

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2007

Génie électrique

(Sous-épreuve E 5-2)

CORRIGÉ

Barème proposé

Questions	Barème	Questions	Barème	Questions	Barème	Questions	Barème
Q 1.1	1,5	Q 1.11	1,5	Q 2.5	2	Q 2.15	2
Q 1.2	1,5	Q 1.12	1,5	Q 2.6	2		
Q 1.3	1,5	Q 1.13	1,5	Q 2.7	1	Q 3.1	2
Q 1.4	1,5	Q 1.14	1,5	Q 2.8	1	Q 3.2	2
Q 1.5	1	Q 1.15	1,5	Q 2.9	1,5	Q 3.3	2,5
Q 1.6	1,5			Q 2.10	1,5	Q 3.4	2,5
Q 1.7	1	Q 2.1	2	Q 2.11	1,5		
Q 1.8	1	Q 2.2	2	Q 2.12	1		
Q 1.9	1,5	Q 2.3	2	Q 2.13	1,5		
Q 1.10	1,5	Q 2.4	2	Q 2.14	7		

Ce dossier contient les documents C 1 à C 8

CORRIGE

ETUDE 1 : Changement d'un éclairage et d'une installation électrique

ECLAIRAGE DE L'ATELIER CARTER

Documents du dossier technique à consulter : **DT 1 à DT 2**
Répondre sur **feuille de copie**.

Durée conseillée : 15 minutes
Barème : 6 / 60

Des réunions TPM ont fait apparaître à plusieurs reprises que la qualité de l'éclairage était insuffisante pour une partie de l'atelier, notamment dans le secteur OP 30 (assemblage des pattes de fixation sur la cuve). Des mesures d'éclairement ont donné moins de 200 lux, ce qui est insuffisant pour les activités pratiquées.

Aucune amélioration n'étant possible, le service maintenance est chargé du remplacement des lampes et des luminaires.

Caractéristiques :

- L'atelier est éclairé : 24 h / 24 h ; 365 jours / an
- Les activités pratiquées sont assimilables à de la mécanique moyenne.

Q1-1 Donner le niveau d'éclairement moyen à maintenir, sans oublier l'unité.

Rép : mécanique moyenne → **425 lux**

Q1-2 Déterminer, par le calcul, le tube fluorescent qui a la meilleure efficacité lumineuse.

Rép : $K = \phi / P$; $K = 3250 / 36 = 90,3 \text{ lm.W}^{-1}$ → tube : **F 36W 600**

Q1-3 Pour ce type de tube, donner le rendement total du luminaire proposé et calculer le flux lumineux qu'il renvoie sachant qu'il y a deux tubes fluorescents par luminaire.

Rép : $\eta_{\text{total}} = 0,7$; $\eta = \text{flux lumineux utile sortant du luminaire} / \text{flux produit}$
 $\text{flux lumineux utile sortant du luminaire} = 0,7 \times 2 \times 3250 = 4550 \text{ lm}$

Q1-4 Quelles actions de maintenance faut-il réaliser pour que, dans le temps, l'installation conserve son niveau d'éclairement ?

Rép : **Dépoussiérer** les luminaires et changer les lampes avant leur fin de vie

DISTRIBUTION ELECTRIQUE POUR L'ECLAIRAGE

Documents du dossier technique à consulter : **DT 2 à DT 9**
Répondre sur **feuille de copie**.

Durée conseillée : 40 minutes
Barème : 15 / 60

L'installation électrique n'étant plus adaptée au nouvel éclairage, le service maintenance décide de la changer.

Caractéristiques :

- L'installation retenue est composée de 6 lignes de 50 m avec 25 réflecteurs industriels compensés, **2 x 58 W** par ligne (ce n'est pas obligatoirement celui déterminé en Q1-2).
- Les 6 lignes sont protégées par les disjoncteurs Q111 à Q116
- La constitution du plafond impose un entraxe de 5 m pour la fixation des canalisations, les luminaires doivent être supportés par la canalisation.
- Les lignes (C111 à C116) sont monophasées (L + N) et alimentées en 230 V.
- La température ambiante varie entre 20° et 30° C.

Q1-5 Choisir le type de canalisation préfabriquée.

Rép : **KBB** (KBA n'accepte pas un entraxe de 4,5m)

Q1-6 Déterminer le courant d'emploi dans chaque canalisation préfabriquée.

Rép : $2 \times 58 \text{ W tubes fluo compensés} ; 25 \text{ luminaires par ligne prendre } 26 : I_B = 20 \text{ A}$

CORRIGE

Q1-7 Qu'est-ce qu'un réflecteur à ballasts compensés ?

Rép : C'est un réflecteur équipé de condensateurs de compensation d'énergie réactive.

Q1-8 Sur une installation, quelles sont les conséquences d'un mauvais facteur de puissance ?

Rép : surintensités en ligne, échauffements, Pénalités EDF si mauvaise $tg \phi$, surdimensionnement des câbles, du transformateur, des protections...

La protection des câbles C111 à C116 est obtenue par des disjoncteurs modulaires Q111 à Q116.

Q1-9 Choisir les disjoncteurs Q111 à Q116.

Rép : Uni + neutre, 20 A → ref : 24190

Q1-10 Choisir les sections des câbles C111 à C116 (isolant PRC et pose espacée) et la référence complète de la canalisation électrique d'éclairage.

Rép : $I = 20 \text{ A}$; câble PRC ; pose espacée donne $S = 1,5 \text{ mm}^2$ ref : KBB25

Q1-11 Calculer la chute de tension (en volts) à l'extrémité des câbles C111 à C116 et à l'extrémité des canalisations préfabriquées.

Rép : Câbles $S = 1,5 \text{ mm}^2$ $L = 30 \text{ m}$; $I = 20 \text{ A}$ donne 14 v

Canalis KBB25 ; $I = 20 \text{ A}$; 50 m donne 6,5 V

La chute de tension entre le TGBT et le tableau A11 est de 1%.

Q1-12 Calculer la chute de tension du TGBT jusqu'à l'extrémité de la canalisation préfabriquée. Est-elle acceptable ? Dans le cas contraire proposer une solution et vérifier quelle est correcte.

$S \text{ mm}^2$	$\Delta U(\text{C111}+\text{canalis}) \text{ (V)}$	$\Delta U(\text{C111}+\text{canalis}) \text{ (%)}$	$\Delta U/U_{\text{total}}$
1,5	14 V + 6,5 V = 20,5 V	Tension sortie Q111 230 V * 0,99 = 228 V $\Delta u = 20,5 \text{ V} / 228 \text{ V} = 0,09 \rightarrow 9 \%$	$9\% + 1\%(\text{C1}+\text{C11}) = 10\% \gg 6\%$ non acceptable : augmenter section
6	3,7 V + 6,5 V = 10,2 V	$10,2 / 228 = 0,045 \rightarrow 4,5\%$	$4,5\% + 1\%(\text{C1}+\text{C11}) = 5,5\% \ll 6\%$ oui

Le courant de court-circuit présumé au niveau du disjoncteur Q1 est de 35 kA.

Q1-13 Déterminer les intensités de court-circuit au niveau des disjoncteurs Q11 et Q111.

Rép : au niveau de Q11 : $C1 = 240 \text{ mm}^2$ et 12 m ; lcc amont = 35 kA donne : 30,8 kA

Rép : au niveau de Q111 : $C11 = 95 \text{ mm}^2$ et 42 m ; lcc amont = 35 kA donne : 16,7 kA

Caractéristiques de Q11

- disjoncteur magnéto-thermique avec bloc différentiel (à montage latéral)
- quatre pôles
- version fixe
- boîtier DPX 160

Q1-14 Donner les références de Q11, sans oublier de justifier.

Rép : $I = 150 \text{ A} \rightarrow IN = 160 \text{ A}$; lcc à couper = 30,8 kA → pdc = 50 kA

Ref : 25173 + 260 21

A la suite d'un court-circuit sur le câble C191, les disjoncteurs Q19 et Q191 ont déclenché. Le courant de court-circuit présumé en aval du disjoncteur Q191 est de 8 kA.

- Q19 : DPX 125 ; 100 A
- Q191 : DX ; 16 A ; courbe C

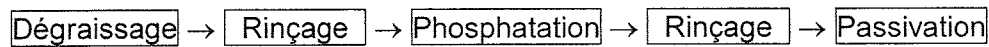
Q1-15 Expliquer pourquoi les deux disjoncteurs ont déclenché.

Rép : il n'y a pas de sélectivité entre Q191 et Q19, la limite de sélectivité est de 6 kA.

CORRIGE

ETUDE 2 : Unité de traitement de surface

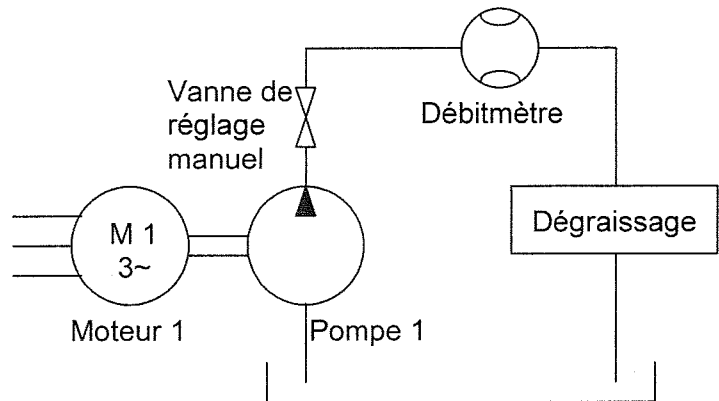
Avant de souder les pièces sur les cuves, il est nécessaire de nettoyer ces dernières. Sur cette machine, le nettoyage des cuves se compose de cinq étapes :



Les pièces circulent sur un tapis. Des buses projettent sur les cuves les différents produits.

A chaque étape, les pompes permettent la circulation du produit nécessaire. Leurs débits qui sont des paramètres importants pour la qualité du nettoyage des cuves sont lus sur des débitmètres.

La variation de débit est obtenue manuellement en créant une perte de charge à l'aide de la vanne de réglage.



Exemple : étape dégraissage

Les cinq moteurs et les cinq pompes sont identiques. Les circuits ont des pertes de charge comparables.

Caractéristiques du réseau

- triphasé : 400 V, 50 Hz

Caractéristiques des moteurs des pompes

- $P = 5,5 \text{ kW}$; $N = 2920 \text{ tr.min}^{-1}$; débit nominal : $60 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$
- $U = 230 / 400 \text{ V}$; $F = 50 \text{ Hz}$
- $I_N = 10,9 \text{ A}$; $\cos \varphi = 0,88$
- $I_D / I_N = 8,6$

Le débit maximal lorsque une vanne est ouverte est de $60 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$. Les besoins de la production imposent des débits plus faibles variant de $50 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ à $30 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$. Les pompes tournent dans un seul sens.

Situation initiale :

Jusqu'à présent, le réglage du débit s'effectuait en réglant manuellement la vanne. Exemple : pour passer 50 à $30 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$, on fermait partiellement la vanne.

CORRIGE

Nouvelle solution :

Le réglage du débit s'effectuera à l'aide d'un variateur qui alimentera le moteur à une fréquence variable.

Exemple : pour passer de 50 à 30 m³.h⁻¹, on diminuera la fréquence de sortie du variateur.

Remarque : pour un même débit, la hauteur manométrique peut être différente si on a un réglage par vanne ou par variation de vitesse.

Débit (m ³ .h ⁻¹)	Hauteur manométrique (mCE)	
	Réglage par vanne à réglage manuel	Réglage par moteur à vitesse variable
60	28	28
50	33	23
30	37	17

La hauteur manométrique (ou pression) est exprimée en mCE (mètre de Colonne d'Eau).
10 mCE correspondent approximativement à 1 bar.

VARIATION DE VITESSE

Documents du dossier technique à consulter : **DT 10**
Répondre sur le document réponse **DR 1** et sur **feuille de copie**.

Durée conseillée : 25 minutes
Barème : 8 / 60

La puissance d'une pompe est donnée par la formule suivante : $P = H \cdot Q \cdot g$ avec $g = 9,81$

P en watt (W) ; H en mètre (m) ; Q en litre par seconde (l.s⁻¹) ; g en mètre par seconde² (m.s⁻²)

Q2-1 Compléter sur le document réponse **DR 1** le tableau avec les puissances utiles de la pompe et les puissances électriques absorbées. **Voir corrigé 8.**

Q2-2 Sur **feuille de copie**, calculer la puissance économisée, pour une pompe, grâce à la solution variateur pour un débit de 30 m³.h⁻¹.

Rép : $4,73 - 1,99 = 2,74 \text{ kW}$

La pompe fonctionne 24 h / jour et 300 jours / an.

Le coût moyen du kWh est de 0,061 €.

Q2-3 Sur **feuille de copie**, calculer (en €) l'économie réalisée sur une année, pour une pompe.

Rép : $W = P \cdot t = 2,74 \times 24 \times 300 = 19728 \text{ kWh}$; le coût est de $19728 \times 0,061 = 1203 \text{ €}$

La solution variateur est retenue

Q2-4 Choisir le variateur avec filtre CEM intégré. Réponse sur **feuille de copie**.

Rép : $P = 5,5 \text{ kW}$ **ATV31HU55N4A**

CONFIGURATION

Documents du dossier technique à consulter : **DT 11**
Répondre sur **feuille de copie**.

Durée conseillée : 30 minutes
Barème : 9 / 60

La tension de sortie maximale du variateur est égale à la tension du réseau d'alimentation.

CORRIGE

Q2-5 Quel doit être le couplage du moteur de la pompe ?

Rép. $U_{\text{variateur}} = 400 \text{ V}$; $U_{\text{moteur}} = 230 / 400 \text{ V} \rightarrow$ **couplage Y**

Le débit d'une pompe est considéré proportionnel à sa fréquence de rotation.

Q2-6 Calculer à quelle fréquence de rotation ($\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$) doit tourner la pompe pour avoir un débit de $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Rép : Débit nominal : $60 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ pour $2920 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$
pour avoir $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, il faut : $(2920 \times 30) / 60 = 1460 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$

Q2-7 Calculer le couple du moteur de la pompe à sa puissance nominale.

Rép : à N nominale, $C = P / \Omega$; $5500 : (2 \pi \cdot 2920 / 60) = 18 \text{ N} \cdot \text{m}$.

Q2-8 Calculer le couple du moteur de la pompe pour un débit de $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (le rendement de la pompe est de 80 %).

Rép : à $1460 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$, $P_{\text{utile moteur}} = P_{\text{utile pompe}} / \eta_{\text{pompe}} = 1,39 / 0,80 = 1,75 \text{ kW}$
 $C = P_{\text{utile moteur}} / \Omega = 1750 / (2 \pi \cdot 1460 / 60) = 11,4 \text{ Nm}$

On considère que le glissement est compensé et que si la pompe est alimentée sous 50 Hz, son débit est de $60 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Q2-9 Calculer à quelle fréquence il faut alimenter le moteur de la pompe pour avoir un débit de $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Rép : pour avoir $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, il faut : $50 \times (30 / 60) = 25 \text{ Hz}$

Le moteur de la pompe est auto-ventilé.

Q2-10 A $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, le moteur est-il toujours adapté lorsqu'il est associé à un variateur ?

Rép : à 25 Hz, $C = 0,95 \cdot C_n = 17,1 \gg$ à 12 Nm donc **toujours adapté**

PERTURBATIONS HARMONIQUES ET RADIOFREQUENCES

Répondre sur feuille de copie .	Durée conseillée : 10 minutes Barème : 4 / 60
--	--

Le courant absorbé par le variateur n'est pas sinusoïdal. Son analyse spectrale donne principalement des harmoniques de rang 5 et 7.

Q2-11 Quelles sont les fréquences des harmoniques 5 et 7 ?

Rép : chiffre 5 $\rightarrow 250 \text{ Hz}$; 7 $\rightarrow 350 \text{ Hz}$

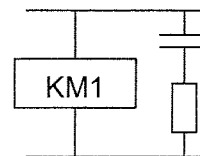
Lors de cette mesure, l'appareil affiche un $\cos \varphi$ de 0,8 et un facteur de puissance de 0,7.

Q2-12 Expliquer la différence entre le $\cos \varphi$ et le facteur de puissance.

Rép : $\cos \varphi$ est le déphasage entre U et I ; le facteur de puissance est le rapport P / S
Il y a une différence car **le courant n'est pas sinusoïdal**.

Q2-13 Sur le schéma de commande, on a placé un circuit RC en parallèle avec la bobine du contacteur KM1. Quelle est la fonction de ce circuit RC ?

Rép : Ce circuit RC est utilisé pour **limiter les effets dus à la surtension** aux bornes de la bobine.



AMELIORATION DE L'EQUIPEMENT

Documents du dossier technique à consulter : DT 12 Répondre sur le document réponse DR1 et sur feuille de copie .	Durée conseillée : 30 minutes Barème : 9 / 60
--	--

CORRIGE

L'automate programmable de la machine « Unité de traitement de surface » ne gère pas la commande des pompes. A chaque poste les pompes sont commandées individuellement par des boutons poussoirs « marche » et « arrêt ».

Modifications à réaliser.

Les variateurs seront placés dans des armoires en face de chaque poste.

A chaque poste, l'opérateur disposera de deux informations :

- la fréquence de sortie du variateur (sur son afficheur).
- le débit grâce au débitmètre déjà en place.

Les cinq pompes sont commandées individuellement.

Sur chacun des 5 postes, il y a :

- un bouton arrêt d'urgence à verrouillage pour arrêter les cinq pompes simultanément.
- un bouton poussoir arrêt pour arrêter individuellement chaque pompe.
- un bouton poussoir marche pour mettre en marche individuellement chaque pompe.
- un potentiomètre pour le réglage de la fréquence de rotation de chaque pompe.

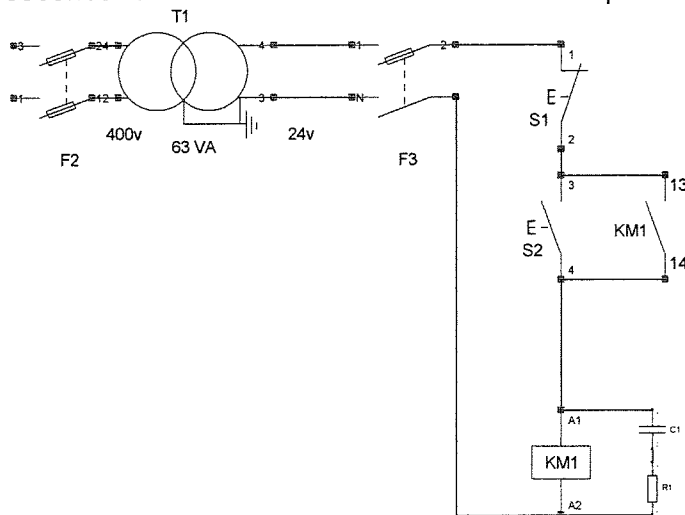
Affectations des boutons des deux premiers postes :

Pompe	Bouton «arrêt d'urgence»	Bouton «arrêt»	Bouton «marche»	Potentiomètre
P1	S11	S111	S112	Pot1
P2	S21	S121	S122	Pot2

Q2-14 Compléter les schémas de puissance et de commande des deux premiers postes (dégraissage et rinçage) sur le document réponse **DR 1**.

Les moteurs M1 et M2 entraînent respectivement les pompes P1 et P2. Ils sont commandés et protégés respectivement par des disjoncteurs (Q181 – Q182) et des contacteurs (kM11 – kM12).

Q2-15 Sur le schéma de commande ci-dessous, pourquoi relie-t-on une des deux bornes du secondaire du transformateur à la terre ?? Réponse sur **feuille de copie**.



Rép : **Le 1^{er} défaut** franc entre un conducteur et la masse, doit provoquer la fusion du fusible F3. Nous obtenons la coupure au premier défaut.

Si cette connexion n'est pas réalisée, au **1^{er} défaut il ne se passe rien**, pas de danger. Au **2^{ème} défaut** entre un conducteur et la masse, des boutons sont shuntés et peuvent entraîner un **fonctionnement intempestif**.

ETUDE 3 : Schémas des liaisons à la terre et contrôle de la ligne

CHANGEMENT DU REGIME DE NEUTRE

Documents du dossier technique à consulter : DT3, DT13 à DT14 Répondre sur feuille de copie .	Durée conseillée : 20 minutes Barème : 9 / 60
---	--

L'entreprise a grandi au fil des années et plusieurs régimes de neutre ont été mis en place dans différents bâtiments.

Dans le bâtiment A, le schéma des liaisons à la terre est I.T. La prise de terre des masses du poste est séparée des masses d'utilisation, d'où la présence d'un dispositif différentiel à courant résiduel en tête d'installation.

Le contrôleur permanent d'isolement détecte fréquemment des défauts d'isolement du réseau surveillé.

Le personnel par manque de temps n'intervient plus systématiquement à l'apparition d'un premier défaut.

Q3-1 Ne pas intervenir systématiquement à l'apparition d'un premier défaut, présente-il un danger pour les personnes ?

Rép. : non, en IT, au 1^{er} défaut **la tension de contact n'est pas dangereuse**

Q3-2 Que se passe-t-il à l'apparition d'un deuxième défaut ?

Rép. : il y a un **court-circuit** et un ou deux **disjoncteurs déclenchent**.

Le service de maintenance a localisé les défauts d'isolement. Ceux-ci proviennent des équipements de l'atelier M17 .

Il a été décidé d'étudier le changement de régime de neutre en TNS pour cet atelier.

Q3-3 Comment peut-on réaliser un réseau ilôté TNS à partir d'un réseau IT ?

Quel(s) matériel(s) faudrait-il implanter et quelle(s) modification(s) faut-il apporter ?

Rép. : **Implanter un transformateur de tension triphasé BT/BT secondaire en étoile neutre accessible . Implanter en amont un nouveau disjoncteur adapté à l'alimentation du transformateur pour la protection du circuit primaire.**

Relier le neutre du secondaire du transformateur directement à la borne terre.

Relier le conducteur PE au neutre du transformateur

Vérifier les calibres des disjoncteurs pour des court-circuits phase/neutre.

Caractéristiques d'une partie de l'installation (DT3).

- Disjoncteur Q17 : C60N, triphasé, courbe C ; calibre 40 A.
- Câble C17 : longueur 50 m ; Section des 3 phases et du neutre =10 mm² en cuivre.
- U_L de l'atelier M17 : 50 V (locaux secs).
- Le câble C17 sera connecté en aval de Q17, lequel sera alimenté par l'équipement nécessaire au changement de régime de neutre.

Q3-4 Si un défaut entre une phase et la masse se produit sur l'équipement M17, la protection des personnes est-elle assurée, en schéma TN ? Justifier la réponse (DT13)

Rép. : Disjoncteur : type C , IN = 40 A ; S=10 mm² → câble longueur maxi = 83 m
83 m > 50 m donc **la protection est assurée**

CORRIGE

Q2.1 Compléter le tableau avec les puissances.

Réglage par	Débit (m ³ .h ⁻¹)	Hauteur manométrique (mCE)	P utile pompe (kW)	Rendement global pompe + moteur %	Puissance électrique absorbée (kW)
vanne	60	28	4,58	74	6,19
vanne	30	37	3,03	64	4,73
variateur de vitesse	30	17	1,39	70 (avec variateur)	1,99

2.14 Compléter les schémas de commande et de puissance.

