

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
ÉLECTROTECHNIQUE**

SESSION 2017

Épreuve E.4.2

Poste de livraison Six Fours Le Fort

Correction

PARTIE A : ÉTUDE DES POSSIBILITÉS D'ASSOCIATION DES POMPES INVERSÉES.....	2
A1 - Étude énergétique du cas n°2	2
A2 - Étude financière globale.....	2
PARTIE B : DIMENSIONNEMENT DES CONSTITUANTS.....	3
B1 - Choix des câbles pour les alimentations principales.....	3
B2 - Validation des matériels de protection installés	4
B3 - Compensation puissance réactive	4
PARTIE C : MODIFICATION DE L'INSTALLATION EXISTANTE.....	5
C1 - Mesure et affichage de la variation de pression.....	5
C2 - Contrôle des températures	6
DREP 3 - question C2.1	7
DREP4 - question C2.2	7

Partie A : Étude des possibilités d'association des pompes inversées

A1 - Étude énergétique du cas n°2

A11 Calculs des puissances électriques restituables

On applique l'expression donnée dans le contexte

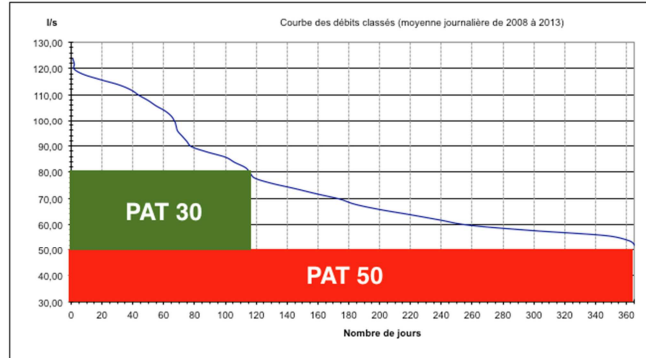
$$P_{elec\ 50} = 0,64 * 0,9 * 50 * 10^{-3} * 1.10^3 * 9,81 * 78$$

$$P_{elec\ 50} = 22037,18W$$

$$P_{elec\ 30} = 13222,31W$$

A12 Temps de fonctionnement

La courbe des débits classés nous renseigne sur le nombre de jours pendant lesquels le débit est au moins égal à 50 l/s. Lorsque que les deux pompes sont associées, on ajoute les deux débits afin de connaître le nombre de jours pendant lequel la PAT₃₀ va fonctionner.



$$t_{PAT50} = 365 \text{ jours}$$

$$t_{PAT30} = 118 \text{ jours}$$

A13 Énergie

$$\Delta W_{50} = 365 \text{ jours} * P_{elec\ 50} * 24h = 193\ 045 \text{ kWh}$$

$$\Delta W_{30} = 118 \text{ jours} * P_{elec\ 30} * 24h = 37\ 445 \text{ kWh}$$

$$\Delta W_{Total} = 230\ 490 \text{ kWh}$$

A2 - Étude financière globale

A21 Montant revente

$$\text{Montant} = 9,983 * 10^{-2} \text{ €/kWh} * 230\ 490 \text{ kWh} = 22\ 657 \text{ €/an}$$

A22 Temps de retour sur investissement

Une PAT₅₀ seule produit 193 045 kWh et une revente de 18 976 € par an pour un investissement de 81 k€ alors que l'association d'une PAT₅₀ et d'une PAT₃₀ porte la production à 230 490 kWh et une revente de 22 657 € pour un investissement de 171 k€

$$\text{Cas 1 : } TRI_1 = \frac{81}{18,976} = 4,27 \text{ ans}$$

$$\text{Cas 2 : } TRI_2 = \frac{171}{22,657} = 7,55 \text{ ans}$$

A23 Gain en euros sur 15 ans

$$\text{Cas 1 : } GAIN_1 = 15 * 18976 - 81000 = 203\ 640 \text{ €}$$

$$\text{Cas 2 : } GAIN_2 = 15 * 22657 - 171000 = 168\ 855 \text{ €}$$

A24 DREP1

Le projet de valorisation de l'énergie hydraulique du poste de livraison de la commune mené avec la SCP nous permet de produire de l'électricité à partir du surplus d'énergie hydraulique au niveau du poste. En effet, le poste est alimenté par le réservoir de stockage de l'usine d'Hugueneuve à 258 m et il assure le remplissage du réservoir de distribution situé à 166 m. L'étude a permis de comparer deux solutions envisageables : soit l'installation d'une seule pompe d'un débit de 50 l/s soit l'installation de 2 pompes : l'une avec un débit de 50 l/s et l'autre en complément avec un débit de 30 l/s qui ne fonctionnera que 118 jours par an selon les statistiques des débits classés.

Le tableau ci-dessous contient les principaux résultats :

	Description	Investissement	Revente de l'énergie	Temps de retour sur investissement	Gain en euros sur 15 ans
Cas 1	une seule PAT de 50 l/s (PAT ₅₀)	81 k€ HT	18,97 k€ HT /an	4 ans et 4 mois	203 640 €
Cas 2	une PAT de 50 l.s ⁻¹ (PAT ₅₀) associée à une PAT de 30 l.s ⁻¹ (PAT ₃₀) en complément	171 k€ HT	22,65 k€ HT/an	7 ans et 7 mois	168 855 €

L'étude technico-économique a permis de montrer que l'installation d'une seule pompe à débit constant de 50 l/s permettait un retour sur investissement de 4 ans et 4 mois. L'installation d'une deuxième pompe porte ce temps de retour à plus de 7 années du fait de l'investissement important et surtout du faible taux de fonctionnement de cette deuxième pompe (118/365 soit 30% du temps).

L'installation et ses équipements ayant une durée de vie de 15 ans, notre calcul montre un gain de 35 000 € pour la solution à 2 pompes mais cela représente également un investissement plus important de 90 000 €. Cette étude nous amène à proposer au conseil municipal l'installation d'une seule pompe avec un débit de 50 l/s.

Partie B : Dimensionnement des constituants

B1 - Choix des câbles pour les alimentations principales

B11 Section canalisation C0

La détermination de la section minimale du câble C0 s'effectue en suivant la procédure décrite dans le document ressource.

Partie enterrée

mode de pose 52 C → ref 61

52 G → méthode de référence D soit K4 = 0,8

52 T → K5 = 1

52 M → K6 = 0,86

52 L → K7 = 0,96

d'où K = K4*K5*K6*K7 = 0,66048

Le disjoncteur de branchement est calibré à 60 A : I_N = 60 A

$$I_Z = \frac{I_N}{K} = 90,84A$$

52 J → PR3 : 113 A soit 16 mm²

B12

La section minimum de la partie enterrée est de 16 mm² alors que celle de la partie aérienne est de 10 mm² ; on conserve donc la plus grande section (16 mm²) pour l'ensemble du câble.

B13 Chute de tension

La compensation étant parfaite, on considère un facteur de puissance unitaire. Le tableau nous indique un facteur égal à 2,4 V/A.km, soit pour un courant I_N de 60 A (valeur par excès du courant d'emploi) :

$$\Delta u_{C0} = 2,4 * 15 * 10^{-3} * 60A = 2,16 V$$

B14 Chute de tension totale

$\Delta u_{Totale} = 2,16 + 1,35 = 3,51 V$. Cette chute de tension équivaut à 0,90 % de la tension composée et est donc conforme aux exigences de la norme NFC 15-100 qui autorise jusqu'à 8% pour les départs moteur.

B2 - Validation des matériels de protection installés

B21 Courants de court-circuit présumés

Afin de déterminer le courant de court-circuit présumé au niveau du jeu de barres, nous déterminons dans un premier temps l'impédance équivalente de boucle puis nous appliquons la formule donnée.

Impédance équivalente de boucle :

$$R_{T0} = R_{amont} + R_{C0} = 0,2298 + 37 = 37,2298 m\Omega$$

$$X_{T0} = X_{amont} + X_{C0} = 0,1113 + 2,0 = 2,1113 m\Omega$$

$$\text{soit } Z_{T0} = \sqrt{R_{T0}^2 + X_{T0}^2} = 37,2896 m\Omega$$

Courant de court-circuit présumé :

$$I_{k3 JDB} = \frac{U}{\sqrt{3} * Z_{T0}} = \frac{400}{\sqrt{3} * 37,2896 * 10^{-3}} = 6 193 A$$

B22

Q0 doit avoir un calibre suffisant pour le courant d'emploi et doit présenter un courant de coupure ultime (I_{CU}) supérieur au courant de court-circuit présumé.

Calibre Q0 : 160 A très supérieur à 60 A (disjoncteur de branchement) et I_{CU} de 25 kA supérieur à I_{k3} (6200 A). Le disjoncteur Q0 convient donc aux protections qui lui sont assignées.

B23 DREP2 : choix de matériel

Désignation	Fournisseur	Référence	Qté	Repère sur plan
Interrupteur NG160NA 4P 160 A	Schneider	28267	1	11S1
Bloc VIGI départ vers le haut	Schneider	28313	1	11S1
Bobine MX 48 VCC	Schneider	28076	1	11S1
Disjoncteur NSX100F	Schneider	LV4 42 90 08	1	56Q1
TM63D 4P3D	Schneider	LV4 42 90 42	1	56Q1

B3 - Compensation puissance réactive

B31

Objectif : facteur de puissance $\lambda = 0,95$

$$P_{Génératrice} = 22 kW \text{ et } Q = P_{Génératrice} * \tan\phi = 7,23 kvar$$

Installation : $\lambda_{installation} = 0,713$. L'installation ne présente pas d'harmoniques, le facteur de puissance est alors confondu avec le facteur de déphasage $\cos\phi_{installation}$

$$\text{soit } Q_{installation} = P_{Génératrice} * \tan\phi_{installation} = 21,63 kvar$$

$$Q_{batterie} = Q_{installation} - Q_{objectif}$$

La batterie de condensateurs doit donc compenser la différence, soit 14,4 kvar.

$$\text{Autre méthode possible : } Q_{batterie} = P * (\tan\phi_{installation} - \tan\phi_{objectif})$$

B32

Choix d'une batterie automatique de capacité 15 kvar avec 3 gradins (2,5 kvar ; 5 kvar ; 7,5 kvar) de référence : 4 150 25.

Partie C : Modification de l'installation existante

C1 - Mesure et affichage de la variation de pression

C11

Le capteur de pression transmet l'information pression par une boucle de courant 4 – 20 mA à la carte d'entrée BMX AMI 0810 dont la plage nominale s'étend de 0 à 10 000 points. L'étendue de mesure du capteur va de 0 à 16 bars.

La carte BMX a donc une sensibilité de $\frac{10000 \text{ points}}{16 \text{ bars}} = 625 \text{ points/bar}$

La mesure de la valeur « 8 bars » sera alors traduite dans la variable « E_pressaval » par la valeur 5000.

C12

Une variation de la pression autour de la valeur nominale se traduira par :

- une variation de -0,2 bar correspond à - 125 points, soit **E_pressaval = 4 875**
- une variation de +0,6 bar correspond à + 375 points soit **E_pressaval = 5 375**

C13 Relation mathématique

Proposition 1

Suppression de la valeur moyenne : Affichage = E_pressaval – 5000

Mise à l'échelle : $Affichage = \frac{8000}{5375-4875} * (E_{pressaval} - 5000)$

ce qui donne une équation :

$$Affichage = 16 * (E_{pressaval} - 5000)$$

Proposition 2

X1 = x1 – x0 = 7,8 – 8 = -0,2 et X2 = x2 – x0 = 8,6 – 8 = 0,6

Y1 = y1 – y0 = 4875 – 5000 = -125 et Y2 = y2 – y0 = 5375 – 5000 = 375

On a trouvé les valeurs du graphique « ce que nous obtenons ».

$$A = \frac{375 - (-125)}{0,6 - (-0,2)} = \frac{500}{0,8}$$

$$A' = \frac{6000 - (-2000)}{0,6 - (-0,2)} = \frac{8000}{0,8}$$

$$K = \frac{A'}{A} = \frac{8000}{500} = 16$$

$$Z = K \times (y - y_0) \text{ ou } Affichage = 16 \times (E_{pressaval} - 5000)$$

C2 - Contrôle des températures

C.2.1. Document réponses DREP3 (page suivante)

Lecture de schémas et exploitation de la notice. Le candidat doit retrouver la pompe inversée (PAT dans le texte) et observer que ce sont des sondes PT 100 qui sont utilisées.

Nous avons écarté la possibilité d'une sonde 3 fils en précisant sur le document réponse que E4 est inutilisée.

Cela impose de choisir E3 et E5 comme entrées du module.

La tension d'alimentation est placée entre les bornes A1 et A3. Le document du module et la lecture des schémas confirment l'utilisation du 24 V DC.

Les spécifications techniques précisent que le module TPI 10 est utilisé pour détecter un seuil (utilisation de sorties TOR).

Nous utilisons un contact NO en sortie, lecture de schéma, et les contacts repérés S3-S5 sont retenus (Folio 75/76).

C.2.2. Compléter le document réponses DREP4 (page suivante) à partir du dossier technique.

La lecture des schémas ne présente pas de difficultés et le tableau ne doit pas présenter d'erreur. Nous avons supprimé les commentaires dans le document portant sur la liste partielle des variables M340 pour nous assurer que le candidat soit obligé de comprendre les schémas.

C.2.3. Surveillance de la température du palier de la pompe depuis sa mesure jusqu'à l'information fournie à l'automate.

On mesure la température au niveau du palier 1 de la pompe et l'information est fournie au module TPI 10. Ce convertisseur est programmé afin de comparer l'information à une valeur de seuil. Si la température dépasse ce seuil, le contact NO S3-S5 du module repéré 65CNV1 se ferme ce qui donne l'information « défaut » palier pompe (Dtepalpe) à l'automate. Nous n'avons pas d'information supplémentaire sur le programme de l'automate et les conséquences de la prise en compte de ce défaut.

C.2.4. La dernière exigence indiquée dans les spécifications techniques (voir contexte) n'est pas respectée. Faire une analyse critique de la détection du défaut température des bobinages de la pompe et proposer une modification de l'installation existante.

Nous rappelons que le dépassement de l'un des seuils de température DOIT permettre de signaler un défaut et la coupure du fonctionnement de la PAT (ouverture de la ligne d'alimentation). Or un défaut sur l'un des bobinages provoque la fermeture de l'un des contacts en série (Folio 85/86) mais l'automate ne reçoit aucune information (car les trois contacts sont raccordés en série). La signalisation n'est donc pas assurée. Nous pouvons proposer de remplacer les trois contacts NO par des contacts NF ou bien placer les trois contacts en parallèle.

Une autre approche consiste à préciser, par programmation/paramétrage du module TPI10, que si la température d'un bobinage est en dessous du seuil, on ferme le NO en sortie du module : il s'ouvre en cas de défaut ce qui donne une information à l'automate.

Parmi la proposition du candidat, on recherche une analyse cohérente.

DRP 3 - question C2.1

Question C2.1			
Numéro borne	Utilisé		Fonction
	OUI	NON	
A1	X		ALIMENTATION 0 V
A2		X	
A3	X		ALIMENTATION + 24 V
E1		X	
E2		X	
E3	X		PT100 2 fils sonde chaude
E4		X	
E5	X		PT100 2 fils sonde chaude
E6		X	
S1		X	
S2		X	
S3	X		Sortie TOR configurable (ou bien S6 et S8 mais non-utilisées dans les schémas)
S4		X	
S5	X		Sortie TOR configurable (ou bien S6 et S8 mais non-utilisées dans les schémas)
S6		X	
S7		X	
S8		X	
S9		X	
S10		X	

DRP4 - question C2.2

Description	Désignation du module	Désignation du relais	Entrée automate	Dénomination variable automate
Température bobinage 1	64CNV1	75KA3	I3.43	Dtebmoy
Température bobinage 2	64CNV2	75KA4	I3.43	Dtebmoy
Température bobinage 3	64CNV3	75KA5	I3.43	Dtebmoy
Température palier pompe	65CNV1	75KA6	I3.45	Dtepalpe
Température palier 1 moteur	65CNV2	75KA7	I3.44	Dteplamot
Température palier 2 moteur	65CNV3	75KA8	I3.44	Dteplamot