planificateur-électricien CFC
Editeur: CSFO, département procédures de qualification, Berne

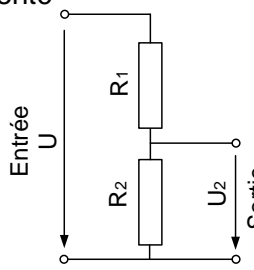
Exercices		Nombre de points	
		maximal	obtenus
1.	<p>5.1.1</p> <p>Pour quelle raison lors du transport international et national d'énergie utilise-t-on la haute et très haute tension ?</p> <p>Citez 2 raisons.</p> <p>Réponses possibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Parce qu'en augmentant la tension, on peut réduire la section des lignes. - En raison du faible courant de transition la chute de tension sur la ligne reste très petite. - En raison du faible courant de transition la puissance des pertes de chaleur reste très petite. 	2	(1 point par réponse)
2.	<p>5.1.3</p> <p>Citez 2 avantages lorsque l'on installe du matériel sans halogène.</p> <p>Réponses possibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En cas d'incendie le matériel sans halogène ne dégage pas de gaz toxiques et corrosifs. - Dégagement de fumée beaucoup plus faible. - Sécurité accrue pour les gens surpris en cas d'incendie. - Simplification de la lutte contre l'incendie dans le bâtiment. - Réduction des dégâts causés par le feu. 	2	(1 point par réponse)
3.	<p>5.1.4</p> <p>Cochez les cases correspondantes aux disjoncteurs : $I_N = 13 \text{ A}$, type C et D.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lors d'un I_{cc} plus faible, le déclenchement magnétique du disjoncteur type C, s'effectue avant le disjoncteur type D. <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">juste <input checked="" type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;">faux <input type="checkbox"/></div> </div> - Lors d'une petite surcharge de courant, le déclenchement thermique du disjoncteur type C se produit avant le disjoncteur type D. <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></div> </div> - les classes de limitation du courant ne dépendent pas du type de disjoncteur. <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> </div> - Les disjoncteurs type D ont une plus grande capacité de déclenchement que les disjoncteurs type C <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></div> </div> 	2	(0.5 point par réponse)

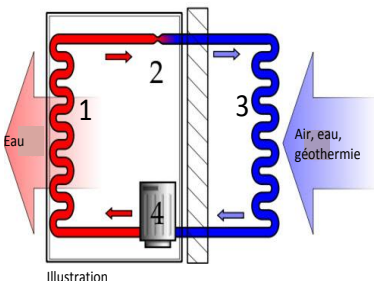
Exercices		Nombre de points	
		maximal	obtenus
4.	<p>5.1.6 Transformateurs monophasés.</p> <p>a) Quel genre de tension peut-on transformer ?</p> <p>Tension alternative.</p> <p>b) Un transformateur en fonction produit toujours des pertes par chaleur. Citez les 2 causes de ces pertes par chaleur.</p> <p>Pertes Cu: pertes chaleur (résistance des enroulements) Pertes Fe: pertes par courant de Foucault (tôles)</p> <p>c) Citez la relation entre courant, tension et nombre de spires du primaire et du secondaire.</p> $\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$ <p>ou La tension est proportionnelle au nombre de spires et le courant inversement proportionnel.</p>	<p>3</p> <p>(1)</p> <p>(0.5 point par réponse)</p> <p>(1)</p>	
5.	<p>5.1.9 Citez 4 sources concrètes de champ électromagnétiques (Electrosmog) dans les ménages privés.</p> <p>Réponses possibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> - WLAN - Alimentation des tableaux d'étage - Alimentation des prises - Sèche-cheveux - Cuisinière à induction - Transformateur très basse tension éclairage halogène - Natel - Téléphone sans fils - Réveil radio - Four micro-ondes 	<p>2</p> <p>(0.5 point par réponse)</p>	
6.	<p>5.2.3</p> <p>a) Quel sera la valeur de l'intensité lumineuse si l'on double la distance entre la source de lumière et le point à éclairer ?</p> <p>L'intensité lumineuse diminue d'un quart.</p> <p>b) Argumentez votre réponse.</p> <p>Lorsque la distance augmente la puissance se répartit sur une plus grande surface, ce qui fait diminuer l'intensité lumineuse. La zone éclairée quadruple avec la distance.</p>	<p>1</p> <p>1</p>	

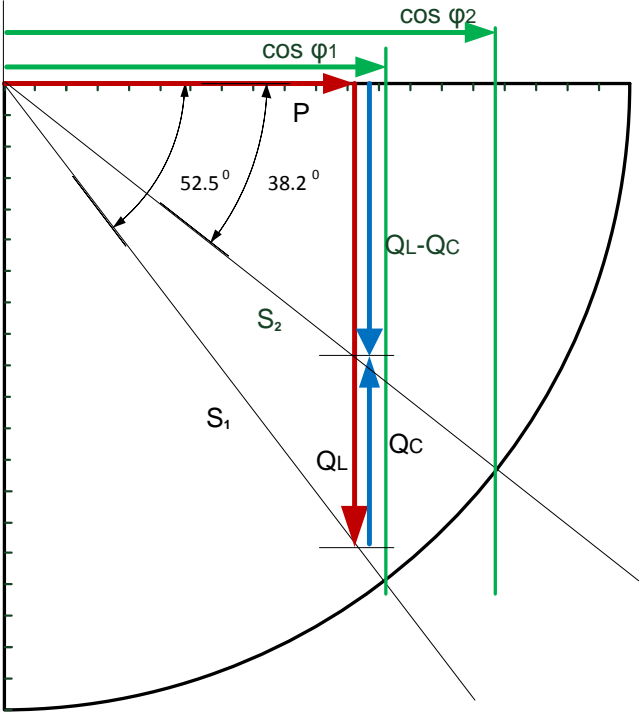
Exercices		Nombre de points																									
		maximal	obtenus																								
7.	5.4.4 a) Complétez la table de vérité ci-dessous selon le schéma de fonction logique donné.	4																									
	<table border="1"><thead><tr><th>I₁</th><th>I₂</th><th>I₃</th><th>I₄</th><th>Q</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr></tbody></table> 	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	Q	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	(0.5 point par réponse)
I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	Q																							
1	0	1	1	1																							
1	0	1	0	1																							
1	1	1	0	0																							
1	0	0	1	1																							
	b) Complétez le schéma électrique ci-dessous avec 4 interrupteurs. Un interrupteur actionné correspondant à la fonction logique 1.																										
		(0.5 point par réponse)																									
8.	5.2.6 3 Piles grandeur AAA sont connectées en série. Cochez les cases correspondantes.	2																									
	<table><thead><tr><th></th><th>Juste</th><th>Faux</th></tr></thead><tbody><tr><td>- La charge disponible triple.</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr><tr><td>- En raison de la grande résistance interne la tension aux bornes sous charge diminue fortement.</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>- La tension à vide triple.</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>- Le courant de court-circuit est trois fois plus grand.</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr></tbody></table>		Juste	Faux	- La charge disponible triple.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	- En raison de la grande résistance interne la tension aux bornes sous charge diminue fortement.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- La tension à vide triple.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	- Le courant de court-circuit est trois fois plus grand.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	a	(0.5 point par réponse)									
	Juste	Faux																									
- La charge disponible triple.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																									
- En raison de la grande résistance interne la tension aux bornes sous charge diminue fortement.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																									
- La tension à vide triple.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																									
- Le courant de court-circuit est trois fois plus grand.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																									

Exercices		Nombre de points	
		maximal	obtenus
9.	<p>5.2.9</p> <p>Expliquez la fonction d'une diode couplée en parallèle à un relais à courant continu.</p> <p>Réponse possible :</p> <p>Lors de la coupure d'alimentation de la bobine du relais à courant continu, il se produit une self induction de polarisation inverse. Celle-ci est court-circuitée par la diode.</p>		2
10.	<p>5.3.1</p> <p>Un condensateur est selon le schéma équivalent ci-contre alimenté du réseau en 230 V / 50 Hz.</p> <p>$R = 150 \Omega$; $C = 44 \mu\text{F}$.</p> <p>a) Déterminez les courants I, I_R et I_C.</p> <p>Solution :</p> $X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50\text{Hz} \cdot 44 \cdot 10^{-6} \text{ F}} = \underline{72,34 \Omega}$ $I_R = \frac{U}{R} = \frac{230 \text{ V}}{150 \Omega} = \underline{1,53 \text{ A}}$ $I_C = \frac{U}{X_C} = \frac{230 \text{ V}}{72,34 \Omega} = \underline{3,18 \text{ A}}$ $I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} = \sqrt{(1,53 \text{ A})^2 + (3,18 \text{ A})^2} = \underline{3,53 \text{ A}}$ <p>b) Quel est l'angle de déphasage du circuit ?</p> <p>Solution:</p> $\cos \varphi = \frac{I_R}{I} = \frac{1,53 \text{ A}}{3,53 \text{ A}} = 0,433$ $\varphi = \text{angl.}(\cos(0,433)) = \underline{64,31^\circ}$	 <p>Schéma équivalent</p>	3

(0.5 point
par
réponse)(0.5 point
par
réponse)

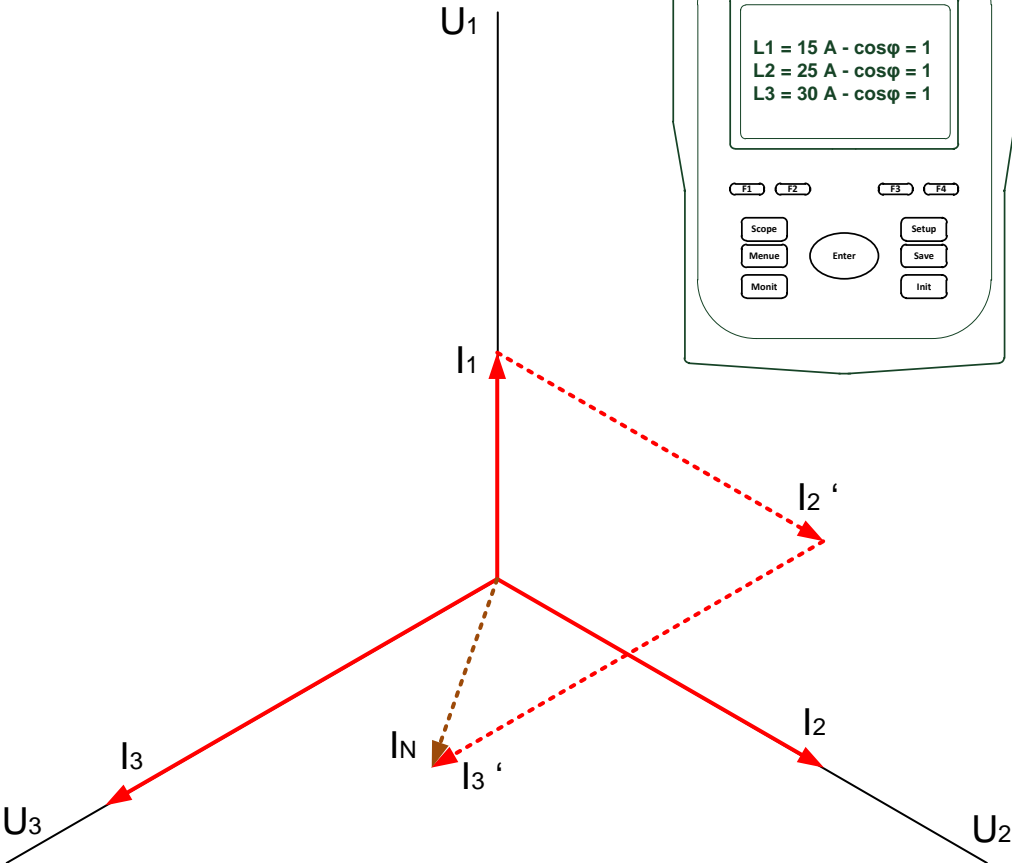
Exercices		Nombre de points		
		maximal	obtenus	
11.	<p>5.3.1</p> <p>Dans une bobine de relais alimentée en 48 V AC, circule un courant de 20mA. Lorsque l'on alimente cette même bobine en 48 V DC, il y circule un courant de 120 mA.</p> <p>Calculez :</p> <p>a) L'impédance de la bobine.</p> $Z = \frac{U_{AC}}{I_{AC}} = \frac{48 \text{ V}}{0,02 \text{ A}} = \underline{\underline{2'400 \Omega}}$ <p>b) La résistance de la bobine.</p> $R = \frac{U_{DC}}{I_{DC}} = \frac{48 \text{ V}}{0,12 \text{ A}} = \underline{\underline{400 \Omega}}$ <p>c) L'inductance de la bobine.</p> $X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{(2'400 \Omega)^2 - (400 \Omega)^2} = \underline{\underline{2'366,43 \Omega}}$	3		
12.	<p>5.3.3</p> <p>Un diviseur de tension dont $R_1 = 60 \Omega$ et $R_2 = 40 \Omega$ est alimenté par une tension de 60 V.</p> <p>a) Calculez la tension de sortie à vide U_2 de ce diviseur de tension.</p> $\frac{U_2}{U} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow U_2 = \frac{U \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{60 \text{ V} \cdot 40 \Omega}{60 \Omega + 40 \Omega} = \underline{\underline{24 \text{ V}}}$ <p>b) Calculez la tension de sortie de ce diviseur de tension lorsque l'on y raccorde une résistance de charge de 160 Ω.</p> $R_{2b} = \frac{R_2 \cdot R_b}{R_2 + R_b} = \frac{40 \Omega \cdot 160 \Omega}{40 \Omega + 160 \Omega} = 32 \Omega$ $U_2 = \frac{U \cdot R_{2b}}{R_1 + R_{2b}} = \frac{60 \text{ V} \cdot 32 \Omega}{60 \Omega + 32 \Omega} = \underline{\underline{20,87 \text{ V}}}$		3	
		(1.0 point par réponse)		

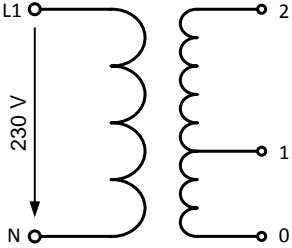
Exercices		Nombre de points	
		maximal	obtenus
13.	<p>5.3.2</p> <p>Un moteur et un dispositif de chauffage par résistance (installation de ventilation) sont raccordés au réseau triphasé.</p> <p>Calculez pour toute l'installation :</p> <p>a) La puissance active.</p> $P_{am} = \frac{P_m}{\eta} = \frac{4 \text{ kW}}{0,82} = 4,88 \text{ kW}$ $P_{atot} = P_R + P_{am} = 6 \text{ kW} + 4,88 \text{ kW} = \underline{\underline{10,88 \text{ kW}}}$ <p>b) La puissance réactive.</p> $\cos \varphi = 0,78; \Rightarrow \tan \varphi = 0,802$ $Q_M = \tan \varphi \cdot P_{am} = 0,802 \cdot 4,88 \text{ kW} = \underline{\underline{3,91 \text{ kvar}}}$ <p>c) La puissance apparente.</p> $S_{inst} = \sqrt{P_{am}^2 + Q_M^2} = \sqrt{(10,88 \text{ kW})^2 + (3,91 \text{ kvar})^2} = \underline{\underline{11,56 \text{ kVA}}}$	3	
14.	<p>5.2.4</p> <p>L'illustration ci-contre nous montre le principe d'une installation moderne de traitement d'eau chaude.</p>  <p>a) Comment nomme-t-on cette installation ?</p> <p>Pompe à chaleur</p> <p>b) Citez les 4 composants mentionnés sur l'illustration.</p> <p>1 = Condensateur</p> <p>2 = Détendeur</p> <p>3 = Evaporateur</p> <p>4 = Compresseur</p>	3	
		(1)	(0.5 point par réponse)

Exercices	Nombre de points	
	maximal	obtenus
<p>5.2.8/5.3.2</p> <p>15. Une entreprise consomme en moyenne 28 kW de puissance active et respectivement 37 kvar de puissance réactive. Quel est:</p> <p>a) Le facteur de puissance pour la charge non compensée ?</p> <p>b) Le facteur de puissance, lorsque l'on raccorde en parallèle, une batterie de compensation de 15 kvar ?</p> <p>c) La puissance réactive après compensation de l'installation ?</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>Le problème peut être résolu graphiquement ou par calcul. Pour la solution graphique utilisez svp le quart de cercle dessiné.</p> </div>  <p style="text-align: right;">Echelle: 1 cm \triangleq 5 kW \triangleq 5 kvar</p> <p>Solution graphique :</p> <p>a) $\cos \varphi_1$ mesuré = 61 mm correspond $\cos \varphi_1 = \underline{\underline{0,61}}$</p> <p>b) $\cos \varphi_2$ mesuré = 79 mm correspond $\cos \varphi_2 = \underline{\underline{0,79}}$</p> <p>c) $Q_2 = Q_1 - Q_C = 73,5 \text{ mm} - 30 \text{ mm} = 43,5 \text{ mm}$, correspond $\underline{\underline{21,75 \text{ kvar}}}$</p> <p>Solution par calcul :</p> <p>a) $\tan \varphi_1 = \frac{Q_1}{P} = \frac{37 \text{ kvar}}{28 \text{ kW}} = 1,32; \Rightarrow \cos \varphi_1 = \underline{\underline{0,603}}$</p> <p>b) $\tan \varphi_2 = \frac{Q_1 - Q_C}{P} = \frac{37 \text{ kvar} - 15 \text{ kvar}}{28 \text{ kW}} = 0,786; \Rightarrow \cos \varphi_2 = \underline{\underline{0,786}}$</p> <p>c) $Q_2 = \tan \varphi_2 \cdot P = 0,786 \cdot 28 \text{ kW} = \underline{\underline{22,0 \text{ kvar}}}$</p>	3	

 (1.0 point
par
réponse)

Exercices		Nombre de points	
		maximal	obtenus
16.	<p>5.2.2</p> <p>Le propriétaire d'une maison, a fait installer il y a 10 ans un éclairage à basse tension comprenant 8 lampes halogènes de 35 W. Pour des raisons d'économie d'énergie, il désire maintenant les remplacer par des modules LED 3 W. Les lampes halogènes installées ont un rendement lumineux de 20 lm/W, les modules LED prévus 70 lm/W. Combien de modules LED 3 W doit-on installer pour obtenir le même rendement lumineux ?</p> <p>Solution :</p> $P_{\text{tot}} = n \cdot P_1 = 8 \cdot 35 \text{ W} = \underline{280 \text{ W}}$ $\Phi = \eta_{\text{hal.}} \cdot P_{\text{tot}} = 20 \frac{\text{lm}}{\text{W}} \cdot 280 \text{ W} = \underline{5'600 \text{ lm}}$ $P_{\text{LED}} = \frac{\Phi}{\eta_{\text{LED}}} = \frac{5'600 \text{ lm}}{70 \frac{\text{lm}}{\text{W}}} = \underline{80 \text{ W}}$ $n = \frac{P_{\text{LED}}}{P_{\text{LED1}}} = \frac{80 \text{ W}}{3 \text{ W}} = 26,6 \text{ LED} \Rightarrow \underline{27 \text{ modules LED}}$	2	(0.5 point par réponse)
17.	<p>5.3.5</p> <p>Un voltmètre numérique dispose d'un affichage à 4,5 chiffres. Sa classe de précision est de 0,5 et son erreur d'affichage de ± 3 digits. Quelle est l'erreur absolue affichée, lorsqu'avec cet appareil on mesure une tension de 240 V ?</p> <p>Solution :</p> <p>Erreur absolue:</p> $E_{\text{abs}} = \frac{\text{cl.} \cdot \text{mes.}}{100 \%} + \text{digits} \cdot I = \frac{0,5 \% \cdot 240 \text{ V}}{100 \%} + 3 \cdot 0,1 = 1,5 \text{ V}$ <p>Erreur d'affichage:</p> <p><u><u>$\pm 1,5 \text{ V}$</u></u></p>	2	(1) (1)

Exercices		Nombre de points	
		maximal	obtenus
18.	<p>5.3.4</p> <p>Sur un réseau triphasé 4 fils, avec un analyseur de réseau nous mesurons les valeurs affichées.</p> <p>Déterminez graphiquement le courant dans le neutre I_N. (analyseur réseau)</p> <p>Echelle: 1 cm \triangleq 5 A</p>  <p>Solution :</p> <p>I_N mesuré = 26,5 mm</p> $I_N = \frac{26,5 \text{ mm} \cdot 5 \text{ A}}{10 \text{ mm}} = \underline{\underline{13,25 \text{ A}}}$ <p>Tolérance $\pm 1,5 \text{ A}$, (résultat max. 14,75 A, min. 11,75 A)</p> <p>(1 point pour les courants dessinés, 1 point pour le sens des courants, 1 point pour le résultat)</p>	3	

Exercices		Nombre de points	
		maximal	obtenus
19.	<p>5.1.6</p> <p>L'enroulement primaire d'un transformateur de sonnerie (selon dessin) a 2300 spires.</p> <p>L'enroulement secondaire est divisé en rapport 1:2</p> <p>Entre les bornes 0 et 2, nous mesurons une tension à vide de 12 V.</p>  <p>a) Calculez le nombre de spires au secondaire des enroulements partiels.</p> $N_2 = \frac{N_1 \cdot U_2}{U_1} = \frac{2'300 \text{ spires} \cdot 12 \text{ V}}{230 \text{ V}} = 120 \text{ spires}$ $N_{2/0-1} = \frac{N_2}{3} = \frac{120 \text{ spires}}{3} = \underline{\underline{40 \text{ spires}}}$ $N_{2/1-2} = \frac{N_2 \cdot 2}{3} = \frac{120 \text{ spires} \cdot 2}{3} = \underline{\underline{80 \text{ spires}}}$ <p>b) Quelle tension à vide (à l'exception des 12 V) peut-on aussi mesurer sur ce transformateur ?</p> <p>Solution :</p> $U_{2/0-1} = \frac{U_2}{3} = \frac{12 \text{ V}}{3} = \underline{\underline{4 \text{ V}}}$ $U_{2/1-2} = \frac{U_2 \cdot 2}{3} = \frac{12 \text{ V} \cdot 2}{3} = \underline{\underline{8 \text{ V}}}$	3	
		(1.0 point par réponse)	
		(0.5 point par réponse)	
Total		49	