

BTS ELECTROTECHNIQUE
U41 – PRE-ETUDE ET MODELISATION

SESSION 2017

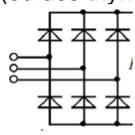
« GROUPE SCOLAIRE DE DAMPMART »

		Barème
PARTIE A ÉTUDE DE LA CENTRALE DE TRAITEMENT D'AIR (CTA)		/11 pts
A.1 Estimation des débits et dimensionnement de la gaine principale		
A.1.1	$Q_N = 15(30 \times 12 + 60) + 18(10 + 5 + 3) = 6624 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ $Q_N = \frac{6624}{3600} = 1,84 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	1 0,5
A.1.2	$Q_{max} = v_{max} \times S \Rightarrow S = \frac{Q_{max}}{v_{max}} = \frac{2,00}{5,00} = 0,400 \text{ m}^2$	1
A.1.3	$S = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D = 2 \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,400}{\pi}} = 0,714 \text{ m}$ On choisit un diamètre normalisé de 800 mm	1 0,5
A.2 Calcul de la puissance aéraulique		
A.2.1	$p_A = p_H = 0 \text{ Pa}$ $\Delta p_{AB} = p_A - p_B = 0 - (-120) = 120 \text{ Pa}$ $\Delta p_{BC} = p_B - p_C = -120 - (-230) = 110 \text{ Pa}$ $\Delta p_{CD} = p_C - p_D = -230 - (-480) = 250 \text{ Pa}$ $\Delta p_{ED} = p_E - p_D = 230 - (-480) = 710 \text{ Pa}$ $\Delta p_{EF} = p_E - p_F = 230 - 65 = 165 \text{ Pa}$ $\Delta p_{FG} = p_F - p_G = 65 - 55 = 10 \text{ Pa}$ $\Delta p_{GH} = p_G - p_H = 55 - 0 = 55 \text{ Pa}$ Voir document réponse 1 Les points B, C et D se trouvent en dépression. Les points E, F et G se trouvent en surpression. C'est l'échangeur qui génère le plus de pertes de charge.	0,5 DR1 : 1,5 0,5 0,5 1
A.2.2	D'après le principe de conservation du débit : $Q_E = Q_D \Rightarrow v_E \times S_E = v_D \times S_D \Rightarrow v_E = v_D$	1
A.2.3	$\frac{1}{2} \rho (v_E^2 - v_D^2) + \rho g (z_E - z_D) + p_E - p_D = \frac{P_{aérau}}{Q} \Rightarrow p_E - p_D = \frac{P_{aérau}}{Q}$	1
A.2.4	$P_{aérau} = Q(p_E - p_D) = Q \times \Delta p_{ED} = 1,27 \times 710 = 902 \text{ W}$	1

		Barème
PARTIE B ÉTUDE DU MOTO-VARIATEUR		/22 pts
B1 Critique du choix du moteur asynchrone		
B.1.1	$P_{mot} = \frac{P_{aérau}}{\eta_{trans} \times \eta_{vent}} = \frac{900}{0,90 \times 0,65} = 1540 \text{ W}$ On en déduit le rendement : $\eta_{mot} = \frac{P_{mot}}{P_a} = \frac{1540}{2100} = 73 \%$	1 1
B.1.2	$P_{mot}(1540 \text{ W}) \ll P_{uN}(4000 \text{ W})$ On peut en conclure que le moteur est surdimensionné. Le choix du moteur est du à une politique commerciale. Elle réduit ses coûts en choisissant un même moteur pour différentes installations.	1
B.1.3	$P_{aN} = UI\sqrt{3} \cos \varphi = 400 \times 8,1 \times \sqrt{3} \times 0,9 = 5050 \text{ W}$ $\eta_N = \frac{P_{uN}}{P_{aN}} = \frac{4000}{5050} = 79 \%$	1 1
B.1.4	On calcule $\frac{P_{mot}}{P_{uN}} = \frac{1540}{4000} = 38,5 \%$ On trouve graphiquement un rendement de 73 % La conséquence du surdimensionnement va être une baisse de rendement de 6 % donc un surcoût énergétique à long terme.	0,5 0,5 0,5
B.1.5	Pour $p = 1 \Rightarrow n_s = \frac{60f}{p} = \frac{60 \times 50}{1} = 3000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1} \gg 1455 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ Pour $p = 2 \Rightarrow n_s = \frac{60 \times 50}{2} = 1500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ Pour $p = 3 \Rightarrow n_s = \frac{60 \times 50}{3} = 1000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1} \ll 1455 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ Donc $n_s = 1500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ On en déduit le nombre de paires de pôles $p = 2$. Sachant que le rendement du moteur est inférieur à 84,6 %, le moteur a une catégorie d'efficacité IE1.	1 0,5 1

B.1.6	On choisira un moteur de 2,2 kW dans une catégorie d'efficacité IE3 ou un moteur de 2,2 kW dans une catégorie d'efficacité IE2, équipé d'un variateur.	1
-------	--	---

		Barème
B2 VARIATION DE VITESSE		
B.2.1	À partir de l'expression de la puissance transmise on trouve l'expression du couple électromagnétique : $T_{em} = \frac{3R}{g\Omega_s} I_R^2$	0,5
B.2.2	On applique la loi d'Ohm : $I_R = \frac{V}{\frac{R}{g} + jL\omega} \Rightarrow I_R = \frac{V}{\sqrt{\left(\frac{R}{g}\right)^2 + (L\omega)^2}}$	1
B.2.3	$I_R^2 = \frac{V^2}{\left(\frac{R}{g}\right)^2 + (L\omega)^2} \Rightarrow T_{em} = \frac{3R}{g\Omega_s} I_R^2 = \frac{3R}{g\Omega_s} \frac{V^2}{\left(\frac{R}{g}\right)^2 + (L\omega)^2}$ voir document réponse 1 figure 16 (T_{em} , $T_{R_ventilateur}$, zone utile)	1 DR1 : 1,5
B.2.4	Voir document réponse 2 (placer le point A) On trouve A (1483 tr·min ⁻¹ ; 10 N·m). $P_{uA} = T_{emA} \times \Omega_A = 10 \times \frac{2\pi \times 1483}{60} = 1553 \text{ W}$.	DR2 : 0,5 0,5 1
B.2.5	$T_{em} = -\frac{3p^2}{120\pi R} \left(\frac{V}{f}\right)^2 n + \frac{3p^2}{120\pi R} \left(\frac{V}{f}\right)^2 n_s = a \times n + b$ $\Rightarrow a = -\frac{3p^2}{120\pi R} \left(\frac{V}{f}\right)^2$ a est constant car tous les termes sont constants et V/f est aussi constant. $\Rightarrow a = -\frac{3 \times 2^2}{120\pi \times 1,15} \left(\frac{230}{50}\right)^2 = -0,586 \text{ (N.m)/(tr.min}^{-1}\text{)}$	1 0,5 0,5
B.2.6	$f_1 = 25 \text{ Hz}$ et $V_1 = 115 \text{ V}$.	0,5
B.2.7	Voir document réponse 2 (placer le point B) $n_B = 745 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ et $T_{uB} = 2,5 \text{ N} \cdot \text{m}$. $P_{uB} = T_{uB} \times \Omega_B = 2,5 \times \frac{2\pi \times 745}{60} = 195 \text{ W} \ll 1553 \text{ W}$ $\Rightarrow P_{uB} \ll P_{uA}$	DR2 : 0,5 0,5 1 0,5
B.2.8	Lorsque le débit est plus faible (vitesse réduite), il est intéressant d'alimenter le moto-ventilateur via un variateur, ainsi la puissance consommée est très réduite.	1

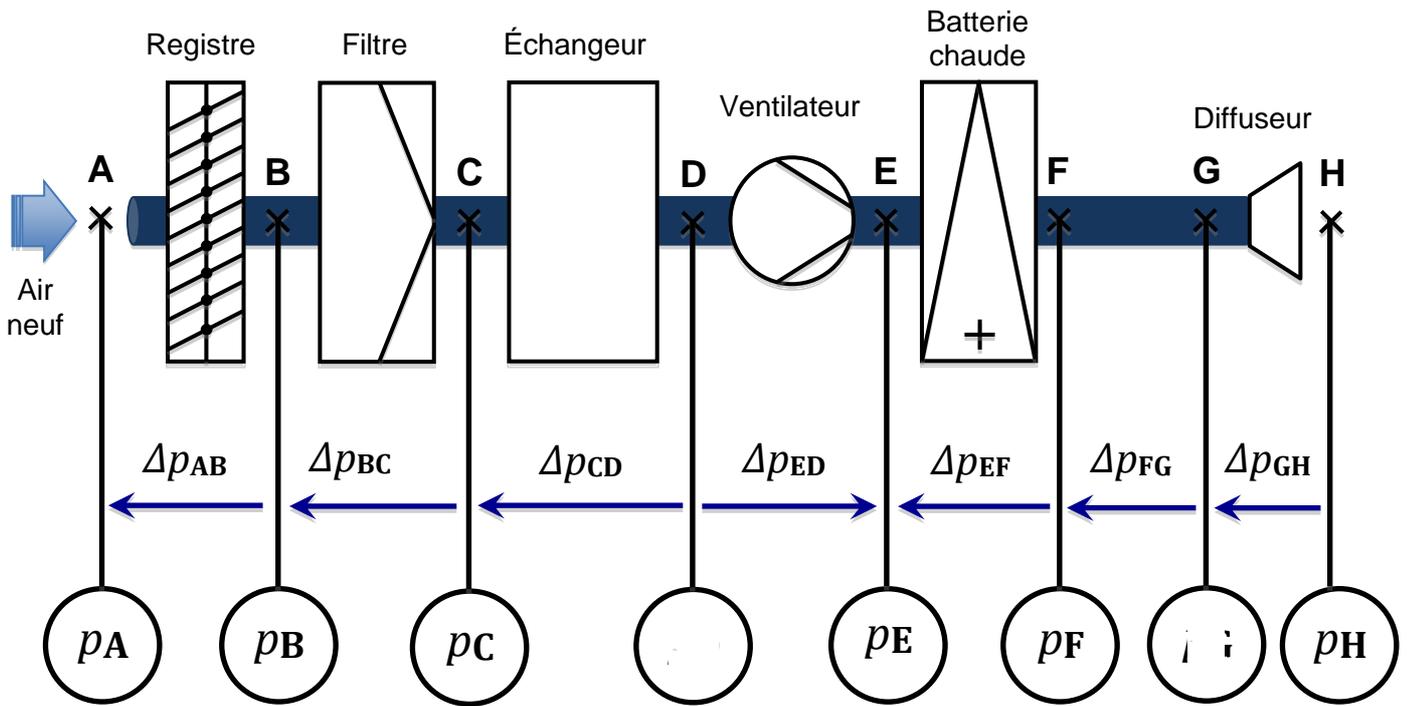
PARTIE C QUALIFICATION ELECTRIQUE DE L'INSTALLATION		Barème /13 pts
C.1	Bloc n°1 – Redresseur : redresser la tension du réseau afin d'élaborer une source de tension à valeur moyenne non nulle. Bloc n°2 – Condensateur : Filtrer la tension afin d'obtenir une tension pratiquement continue. Bloc n°3 – Onduleur triphasé : Créer à partir d'une tension continue fixe, une tension alternative triphasée de fréquence et de tension efficace variables.	1 1 1
C.2	On utilise en générale des diodes (ou des thyristors). Pour réaliser un redressement triphasé il nous faut six diodes. Schéma de principe : 	0,5 0,5
C.3	Échauffement dû aux pertes supplémentaires dans les transformateurs, échauffement des câbles, perturbation des appareils de protection.....	0,5
C.4	Voir document réponse 3 (branchement de l'analyseur de réseau) $P_{tri} = 3 \times P_{mono} = 3 \times 0,68 = 2,04 \text{ kW}$	DR3 : 1 1
C.5	$CF_I = 3 \Rightarrow$ L'intensité dans la phase est déformée $CF_V = 1,4 \Rightarrow$ La tension est pratiquement sinusoïdale ($CF_V \approx \sqrt{2}$)	0,5 0,5
C.6	Facteur de puissance : $PF = \frac{P}{S} = \frac{0,68}{0,91} = 0,74$. Facteur de déplacement : $\cos\varphi = 0,95$; φ représente le déphasage du fondamental de l'intensité par rapport à la tension.	0,5 1
C.7	On relève P , Q et S : $P = 0,68 \text{ kW}$; $Q' = 0,61 \text{ kVAR}$; $S = 0,91 \text{ kVA}$; $D = \sqrt{Q'^2 - Q^2} = \sqrt{0,61^2 - 0,225^2} = 0,567 \text{ kVAD}$. Il faut diminuer D et Q. Solution technique : ajouter un filtre LC par exemple.	0,5 0,5 1

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2017
Épreuve E.4.1. Étude d'un système technique industriel Pré-étude et modélisation	Repère : 17-EQPEN	Page 2 / 8

C.8	I5=1A ; I7=0,75A ; I11=0,4A.	0,75
	I5/I1=30% ; I7/I1=25% ; I11/I1=12%	0,75
	Ces valeurs sont plus faibles. L'atténuation des harmoniques est importante.	0,5

		Barème
PARTIE D RÉGULATION DE PRESSION.		/14 pts
D.1 Structure de la boucle de régulation : Voir document réponse 4 (schéma bloc)		2
D.2 Identification du processus		
D.2.1	Voir document réponse 5 (construction graphique) $\Delta y_r = 10\%$ et $\Delta m = 13,6\%$(valeur + construction graphique) $0,28 \times \Delta m = 3,81\%$; $0,4 \times \Delta m = 5,44\%$ Graphiquement : $t_1 = 2,47$ s ; $t_2 = 3,19$ s(valeur+ construction graphique)	1 1
D.2.2	le gain statique $K = \frac{\Delta m}{\Delta y_r} = \frac{13,6}{10} = 1,36$ le retard $Tr = 2,8t_1 - 1,8t_2 = 2,8 \times 2,47 - 1,8 \times 3,19 = 1,17$ s la constante de temps $\tau = 5,5(t_2 - t_1) = 5,5(3,19 - 2,47) = 3,96$ s D'où l'expression $H(p) = \frac{1,36}{(1+3,96p)} e^{-1,17p}$	1 1 1 1
D.3 Réglage des paramètres du correcteur		
D.3.1	Par identification : $\tau = 3,96$ s et $Tr = 0,87$ s $\frac{Tr}{\tau} = \frac{0,87}{3,96} = 0,22$ On choisit un correcteur de type PID	0,5 0,5 0,5
D.3.2	$Kp = \frac{\tau + 0,4Tr}{1,2TrK} = \frac{3,96 + 0,4 \times 1,17}{1,2 \times 1,17 \times 1,36} = 2,31$ $Ti = \frac{TrK}{0,75} = \frac{1,17 \times 1,36}{0,75} = 2,13$ s $Td = \frac{0,35\tau}{K} = \frac{0,35 \times 3,96}{1,36} = 1,02$ s	0,5 0,5 0,5
D.4 Validation du modèle. Essais en boucle fermé.		
D.4.1	$\varepsilon_{S2} = \frac{10-7,3}{10} = 27\%$ Dans le deuxième réglage il n'y a pas d'action intégrale, ainsi il subsiste une erreur statique importante. Par contre dans le premier réglage il y a une action intégrale, donc l'erreur statique diminue et tend vers zéro.	0,5 1
D.4.2	Voir document réponse 4 (D1, ε_{S3} , $tr_{5\%}$) $D1 = 1,2\%$ $\varepsilon_{S3} = 0$ $tr_{5\%} = 6,1$ s	0,75 0,25 0,25 0,25

Document réponse 1



$\Delta p_{AB} = 120 \text{ Pa}$	$\Delta p_{BC} = 110 \text{ Pa}$	$\Delta p_{CD} = 250 \text{ Pa}$	$\Delta p_{ED} = 710 \text{ Pa}$
$\Delta p_{EF} = 165 \text{ Pa}$	$\Delta p_{FG} = 10 \text{ Pa}$	$\Delta p_{GH} = 55 \text{ Pa}$	

Figure 15 : valeurs de Δp

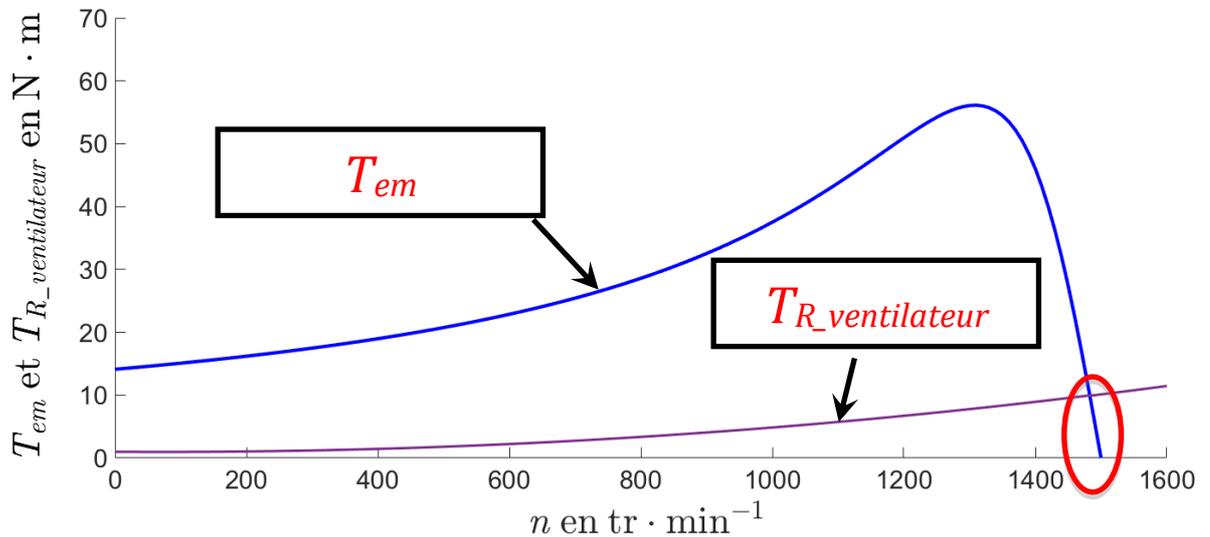
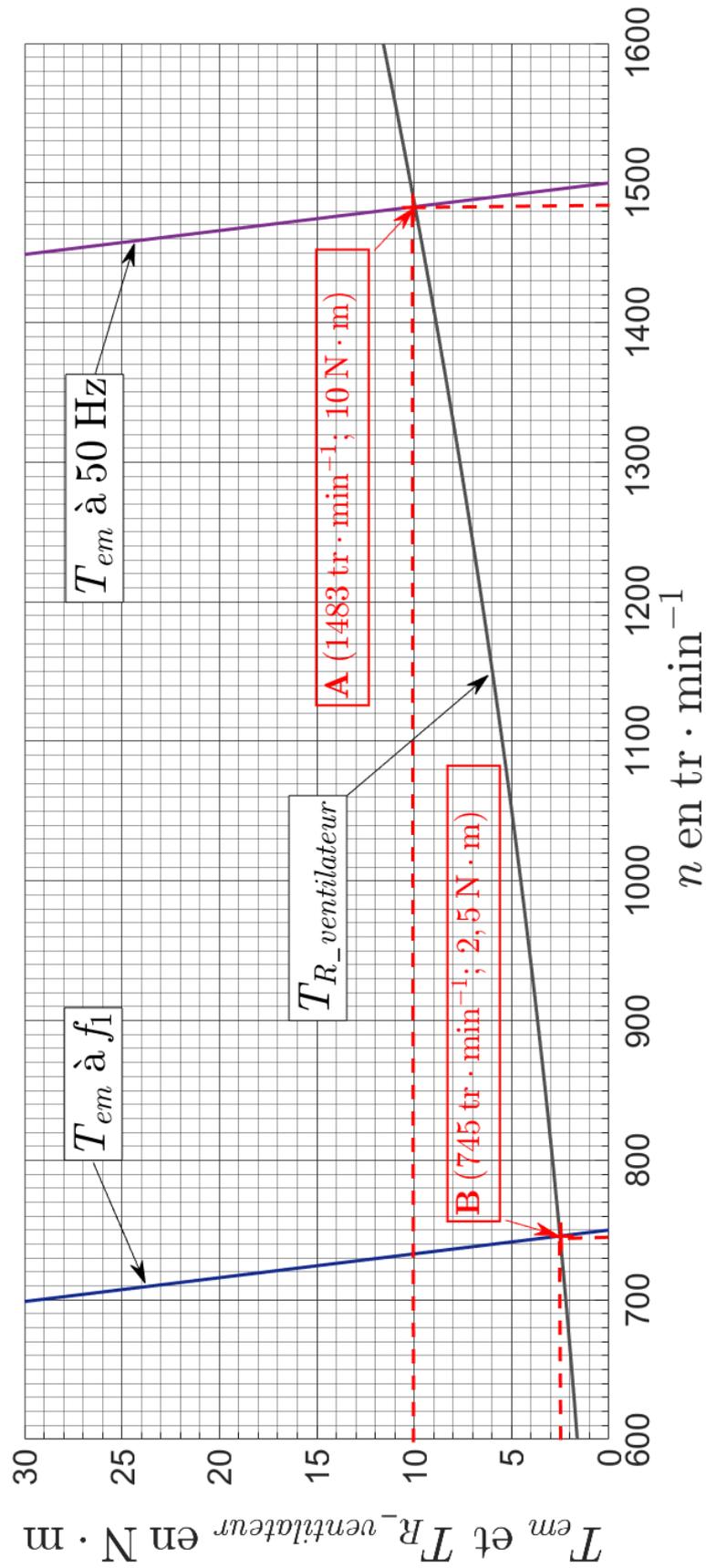
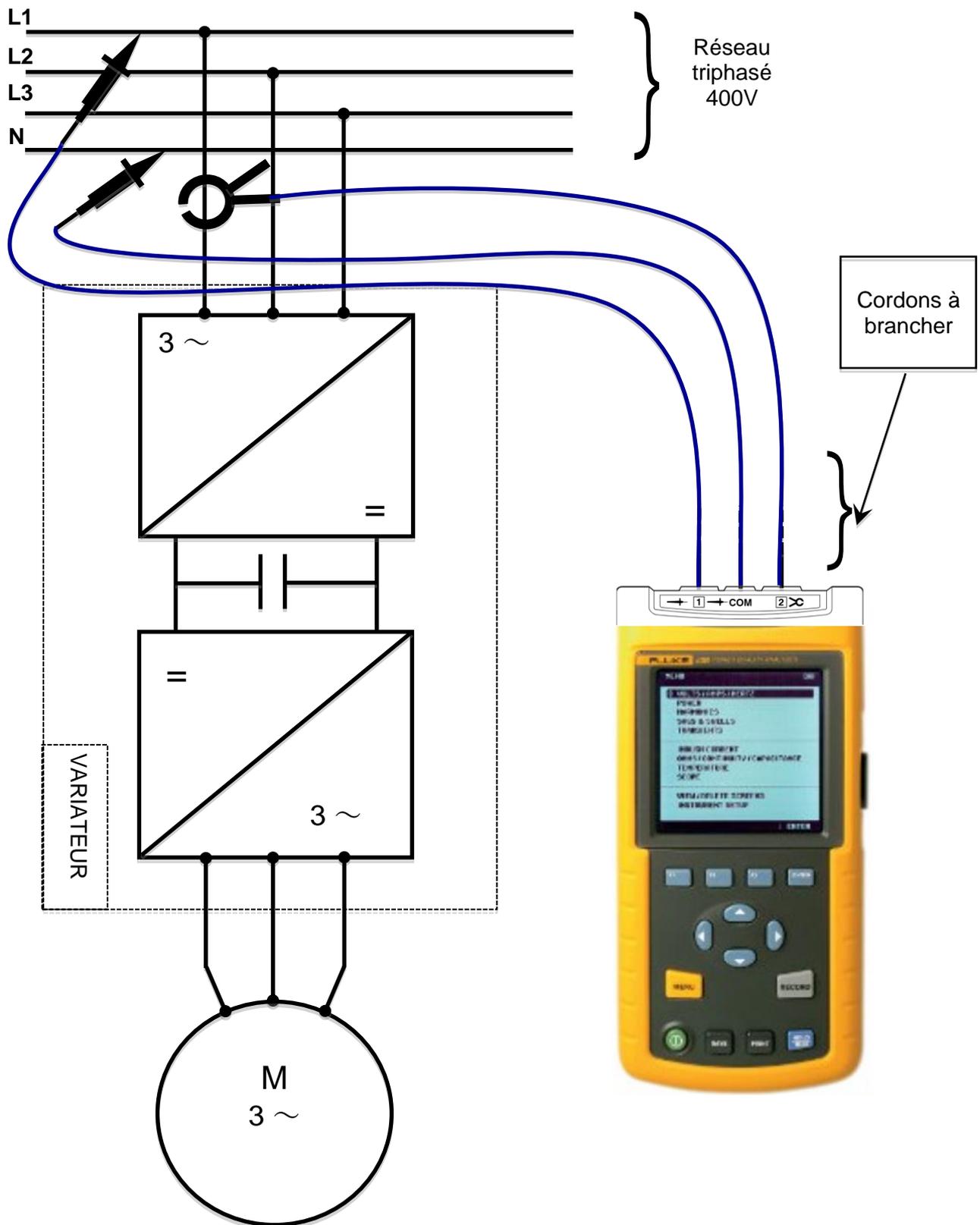


Figure 16 : caractéristiques mécaniques



Document réponse 3 : mesures de puissances



Document réponse 4

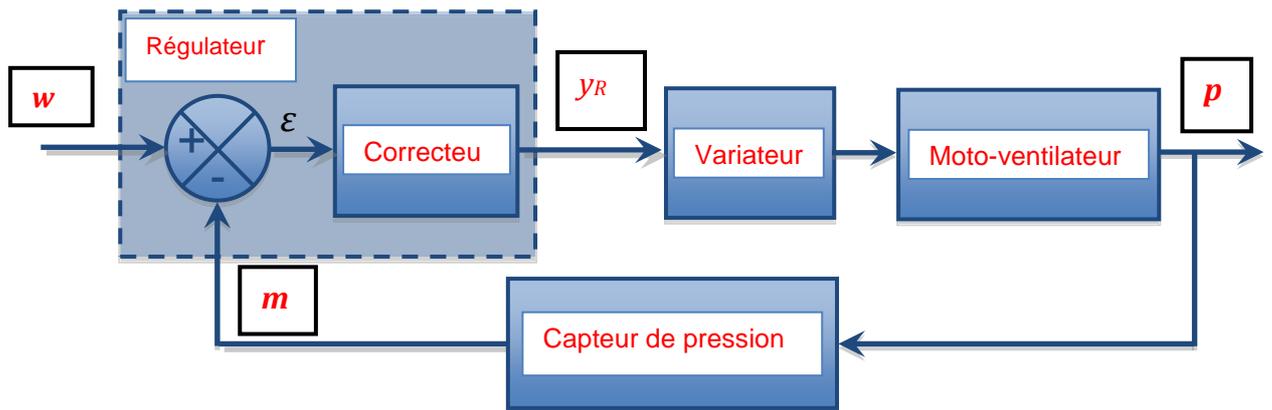


Figure 2 : « schéma bloc » de la régulation

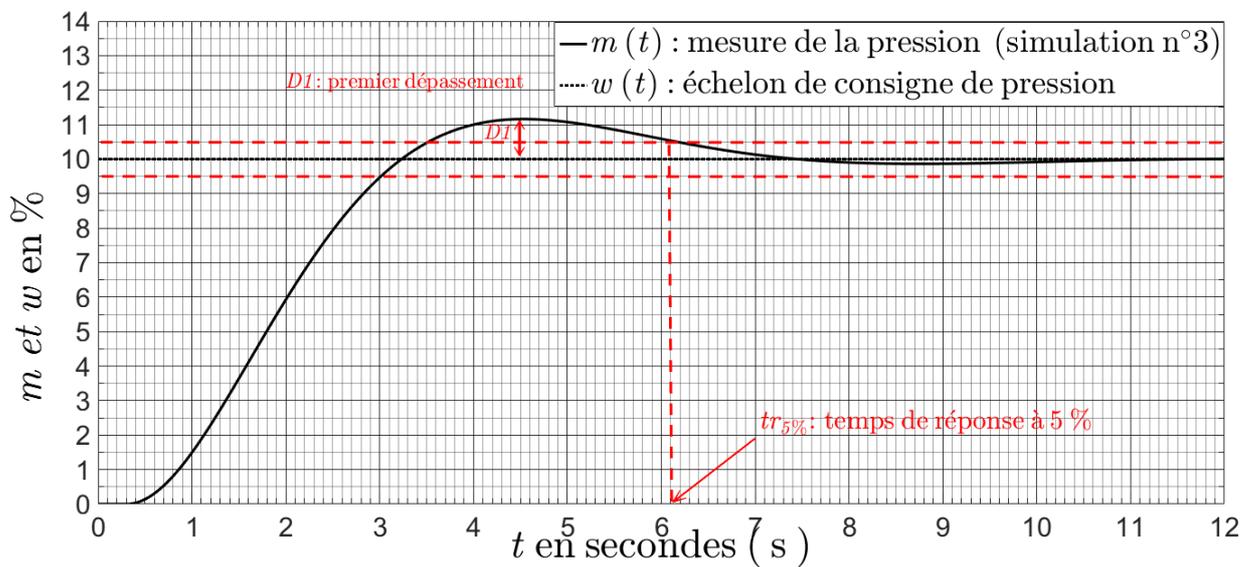


Figure 3 : simulation n°3

$D1$ en %	Erreur statique ε_{S3}	$tr_{5\%}$ en secondes
$D1 = 1,2\%$	$\varepsilon_{S3} = 0$	$tr_{5\%} = 6,1 \text{ s}$

Figure 4 : tableau des résultats

Document réponse 5 : essai en boucle ouverte

