

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

ELECTROTECHNIQUE

SESSION 2010

EPREUVE E.4.1.

Étude d'un système technique industriel Pré étude et modélisation

Systeme d'aspiration centralisée

CORRIGÉ

A. Dimensionnement du moto-ventilateur

A.1. Aspiration sur le groupe de perçage Biesse

- 1.1. $Q_{b1} = S_{b1} \cdot v = 0,126 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ avec $S_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 = 5,03 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$.
- 1.2. $Q_{b1} = 0,126 \cdot 3600 = 452 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.
- 1.3. $Q_1 = 28 \cdot Q_{b1} + 2 \cdot Q_{b2}$, avec $Q_{b2} = 707 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, débit des bouches de 100mm.

A.2. Pression dans la gaine centrale

- 2.1. $v_A = v_B$ et $h_A = h_B$ donc $p_A = p_B$.
- 2.2. À l'intersection des droites $d = 800 \text{ mm}$ et $v = 29 \text{ m/s}$, on obtient $\approx 8,5 \text{ Pa/m}$, donc $\Delta p_{ch} = 125 \cdot 8,5 = 1062 \text{ Pa}$.
- 2.3. $p_A - p_B = \Delta p_{ch}$ donc $p_B = p_A - \Delta p_{ch} = 929 \text{ hPa}$.

A.3. Puissance du moto-ventilateur

- 3.1. On veut montrer que $1 \text{ Pa} \cdot 1 \text{ m}^3/\text{s} = 1 \text{ W}$, or $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$, donc $1 \text{ Pa} \cdot 1 \text{ m}^3/\text{s} = 1 \text{ N/m}^2 \times 1 \text{ m}^3/\text{s} = 1 \text{ Nm/s} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ W}$.
- 3.2. $P_{\text{Vent}} = 5280 \cdot 14,58 = 77 \text{ kW}$.
- 3.3. $p = \rho_{\text{eau}} \cdot g \cdot h$, avec $h = 1 \text{ mm}$ on a $p = 1 \text{ mmCE} = 9,81 \text{ Pa}$.
- 3.4. Voir abaque. $\Delta p \approx 540 \text{ mmCE} = 5300 \text{ Pa}$, proche de celle obtenue précédemment.
- 3.5. On lit $n_V = 1100 \text{ tr/min}$.
- 3.6. On lit $P_u \approx 130 \text{ CV}$, soit $P_u \approx 96 \text{ kW}$.

B. Amélioration du bilan énergétique

B.1. Choix de la pression et gain en puissance

- 1.1. Nouveau point de fct avec $Qt' = 13,4 \text{ m}^3/\text{s}$, on a $\Delta p' = 450 \text{ mmCE} = 4415 \text{ Pa}$.
- 1.2. L'abaque donne $Pu' = 102 \text{ CV} = 75 \text{ kW}$. Alors $P_{E'} = Pu' / (\eta'_M \cdot \eta_{Var}) = 87 \text{ kW}$.
- 1.3. $\Delta P_E = P_E - P_{E'} = Pu / (\eta_M \cdot \eta_{Var}) - P_{E'} = 107 - 87 = 20 \text{ kW}$.

B.2. Mode d'alimentation du moteur asynchrone

Modèle par phase de la machine asynchrone

- 2.1. R_F est la résistance fictive représentant les pertes fer et R , résistance rotorique ramenée au stator, représente la puissance P_{tr} transmise.
- 2.2. $p_F = 3 \cdot V^2 / R_F = P_0$ donc $R_F = 3 \cdot V^2 / P_0 = 31,1 \Omega$.

Puissance transmise au rotor

- 2.3. $P_{tr} = 3 \cdot (r/g) \cdot I'^2$.
- 2.4. Comme $p_m = 0$, on a $T_p = 0$ et $T_m = T_u$. Puisque $P_{tr} = T_m \cdot \Omega_S$ on a $P_{tr} = T_u \cdot \Omega_S$.
- 2.5. $T_u = P_{tr} / \Omega_S = 3 \cdot (r/g) \cdot I'^2 / \Omega_S = 3 \cdot r \cdot I'^2 / (g \cdot \Omega_S)$.

Couple utile

- 2.6. $r/g = 0,75 \gg X = 0,167$
- 2.7. $I' = V/Z = g \cdot V/r$.
- 2.8. Il vient $T_u = 3 \cdot (r/g) \cdot (g \cdot V/r)^2 / \Omega_S = 3 \cdot (g/r) \cdot V^2 / \Omega_S = 3 \cdot V^2 (g/r \cdot \Omega_S)$
Avec $g = (\Omega_S - \Omega) / \Omega_S$, on a $T_u = \frac{3V^2}{r \cdot \Omega_S^2} \cdot (\Omega_S - \Omega)$, puis $T_u = \frac{3V^2}{r \cdot \Omega_S^2} \cdot \frac{2\pi}{60} (n_s - n)$.
- 2.9. Comme $r = \text{Cste}$, il faut $V^2 / \Omega_S^2 = \text{Cste}$, soit $V / \Omega_S = \text{Cste}$ et donc $V/f = \text{Cste}$.
- 2.10. Avec $V = 230 \text{ V}$ et $f = 50 \text{ Hz}$, on a $K = 44,9 \text{ N.m.min}$

Point de fonctionnement

- 2.11. $f = 50 \text{ Hz}$ donne $n_s = 1500 \text{ tr/min}$ et $T_u = 44,9 \cdot (n_s - n)$ donne pour $T_u = 900 \text{ N.m}$ (par exemple) $n = 1480 \text{ tr/min}$. Voir document réponse 2.
- 2.12. Si f diminue avec $V/f = \text{cste}$, alors n_s diminue d'autant mais la pente reste $-44,9$. La droite se déplace parallèlement à elle-même, vers la gauche.
- 2.13. Le débit diminue car la vitesse du ventilateur diminue.
- 2.14. Avec $T_u = 510 \text{ N.m}$, on a $n \approx 1350 \text{ tr/min}$ et $n_s \approx 1360 \text{ tr/min} \approx 22,7 \text{ tr/s}$.
Donc $f_1 \approx 45,5 \text{ Hz}$.

C. Conséquences de l'utilisation du variateur de vitesse

Analyse des courants absorbés par le variateur

1. L'écran 1 donne $I = 196 \text{ A}$ et un facteur de crête de 3, donc $I_{\text{Max}} = 196 \cdot 3 = 588 \text{ A}$. La lecture directe confirme I_{Max} .
2. Le curseur de l'écran 3 est positionné sur le fondamental et indique $I_1 = 140 \text{ A}$.

3. Harmoniques les plus polluants :
 I_5 , avec $f_5 = 5.f = 250\text{Hz}$; I_7 , de fréquence $f_7 = 350\text{Hz}$; I_{11} avec $f_{11} = 550\text{Hz}$ et I_{13} avec $f_{13} = 650\text{Hz}$.
 Valeurs efficaces en % de I_1 : $I_5 = 65\%$; $I_7 = 55\%$; $I_{11} = 33\%$; $I_{13} = 24\%$.
 Ce qui donne $I_5 = 91\text{ A}$; $I_7 = 77\text{ A}$; $I_{11} = 46\text{ A}$; $I_{13} = 34\text{ A}$.
4. TDHi = 94,4% en ne tenant compte que de ces quatre rangs. Avec l'ensemble de harmoniques l'appareil fournit TDHi = 98%.
 Les quatre rangs étudiés sont vraiment prépondérants.
5. Inductance série, filtres passifs RLC, filtre actif ...

Conséquences sur les puissances

6. L'écran 2 donne $\cos\varphi_1 = 0,99 \approx 1$.
 Onde du fondamental de $i_a(t)$ sur le document réponse 4.
7. Les tensions réseau sont sinusoïdales donc $P_E = 3.VI_1\cos\varphi_1 = 96,3\text{ kW}$.
 Avec $\cos\varphi_1 = 0,99$, on a $Q = 3.VI_1\sin\varphi_1 = 13,7\text{ kVAR}$ et $S = 3.V.I = 136\text{ kVA}$.
 Si on prend $\cos\varphi_1 = 1$, alors $Q = 0\text{ VAR}$.
8. Avec $\cos\varphi_1 = 0,99$, on a $D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} = 96\text{ kVA}$ (95 kVA avec $\cos\varphi_1 = 1$).
9. On vérifie bien $f_p = P/S = 96,3/136 \approx 0,7$.
 Ce facteur de puissance est médiocre ($\ll 0,93$), conséquence de la richesse harmonique des courants de lignes.

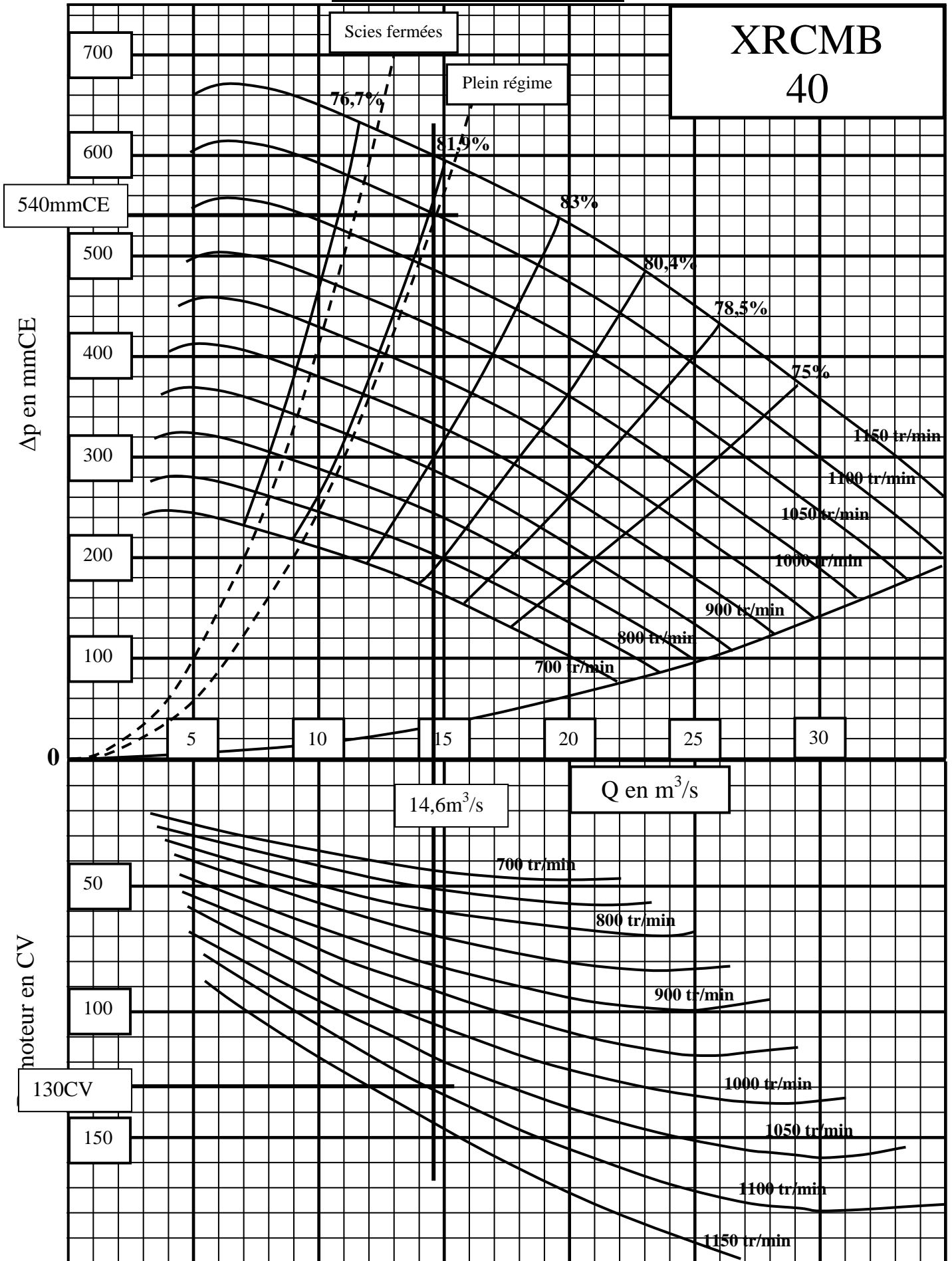
D. Mise en parallèle d'un deuxième transformateur

D.1. Caractéristiques du transformateur existant

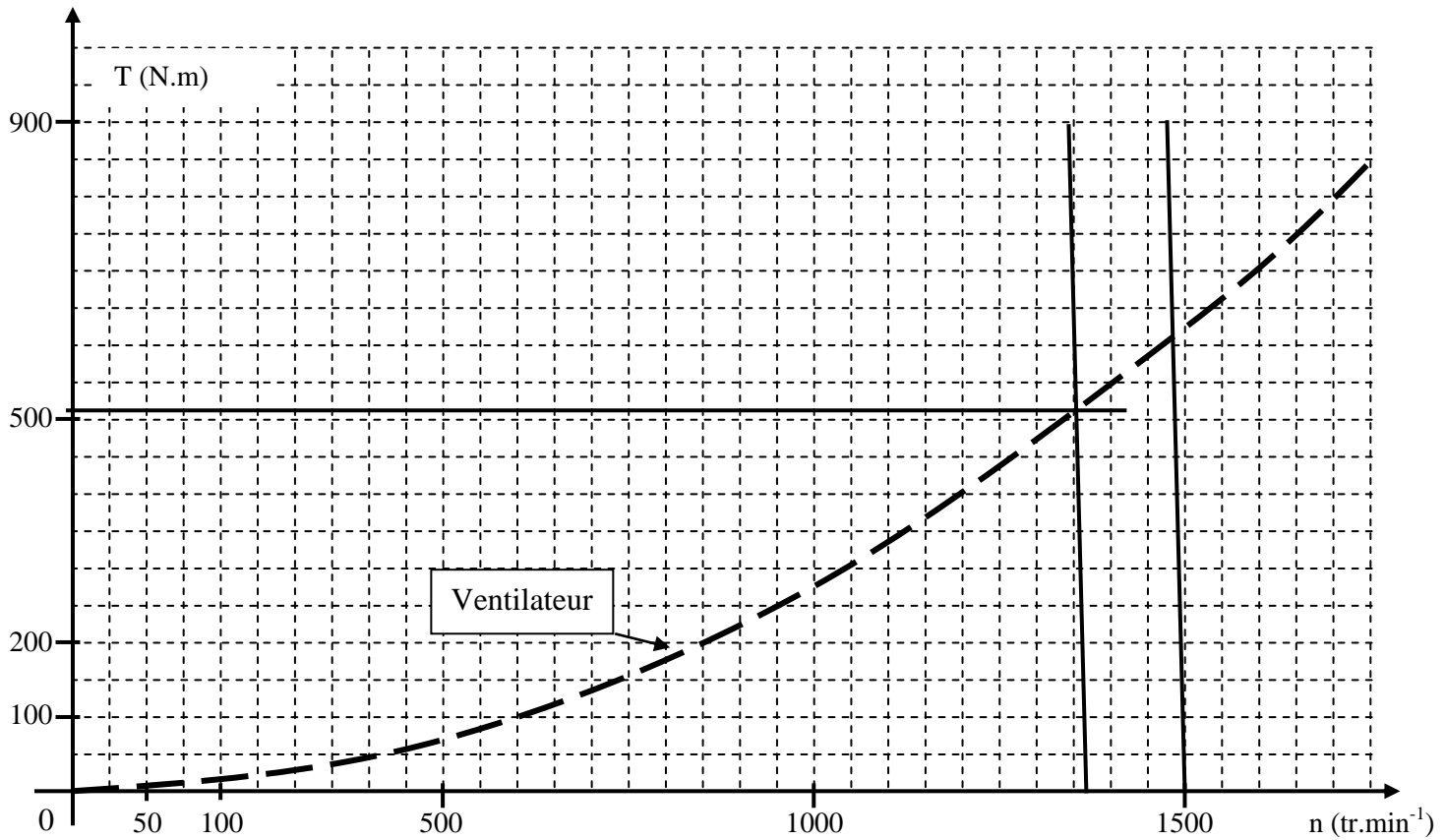
- 1.1. $I_{1n} = S_n/(3.V_{1n}) = 11,5\text{ A}$ et $I_{2n} = S_n/(3.V_{2n}) = 577\text{ A}$.
- 1.2. $m = U_{20}/U_1 = 20,65.10^{-3}$.
- 1.3. $I_{2cc} = I_{2n}$ donc $P_{1cc} = p_{jn} = 3.R_s. I_{2cc}^2$, soit $R_s = 4,6\text{ m}\Omega$.
- 1.4. Le schéma de la figure 5 indique que u_{AB} est en phase avec v_a .
 Comme u_{ab} est en avance de 30° sur v_a , elle est en avance de 30° par rapport à u_{AB} .
 L'indice horaire h est donc $h = 11$.

D.2. Mise en parallèle du deuxième transformateur

- 2.1. La tension BT simple $v'_a(t)$ est en avance de 30° sur la tension HT simple $v'_A(t)$ donc $h' = 11$.
- 2.2. Les indices horaires sont les mêmes ainsi que les rapports de transformation (mêmes tensions à vide de 413V).



DOCUMENT REPONSE 2



DOCUMENT REPONSE 3

