

ALIMENTATION EN EAU POTABLE ÉLÉMENTS DE CORRECTION

Q1.

$$H_r = 62,08 + 115,26 \cdot Q^2 \quad H_r = (90,27 - 28,19) + \left(\frac{1,75}{0,125^2} + \frac{1/(2 \cdot 9,81)}{0,125^2} \right) \cdot Q^2$$

Q2.

$W = m \cdot g \cdot H_r$ $P_h = dW / dt = (dm / dt) \cdot g \cdot H_r = \rho \cdot (dV / dt) \cdot g \cdot H_r$ avec V le volume en m^3
or $Q = dV / dt$ d'où $P_h = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H_r = \rho \cdot g \cdot H_r \cdot Q$

Q3. Voir DR1.

P1 : (64 m, 158 $m^3 \cdot h^{-1}$) P2 : (64 m, 316 $m^3 \cdot h^{-1}$) P3 : (64 m, 474 $m^3 \cdot h^{-1}$)

Q4.

Il faut résoudre $a \cdot (Q / N)^2 + b \cdot (Q / N) + c = k_s + k_v \cdot Q^2$ soit $(a/N^2 - k_v) \cdot Q^2 + (b/N) \cdot Q + (c - k_s) = 0$

Si $N = 1$, l'équation est $-14755 \cdot Q^2 + 278 \cdot Q + 17,92 = 0$,
ce qui donne $Q = 0,04552 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($163,9 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) et $H = 62,32 \text{ m}$.

Si $N = 2$, l'équation est $-3775 \cdot Q^2 + 139 \cdot Q + 17,92 = 0$,
ce qui donne $Q = 0,08973 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($323 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) et $H = 63 \text{ m}$.

Si $N = 3$, l'équation est $-1742 \cdot Q^2 + 92,7 \cdot Q + 17,92 = 0$,
ce qui donne $Q = 0,1315 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($473,3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) et $H = 64,1 \text{ m}$.

Q5.

Algébriquement, on trouve $Q = 0,1317 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($474 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) en résolvant $-1627 \cdot Q^2 + 92,7 \cdot Q + 16 = 0$.
Graphiquement, on trouve une valeur proche de $475 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Chaque pompe a un débit de $158 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, soit $P_h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 64 \cdot (158/3600) = 27555,2 \text{ W}$.

Le rendement de la pompe est quasiment égal à 0,8. D'où $P = 34444 \text{ W}$ pour chaque pompe.

Q6.

$P / P_n = 0,765$, donc le rendement de chaque moteur est d'environ 89,6 %.

D'où $P_{3abs} = 3 \cdot 34444 / 0,896 = 3.38442 = 115326 \text{ W}$.

Q7.

$(2180 - 1790) = 390 \text{ m}^3$ sont pompés aux heures creuses.

Le pompage de chaque m^3 nécessite $(38442 / 158) = 243,3 \text{ Wh}$.

Le volume de 390 m^3 pompé sur une année, hors dimanche, représente une énergie de
 $390 \cdot 243,3 \cdot (365 - 52) / 1000 = 29700 \text{ kWh}$

Le tarif HCH prend fin à 6h et le tarif de pointe n'intervient qu'après 9 h. Donc le surplus pompé la nuit sera consommé au tarif HPH.

La différence de tarif est de $(4,007 - 3,052) = 0,955 \text{ c€} / \text{kWh}$ et ce durant 5 mois.

D'avril à octobre, la différence entre le tarif HPE et le tarif HCE est de $(2,35 - 1,455) = 0,895 \text{ c€} / \text{kWh}$.

L'économie est donc égale à $29700 \cdot (5 \cdot 0,955 + 7 \cdot 0,895) / 12 = 27324 \text{ c€} = 273 \text{ €}$.

Q8.

Faire varier la pression dans le ballon et relever le débit d'entrée.

$HMT = (\text{pression ballon} / 9810) + P_{dc} \cdot (\text{débit} / Q_0)^2$

Q9.

$$H_r = 36,04 \text{ m} \quad H_r = (90,27 - 23,65) + \left(\frac{1}{1000 \cdot 9,81} \right) \cdot (1 - 4) \cdot 10^5$$

Le débit est alors de $234 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ et le rendement de 60,5 %.

Q10. Voir DR1.

On place le point (157 m³.h⁻¹, 36,04 m). La parabole $\beta.Q^2$ passant par ce point croise la courbe $H_{1p,n0}(Q)$ lorsque $Q = 191 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$. Donc $X = 157 / 191 = 0,822$, d'où $n = 0,822.1455 = 1196 \text{ tr}.\text{min}^{-1}$.

Q11.

$$H_{1p,n}(Q) = X^2. H_{1p,n0}(Q/X) = X^2. [a.(Q/X)^2 + b.(Q/X) + c] = a.Q^2 + b.Q.X + c.X^2.$$

Q12.

$$H_r = (90,27 - 23,65) + \left(\frac{1}{1000 \cdot 9,81} \right) \cdot (1 - p_1) \cdot 10^5 = 66,62 + 10,19 \cdot (1 - p_1)$$

$$H_{1p,n0} = -14640 \cdot \left(\frac{157}{3600} \right)^2 + 278 \cdot \left(\frac{157}{3600} \right) \cdot X + 80 \cdot X^2 = -27,84 + 12,12 \cdot X + 80 \cdot X^2$$

$$H_r = H_{1p,n0} \text{ pour } X = \frac{1}{2 \cdot 80} \left(-12,12 + \sqrt{12,12^2 + 4 \cdot 80 \cdot (94,46 + 10,19 \cdot (1 - p_1))} \right)$$

Littéralement :

$$X = \frac{1}{2 \cdot c} \cdot \left(- (b \cdot Q_{RM}) + \sqrt{(b \cdot Q_{RM})^2 - 4 \cdot c \cdot \left(a \cdot Q_{RM}^2 - z_2 + z_1 - \frac{1}{\rho \cdot g} \cdot (p_2 - p_1) \right)} \right)$$

Q13.

13.01 = 0 ; 13.02 = 10 V ; 11.04 = 0 ; 11.05 = 1500 tr;min⁻¹ ; 13.06 = NON

$$X = 1,014 - [(1,014 - 0,821) / 3]. (p_1 - 1) = 1,014 - 0,06433 \cdot (p_1 - 1)$$

$$X = n / n_0 = (S_i \cdot 1500 / 10000) / 1455 \text{ et } E_1 = 1000 \cdot (p_1 - 1)$$

$$S_i = 1,014 \cdot (10000 \cdot 1455 / 1500) - 0,06433 \cdot E_1 \cdot 10 \cdot (1455 / 1500)$$

$$S_i = 9836 - 0,624 \cdot E_1$$

Difficultés de traiter le produit avec des mots automate sans faire appel aux flottants.

Dans notre cas, comme $0,624 \approx 5 / 8$, on peut travailler en mots signés de 16 bits avec

$$S_i = 9836 - (5 \cdot E_1 / 8) \text{ car } 5 \cdot E_1 \text{ ne dépassera pas } (2^{15} - 1).$$

Mais il ne sera pas toujours facile de trouver un rapport convenable si le contexte change.

Q14.

13.01 = 0 ; 13.02 = 8,8 mA ou 3 V ; 11.04 = 1194 tr.min⁻¹ ; 11.05 = 1475 tr.min⁻¹ ; 13.06 = OUI ;

$$S_i = E_1$$

Q15.

$$H_r = 39,1 \text{ m}, Q = 227,5 \text{ m}^3.\text{h}^{-1} \text{ et } \eta_{h,n0} = 0,638$$

$$P_M = 9810 \cdot 39,1 \cdot (227,5 / 3600) \cdot (1 / 0,638) = 38 \text{ kW} = 85 \% \text{ de } P_n \text{ donc } \eta_M = 0,895$$

$$\text{d'où } P_{1abs} = 42,4 \text{ kW}$$

Q16.

Le débit de la pompe étant supérieur au besoin, $P_{1abs,MOY} = 42,4 \cdot (157 / 227,5) = 29,26 \text{ kW}$.

Q17.

$$H_r = 39,1 \text{ m et } X = 0,842$$

$$\eta_{h,n} = 0,772 ; P_M = 9810 \cdot 39,1 \cdot (157 / 3600) \cdot (1 / 0,772) = 21,7 \text{ kW} ;$$

$$n = 0,842 \cdot 1455 = 1225 \text{ tr}.\text{min}^{-1} \quad \text{couple} = 21700 / (\pi \cdot 1225 / 30) = 169 \text{ Nm}$$

or le couple nominal est $45000 / (\pi \cdot 1455 / 30) = 295 \text{ Nm}$. Le moteur est chargé à 57 %.

Q18.

Le variateur contrôle la vitesse.

$$\text{La vitesse de synchronisme est } 1225 + (169 / 295) \cdot (1500 - 1455) = 1251 \text{ tr}.\text{min}^{-1}$$

$$f = 1251 / 30 = 41,7 \text{ Hz}$$

Q19.

Le rendement moteur variateur est d'environ 83,9 %.

La puissance électrique absorbée $P_{abs} = 21,7 / (0,839) = 25,86 \text{ kW}$.

Q20.

La différence de puissance moyenne absorbée par une pompe est égale à 3,4 kW

Il y a 78 jours en PTE + HPH, 52 jours en HPH seul, 130 jours en HCH en semaine, 22 dimanches l'hiver, 183 jours en HPE et HCE en semaine, et 30 dimanches l'été.

Le gain d'énergie journalier est de :

27,2 kWh en PTE (2 . 3,4 kW . 4 h), 81,6 kWh en HPH avec pointe (2 . 3,4 kW . 12),

108,8 kWh en HPH seul (2 . 3,4 kW . 16), 10,88 kWh en HCH semaine (2 . 1/5 . 3,4 kW . 8 h),

119,68 kWh en HCH dimanche (2 . 3,4 kW . 16 h + 2 . 1/5 . 3,4 kW . 8 h),

163,2 kWh en HPE (3 . 3,4 kW . 16), 16,32 kWh en HCE semaine (3 . 1/5 . 3,4 kW . 8 h),

179,52 kWh en HCE dimanche (3 . 3,4 kW . 16 h + 3 . 1/5 . 3,4 kW . 8 h).

Économie d'énergie = $[(27,2 \cdot 5,241 \cdot 78) + (81,6 \cdot 4,007 \cdot 78) + (108,8 \cdot 4,007 \cdot 52) + (10,88 \cdot 3,052 \cdot 130) + (119,68 \cdot 3,052 \cdot 22) + (163,2 \cdot 2,35 \cdot 183) + (16,32 \cdot 1,455 \cdot 183) + (179,52 \cdot 1,455 \cdot 30)] / 100$
= 1540 €

Q21.

En vitesse fixe, une pompe à besoin d'une puissance de 42,4 kW et en vitesse variable une puissance de 25,86 kW. D'où une économie de prime = 3. (42,4 - 25,86). 108,36 = 49,62. 108,36 = 5377 €

Total : 6917 € / an.

Q22.

La différence de puissance moyenne absorbée par une pompe est alors égale à

4,69 kW (29,26 - 25,86 . (95 / 100))

Économie d'énergie = (4,69 kW / 3,4 kW) . 1540 = 2124 €

Économie de prime = 3. [42,4 - (25,86 . 95 / 100)]. 108,36 = 53,5 . 108,36 = 5797 €

Total : 7921 € / an.

Q23.

Il faut que $a.Q^2 + b.Q.X + c.X^2 = H_r$ avec $Q = \sqrt{(H_r / \beta)} = (157 / 3600) \cdot \sqrt{(H_r / 64)}$

H_r est fonction de p_1 : $H_r = 66,62 + 10,19 (1 - p_1)$

La résolution de l'équation $c.X^2 + b.\sqrt{(H_r / \beta)}.X + [a . (H_r / \beta) - H_r] = 0$

donne X d'où la consigne de fréquence de rotation.

On obtient quasiment une droite passant par (X = 1,02 ; $p_1 = 1 \text{ bar}$) et (X = 0,75 ; $p_1 = 4 \text{ bar}$).

On peut appliquer le même type de commande que ce qui a été vu précédemment.

Q24.

Modifier la consigne du variateur de vitesse et la pression dans le ballon.

$HMT = (\text{pression ballon} / 9810) + P_{dc} . (\text{débit} / Q_0)^2$.

$P_h = \rho . g . HMT . Q = 2,725 . HMT$ si HMT est en m et Q en $\text{m}^3 . \text{h}^{-1}$.

P_{abs} mesuré à l'aide d'un wattmètre ayant une bande passante suffisante (courants absorbés non sinusoïdaux).

$\eta = P_h / P_{abs}$

Q25.

Pour mesurer séparément le rendement de la pompe, on peut utiliser le rendement de la pompe en fonction du débit donné par le constructeur.

Il est difficile de placer un couplemètre et un capteur de vitesse sur l'arbre moteur (ensemble compact).

Q26.

$$t_{on} = RU / (Q - Q_u) = RU / Q . (1 - \alpha)$$

$$t_{off} = RU / Q_u = RU / \alpha . Q$$

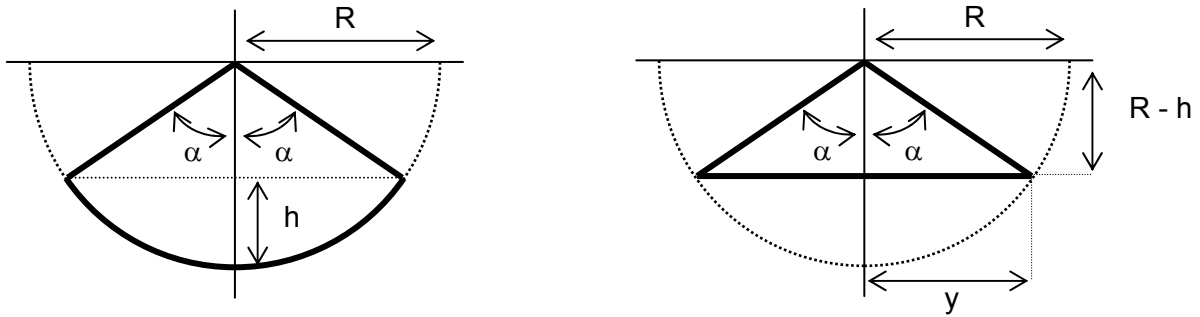
Q27.

$$t_{on} + t_{off} = T = (RU / Q) . (1 / \alpha - \alpha^2)$$

$$dT / d\alpha = - (RU / Q) . (1 - 2 . \alpha) / (\alpha - \alpha^2)^2 = 0 \text{ pour } \alpha = 1 / 2$$

$$\text{ce qui donne } T_{min} = 4 . RU / Q$$

Q28.



$$V_1 = L \cdot \frac{2 \cdot \alpha}{2 \cdot \pi} \cdot \pi \cdot R^2 = L \cdot R^2 \cdot \alpha = L \cdot R^2 \cdot \arccos\left(\frac{R-h}{R}\right)$$

$$V_2 = L \cdot (R-h) \cdot y = L \cdot (R-h) \cdot \sqrt{R^2 - ((R-h))^2}$$

$$V_e = V_1 - V_2 = L \cdot \left[R^2 \cdot \arccos\left(\frac{R-h}{R}\right) - (R-h) \cdot \sqrt{R^2 - ((R-h))^2} \right]$$

Q29.

$V_{e1} = 4,5 \text{ m}^3$ et $V_{e2} = 5,8 \text{ m}^3$. Donc $RU = 1,3 \text{ m}^3$ et $T_{\min} = 4 \cdot 1,3 / (147 / 3600) = 127,3 \text{ s}$.

Si on utilise une seule pompe, il y aura $(3600 / 127,3) = 28$ à 29 démarrages par heure.
Si 5 pompes permutent circulairement, chaque pompe subira 5 à 6 démarrages par heure.
Le nombre de démarrages par heure est acceptable si on permute des pompes.

Q30.

Le volume du ballon est égal à $5,5 \cdot \pi \cdot (1,863 / 2)^2 = 15 \text{ m}^3$.
Donc $V_{a1} = 15 - 4,5 = 10,5 \text{ m}^3$ et $V_{a2} = 15 - 5,8 = 9,2 \text{ m}^3$.
 $P_{\min} \cdot V_{a1} = P_{\max} \cdot V_{a2}$ donc $P_{\min} = 8,2 \cdot 9,2 / 10,5 = 7,185 \text{ bar}$.

Q31.

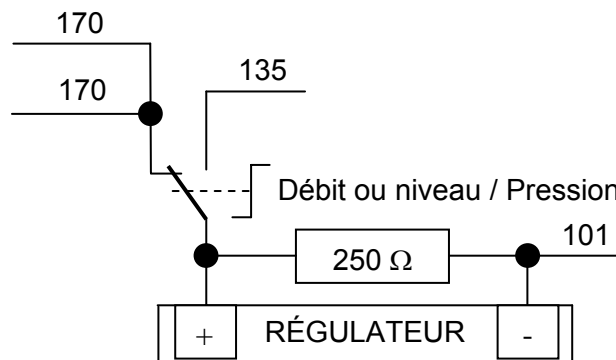
niveau = 0 % : $V_{e0} = 50 \text{ l}$, d'où $V_{a0} = 100 \text{ l}$, et $P_0 = P_{r0} + 1 = 2 \text{ bar}$
niveau = N % : $V_{eN} = 50 + 80 \cdot N/100$, d'où $V_{aN} = 100 - 0,8 \cdot N$, et $P = P_r + 1$
 $P_0 \cdot V_{a0} = P \cdot V_{aN}$ donne $200 = [100 - 0,8 \cdot N] \cdot [P_r + 1]$ d'où $P_r = [100 + 0,8 \cdot N] / [100 - 0,8 \cdot N]$

Q32.

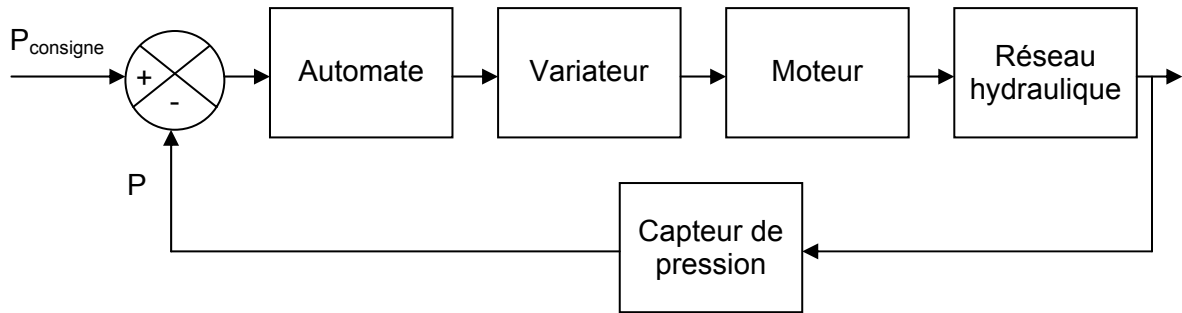
V_1, V_3 et V_4 ouvertes, V_2 et V_5 fermées R_3 fermé, R_1 et R_2 ouverts,
sélecteur MANU/REG sur REG, vitesse variable, régler le niveau à N % calculé comme suit :
20 m correspondant à $P_r = 1,962 \text{ bar}$, $N\% = [1 / 0,8] \cdot [100 - (200 / (P_r + 1))] = 40,6 \%$.

Q33.

Il faut diriger la sortie 4-20 mA du capteur de pression vers l'entrée du régulateur (retirer la résistance de 250Ω existant entre les fils 135 et 101 du folio 02, annexe A5)



Q34.



Q35.

Si le niveau dépasse RN2, il faut injecter de l'air comprimé pour éviter d'asservir en pression avec trop peu d'air, et ne plus asservir du tout si le ballon est rempli d'eau.
 Quand on injecte de l'air comprimé, le niveau baisse. Il faut stopper l'injection d'air comprimé lorsque le niveau bas est atteint : le ballon risque d'être vide annulant ainsi le débit utilisateur.

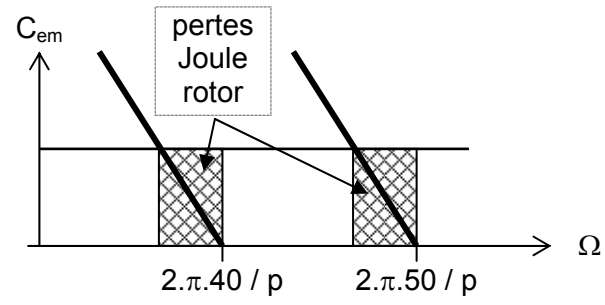
Q36.

r_s représentant la résistance statorique (pertes Joule statoriques)
 R_F : pertes fer statoriques
 R : pertes Joule rotoriques

Q37.

g faible permet de négliger $(L.\omega)^2$ devant $(R/g)^2$.
 $C_{em} = [3.V^2.g / R] / [\omega / p] = [3.V^2.(\omega/p - \Omega) / (\omega/p)] / [R . \omega/p] = (3.p^2 / R).(V / \omega)^2.(\omega/p - \Omega)$
 $C_{em} = (3.p^2 / 4.\pi^2 . R).K^2.(\omega/p - \Omega) = \text{constante} . (\omega/p - \Omega)$

Q38.



Q39.

Pour C_{em} donné, les pertes Joule rotor p_{JR} sont constantes.
 Le rendement $\eta = C_{em}.\Omega / (C_{em}.\Omega + \text{pertes})$ va diminuer quand Ω décroît.

Q40.

Pertes fer : diminuent car V diminue ($V / f = \text{constant}$).
 Pertes Joule stator : diminuent un peu à cause de la diminution des pertes fer (le courant magnétisant reste sensiblement le même).
 Les pertes mécaniques diminuent.

Q41. voir DR2

Q42.

valeur moyenne en sortie = $(3.400.\sqrt{2} / \pi) = 540 \text{ V}$ d'où $\hat{I}_1 = (30000 / 540) = 55,55 \text{ A}$

Q43.

$I_{1,h1} = 43,3 \text{ A}$ $I_{1,h5} = 8,7 \text{ A}$ $I_{1,h7} = 6,2 \text{ A}$ $I_{1,h11} = 3,9 \text{ A}$ $I_{1,h13} = 3,3 \text{ A}$

Q44. voir DR2

Q45. $P = 30000 = 550 \cdot (26 / 60) \cdot \hat{I}_{1,mod}$ d'où $\hat{I}_{1,mod} = 125,9 \text{ A}$.

Q46. Le signal résultant est la soustraction de deux signaux ayant la forme de celui proposé en Q43, le premier avec $\alpha = 47^\circ$ et le second avec $\alpha = 73^\circ$. Le calcul donne :

$I_{1,h1} = 44,2 \text{ A}$ $I_{1,h5} = 35,6 \text{ A}$ $I_{1,h7} = 28 \text{ A}$ $I_{1,h11} = 10,7 \text{ A}$ $I_{1,h13} = 2,9 \text{ A}$

Q47.

La valeur crête est élevée quand il n'y a pas de self. Il faudra un contacteur de taille plus élevée : il doit être prévu pour une valeur efficace de $154 / \sqrt{2} = 109 \text{ A}$.

Sans variateur, avec la bêche, chaque moteur absorbe au maximum 40 kW sous $\cos\phi = 0,87$, ce qui donne un courant = 66,4 A. Si le choix des contacteurs n'avait été fait que sur la base d'un moteur de puissance mécanique égale à 45 kW, le courant efficace est alors égal à 84 A.

Quand 3 variateurs sont en service, la valeur crête du courant ne posera pas de problème (saturation) au transformateur car celui-ci est prévu pour 443 A efficace, soit 627 A crête.

Q48. (remarque : P_0 représente les pertes fer et Q_0 la puissance réactive magnétisante car le courant à vide est faible : environ 9,2 A)

$S_{VF} = 3 \cdot (40 / 0,87) = 137,93 \text{ kVA}$ $Q_T = 6,3 + 12,1 \cdot (137,93 / 315)^2 = 8,62 \text{ kVAR}$

$Q_{VF} = 137,93 \cdot \sin(\arccos 0,87) + 8,62 = 76,62 \text{ kVAR}$

pertes = $P_0 + P_{cu} = 0,77 + 4,1 \cdot (137,93 / 315)^2 = 1,56 \text{ kW}$

$P_{VF} = 3 \cdot 40 + \text{pertes} = 121,56 \text{ kW}$

$Q_c = Q_{VF} - (P_{VF} \cdot 0,4) = 28 \text{ kVAR}$

Q49.

$S_{VV} = 3 \cdot (30 / 0,859) = 104,8 \text{ kVA}$

$Q_T = 6,3 + 12,1 \cdot (104,8 / 315)^2 = 7,64 \text{ kVAR}$

$Q_{VF} = 3 \cdot 30 \cdot \text{tg}(\arccos 0,98) + 7,64 = 25,9 \text{ kVAR}$

pertes = $P_0 + P_{cu} = 0,77 + 4,1 \cdot (104,8 / 315)^2 = 1,22 \text{ kW}$

$P_{VF} = 3 \cdot 30 + \text{pertes} = 91,22 \text{ kW}$

$\text{tg}\phi = 25,9 / 91,22 = 0,28$

Q50.

$Z_T = [4 / 100] \cdot [(420)^2 / 315000] = 22,4 \text{ m}\Omega$ $R_T = 6,944 \text{ m}\Omega$ $X_T = 21,28 \text{ m}\Omega$

câble : $R = 23,69 \cdot 15 / 185 = 1,92 \text{ m}\Omega$ $X = 0,09 \cdot 15 = 1,35 \text{ m}\Omega$

$R_R = 0,035 + 6,944 + 1,92 = 8,9 \text{ m}\Omega$

$X_R = 0,35 + 21,28 + 1,35 = 22,98 \text{ m}\Omega$ d'où $L_R = 22,98 / 314 = 73,2 \mu\text{H}$

Q51.

$Q_c = 30000 = 400^2 \cdot C_{comp} \cdot 314$ $C_{comp} = 597 \mu\text{F}$

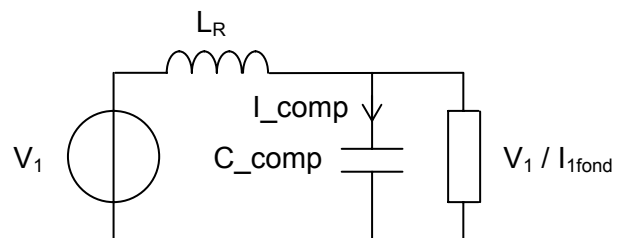
Q52.

$I_{dc} = 30000 / 540 = 55,56 \text{ A}$

Q53.

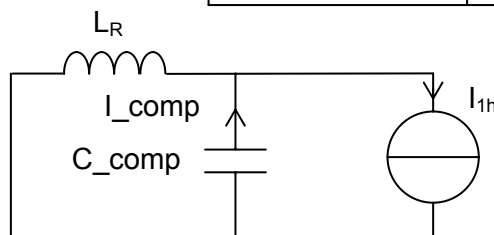
Schéma équivalent à la fréquence du réseau :
La chute de tension dans L_R ($X_R = 22,98 \text{ m}\Omega$) est négligeable.

$I_{comp} = 230 \cdot 597 \cdot 10^{-6} \cdot 314 = 43,1 \text{ A} = 61 / \sqrt{2}$



Q54.

Schéma équivalent aux fréquences multiples de celle du réseau :



Q55.

$$I_{\text{comp}} = I_{1h} \cdot Y_{C_{\text{comp}}} / (Y_{C_{\text{comp}}} + Y_{L_R}) = I_{1h} \cdot j \cdot C_{\text{comp}} \cdot h \cdot \omega / j \cdot [C_{\text{comp}} \cdot h \cdot \omega - (1 / L_R \cdot h \cdot \omega)]$$

$$I_{\text{comp}} = I_{1h} \cdot [1 / 1 - (1 / L_R \cdot C_{\text{comp}} \cdot h^2 \cdot \omega^2)]$$

Q56.

Par calcul, en travaillant avec les valeurs crêtes :

$$\hat{I}_{\text{comp},5} = 28 \cdot 0,12 = 3,38 \quad \hat{I}_{\text{comp},7} = 12 \cdot 0,27 = 3,22 \quad \hat{I}_{\text{comp},11} = 4 \cdot 1,09 = 4,36$$

$$\hat{I}_{\text{comp},13} = 3 \cdot 2,69 = 8,06 \quad \hat{I}_{\text{comp},17} = 4,5 \cdot 5,06 = 22,77 \quad \hat{I}_{\text{comp},19} = 2,5 \cdot 2,8 = 6,99$$

On retrouve ces valeurs dans le spectre.

$$(I_{\text{comp}})^2 = 43,1^2 + (1/2) \cdot (3,38^2 + 3,22^2 + 4,36^2 + 8,06^2 + 22,77^2 + 6,99^2) = 2194$$

$$I_{\text{comp}} = 46,8 \text{ A}$$

Q57.

$1 / 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L_R \cdot C_{\text{comp}}} = 761 \text{ Hz}$. L'harmonique la plus proche et d'amplitude la plus élevée est à 850 Hz (rang 17), d'où la superposition d'une sinusoïde de fréquence 850 Hz.

Q58.

La valeur efficace pour laquelle sont normalement prévus les condensateurs est de 43,1 A

Avec un variateur en service, cela représente une augmentation de 8,6 %, valeur qui accélérera la vieillissement des condensateurs. La situation sera encore plus critique si d'autres variateurs sont mis en service en conservant cette batterie de condensateurs.

Q59.

$$Q = 12500 = U^2 / [L_{\text{ah}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 - (1 / C_{\text{comp}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50)] \text{ et } C_{\text{comp}} \cdot L_{\text{ah}} \cdot (2 \cdot \pi \cdot 135)^2 = 1$$

$$C_{\text{comp}} = 214,7 \mu\text{F} \quad \text{et} \quad L_{\text{ah}} = 6,47 \text{ mH}$$

Q60.

On remarque la quasi disparition des courants harmoniques.

$$\text{Le courant efficace} = (12500 / 3) / (230) = 18,1 \text{ A}$$

$$\text{On retrouve bien cette valeur sur le spectre : } 18,1 \cdot \sqrt{2} = 25,6 \text{ A}$$

Q61.

Redresseurs dodécaphasés, filtres anti-harmoniques, filtres actifs et redresseurs à absorption sinusoïdale.

Q62.

$$V_+ = \frac{3}{2 \cdot \pi} \cdot \int_{\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{3}} \frac{\pi}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{2} \cdot \sin \theta \cdot d\theta = \frac{3 \cdot \sqrt{2}}{2 \cdot \pi} \cdot U = 270 \text{ V}$$

$$V_- = -270 \text{ V}$$

$$U_{\text{cont}} = V_+ - V_- = 540 \text{ V}$$

Q63.

$$u_{BC} = +U_{\text{cont}} : T_3 \text{ et } T_6 \quad v_B = V_+ \text{ et } v_C = V_-$$

$$u_{BC} = -U_{\text{cont}} : T_4 \text{ et } T_5 \quad v_B = V_- \text{ et } v_C = V_+$$

Q64.

$$u_{BC} = 0 : T_3 \text{ et } T_5 \quad \text{ou} \quad T_4 \text{ et } T_6$$

$$\text{Si } u_{AB} = +U_{\text{cont}} \quad \text{alors} \quad v_B = v_C = V_-$$

$$\text{Si } u_{AB} = -U_{\text{cont}} \quad \text{alors} \quad v_B = v_C = V_+$$

$$\text{Si } u_{AB} = 0 \quad \text{alors} \quad v_B = v_C = V_+ \quad \text{ou} \quad v_B = v_C = V_-$$

Q65. Voir DR3

Q66.

Soit Z l'impédance d'un enroulement statorique.

$$V_O = \frac{\frac{V_A}{Z} + \frac{V_B}{Z} + \frac{V_C}{Z}}{\frac{1}{Z} + \frac{1}{Z} + \frac{1}{Z}} = \frac{V_A + V_B + V_C}{3}$$

Q67. Voir DR3

Q68.

Tension v_0 : on retrouve bien les 4 niveaux de tension : V_+ , $1/3 V_+$, $1/3 V_-$, V_- .

La période de v_0 et de v_A est d'environ $330 \mu\text{S}$, correspondant à une fréquence de découpage du variateur de 3 kHz.

L'ondulation basse fréquence sur v_A provient du filtrage imparfait de la tension redressée.

On retrouve les mêmes amplitudes crête à crête pour v_0 et v_A : entre 540 V et 560 V.

Le courant dans le PE, de type oscillatoire amorti, peut atteindre 8 A. La fréquence de répétition de ces impulsions de courant est 6 fois plus élevée que la fréquence de découpage du variateur.

Q69.

Utiliser en sortie un filtre LC appelé aussi filtre sinus, sinon placer des selfs de mode commun en sortie.

Q70.

Remplacer le disjoncteur différentiel par un modèle immunisé contre les courants HF (ex. type A_{si} chez Schneider).

Utiliser un transformateur d'isolement et créer un régime de neutre TNS au secondaire en évitant d'installer des prises de courant en aval de ce transformateur.

Q71.

Ces courants circulant dans les câbles et le PE rayonnent des ondes électromagnétiques perturbant le voisinage : problème de compatibilité électromagnétique.

Q72.

Maîtrise d'ouvrage : exploitant gérant l'alimentation en eau potable

Maîtrise d'œuvre : service chargé des travaux

Les étudiants ne peuvent être que sous traitant du maître d'œuvre, car la dimension service après vente est absente.

Q73.

Convention d'étude et de réalisation établie entre l'entreprise (service chargé des travaux) et le lycée.

Conventions de stage pour les étudiants permettant leur couverture lors des déplacements sur le site.

Autorisations de sortie du lycée.

Q74.

Il représente les tâches pour lesquelles aucun retard ne doit être admis sous peine de ne pas terminer le projet dans les temps.

La somme de la durée des tâches à laquelle il faut ajouter les délais de livraison est égale à 188 heures.

Q75. Voir DR4.

Le planning proposé tient compte de la charge hebdomadaire de chaque étudiant, en regard des tâches que chacun effectuera selon DR5. Il se déroule sur 192 heures.

Q76. Voir DR5.

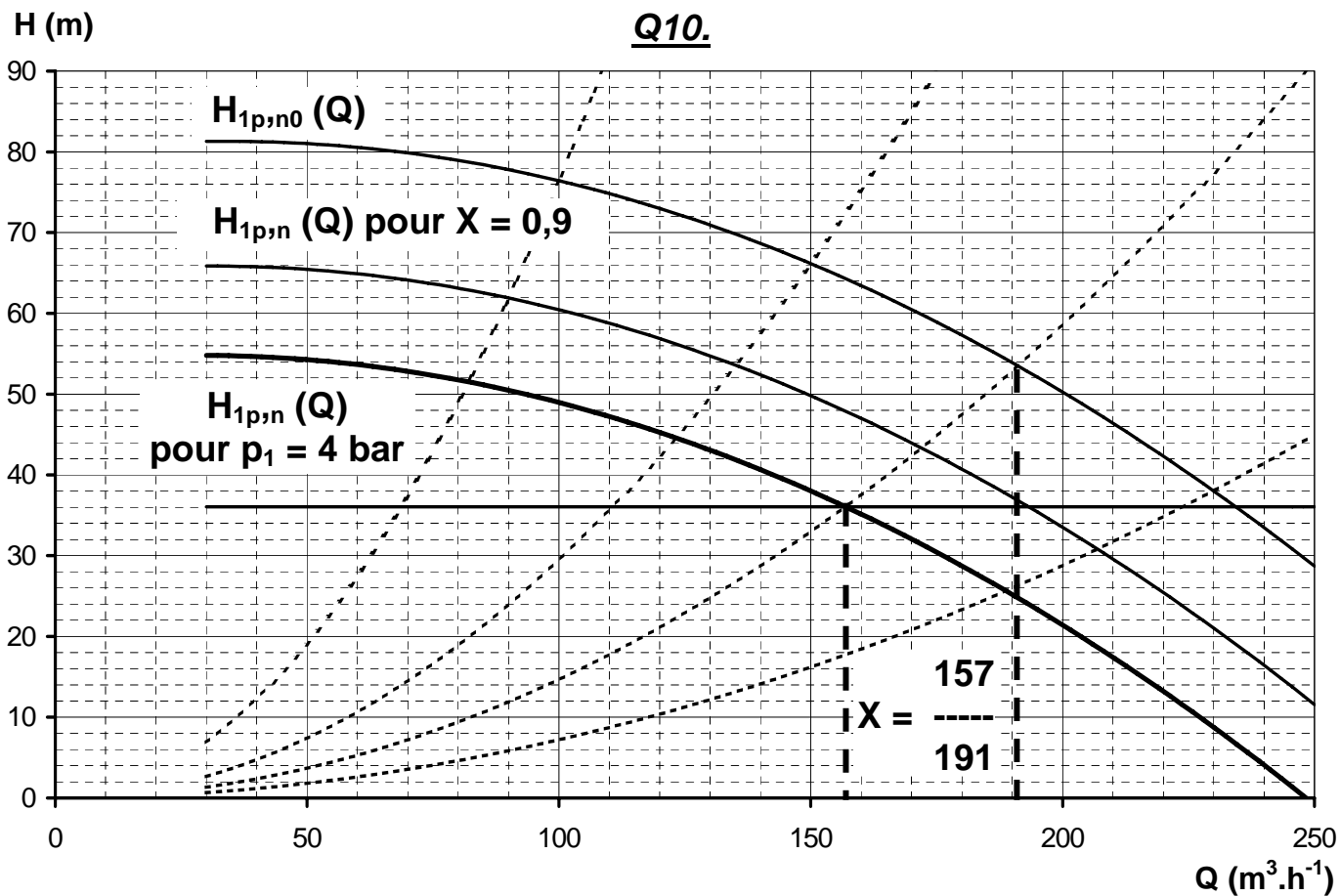
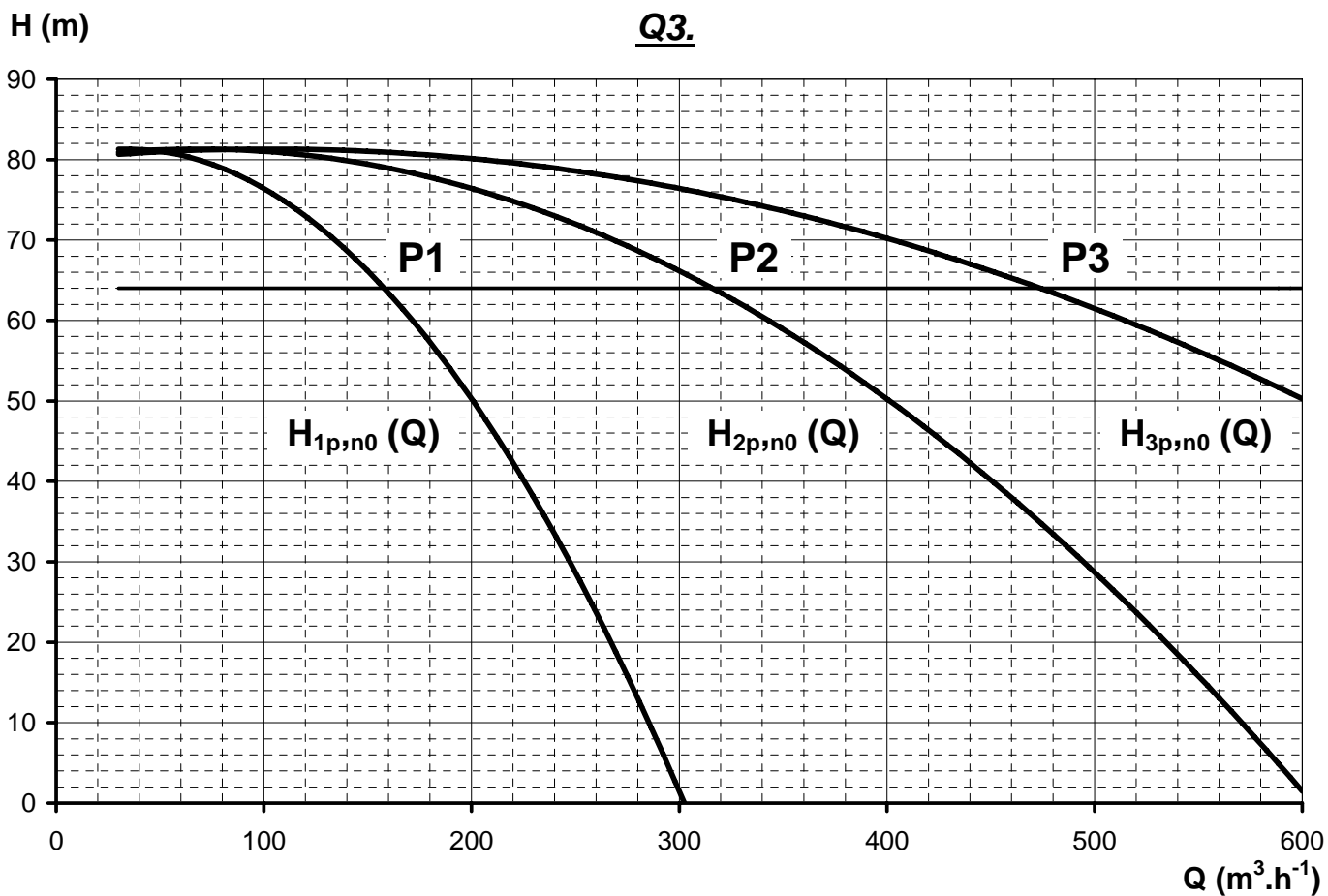
Q77.

La première revue de projet peut se situer avant la validation des devis par le client : aux alentours de la 50^{ème} heure.

La seconde revue de projet peut se situer autour de la 100^{ème} heure : après la planification des essais, l'étude des paramètres du variateur et la validation des travaux à effectuer par les agents.

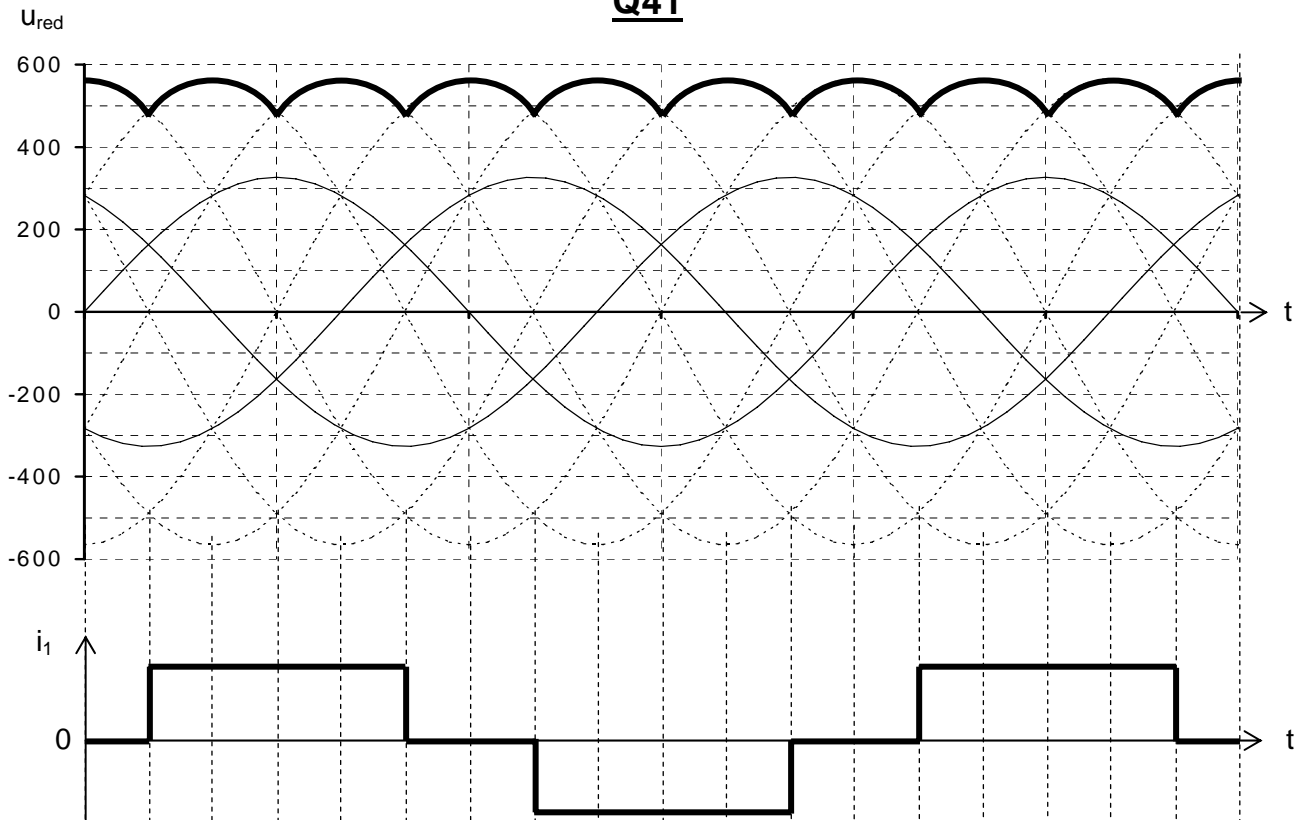
La troisième revue de projet peut se situer autour de la 170^{ème} heure : juste avant la mise en service avec le client.

DOCUMENT RÉPONSE DR1

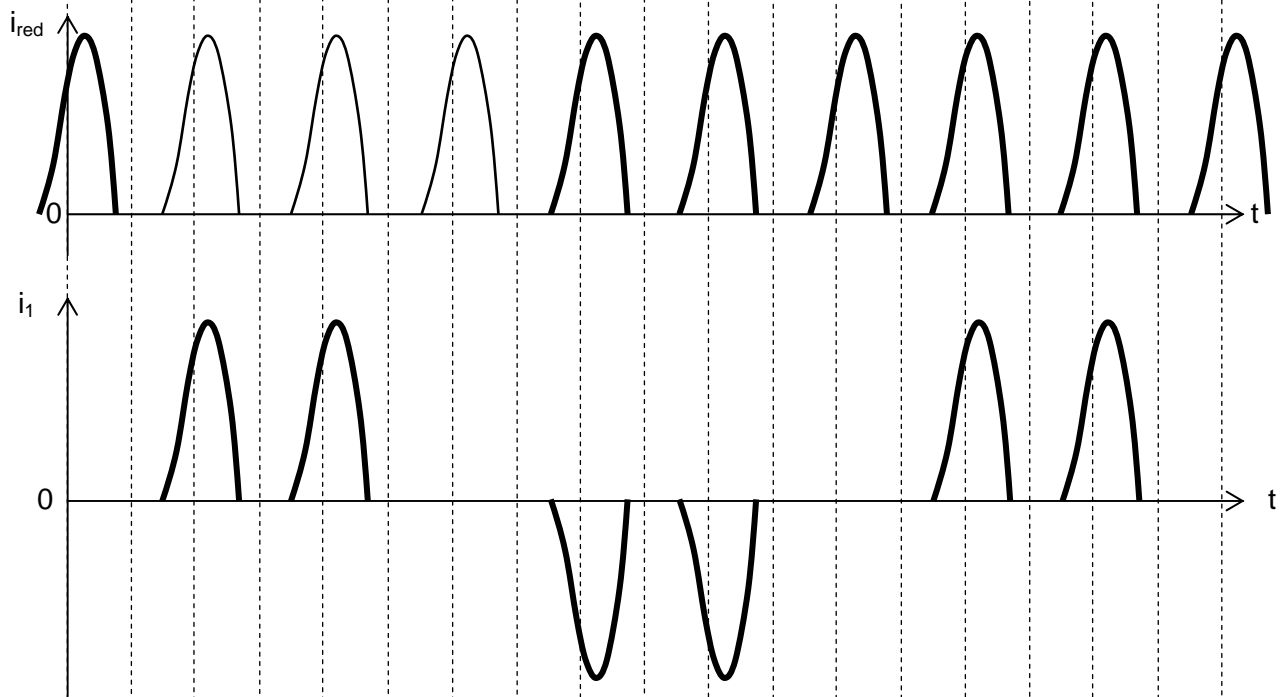


DOCUMENT RÉPONSE DR2

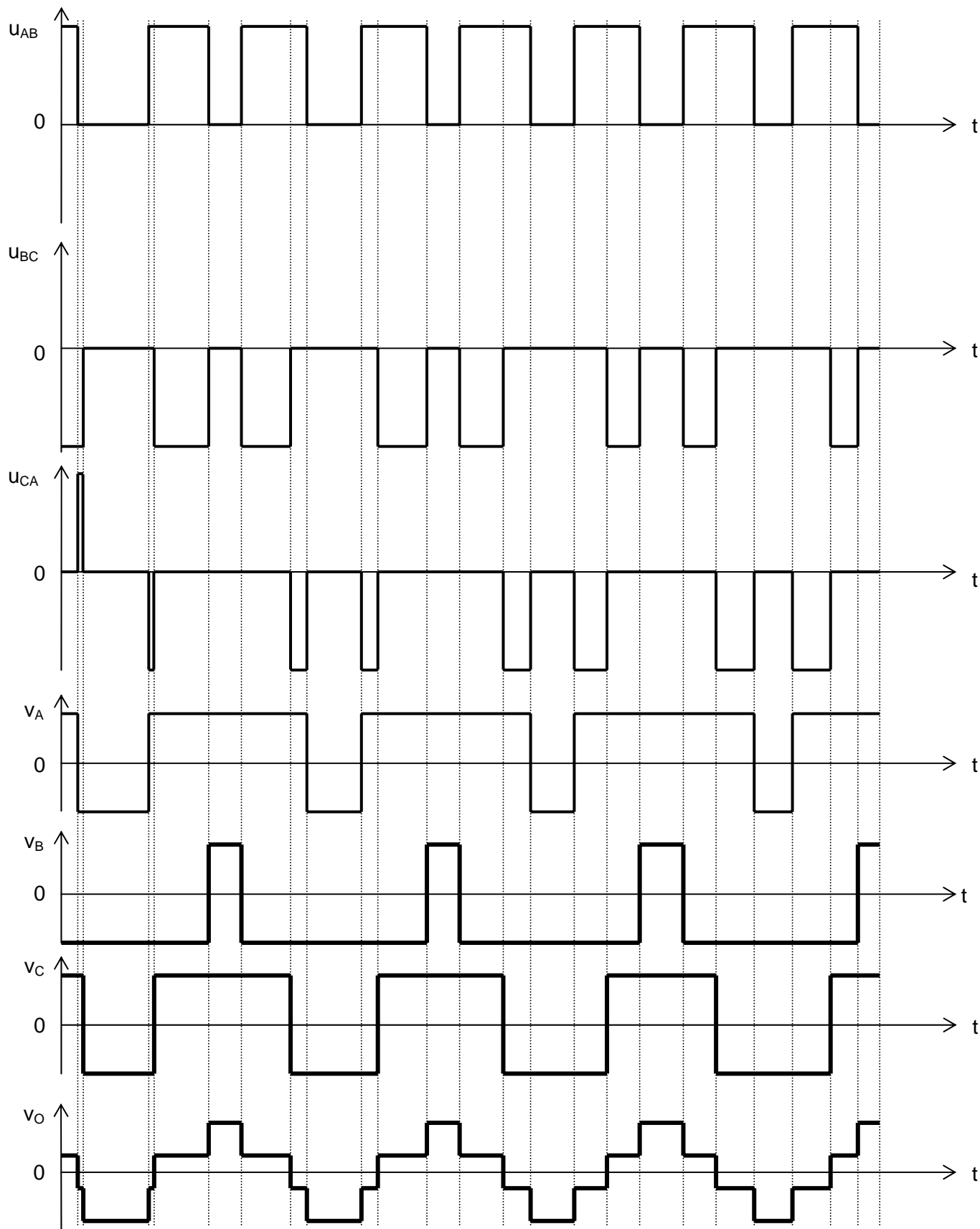
Q41



Q44



DOCUMENT RÉPONSE DR3



DOCUMENT RÉPONSE DR5

	Étudiant 1	Étudiant 2	Étudiant 3
Étude technique et économique			
Analyse du cahier des charges			
T1 : contact initial sur le site	4	4	4
T2 : analyse du mode château d'eau sans bâche (mode 1)	8	8	8
T3 : analyse du mode surpresseur (mode 2)	8	8	8
Concevoir des solutions techniques			
T4 : détermination de la puissance du variateur	4	4	4
T5 : environnement variateur	12	12	12
T14 : choix des câbles de puissance		4	
T15 : disjoncteur de tête		4	
T19 : choix armoire et plan d'implantation interne	8		8
T20 : étude thermique armoire			4
T29 : choix capteur de pression et câble de liaison	4		
T8 : recherche des paramètres variateur pour le mode 1	4	12	12
T9 : recherche des paramètres variateur pour le mode 2	4	12	12
Élaboration d'une offre adaptée			
T6 : devis variateur	4		
T16 : devis câbles (et disjoncteur éventuel)		4	
T21 : devis armoire			4
T30 : devis capteur	4		
Dossiers de fabrication et d'exécution d'un chantier			
T17 : schéma implantation câbles sur site		4	
T24 : schéma d'implantation armoire sur site			4
T31 : schéma d'implantation capteur sur site	4		
T33 : schémas électriques réalisés sous logiciel	24		
Réalisation et exécution			
T22 : préparation et câblage armoire (hors variateur)		16	16
T7 : câblage variateur au lycée	16		
T25 : montage armoire sur site	12	12	12
Planification, suivi technique et maîtrise des coûts			
T26 : planification des essais de l'armoire sur site	4	4	4
Centraliser les commandes et en assurer le suivi			16
Essais, mise en service et contrôle			
T23 : vérification câblage général (au lycée)	4	4	4
T10 : essais et paramétrage variateur au lycée	8	8	8
T18 : vérification câblage sur site		4	
T32 : essais du capteur sur site	4		
T27 : vérification électriques armoire sur site	4	4	4
T11 : essais variateur sur site (présence du fournisseur)	8	8	8
T12 : essais hydrauliques sur site	8	8	4
T28 : vérification thermique armoire sur site			4
T13 : comptes rendus d'essais	8	8	8
Relations clients - fournisseurs			
T34 : validation des devis par le client et commande	4	4	4
T35 : validation des travaux demandés aux agents	4	4	4
Réunions de chantier : organisation et comptes rendus		16	
TOTAL	176	176	176