

BTS Electrotechnique 2008Epreuve E4.1Jeux d'eau au parc du château de VersaillesRéseau hydrauliqueA. Comment garantir la hauteur d'un jet d'eau ?A.1. Hauteur du jet d'eau

1. En A, la masse a une énergie cinétique $E_{ca} = \frac{1}{2} m v_a^2$.
2. En B, $v_b = 0$, donc l'énergie cinétique est nulle $E_{cb} = 0$.
3. La valeur de l'énergie potentielle en A est $E_{pa} = 0$.
4. La valeur de l'énergie potentielle en B est $E_{pb} = mgh_j$.
5. En négligeant l'énergie due à la pénétration du jet dans l'air, la somme de ces deux énergies se conserve :
 $\frac{1}{2} m v_a^2 = mgh_j$. Ce qui donne : $h_j = \frac{1}{2} \frac{v_a^2}{g} \rightarrow h_j = 15,4 \text{ m}$
6. On a négligé l'énergie due à la pénétration du jet d'eau dans l'air : la hauteur réelle du jet sera plus faible que la valeur calculée. La forme et la hauteur du jet dépendent beaucoup de la section et de la forme de la tuyère de sortie.

A.2. Etude de l'alimentation du jet d'eau

1. La pression statique, vanne fermée, au niveau de la vanne est $p_v = p_{at} + H_v \cdot \rho \cdot g$ car la surface du réservoir de Montbauron est à la pression atmosphérique.

$$p_v = 1,013 \cdot 10^5 + 18 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 2,78 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

2.1) p est la pression au point considérée de l'écoulement en Pa.

2) La pression au point C est égale à la pression atmosphérique $p = p_{at}$.

3) La pression au point A est égale à la pression atmosphérique $p = p_{at}$.

4) z est l'altitude du point considéré en m.

$$5) z_A = 0$$

$$6) z_C = H$$

7) v est la vitesse de l'eau au point considéré en m/s.

$$8) v_C = 0$$

$$9) \frac{p_{at}}{\rho} + gh = \frac{p_{at}}{\rho} + \frac{v_a^2}{2} \rightarrow v_a = \sqrt{2gh} = 17,4 \text{ m/s.}$$

$$10) Q = v_a \cdot S_a \rightarrow v_a \pi \frac{d_a^2}{4} = 0,166 \text{ m}^3/\text{s}$$

11) Le débit Q se conserve le long du circuit hydraulique.

$$12) v_1 = \frac{4Q}{\pi d_1^2} = 0,261 \text{ m/s} \text{ dans la canalisation 1.}$$

$$v_2 = \frac{4Q}{\pi d_2^2} = 0,845 \text{ m/s} \text{ dans la canalisation 2.}$$

$$3.1) \text{ La valeur de la nouvelle vitesse } v'_a \text{ est } v'_a = \sqrt{2(gh - J)} = 16,4 \text{ m.s}^{-1}$$

$$2) J_m = \frac{J_0/k_0}{g} = 1,81 \text{ m}, \text{ représente les pertes de charge exprimées en hauteur d'eau.}$$

A.3. Retour sur l'enjeu

$$1. \text{ Il faut un volume } V_{mb} = 3750 \text{ m}^3$$

2. La diminution du niveau est $\Delta h = V_{mb}/S_{mb} = 0,23 \text{ m}$. Cette variation est tout à fait négligeable. Cette hauteur conditionne la hauteur des jets d'eau donc leur qualité, elle ne doit donc pas subir une diminution importante.

B. Solution retenue pour maintenir un niveau constant

B.1. Dimensionnement du servomoteur qui actionne la vanne

$$1. v_v = d_v/\Delta t \rightarrow 23 \cdot 10^{-3}/138 = 0,167 \text{ mm/s}$$

$$2. \text{ Le nombre de tour est } n_{br} = d_v/p = 23/4 = 5,75$$

$$3. n_{sv} = v_v/p \rightarrow 23/4 \cdot 138 = 0,0417 \text{ tr/s} = 2,5 \text{ tr/min} \quad (Q_{sv} = 0,262 \text{ rd/s})$$

$$4. C_{sv} = F \cdot v_v/Q_{sv} \cdot 0,26 = 49 \text{ Nm}$$

5. $n = n_{sv} \cdot r \rightarrow 2,5 \cdot 560 = 1400 \text{ tr/min}$

6. $C_{mas} = C_{sv} / \eta \cdot r \rightarrow 49 / 560 \cdot 0,22 = 0,398 \text{ Nm}$

7. La machine asynchrone doit avoir un couple utile mécanique de $0,406 \text{ Nm}$ et tourner à une vitesse de 1400 tr/min , ce qui correspond à une puissance utile $P_u = C_{mas} \cdot \omega = 0,406 \cdot (2\pi \cdot 1400 / 60) = 59,3 \text{ W}$.

B.2. Caractéristiques et service de fonctionnement de la machine asynchrone triphasée

1. $g = n_s - n / n_s \rightarrow 1500 - 1400 / 1500 = 0,066 \rightarrow 6,6\%$.

2. Le sens de rotation dépend du sens de rotation du champ tournant qui est imposé par l'ordre des phases. Il faut prévoir de pouvoir inverser les connexions de deux fils de phase sur l'alimentation du moteur.
 $\rightarrow$ contacteur-inverseur

3. $C_{mas} = P_{un} / \Omega_n \rightarrow 60 / (2\pi \cdot 1500 / 60) = 0,38 \text{ Nm}$

4. $P_a = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \rightarrow \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,3 \cdot 0,8 = 166 \text{ W}$
 $Q_a = P_a \cdot \tan \varphi \rightarrow 166 \cdot 0,75 = 125 \text{ VAR}$

5. $\eta = \frac{P_u}{P_a} \rightarrow \frac{60}{166} = 0,361 \rightarrow 36\%$

6. R_s : résistance du stator par phase.

L_m : réactance magnétisante.

L_w : réactance de fuite globalisée au rotor et ramenée au stator.

R : résistance rotorique ramenée au stator.

7. Au démarrage, la vitesse est nulle, donc $g=1$.

8. 1) $\underline{Z} = \frac{R}{g} + jk\omega = 145 + j267$, car $g=1$.

2) $\underline{Z}_{er} = \underline{Z}_e + R_s$
 $= 96,6 + j229 + 118$
 $= 214,6 + j229$

3) $Z_{er} = \sqrt{(214,6)^2 + (229)^2} = 313,8 \Omega$

$$I_d = \frac{U}{Z_{er}} = \frac{230}{313,8} = 0,736 \text{ A}$$

9. $I_{eff} = \sqrt{I_d(t)^2}$
 $= \sqrt{\frac{0,75^2 \cdot 0,2 + 0,3^2 \cdot 1,6}{2}} = 0,358 \text{ A}$

10. Les pertes joules du moteur seront plus élevées que celle correspondant au point nominal, il y aura donc un échauffement plus grand dont il faudra tenir compte dans le choix du fonctionnement du moteur.

11. Chaque cycle dure 2s.

cycle: 20

1h: 3600s

→ $3600/2 = 1800$ démarrages par heure.

B.3 Régulation de niveau

1. 1) $dV = S_R \cdot dN = 1103 \cdot dN$

2) La différence entre le débit d'entrée et le débit de sortie est liée à la variation de volume par la relation $Q_e - Q_s = \frac{dV}{dt}$ avec la relation précédente on obtient $Q_e - Q_s = S_R \frac{dN}{dt}$.

3) La transformation de Laplace appliquée à la relation précédente donne avec des conditions initiales nulles : $Q_e(p) - Q_s(p) = S_R p N(p)$ ou en exprimant $N(p)$.

$$N(p) = \frac{1}{S_R p} (Q_e(p) - Q_s(p))$$

2. Avec $\delta(p) = V_c(p) - V_r(p)$, $X_c(p)$ est la consigne de position de la vanne, $X(p)$ est la position de la vanne, $Q_e(p)$ le débit de remplissage.

3. En régime statique le niveau N est constant, pour cela il faut que le débit de remplissage Q_e et le débit Q_s soient égaux : $Q_e = Q_s$

4. 1) $Q_e = 100 \text{ l/s}$

2) $x = Q_e / K_x = 100 \cdot 10^{-3} / 1,6 \cdot 10^{-3} = 62,5$

3) Pour $p=0$ le gain statique du positionneur est 1, donc $X_c = X$ et $V_c - V_r = x / C(0) \Rightarrow V_c - V_r = 625$.

4) $N_c - N_r = (V_c - V_r) / K_h = 0,625 \text{ m}$, il y a donc une erreur statique importante.

5) Pour avoir une erreur statique nulle, il faut que le correcteur ait une intégration.

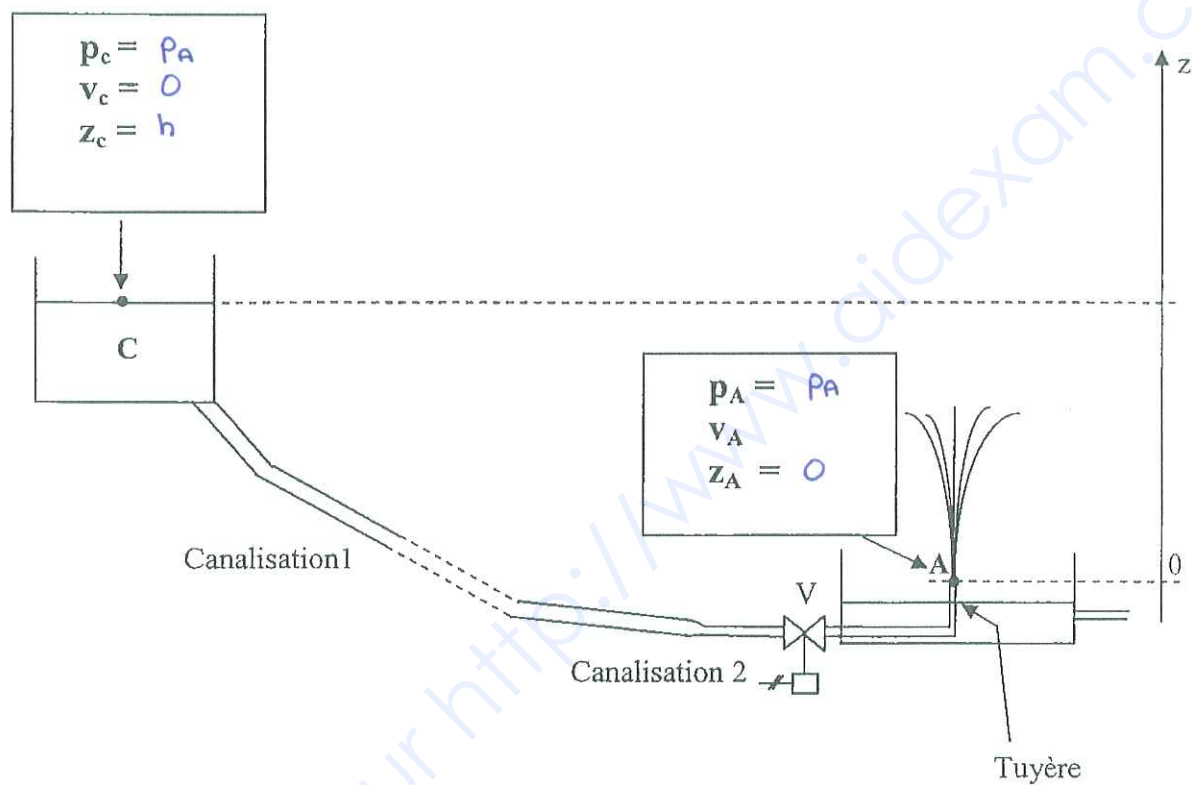
5.1) Le système bouclé est stable si la marge de phase est positive.

2) $\Delta\varphi = 180 - 157 = 23^\circ$.

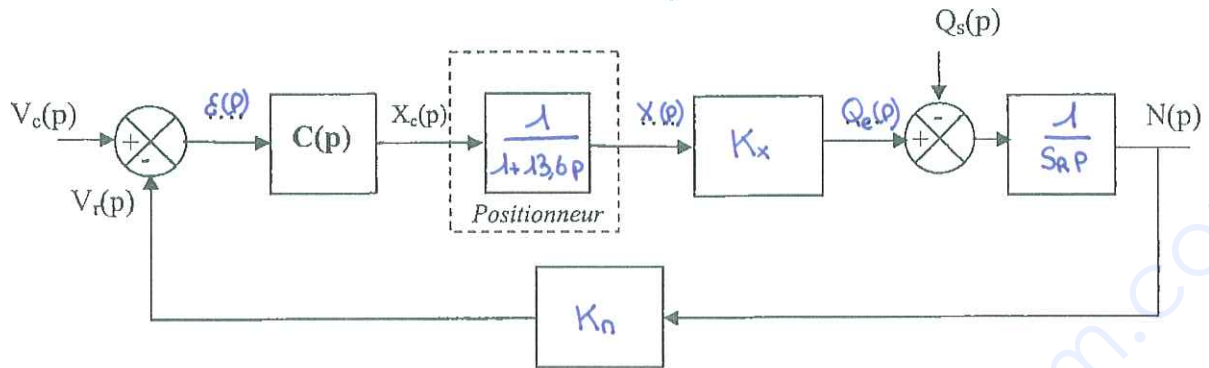
3) Pour obtenir une marge de phase maximale, il faut une translation de 24 dB. Ce qui fait un gain de 15,8. La nouvelle valeur de A est $A = 16$.

4) La valeur de $\Delta\varphi$ est 56° ($180 - 124$) dans ces conditions.

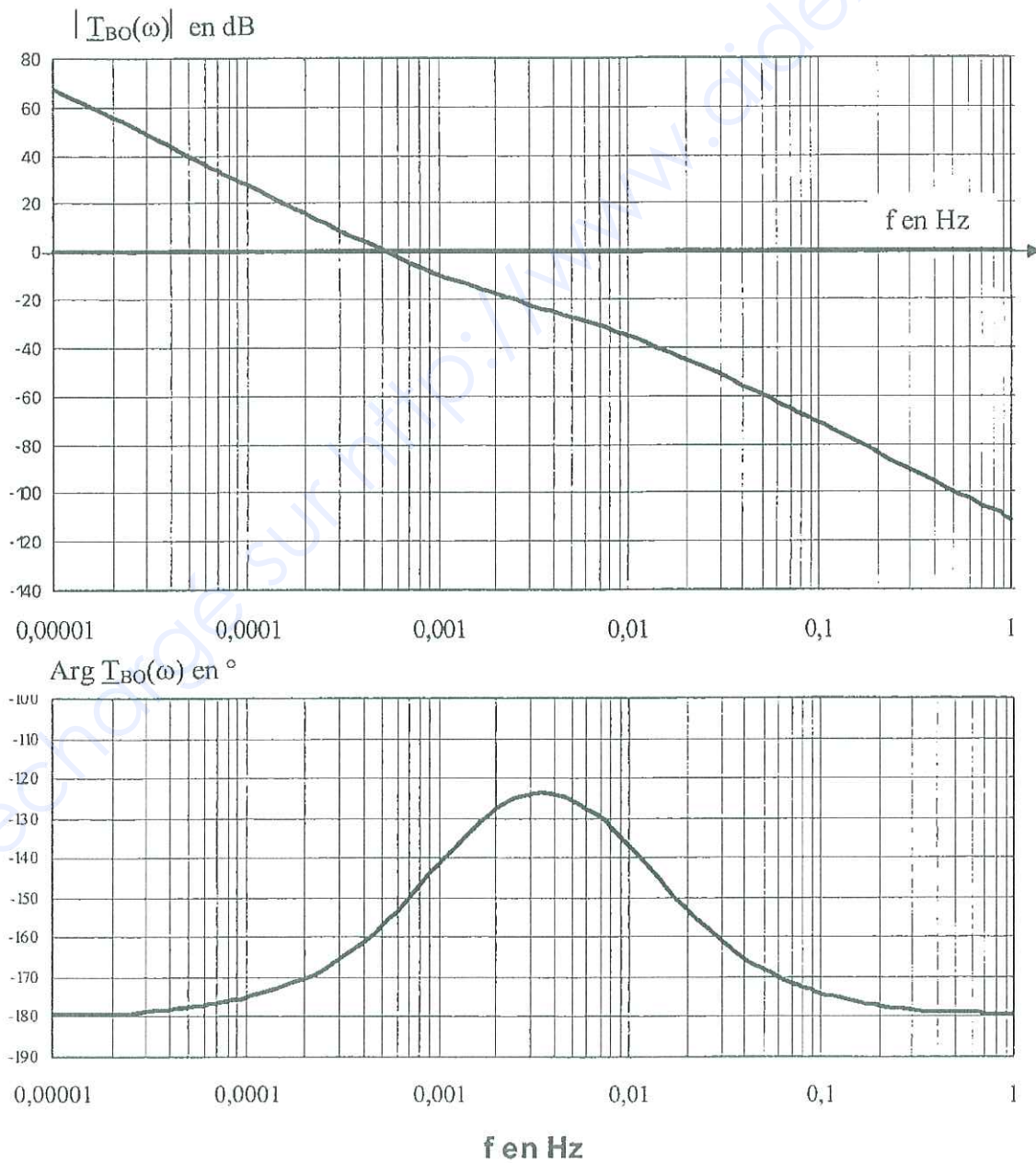
5) L'erreur statique est nulle car la valeur finale de N est N_c ; le temps de réponse est de 350s et le dépassement D_1 est égale à 22%.
 $e = 0$; $t_r = 350s$; $D_1 = 22\%$.

Document réponse 1

Document réponse 2



Document réponse 3



Document réponse 4

