

Dossier des expertes et experts**Temps:** 90 minutes**Auxiliaires:** Recueil de formules sans exemple de calcul, calculatrice de poche (sans base 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 multiples, 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: 51,0**

| | | |
|-------------|---------------|-----|
| 48,5 - 51,0 | Points = Note | 6,0 |
| 43,5 - 48,0 | Points = Note | 5,5 |
| 38,5 - 43,0 | Points = Note | 5,0 |
| 33,5 - 38,0 | Points = Note | 4,5 |
| 28,5 - 33,0 | Points = Note | 4,0 |
| 23,0 - 28,0 | Points = Note | 3,5 |
| 18,0 - 22,5 | Points = Note | 3,0 |
| 13,0 - 17,5 | Points = Note | 2,5 |
| 8,0 - 12,5 | Points = Note | 2,0 |
| 3,0 - 7,5 | Points = Note | 1,5 |
| 0,0 - 2,5 | Points = Note | 1,0 |

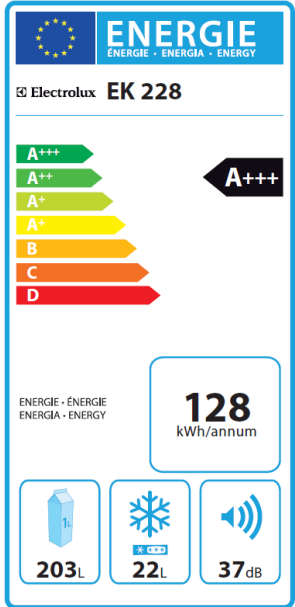
Les solutions ne sont pas données
pour des raisons didactiques

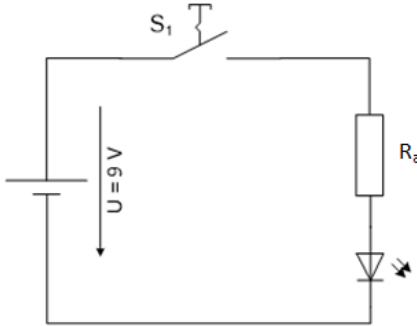
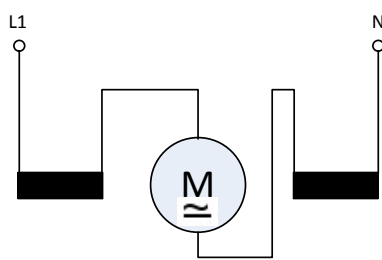
(Décision de la commission des
tâches d'examens du 09.09.2008)

Délai d'attente: Cette épreuve d'examen ne peut pas être utilisée librement comme exercice avant le **1^{er} septembre 2014**.

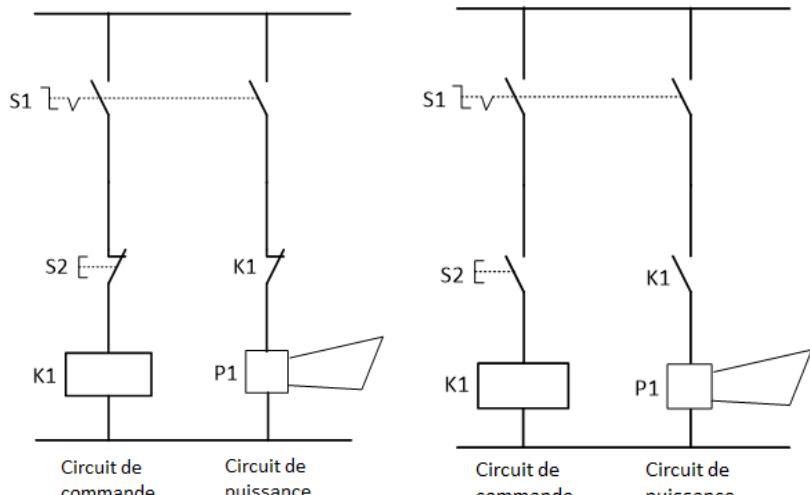
Créé par: Groupe de travail USIE examen de fin d'apprentissage
Planificatrice-électricienne CFC / Planificateur-électricien CFC
Editeur: CSFO, département procédures de qualification, Berne

| Exercices | | Nombre de points | |
|-----------|---|------------------|---------|
| | | maximal | obtenus |
| 1. | <p>5.2.7</p> <p>Pour quelle raison, avec le système TN-S, une bonne mise à la terre et une pose parfaite de la protection équipotentielle sont extrêmement importantes ? Nommez une raison.</p> <p>Réponses possibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La résistance de boucle diminue. - Cela augmente le courant de court-circuit, ce qui réduit le temps de coupure. - Protection contre les surtensions. - Réduction de la tension de défaut. | 1 | |
| 2. | <p>5.2.8</p> <p>En laboratoire, on détermine les pertes d'un transformateur. On mesure 380 W de pertes fer et 120 W de pertes cuivre. Le rendement du transformateur est spécifié à 87 %. Calculez la puissance nominale débitée par le transformateur avec une charge ohmique.</p> <p>Solution:</p> $P_{p\ Tot} = P_{p\ Fe} + P_{p\ Cu} = 380\ W + 120\ W = 500\ W$ $P_2 = \frac{P_{p\ Tot} \cdot \eta}{1 - \eta} = \frac{500\ W \cdot 87\ \%}{100\ \% - 87\ \%} = \underline{\underline{3'346,15\ W}}$ <p style="text-align: right;">Calcul avec $P_1 = 3'846,15\ W$ 2pt</p> | 3 | |
| 3. | <p>5.4.6</p> <p>Une installation industrielle consomme un courant pouvant atteindre un maximum de 200 A, sous 3 X 400 V/230 V.</p> <p>Nommez quatre appareils différents, installés dans le tableau de distribution, nécessaires à la mesure de l'énergie.</p> <p>Réponses possibles:</p> <p>Mesure indirecte avec:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fusibles avant compteur - Fusible/disjoncteur de protection du compteur - Fusible de protection de la télécommande - Compteur pour la mesure indirecte - Transformateur d'intensité (TI) - Boîte à bornes (barrette) | 2 | |

| Exercices | | Nombre de points | |
|-----------|---|--|---------|
| | | maximal | obtenus |
| 4. | <p>5.2.10 Champ électrique et champ magnétique.</p> <p>Quel champ apparaît dans la zone du cordon de raccordement d'une lampe de chevet, lorsque la lampe...</p> <p>a) ... est allumée ?</p> <p>Réponse:</p> <p>Champs électrique et magnétique</p> <p>b) ... est éteinte ?</p> <p>Réponse:</p> <p>Champ électrique</p> | 1 (0,5) (0,5) | |
| 5. | <p>5.3.1 Nommez quatre informations que vous pouvez trouver sur cette étiquette énergie.</p> <p>Réponses possibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Classe d'efficacité énergétique de l'appareil - Besoin énergétique annuel en kWh - Capacité totale pour les denrées fraîches - Capacité totale pour les denrées congelées - Bruit en dB - Nom ou marque du fournisseur - Type de l'appareil |  <p>(chacun 0,5)</p> | |
| 6. | <p>5.4.2 Une bobine a une résistance de 300 Ω. Elle est parcourue par un courant de 0,75 A, alors que la tension inductive U_L est de 150 V. Calculez l'impédance de la bobine.</p> <p>Solution:</p> $X_L = \frac{U}{I} = \frac{150 \text{ V}}{0,75 \text{ A}} = 200 \Omega$ $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{(300 \Omega)^2 + (200 \Omega)^2} = \underline{\underline{360,6 \Omega}}$ | 2 (1) (1) | |

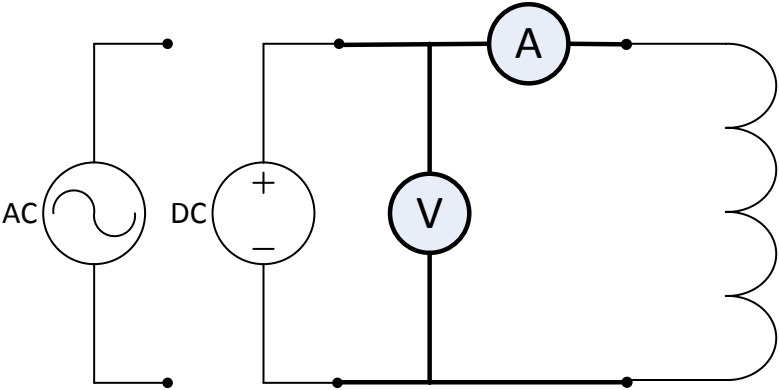
| Exercices | | Nombre de points | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|------------------|---------------|---------|-----|-----------|--------|---------|------|-------|-------|-----------------|-----|------------------|--------------------------|----------------------|---------------|-------|-------|-------|--------------------|------------------------|--------------|---|--|
| | | maximal | obtenus | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7. | <p>5.3.2</p> <p>Vous devez utiliser une LED avec une batterie 9V. La LED peut être enclenchée ou déclenchée avec commutateur schéma 0. Les données techniques de la LED sont répertoriées dans le tableau ci-dessous.</p> <p>Afin de ne pas dépasser la tension de fonctionnement U_F et le courant de fonctionnement I_F de la LED, une résistance doit être montée selon le schéma.</p> <table><tr><td>Type</td><td>LED-5-RAINBOW</td></tr><tr><td>Couleur</td><td>RGB</td></tr><tr><td>Exécution</td><td>Claire</td></tr><tr><td>Boitier</td><td>5 mm</td></tr><tr><td>I_F</td><td>20 mA</td></tr><tr><td>Conformité RoHS</td><td>Oui</td></tr><tr><td>Longueurs d'onde</td><td>620 nm / 520 nm / 465 nm</td></tr><tr><td>Intensité lum. I_v</td><td>Max. 1800 mcd</td></tr><tr><td>U_F</td><td>2,0 V</td></tr><tr><td>Angle</td><td>(2 theta 1/2) 15 °</td></tr><tr><td>Température de service</td><td>-25 - +85 °C</td></tr></table> <div></div> <p>Calculez la résistance additionnelle R_a.</p> <p>Solution:</p> $R_a = \frac{U - U_F}{I_F} = \frac{9\text{ V} - 2\text{ V}}{0,02\text{ A}} = \underline{\underline{350\ \Omega}}$ | Type | LED-5-RAINBOW | Couleur | RGB | Exécution | Claire | Boitier | 5 mm | I_F | 20 mA | Conformité RoHS | Oui | Longueurs d'onde | 620 nm / 520 nm / 465 nm | Intensité lum. I_v | Max. 1800 mcd | U_F | 2,0 V | Angle | (2 theta 1/2) 15 ° | Température de service | -25 - +85 °C | 2 | |
| | Type | LED-5-RAINBOW | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Couleur | RGB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Exécution | Claire | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Boitier | 5 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I_F | 20 mA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Conformité RoHS | Oui | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Longueurs d'onde | 620 nm / 520 nm / 465 nm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Intensité lum. I_v | Max. 1800 mcd | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| U_F | 2,0 V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Angle | (2 theta 1/2) 15 ° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Température de service | -25 - +85 °C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. | <p>5.3.6</p> <p>a) Comment s'appelle le moteur représenté par ce schéma ?</p> <p>Réponse:</p> <p>Moteur universel</p> <div></div> <p>b) Citez deux appareils utilisant ce type de moteur.</p> <p>Réponses possibles:</p> <p>Outillage électrique à main, appareils ménagers, appareils de bureau, vélo électrique.</p> | 2 (1) | (chacun 0,5) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Exercices | | Nombre de points | |
|-----------|--|--|---------|
| | | maximal | obtenus |
| 9. | <p>5.3.7 Répondez aux questions suivantes sur les accumulateurs:</p> <p>a) Nommez le type d'accumulateur utilisé pour le démarrage des voitures.</p> <p>Réponse:</p> <p>- Accumulateur au plomb</p> <p>b) Nommez le type d'accumulateur utilisé pour un Smartphone ayant une tension (FEM) par cellule de 3,6 V.</p> <p>Réponse possible:</p> <p>- Accumulateur Lithium - Ion</p> <p>c) Nommez un type d'accumulateur contenant un métal lourd dans sa composition.</p> <p>Réponse possible:</p> <p>- Accumulateur Nickel-Cadmium (NiCd) - Accumulateur au plomb</p> <p>d) Nommez un type d'accumulateur ayant une tension (FEM) par cellule 1,2 V. de</p> <p>Réponse possible:</p> <p>- Accumulateur NiMH/NiCd</p> | 2 (0,5) | |

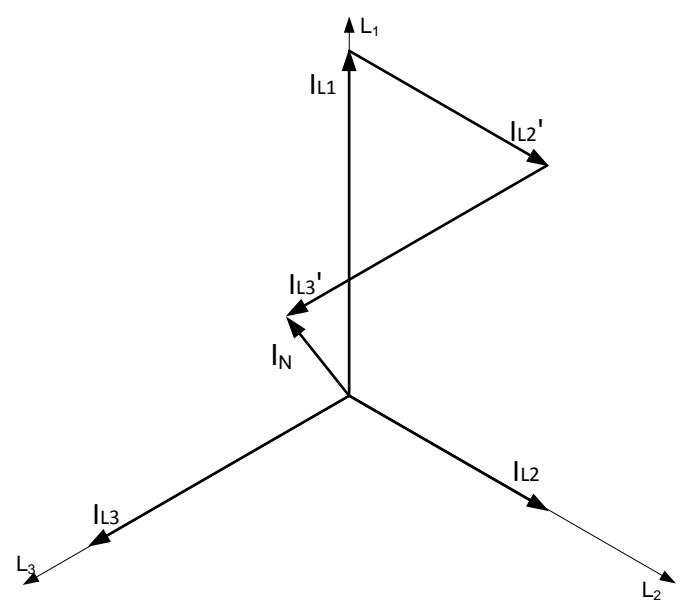
| Exercices | | Nombre de points | |
|-----------|--|------------------|---------|
| | | maximal | obtenus |
| 11. | <p>5.3.1 Circuit à basse tension.</p>  <p style="text-align: center;">Circuit 1 Circuit 2</p> <p>a) Quelle est la différence principale dans la fonction entre les circuits 1 et 2 ? (1)</p> <p>Réponses possibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le circuit 1 fonctionne sur le principe du courant de repos, le circuit 2 sur le principe du principe du courant de travail. - Sur le circuit 1, une interruption du circuit de commande provoque l'enclenchement du klaxon, ce qui n'est pas le cas pour le circuit 2. <p>b) Pour quelle application convient le circuit 1 ? Nommez un exemple. (1)</p> <p>Réponses possibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Système de supervision. - Système d'alarme. - Dispositifs de sécurité (les coupures sont détectées). <p>c) Pour quelle application convient le circuit 2 ? Nommez un exemple. (1)</p> <p>Réponses possibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Système à impulsion. - Système de contrôle. | 3 | |

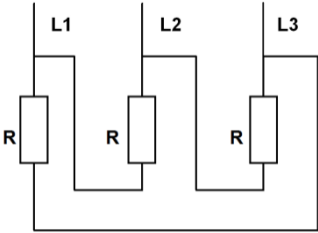
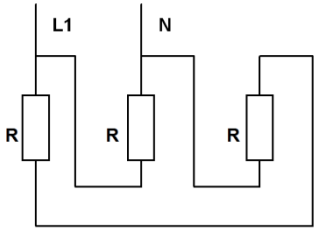
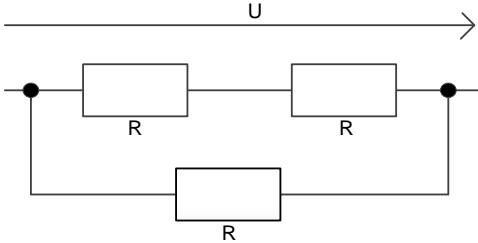
| Exercices | | Nombre de points | |
|-----------|--|------------------|---------|
| | | maximal | obtenus |
| 5.4.3 | | | |
| 12. | <p>Les données suivantes sont données pour un moteur à courant alternatif monophasé: $U = 230 \text{ V}$; $I = 6,1 \text{ A}$; $P_{\text{abs}} = 1'200 \text{ W}$, $Q_L = 726,9 \text{ var}$.</p> <p>a) Calculez le facteur de puissance du moteur non compensé.</p> <p>Solution:</p> $\cos \varphi = \frac{P_{\text{abs}}}{U \cdot I} = \frac{1'200 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 6,1 \text{ A}} = \underline{\underline{0,855}}$ <p>b) Calculez l'inductance de la bobine du moteur.</p> <p>Solution:</p> $Q_L = I^2 \cdot X_L \rightarrow X_L = \frac{Q_L}{I^2} = \frac{726,9 \text{ var}}{(6,1 \text{ A})^2} = 19,54 \Omega$ $L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{19,54 \Omega}{2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz}} = \underline{\underline{62,18 \text{ mH}}}$ <p>c) Calculez le facteur de puissance lorsque le moteur est compensé avec un condensateur d'une puissance réactive $Q_C = 500 \text{ var}$.</p> <p>Solution:</p> $Q_{\text{tot}} = Q_L - Q_C = 726,9 \text{ var} - 500 \text{ var} = 226,9 \text{ var}$ $\tan \varphi = \frac{Q_{\text{tot}}}{P} = \frac{226,9 \text{ var}}{1'200 \text{ W}} = 0,189 \rightarrow \cos \varphi = \underline{\underline{0,983}}$ | 5 | |
| | | (1) | |
| | | (2) | |
| | | (2) | |

| Exercices | | Nombre de points | |
|-----------|--|------------------|---------|
| | | maximal | obtenus |
| 13. | <p>5.4.4 3 corps de chauffe ayant des résistances de 30 Ω, 40 Ω et 50 Ω sont couplés en étoile sur le réseau 3 x 400 V / 230 V.</p> <p>a) Calculez la puissance totale des trois résistances ensemble.</p> <p>Solution:</p> $P_1 = \frac{U_1^2}{R_1} = \frac{(230 \text{ V})^2}{30 \Omega} = 1'763 \text{ W}$ $P_2 = \frac{U_2^2}{R_2} = \frac{(230 \text{ V})^2}{40 \Omega} = 1'323 \text{ W}$ $P_3 = \frac{U_3^2}{R_3} = \frac{(230 \text{ V})^2}{50 \Omega} = 1'058 \text{ W}$ $P_y = P_1 + P_2 + P_3 = 1'763 \text{ W} + 1'323 \text{ W} + 1'058 \text{ W} = \underline{\underline{4,144 \text{ kW}}}$ <p>b) Quelle est la puissance totale si les mêmes résistances sont connectées en triangle ?</p> <p>Réponses possibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trois fois plus grande. - $P_\Delta = 3 \cdot P_y = 3 \cdot 4,144 \text{ kW} = \underline{\underline{12,43 \text{ kW}}}$ | 3 | |
| | | (2) | |
| | | (1) | |

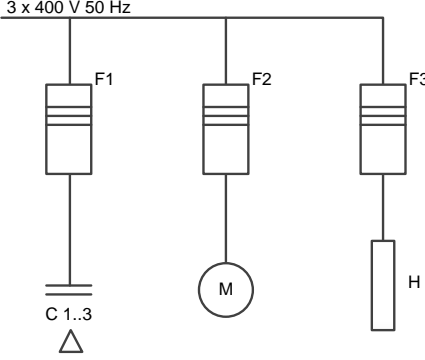
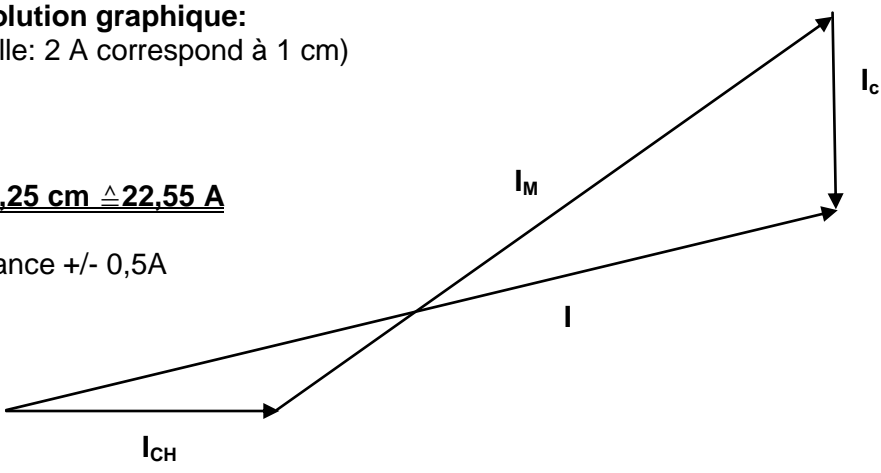
| Exercices | | Nombre de points | |
|-----------|--|------------------|---------|
| | | maximal | obtenus |
| 14. | <p>5.4.6 On doit déterminer l'impédance et ensuite la résistance d'une bobine.</p> <p>Pour la mesure, on dispose d'un voltmètre (V), d'un ampèremètre (A), d'une source de tension continue et d'une source de tension alternative.</p> <p>a) Quelle source de tension utilisez-vous pour la mesure d'impédance ?</p> <p>Réponse: La source de tension alternative.</p> <p>b) Quelle source de tension utilisez-vous pour la mesure de résistance ?</p> <p>Réponse: La source de tension continue.</p> <p>c) Complétez le schéma avec les appareils de mesure et une des deux sources de tension.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Le voltmètre peut être placé avant ou après l'ampèremètre. Les 2 solutions sont acceptées.</p> | 3 | |
| | | (1) | |
| | | (1) | |
| | | (1) | |

| Exercices | | Nombre de points | |
|-----------|--|------------------|---------|
| | | maximal | obtenus |
| 15. | <p>5.5.4</p> <p>Expliquez le fonctionnement du circuit représenté aussi précisément que possible. S1.1, S1.2, S1.3 et S2.1 sont des poussoirs.</p> <p>Réponse possible: La sortie peut être activée par une impulsion sur S2.1 ou S1.3 (contacts de fermeture). La sortie peut être désactivée par une impulsion sur S1.1 ou S1.2 (contacts d'ouverture).</p> | 2 | |
| 16. | <p>5.4.2</p> <p>Déterminez le courant total I pour le schéma suivant.</p> <p> $R_1 = 2 \Omega$ $R_2 = 4 \Omega$ $R_3 = 6 \Omega$ $R_4 = 8 \Omega$ $U = 12 \text{ V}$ </p> <p>Solution:</p> $R_{\text{équ}} = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = 2 \Omega + \frac{1}{\frac{1}{4 \Omega} + \frac{1}{6 \Omega} + \frac{1}{8 \Omega}} = \underline{\underline{3,846 \Omega}}$ $I = \frac{U}{R_{\text{équ}}} = \frac{12 \text{ V}}{3,846 \Omega} = \underline{\underline{3,12 \text{ A}}}$ | 2 | |

| Exercices | | Nombre de points | |
|-----------|--|------------------|---------|
| | | maximal | obtenus |
| 17. | <p>5.4.4</p> <p>Calculez les courants dans les conducteurs de phases et déterminez graphiquement le courant dans le neutre.</p> <p>Solution:</p> $U_1 = U_2 = U_3 = \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 230 \text{ V}$ $I_{L1} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{230 \text{ V}}{100 \Omega} = \underline{\underline{2,3 \text{ A}}}$ $I_{L2} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{230 \text{ V}}{150 \Omega} = \underline{\underline{1,53 \text{ A}}}$ $I_{L3} = \frac{U_3}{R_3} = \frac{230 \text{ V}}{115 \Omega} = \underline{\underline{2 \text{ A}}}$ <p>0,5 pt pour chaque courant de phase</p>  <p>Echelle: 1 A \triangleq 20 mm</p> <p>13,5 mm \triangleq $I_N = \underline{\underline{0,68 \text{ A}}}$</p> <p>Tolérance $\mp 0,1 \text{ A}$</p> <p>Courant de neutre correct 1,5 pt.</p> | 3 | |

| Exercices | | Nombre de points | |
|-----------|---|------------------|---------|
| | | maximal | obtenus |
| 18. | <p>5.4.4</p> <p>Sur le schéma de câblage d'un chauffe-eau figurent les informations suivantes :</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Schéma de câblage 1</p> <p>$P = 6,6 \text{ kW}$</p> <p>$U = 3 \times 400 \text{ V}$</p> </div> </div> <p>Quelle est la puissance du même chauffe-eau s'il est connecté en 230V (selon le schéma de câblage 2) ?</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Schéma de câblage 2</p> <p>$P = ? \text{ W}$</p> <p>$U = 1 \times 230 \text{ V}$</p> </div> </div> <p>Solution:</p> $P_{ph} = \frac{U_{ph}^2}{R} \Rightarrow R = \frac{U_{ph}^2}{P_{ph}} = \frac{(400 \text{ V})^2}{2,2 \text{ kW}} = 72,7 \Omega$ <div style="text-align: center;">  </div> $R_{tot} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{2R}} = \frac{1}{\frac{1}{72,7 \Omega} + \frac{1}{2 \cdot 72,7 \Omega}} = 48,5 \Omega$ $P_2 = \frac{U_{230}^2}{R_{tot}} = \frac{(230 \text{ V})^2}{48,5 \Omega} = 1,09 \text{ kW}$ | 3 | |
| | | | |

| Exercices | | Nombre de points | |
|-----------|---|------------------|---------|
| | | maximal | obtenus |
| 19. | <p>5.3.3b</p> <p>Un grand bureau doit être équipé avec des luminaires 1 x 49 W.</p> <p>Dimension du local: Longueur 12 m, largeur 8 m, hauteur 3 m;</p> <p>Facteur de réflexion du local: $\eta_R = 0,89$</p> <p>Facteur de vieillissement: $\eta_v = 0,8$</p> <p>Eclairage encastré: Longueur 1,47 m</p> <p>Type: Tulux Nr. 149XR38ME 1 x 49 W (4300 lm)</p> <p>Rendement optique du luminaire: $\eta_L = 63 \%$</p> <p>Ballast EVG: H.F. TL5 ; Puissance 6 W</p> <p>Lampe fluorescente: 1 x 49 W Philips 830 flux lumineux 4300 lm</p> <p>a) Calculez le nombre de luminaires pour obtenir un éclairement moyen de $E_m = 400 \text{ lx}$.</p> <p>Solution:</p> $E_m = \frac{n \cdot \phi \cdot \eta_R \cdot \eta_L \cdot \eta_v}{A} \Rightarrow$ $n = \frac{E_m \cdot A}{\phi \cdot \eta_R \cdot \eta_L \cdot \eta_v} = \frac{400 \text{ lx} \cdot 96 \text{ m}^2}{4300 \text{ lm} \cdot 0,89 \cdot 0,63 \cdot 0,8} = 19,9 \Rightarrow 20 \text{ luminaires}$ <p>b) Quelle est la puissance consommée par m^2 pour un éclairement de 400 lx ?</p> <p>Solution:</p> $A = 12 \text{ m} \cdot 8 \text{ m} = 96 \text{ m}^2$ $P_{\text{par m}^2} = \frac{n \cdot (P_L + P_{VG})}{A} = \frac{20 \cdot (49 \text{ W} + 6 \text{ W})}{96 \text{ m}^2} = 11,5 \text{ W/m}^2$ | 3 | |
| | | (1) | |
| | | (1) | |
| | | (1) | |

| Exercices | | Nombre de points | |
|-----------|--|------------------|---------|
| | | maximal | obtenus |
| 20. | <p>5.3.9b Schéma de principe</p>  <p><u>Résumé des puissances</u> Moteur 3 x 400 V, $I = 18 \text{ A}$, $\cos\varphi = 0,82$ Chauffage 3 x 400 V, 5 kW Compensation 3 x 400 V, 3,6 kvar, Δ</p> <p>Quel est le courant circulant dans la ligne lorsque toutes les charges sont sous tension ?</p> <p>Solution : $I_M = 18 \text{ A}$, $\cos\varphi = 0,82 \Rightarrow 35^\circ \text{ inductif}$</p> $I_{CH} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{5000 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 7,22 \text{ A}$ $I_C = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = \frac{3600 \text{ var}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 5,2 \text{ A } 90^\circ \text{ capacitif}$ <p>Solution calculée:</p> $I = \sqrt{(I_{W\text{tot}})^2 + (I_{Q\text{tot}})^2} = \sqrt{(21,98 \text{ A})^2 + (5,06 \text{ A})^2} = 22,55 \text{ A}$ $I_{W\text{tot}} = I_{CH} + I_M \cdot \cos\varphi = 7,22 \text{ A} + 18 \text{ A} \cdot 0,82 = 21,98 \text{ A}$ $I_{Q\text{tot}} = I_M \cdot \sin\varphi - I_C = 18 \text{ A} \cdot 0,57 - 5,2 \text{ A} = 5,06 \text{ A}$ <p>Ou solution graphique: (Echelle: 2 A correspond à 1 cm)</p>  <p><u>$I = 11,25 \text{ cm} \triangleq 22,55 \text{ A}$</u> Tolérance +/- 0,5A</p> <p>Ou solution par les puissances</p> | 4 | |
| | | (2) | |
| | | (2) | |
| Total | | 51 | |