

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2020

ÉPREUVE E4.2

### Station de captage d'eau brute

### DOSSIER CORRECTION

### CORRECTION

Partie A .....	2
Partie B .....	3
Partie C .....	6
Partie D .....	9

## Partie A

A.1. Le transformateur TR1 peut-il alimenter la nouvelle installation ?

A.1.1. Calculer la puissance hydraulique pour la hauteur manométrique maximale de l'installation.

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3, g = 9.81 \text{ m/s}^2, H = 39 \text{ mètres}, Q = 6000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P_{\text{Hydraulique}} = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q / 3600 = 1000 \cdot 9.81 \cdot 39 \cdot 6000 / 3600 = 637\,650 \text{ W}$$

A.1.2. Calculer la puissance électrique consommée par un seul groupe moto-variateur produisant 6000 m<sup>3</sup>/h pour la hauteur manométrique maximale de l'installation.

$$\text{Rendement de la pompe de 85\%} \Rightarrow P_{\text{Meca}} = P_{\text{Hydraulique}} / 0.85 = 750\,176.5 \text{ W}$$

$$\text{Rendements du variateur 98\% et du moteur 95\%} \Rightarrow P_{\text{Elec}} = P_{\text{Meca}} / (0.98 \cdot 0.95) = 805\,775 \text{ W}$$

On admet que la puissance de TR2 est négligeable devant celles des groupes moto-pompes.

A.1.3. La puissance du transformateur TR1 est-elle suffisante pour envisager une production théorique dans la nouvelle installation de 18 000 m<sup>3</sup>/h (réserve de puissance souhaitée) obtenue avec trois pompes en service ?  
Proposer une nouvelle puissance et justifier le choix d'un nouveau transformateur TR1 si besoin.

Le dispositif de compensation intégré dans chaque variateur permet d'obtenir  $\cos \varphi = 1$ . ; donc  $S = P$ .

La puissance électrique demandée pour avoir 3 pompes en production est 3 fois la puissance électrique calculée précédemment donc  $S_{\text{totale}} = 3 \cdot P_{\text{Elec}} = 3 \cdot 805\,775 = 2\,417,32 \text{ kVA}$

$$S_{\text{TR1}} = 2\,000 \text{ kVA} < S_{\text{totale}}$$

Le transformateur actuel ne convient plus, il faut prendre sur le DRES1  $\Rightarrow S_{\text{TR1}} = 2\,500 \text{ kVA}$

A.2. Justification du choix du nouveau matériel associé au transformateur TR1.

L'ingénieur a fait le choix de prendre un nouveau transformateur TR1 de 2 500 KVA

A.2.1. Choisir la référence de la cellule SM6 de protection par fusible du nouveau transformateur TR1. Cette cellule doit être équipée d'un transformateur d'intensité.

La cellule de protection du transformateur TR1 équipée d'un fusible et d'un TC est de type QMC

A.2.2. Justifier les caractéristiques de l'interrupteur fusible vis-à-vis de celles de l'installation. Vous vous appuieriez sur les éléments suivants : tension assignée, pouvoir de coupure maximal (Isc) et courant assigné (Ir).

$$1^{\text{er}} \text{ critère : } U_{\text{assignée}} = 24 \text{ kV} \geq U_1 \text{ réseau} = 20 \text{ kV réseau HT}$$

$$2^{\text{e}} \text{ critère : } I_k = 15 \text{ kA} < I_{\text{sc}} = 25 \text{ kA pouvoir de coupure de la cellule}$$

$$3^{\text{e}} \text{ critère : } I_r = 200A > I_1 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{2\,500\,000}{\sqrt{3} \cdot 20\,000} = 72A$$

A.2.3. Justifier votre choix du fusible HT de protection en précisant la tension assignée, le calibre et le modèle retenu.

**U<sub>assignée</sub> = 24kV et S<sub>TR1</sub> = 2 500 kVA donc il faut choisir un fusible de calibre 125 A SIBA**

A.2.4. Justifier votre choix de disjoncteur source (placé au secondaire de TR1) en précisant les critères liés à la tension, au courant d'emploi, au pouvoir de coupure et au nombre de pôles.

**Disjoncteur choisi : NW25H1**

**1<sup>er</sup> critère: U<sub>assignée</sub> = 690V >= U<sub>2</sub> = 690V**

**2<sup>nd</sup> critère: I<sub>N</sub> = 2500A > I<sub>2</sub> =  $\frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{2\,500\,000}{\sqrt{3} \cdot 690} = 2092A$**

**3<sup>ème</sup> critère: Pouvoir de coupure = I<sub>cu</sub> = 65kA > I<sub>cc</sub> = 35 kA au secondaire du transformateur**

**4<sup>ème</sup> critère: Distribution 3 Phases sans Neutre donc disjoncteur tripolaire**

A.2.5. Préciser les réglages I<sub>r</sub> et I<sub>sd</sub> du déclencheur « Micrologic 2.0E » associé à ce disjoncteur (le seuil de protection contre les courts-circuits doit-être réglé à 16 kA).

**Réglages du Micrologic 2.0E : 2 solutions acceptables**

**1) I<sub>r</sub>: 2100/2500=0.84 ou I<sub>r</sub>: 2092/2500=0.83 (I<sub>r</sub> = 0.8 x I<sub>N</sub>)**

**I<sub>r</sub> = 0.8 x I<sub>N</sub> = 0.8 x 2500 = 2000 A ; 16 000/I<sub>r</sub> = 16 000/2000 = 8; I<sub>sd</sub> de 8 x I<sub>r</sub>**

**2) I<sub>r</sub> = 0,9 x I<sub>N</sub> = 2250A ; soit I<sub>sd</sub> = 6 x 2250 = 13500 A < 16 kA**

## Partie B

B.1 Justification du choix du nouveau transformateur TR2n et du matériel associé.

B.1.1. Compléter le DREP1, préciser la puissance apparente normalisée choisie pour le transformateur TR2n et son courant nominal. **DREP1**

Armoire	P active	Q réactive	S apparente	cosφ	tgφ
« TDA »	60 kW	29.06 kvar		0.9	0.48
« Process Pompage »	50 kW	37.5 kvar		0.8	0.75
Onduleur					
« Process – Automate »	40 kW	13.14 kvar	42 KVA	0.95	0.33
Total	150 kW	79.7 kvar			

$$S = \sqrt{(P^2 + Q^2)} = \sqrt{(150^2 + 79.7^2)} = 169.85 \text{ kVA}$$

**➔ Puissance normalisée: S=250 kVA I<sub>n</sub>=352 A**

B.1.2. Justifier le choix du nouveau disjoncteur source 05Q2 de référence NSX400F selon 4 critères à définir.

1<sup>er</sup> critère:  $U_e \text{ assignée} = 690V \geq U_2 = 400V$

2<sup>e</sup> critère:  $I_N=400A > I_n=352 A$

3<sup>e</sup> critère: Pouvoir de coupure =  $I_{cu}=36kA > I_{k3} = 9 kA$  au secondaire du transformateur

4<sup>e</sup> critère: Distribution 3Ph+N donc disjoncteur **tétrapolaire**

B.1.3. Préciser les réglages  $I_o$ ,  $I_r$  et  $I_{sd}$  du déclencheur Micrologic 2 associé à 05Q2 (le seuil de protection contre les courts-circuits doit-être réglé à 3 500A).

Réglages du Micrologic 2:  $I_N=400A$  et  $I_o=360A$   $I_r: 350/360=0.97$

(Ne pas accepter  $I_o=400A$   $I_r: 350/400=0.875$  car le réglage fin évolue de 1 à 0.9 en 9 crans)

$I_{sd}$  doit être réglé à 3500 A soit  $ks1 = 10$  Accepter uniquement  $I_{sd} = 10 \times I_r$

B.2 L'ingénieur responsable de l'installation, vous demande d'étudier si le disjoncteur 06Q4 disponible en « réserve » sur le DTEC4 pourrait permettre l'alimentation du circuit de réchauffage du moteur de la vanne de refoulement de la 4<sup>ème</sup> « unité de pompage ». Les normes de protection des personnes et des biens doivent être vérifiées.

B.2.1. Calculer le courant d'emploi imposé par la résistance du circuit de réchauffage du moteur de la vanne de refoulement de la 4<sup>e</sup> « unité de pompage ».

Sur le DTEC4 la puissance de la résistance de réchauffage est de 1300 W.

$$I_{\text{emploi}} = P / U = 1300 / 230 = 5,65 A$$

Le circuit de réchauffage doit-être alimenté par un câble en cuivre R2V 3G2.5 de 24 mètres de longueur placé en aval de l'armoire « Process Pompage ».

B.2.2. Déterminer le courant de court-circuit au niveau du réchauffage du moteur de la vanne de refoulement.

$I_{cc}$  amont 7 kA,  $L=24m$ ,  $S=2,5mm^2$  → Dans le tableau des courants de court-circuit pour les câbles en cuivre, on trouve :

$I_{cc}$  aval=1,2kA

B.2.3. Vérifier si la protection des personnes est satisfaisante au niveau du réchauffage du moteur de la vanne de refoulement.

Dans le DRES14 pour un disjoncteur iC60N Courbe C de calibre 6A, la longueur de 24 mètres du câble en cuivre de  $2,5mm^2$  est très inférieure à la longueur maxi de 167 mètres indiquée dans le tableau du régime TN. La protection des personnes est donc assurée.

(Il est également possible de préciser que le déclencheur magnétique intervient dans le pire des cas pour un courant de 60A ( $10 \times I_n$ ) bien inférieur au courant de court-circuit de 1200A défini à la question B.2.2. La protection des personnes est assurée car en régime TN un défaut d'isolement « Phase-masse » se transforme en court-circuit « Phase-Neutre » éliminé par le déclencheur magnétique.)

B.2.4. Vérifier la conformité par rapport à la norme de la section du câble 5G25 d'alimentation du « Process Pompage ».

Courant d'emploi  $I_b = 100 \text{ A}$   
Courant  $I_z = 100 \text{ A}$

Câble multiconducteurs PR3 installé sous caniveau donc lettre de sélection : **B**

Facteur de correction :  $K_1 = 0.95$  (sous caniveau)

1 seul circuit :  $K_2 = 1$

Température ambiante  $35^\circ\text{C}$ , câble isolé au PR :  $K_3 = 0.96$      $K_n = 1$      $K_s = 1$

Coefficient  $K = K_1 \times K_2 \times K_3 = 0,95 \times 1 \times 0,96 = 0,912$

$I'_z = I_z / K = 100 / 0,912 = 109,6 \text{ A}$

D'après le tableau, un câble (PR3) en cuivre de  $25 \text{ mm}^2$  présente un courant admissible  $I'_z$  de  $112 \text{ A}$ .

Le câble 5G25 est adapté à l'augmentation de la puissance de l'armoire « Process Pompage ».

B.2.5. Déterminer la chute de tension totale (en %) obtenue au niveau du circuit de réchauffage du moteur de la vanne de refoulement. Conclure par rapport à la norme.

$S=2,5\text{mm}^2 \text{ Cu}$  avec  $I_b=6\text{A}$  et  $\cos\varphi=1$   $\longrightarrow$  Dans le tableau des chutes de tension avec un  $\cos\varphi=1$ , en prenant  $I_n=10\text{A}$  (pire des cas), on trouve la valeur 3,7. Donc pour 24 mètres de câble la chute de tension est:  $\Delta U_2=3.7 \times 24/100=0.88\%$

Sachant que la chute de tension sur la canalisation amont est égale à 1% de 400 V, il reste 396V au départ du câble 5G25. Puis  $396 - 0,88 \times 396/100 = 392,5152 \text{ V}$  soit  $\Delta U_T=7,48 \text{ V}$  d'où **1,87%** de 400V

**La norme est respectée :**

$\Delta U_T$  est inférieure à 8% (autres usages que l'éclairage pour les propriétaires de poste HT/BT)

B.2.6. Rédiger un courrier argumenté adressé à votre chef de service ; vous expliquerez si le départ en réserve protégé par le disjoncteur 06Q4 peut être utilisé pour l'alimentation du circuit de réchauffage.

Monsieur,

le départ en réserve, protégé par le disjoncteur 06Q4, peut-être conservé puisque son calibre de  $6 \text{ A}$  est compatible avec le courant d'emploi de  $5,65 \text{ A}$  consommé dans la résistance de réchauffage du moteur de la vanne de refoulement. Son pouvoir de coupure de  $10 \text{ kA}$  est supérieur au courant de court-circuit présumé de  $7 \text{ kA}$  de l'installation. Le disjoncteur 06Q4 possède deux pôles protégés (bipolaire) permettant d'alimenter correctement la résistance de chauffage ; la protection des personnes en régime TN a été vérifiée ainsi que la chute de tension. La norme NFC15-100 est respectée.

Optionnel :

Le candidat peut préciser que la tension d'utilisation de  $230\text{V}$  est inférieure à la tension d'emploi maxi de  $440\text{V}$ .

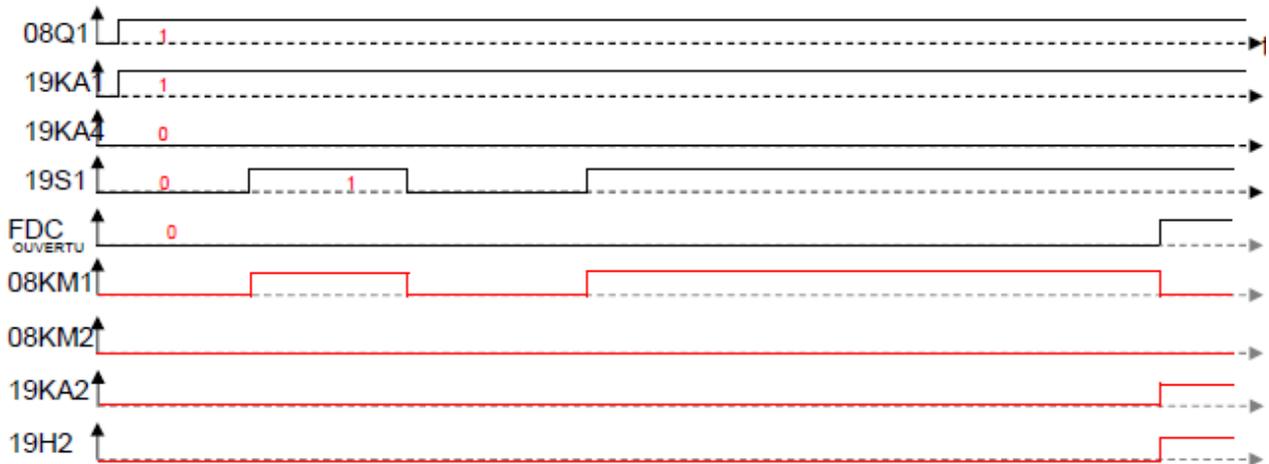
Il est également possible de dire que sa courbe C est satisfaisante pour protéger un récepteur résistif.

## Partie C

### C.1 Étude et modifications des schémas des vannes d'aspiration et de refoulement.

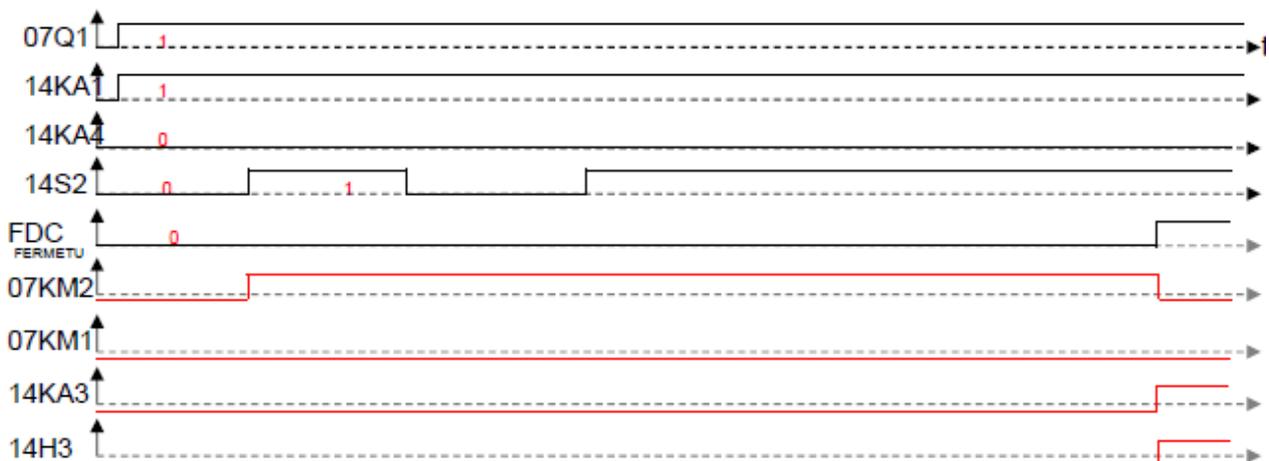
C.1.1. Compléter, sur le document réponse DREP2, le chronogramme permettant de décrire l'évolution de l'état des bobines et des voyants de la vanne d'aspiration 1.

#### DREP2



C.1.2. Compléter, sur le DREP3, le chronogramme permettant de décrire l'évolution de l'état des bobines et des voyants de la vanne de refoulement 1.

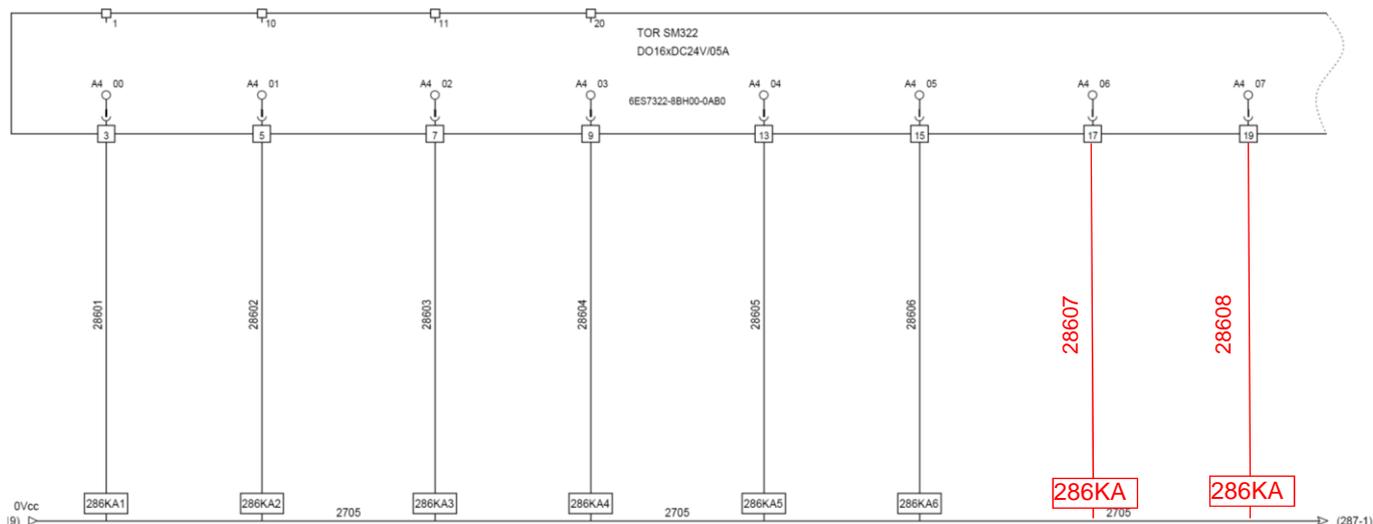
#### DREP3



C.1.3. Proposer, sur le DREP4, le schéma de raccordement des deux nouveaux relais de

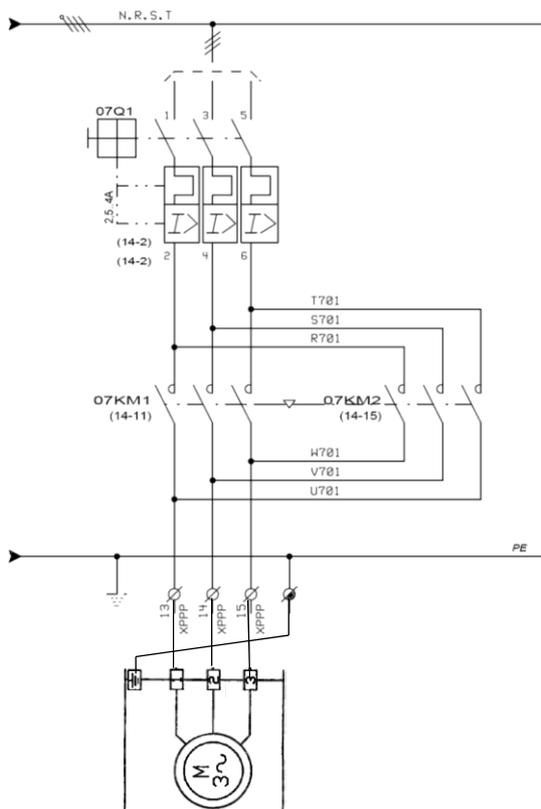
commande de la vanne de refoulement en respectant la logique de repérage utilisée dans les schémas étudiés (fils et matériels).

Sur le schéma DREP4, il reste deux sorties TOR disponibles sur le module SM322



C.1.4. Compléter, sur le DREP5, le schéma de puissance de la nouvelle vanne de refoulement (N°4) à partir de la documentation fournie par l'ingénieur DRES15. Représenter le moteur de la vanne et le matériel permettant d'assurer son fonctionnement et sa protection (utiliser les repères de votre choix pour le matériel).

**Folio 7 de l'armoire « Process & Pompage »**



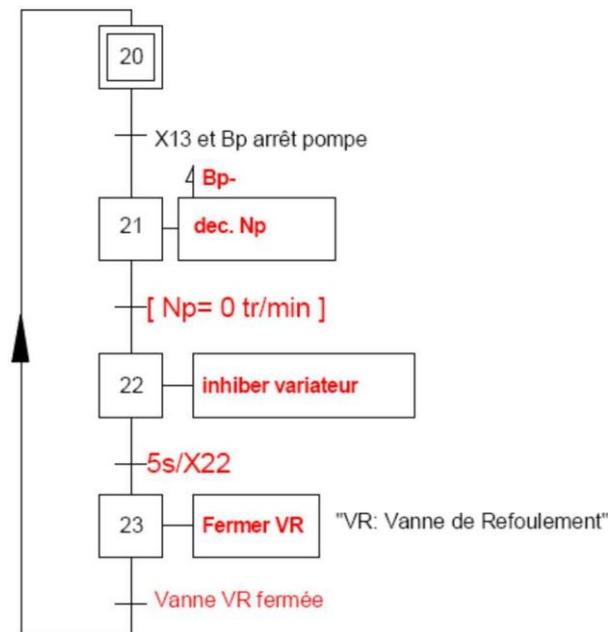
Le schéma réalisé doit posséder un sectionneur-fusible ou un disjoncteur moteur de protection (07Qn)

Deux contacteurs permettent d'assurer le changement du sens de rotation du moteur de la vanne de refoulement 07 KMn et 07 KMn+1.

Un dispositif de verrouillage mécanique est souhaitable entre les contacteurs.

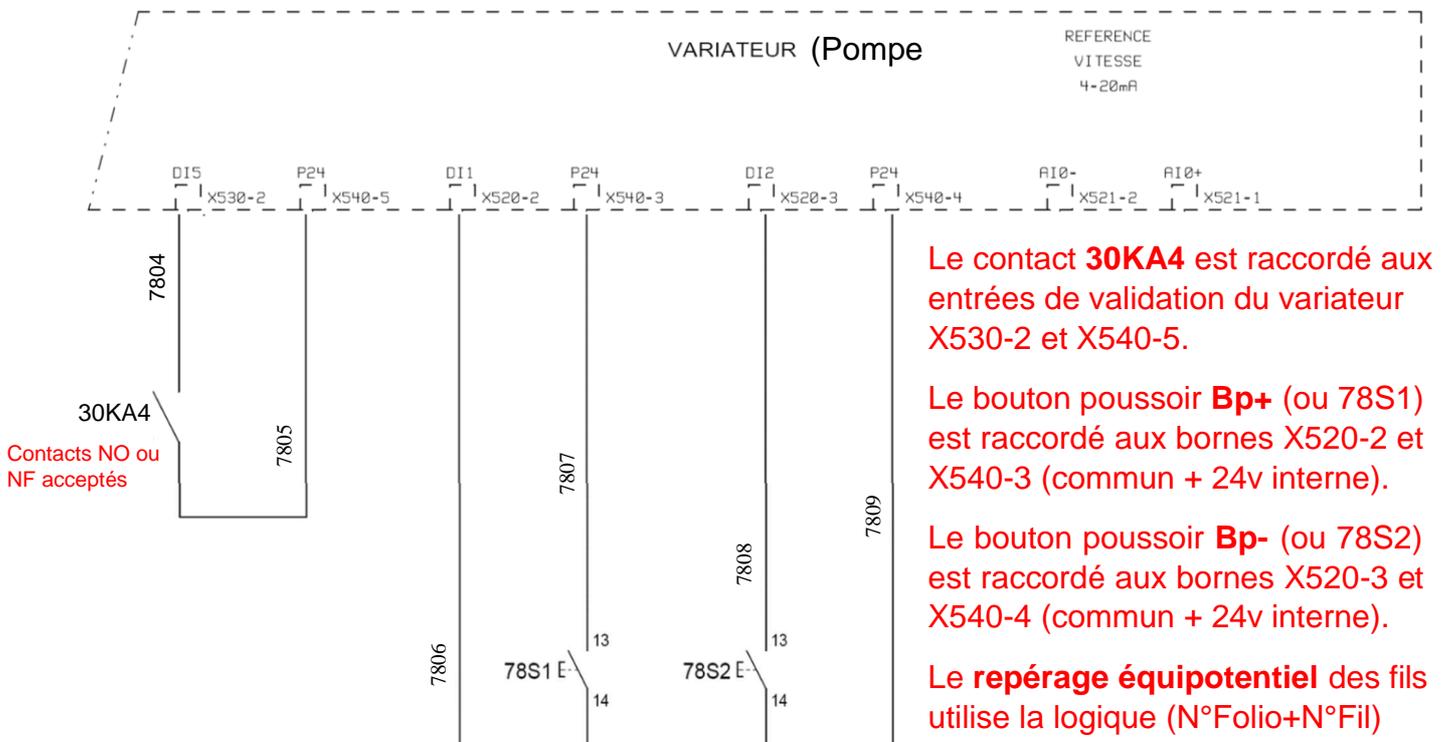
C.2 Étude et réalisation du schéma de commande du moteur de la nouvelle pompe.

C.2.1. Après avoir pris connaissance du DTEC8, compléter le grafcet fonctionnel de la phase d'arrêt de la pompe sur le document réponse **DREP6**.



C.2.2. A partir de la documentation du variateur DRES16 compléter, sur le document réponse **DREP7**, le schéma de commande du variateur de la nouvelle pompe en raccordant les deux boutons poussoirs Bp+ et Bp- ainsi que le contact 30KA4 de validation (ou d'inhibition) du variateur.

**Folio 78 de l'armoire « Process & Automate »**



## Partie D

Étude de la permutation des pompes et analyse des relevés du 9 au 11 Janvier 2019.

D.1. À partir des DTEC9 et DTEC10, compléter le tableau sur le DREP8 en précisant l'état de fonctionnement des pompes. Préciser, pour chaque phase de régime établi, la vitesse de la pompe, son rendement et le débit total de la station.

Phase	Régime pompage	Etat Pompe (0 ou 1)	Vitesse pompe (tr/min)	Rendement de la pompe	Débit total (m <sup>3</sup> /h)
1	Régime transitoire	P1=1			
		P2=0			
2	Régime établi	P1=1	600	86%	4000
		P2=0	0	-	
3	Régime transitoire				
4	Régime établi	P1=1	500	80%	5000
		P2=1	500	80%	
5	Régime transitoire	P1=1			
		P2=1			
6	Régime établi	P1=1	600	86%	4000
		P2=0	0	-	

D.2. Pour le « point 1 » indiqué sur le DTEC11, déterminer le débit de la station de pompage et le rendement approximatif de la pompe à partir de la caractéristique  $\eta=f(Q)$  disponible sur le DTEC10.

**Pour le point 1, le débit de la station est d'environ 4500 m<sup>3</sup>/h avec la pompe 1 à 680 tr/min**

**Sur la caractéristique  $\eta=f(Q)$  à 700 tr/min, le rendement est d'environ 85%**

D.3. Pour le « point 2 » reprendre la même démarche et déterminer le rendement de chaque pompe à partir de la caractéristique  $\eta=f(Q)$  disponible sur le DTEC10.

**Pour le point 2, le débit de la station est d'environ 5000 m<sup>3</sup>/h avec 2 pompes à 600 tr/min (2500 m<sup>3</sup>/h produit par chaque pompe à 600 tr/min)**

**Sur la caractéristique  $\eta=f(Q)$  à 600 tr/min, le rendement approximatif de chaque pompe est d'environ 74%.**

D.4. Déterminer le rapport « débit de sortie » sur « puissance consommée » pour les deux points précédents. Commenter ces résultats.

**le point 1 :  $4500 / 400 = 11.25 \text{ m}^3/\text{h.kW}$  et pour le point 2 :  $5000 / 600 = 8.33 \text{ m}^3/\text{h.kW}$**

On peut observer un écart important sur le rapport calculé entre le point 1 et le point 2, il semble souhaitable de ne pas faire fonctionner les pompes sous un rendement de 80%, ce qui impose de changer la valeur du seuil de basculement pour chercher à optimiser le point de fonctionnement.

D.5. Proposer une modification de la valeur du seuil de basculement d'une à deux pompes actuellement réglé à 4 500 m<sup>3</sup>/h. Expliquer votre préconisation.

Pour garantir la meilleure efficacité énergétique, le pilotage des pompes doit prévoir de les faire fonctionner à rendement maximum.

On propose alors la valeur de 6000 m<sup>3</sup>/h pour le seuil de basculement. Lorsqu'une seule pompe est en fonctionnement à 1000 tr/min son rendement est de 85% à 6 000 m<sup>3</sup>/h ; le basculement à deux pompes, chacune à la vitesse de 500 tr/min, amène un débit unitaire de 3 000 m<sup>3</sup>/h et un rendement de 86% .

