

A. Choix de la pompe.

A.1

$$A.1.1. \quad h_{\min} = N_{HP} - (47 - 10) = 42 - 37 = 5 \text{ m.}$$

$$h_{\max} = N_{BP} - (47 - 10) = 71 - 37 = 34 \text{ m.}$$

A.1.2) L'équation de Bernoulli devient

$$P_R - P_E + \rho g (z_R - z_E) + \underbrace{\frac{1}{2} \rho (v_R^2 - v_E^2)}_{\text{terme négligé}} = \rho g H_{\text{pompe}} - \rho g \Delta H$$

$$P_R = P_E = P_{at} \text{ (pression atmosphérique)}$$

Il reste

$$\rho g h = \rho g H_{\text{pompe}} - \rho g \Delta H$$

$$\Rightarrow h = H_{\text{pompe}} - \Delta H$$

A.1.3)

$$H_{\text{pompe}} = h + \Delta H$$

$$= h + \frac{J \times l}{100}$$

$$= h + \frac{(0,076 Q^2 + 0,26 Q)}{100} \times 920$$

$$\Rightarrow H_{\text{pompe}} = 0,7 Q^2 + 2,4 Q + h$$

A.1.4) H_{pompe} est maxi pour $h_{\max} = 34 \text{ m}$
et $Q_{\max} = 10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

$$\begin{aligned} H_{\text{pompe max}} &= 0,7 Q_{\max}^2 + 2,4 Q_{\max} + h_{\max} \\ &= 0,7 \times 10^2 + 2,4 \times 10 + 34 = 74 \text{ m} \end{aligned}$$

②

A.1.5) Puissance hydraulique

$$P = Q_{\max} \rho g H_{\text{pompe max}}$$

$$Q_{\max} = 10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} = 2,77 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

$$= 2,77 \cdot 10^{-3} \times 1000 \times 9,81 \times 128$$

$$P = 3,48 \text{ kW}$$

A.1.6) Voir document réponse A.1.

A.2) Validation

A.2.1) Voir document réponse.

A 2820 tr min^{-1} on est au dessus de la zone hachurée, le moteur pourra donc faire tous les points de la zone hachurée avec une vitesse variable.

A.2.2) Par extrapolation sur le document réponse on trouve :

$$n_{\max} \approx 2840 \text{ tr/min}$$

$$n_{\min} \approx 1220 \text{ tr/min}$$

$$A.2.3) P_u = \frac{P_{\text{pompe}}}{\eta} = \frac{3,48}{0,65} = 5,37 \text{ kW}$$

A.2.4) La puissance du moteur est de $7,5 \text{ kW} \Rightarrow$ supérieure à $5,37 \text{ kW}$.

Le moteur tourne à $2820 \text{ tr/min} \Rightarrow$ supérieur à $n_{\max} = 2840 \text{ tr/min}$

B) Solution pour obtenir un débit variable. (3)

B.1)

B.1.1.) $n_s = 3000 \text{ tr/min}$

$$p = \frac{60 \times f}{n_s} = \frac{60 \times 50}{3000} = 1 \Rightarrow p = 1.$$

B.1.2)

$$q = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{3000 - 2870}{3000} = 4,33\%$$

B.1.3)

$$\eta_N = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_u}{\sqrt{3} U_N I_N \cos \phi_N} = \frac{7500}{\sqrt{3} \times 400 \times 17 \times 0,84}$$

$$\eta_N = 0,46\%$$

B.1.4)

$$T_{uN} = \frac{P_u}{\Omega_N} = \frac{P_u \times 60}{2\pi n_N} = \frac{7500 \times 60}{2\pi \times 2870}$$

$$T_{uN} = 25 \text{ Nm}$$

B.1.5)

A vide $n = 3000 \text{ tr/min}$ $T_u = 0$

En charge $n = 2870 \text{ tr/min}$ $T_u = 25 \text{ Nm}$

Voir document réponse.

B.1.6)

Graphiquement on trouve $n = 2900 \text{ tr/min}$.

Sur la figure 3 pour $n = 2900 \text{ tr/min}$, on

trouve un débit de $11 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \Rightarrow$ les

$10 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ sont envisageables.

B.2) Entraînement à vitesse variable.

④

B.2.1) Voir document réponse.

B.2.2) La pompe fonctionne toujours en moteur. Il n'y a donc pas besoin de résistance de freinage.
De plus la charge n'est pas inertielle.

B.2.3) Il faut respecter l'ordre des phases sinon la pompe tourne à l'envers et refoule.

B.2.4) La caractéristique utile se déplace parallèlement à la caractéristique C_0 .

B.2.5) Sur la fig 3, on trouve graphiquement
 $n = 1800 \text{ tr/min}$ pour $Q = 7 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$

B.2.6) Voir document réponse B.1.

B.2.7) On trouve graphiquement $T_u = 65 \text{ N.m}$
 $n_s = 1850 \text{ tr min}^{-1}$

$$\Rightarrow f = \frac{p \times n_s}{60} = \frac{1 \times 1850}{60} = 30,8 \text{ Hz}$$

B.2.8) Pour $f' = 26,3 \text{ Hz} \Rightarrow n_s = \frac{60 \times f}{p} = \frac{60 \times 26,3}{1} = 1580 \text{ tr min}^{-1}$
On trouve au point de fonctionnement $n = 1550 \text{ tr min}^{-1}$
(Voir document réponse B.1)

Sur la fig 3, on trouve pour $n = 1550 \text{ tr min}^{-1}$,
 $Q' = 4 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$

B.2.9) Le variateur permet bien d'avoir des débits compris entre $4 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ et $10 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$.
pour $f = 26,3 \text{ Hz}$ $Q' = 4 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
et pour $f = 50 \text{ Hz}$ $Q = 11 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} > 10 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$

C.2) Mise en place d'une boucle de régulation.

⑥

C.2.1) Correction intégrale.

C.2.2) Voir document réponse C.1.

C.2.3) Voir document réponse C.2

$$C.2.4) \quad T_F(p) = \frac{\frac{K}{P} \frac{a}{1+\beta p}}{1 + K_D \frac{K}{P} \frac{a}{1+\beta p}}$$

$$= \frac{K a}{\beta p^2 + p + K_D K a}$$

$$T_F(p) = \frac{1/K_D}{\frac{\beta}{K_D K a} p^2 + \frac{1}{K_D K a} p + 1}$$

$$C.2.5) \quad \lim_{t \rightarrow +\infty} Q(t) - \frac{V_E}{K_D} = \lim_{p \rightarrow 0} p \left(Q(p) - \frac{V_E}{p K_D} \right)$$

$$\lim_{p \rightarrow 0} p \left(T_F(p) \frac{V_E}{p} - \frac{V_E}{p K_D} \right)$$

$$\lim_{p \rightarrow 0} p \left(T_F(p) \frac{V_E}{p} - \frac{V_E}{p K_D} \right) = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{p V_E}{p} \left(T_F(p) - \frac{1}{K_D} \right)$$

$$\lim_{p \rightarrow 0} V_E \left(\frac{1}{K_D} - \frac{1}{K_D} \right) = 0$$

L'erreur est nulle, ce qui correspond à un système précis. Le résultat est prévisible, car l'action intégrale apporte de la précision à la régulation.

D Alimentation en énergie du puits L4

(97)

D.1)

$$D.1.1.) P_{th} = \frac{(\theta_c - \theta_a)}{R_{th}} = \frac{65 - 30}{1,2} = 29,2 \text{ W}$$

$P_{th} = 29,2 \text{ W}$ par mètre de câble

Rp: on devrait exprimer P_{th} en W m^{-1}

D.1.2)

$$P_{th} = r I_b^2$$

r résistance linéique ($\Omega \text{ m}^{-1}$)

$$\text{avec } r = \frac{\rho}{S}$$

$$P_{th} = \frac{\rho \cdot \text{m}}{S \cdot \text{m}^2} I_b^2 \text{ (A)}$$

D.1.3)

$$\begin{aligned} \rho &= 1,6 \cdot 10^{-8} (1 + 42 \cdot 10^{-3} \cdot \theta) \\ &= 1,6 \cdot 10^{-8} (1 + 42 \cdot 10^{-3} \times 65) \\ &= 20,4 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot \text{m} \end{aligned}$$

D.1.4)

$$S = \frac{\rho I_b^2}{P_{th}} = \frac{20,4 \cdot 10^{-9} \times 15^2}{29,2}$$

$$S = 157 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 = 0,156 \text{ mm}^2$$

D.1.5)

S ne dépend pas de la longueur du câble, car on a calculé la dissipation thermique par mètre de câble.

$$D.1.6) \Delta V = R_{\text{cable}} I_b$$

$$\Delta V = \frac{\rho L}{S} I_b$$

$$D.1.7) L = \frac{\Delta V \times S}{\rho I_b} = \frac{2,9 \times 1,5 \cdot 10^{-6}}{20,4 \cdot 10^{-3} \times 15} = 14,2 \text{ m}$$

D.1.8) Le critère de choix est la longueur.

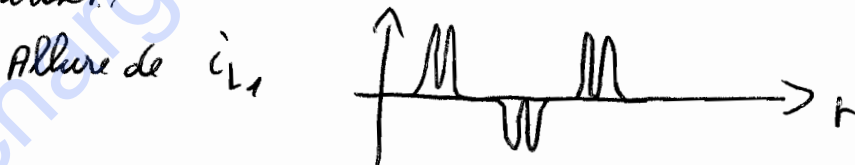
Pour une section de $1,5 \text{ mm}^2$ il ne faut pas dépasser $14,2 \text{ m}$. Il nous faut 200 m . Il faudra donc prendre une section plus grande.

L'échauffement ne pose pas de problème, car la section prise ($1,5 \text{ mm}^2$) était beaucoup plus grande de la section limite ($0,156 \text{ mm}^2$)

D.2) Qualité de l'énergie électrique

D.2.1) Les PD3 ne génèrent pas d'harmoniques 3 sur le réseau.

Le courant sur le réseau n'est pas sinusoïdal. (Le condensateur demande des pointes de courants pendant des temps courts). Il y a donc des harmoniques de courant.



D.2.2)

Le neutre est nécessaire pour alimenter les appareils en 230V.

Le courant dans le neutre est dû au déséquilibre entre les appareils (Automate, pompe, commande, alimentation capteurs)

D.2.3)

(9)

$$D.2.3.1) \quad Q = VI_1 \sin \phi$$

comme $\cos \phi \approx 1$ pour les 3 phases $\Rightarrow \sin \phi \approx 0$

$$Q_{L1} = Q_{L2} = Q_{L3} = 0$$

$$D.2.3.2) \quad D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} = \sqrt{(VI)^2 - P^2 - Q^2}$$

$$D_{L1} = \sqrt{(232,3 \times 5,8)^2 - 800^2} = 1120$$

$$D_{L2} = \sqrt{(235,9 \times 6)^2 - 840^2} = 1140$$

$$D_{L3} = \sqrt{(238,3 \times 6)^2 - 830^2} = 1160$$

D.2.3.3)

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{P}{VI}$$

$$FP_{L1} = \frac{800}{232,3 \times 5,8} = 0,581$$

$$FP_{L2} = \frac{840}{235,9 \times 6} = 0,593$$

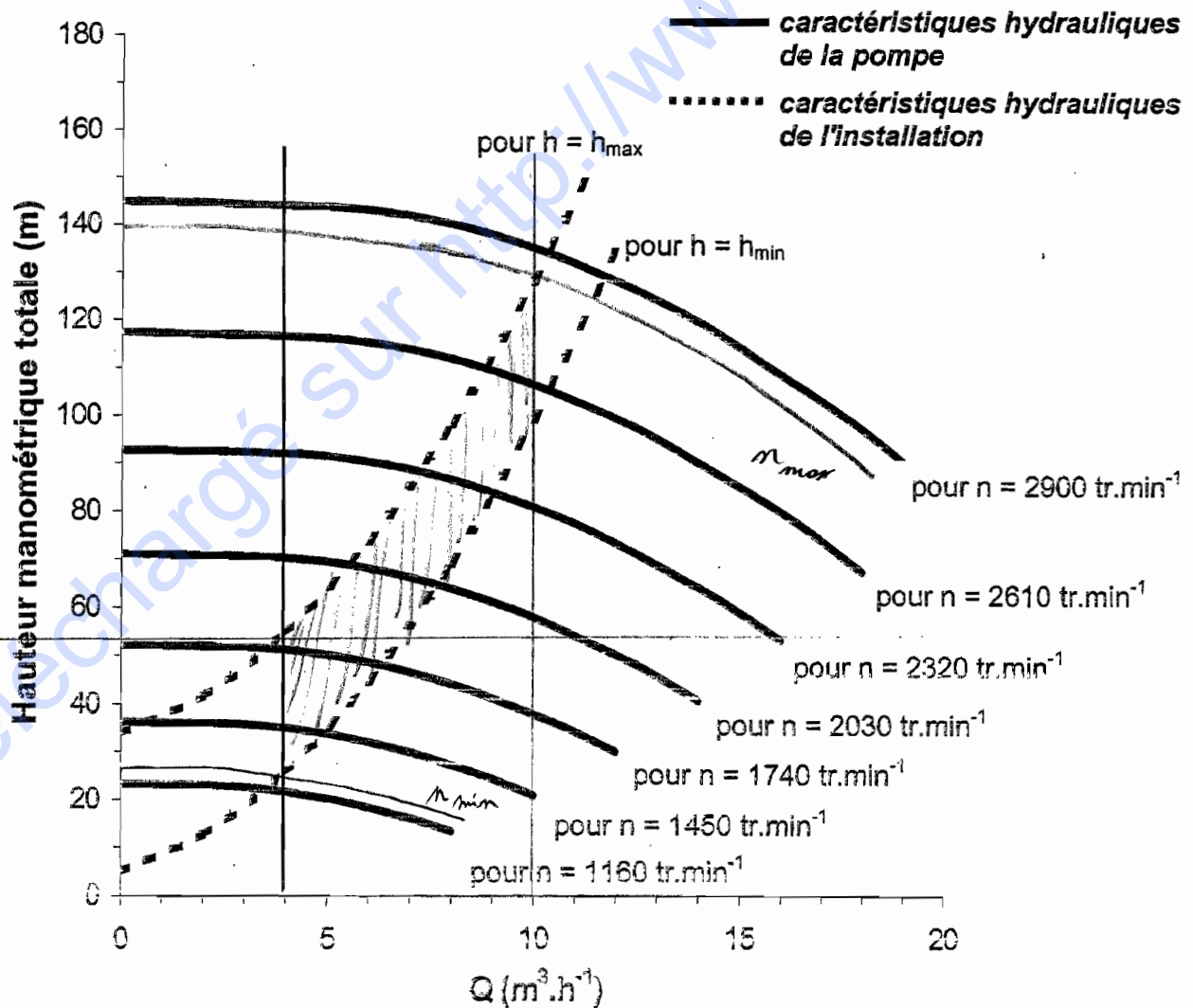
$$FP_{L3} = \frac{830}{238,3 \times 6} = 0,581$$

D.2.4) Il est possible d'utiliser un filtre pour les harmoniques - en limite ainsi la puissance de résonance.

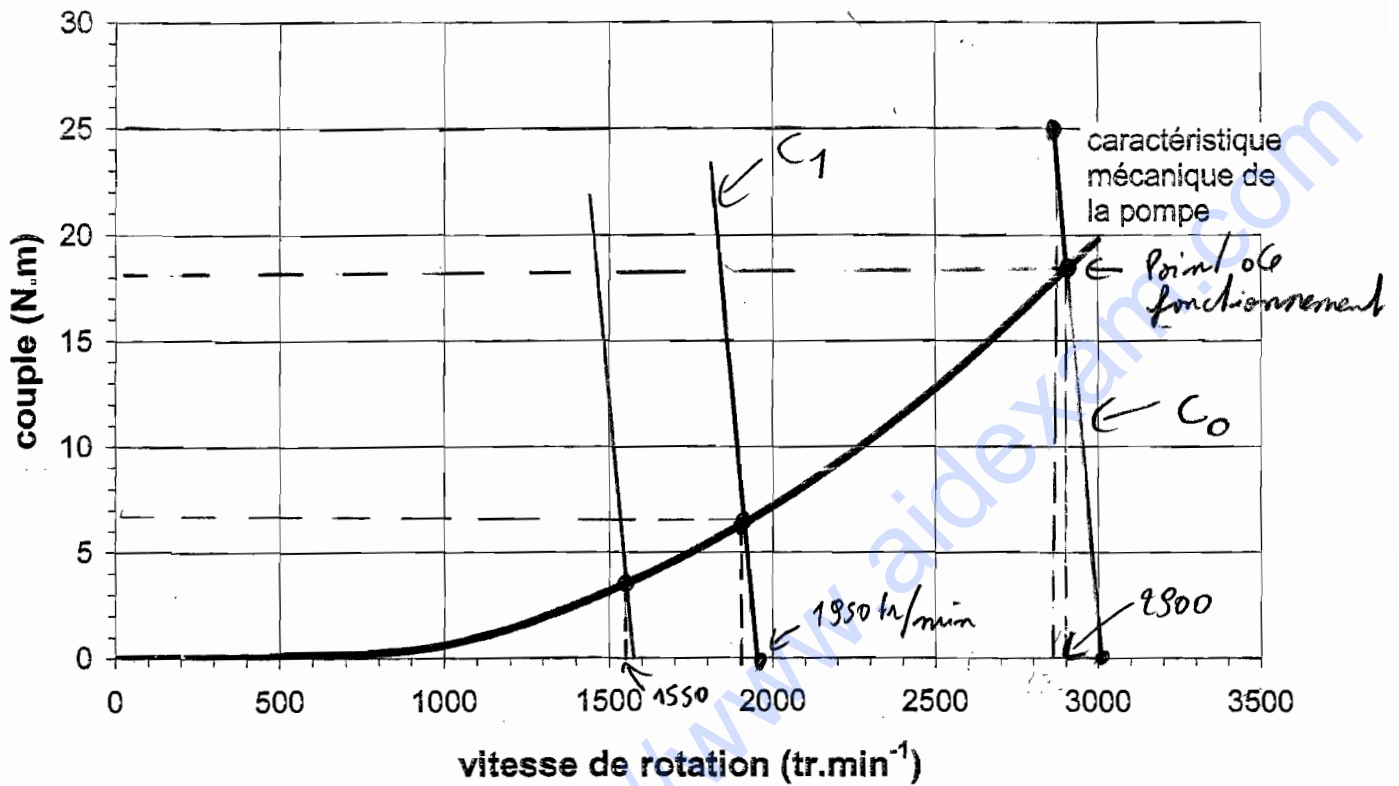
document-réponse A.1

	$Q = Q_{\min} = 4 \text{ m}^3/\text{h}$	$Q = Q_{\max} = 10 \text{ m}^3/\text{h}$
$h = h_{\min} = 5 \text{ m}$	$H_{\text{pompe}} = 25,8 \text{ m}$ $P_{\text{hydrau}} = 881 \text{ W}$	$H_{\text{pompe}} = 100 \text{ m}$ $P_{\text{hydrau}} = 2,7 \text{ kW}$
$h = h_{\max} = 34 \text{ m}$	$H_{\text{pompe}} = 54,8 \text{ m}$ $P_{\text{hydrau}} = 593 \text{ W}$	$H_{\text{pompe}} = 128 \text{ m}$ $P_{\text{hydrau}} = 3,49 \text{ kW}$

document-réponse A.2



document-réponse B.1



document-réponse B.2

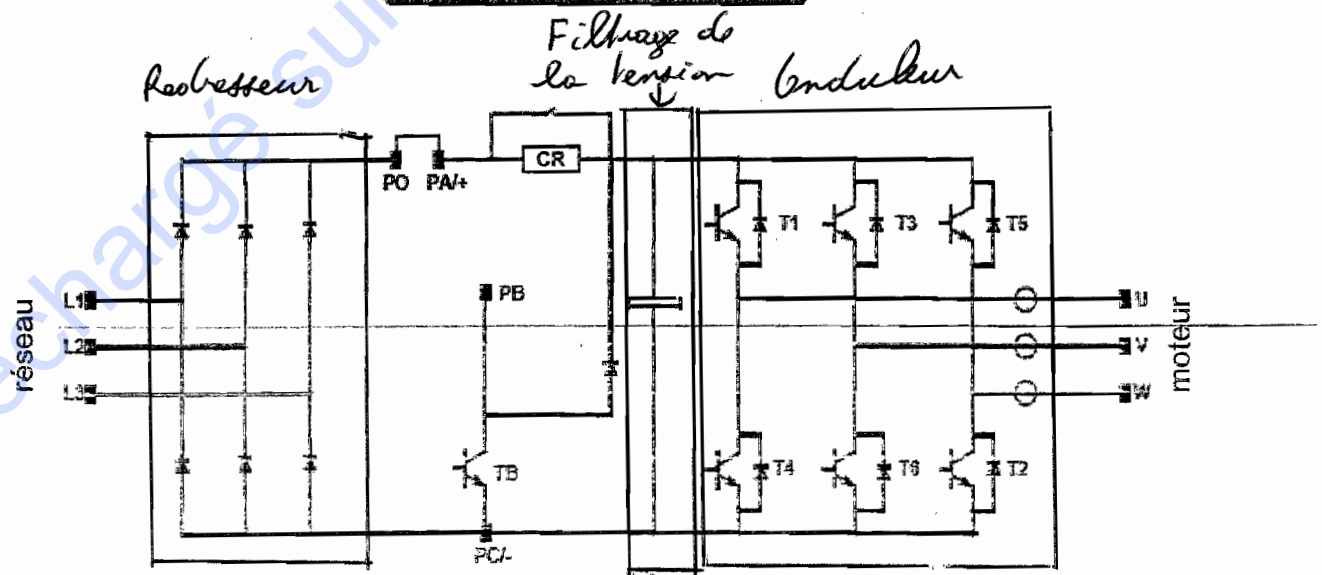
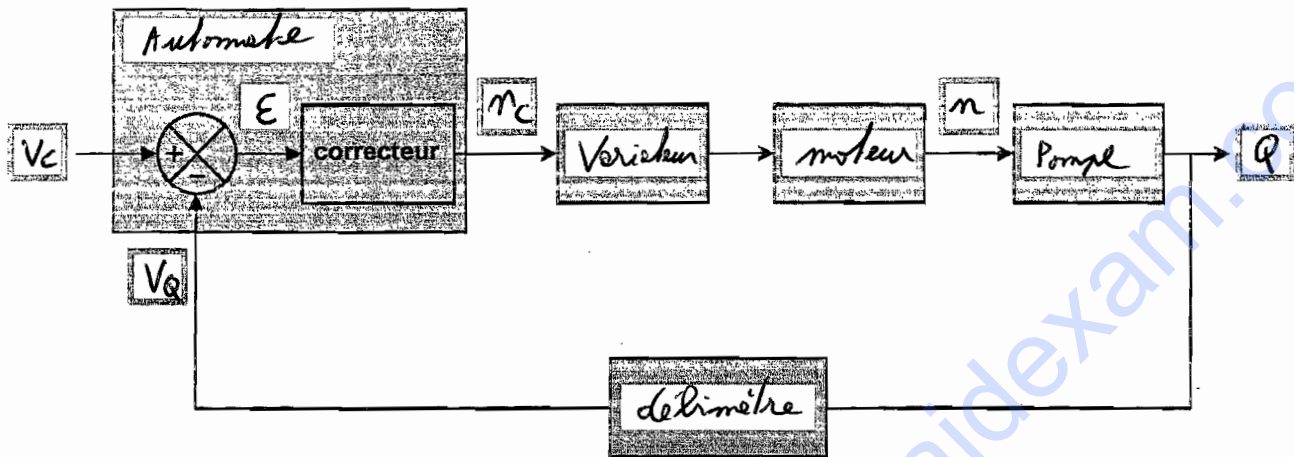


schéma de puissance du variateur ATV 61 donné par le constructeur

document-réponse C.1



document-réponse C.2

