

A. Dimensionnement du moto-ventilateur.

A.1. Aspiration sur le groupe de perçage Bresse.

1.1. Débit nominal.

$$Q_{b1} = v_b \cdot S = v_b \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_b}{2}\right)^2 = 27 \times \pi \times \left(\frac{80 \cdot 10^{-3}}{2}\right)^2 = \underline{0,125 \text{ m}^3/\text{s}}$$

1.2. Q_{b1} en m^3/h

$$Q_{b1} = 0,125 \times 3600 = \underline{452 \text{ m}^3/\text{h}}$$

1.3. Débit total.

Pour l'ensemble des bouches de 80 mm de diamètre.

$$Q_{180} = Q_{b1} \times 28 = \underline{12667 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Pour l'ensemble des bouches de 100 mm de diamètre

$$Q_{100} = 2 \times v_b \cdot \pi \left(\frac{d_b}{2}\right)^2 = 2 \times 27 \times \pi \left(\frac{100 \cdot 10^{-3}}{2}\right)^2$$

$$Q_{100} = \underline{1414 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$\text{Au total } Q_1 = Q_{180} + Q_{100} = 12667 + 1414$$

$$Q_1 = \underline{14081 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}}$$

A.2. Pression dans la gaine centrale.

2.1. Dans le cas idéal les pressions sont identiques aux points

$$A \text{ et } B \quad \text{donc} \quad P_A = P_B$$

2.2. Pertes de charge dans la gaine centrale.

Sur l'abaque on relève, pour une vitesse de $v = 29 \text{ m/s}$ et un diamètre de gaine de 800 mm, une perte de charge de $8,5 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{-1}$

Donc pour une longueur de 125 m on obtient

$$D_{pch} = 125 \times 8,5 = \underline{1062 \text{ Pa}}$$

3.4. Point de fonctionnement.

Pour $Q_E = 14,6 \text{ m}^3/\text{s}$ à plein régime. on obtient.

$$\Delta p = 560 \text{ mm CE}$$

$$= 560 \times 9,81 = \underline{5297 \text{ Pa.}}$$
 donc sensiblement égale à

3.5. On en déduit la vitesse du ventilateur. la valeur $\Delta p = 5280 \text{ Pa}$.

$$n_u = \underline{1100 \text{ tr/min.}}$$

3.6. Puissance utile du moteur.

D'après l'abaque pour $Q_E = 14,6 \text{ m}^3/\text{s}$ $n_u = 1100 \text{ tr/min}$

on obtient $P_u = 130 \text{ CV}$.

$$\text{donc } P_u = 130 \times 736 = \underline{95,7 \text{ kW}}$$

B. Amélioration du bilan énergétique.

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

1.1. maintenant $v' = 23 \text{ m/s}$ et $Q_E' = 13,4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Donc sur l'abaque on obtient $\Delta p' = 460 \text{ mm CE}$

$$\Delta p' = 460 \times 9,81 = \underline{4513 \text{ Pa.}}$$

1.2. D'après le document repère 1 on obtient une puissance

$$\text{moteur } P_u = 105 \text{ CV} = \underline{77,3 \text{ kW}}$$

Puissance électrique consommée par l'ensemble "variateur / moto-ventilateur"

$$P_E' = \frac{P_u}{\eta_{\text{var}} \eta_n} = \frac{77,3 \cdot 10^3}{0,96 \times 0,9} = \underline{89,5 \text{ kW}}$$

1.3. Gain en puissance

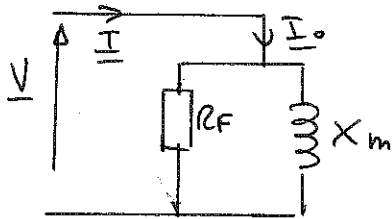
$$P_E = \frac{P_u}{\eta_{\text{var}} \eta_n} = \frac{96 \cdot 10^3}{0,96 \times 0,935} = 107 \text{ kW.}$$

$$\text{donc le gain } \Delta P_E = P_E - P_E' = \underline{17,5 \text{ kW}}$$

B2. Mode d'alimentation du moteur

2.1. R_F modélise les pertes fer au niveau du stator
 R modélise la puissance consommée au rotor

2.2. A vide $g = 0$ ($n_0 = n_s$)
 donc le schéma équivalent d'une phase du moteur devient



donc $P_0 = 3 \cdot \frac{V^2}{R_F}$

$R_F = \frac{3V^2}{P_0} = \frac{3 \times 230^2}{100} = \underline{31,1 \Omega}$

2.3. Puissance transmise au rotor.

$P_{Tr} = 3 \frac{r}{g} \cdot I'^2$

2.4. Expression de P_{Tr}

$P_{Tr} = P_u + P_{mech} + P_{jr}$

or ici $P_{mech} = 0$

de plus $P_{jr} = g \cdot P_{Tr}$

et $P_u = T_u \cdot \Omega$

donc $P_{Tr} = T_u \cdot \Omega + g \cdot P_{Tr}$

$P_{Tr} (1 - g) = T_u \cdot \Omega$

$P_{Tr} \left(1 - \frac{R_s - \Omega}{\Omega_s} \right) = T_u \cdot \Omega$

$P_{Tr} \left(\frac{R_s - R_s + \Omega}{\Omega_s} \right) = T_u \cdot \Omega$

donc $\underline{P_{Tr} = T_u \cdot \Omega_s}$

2.5. Expression de T_u .

$T_u = \frac{P_{Tr}}{\Omega_s} = \frac{3 \frac{r}{g} \cdot I'^2}{\Omega_s}$

2.6. si g est très petit (inférieur à 2%)

alors $\frac{r}{g} \gg X$

2.7 Expression de I'

$I' = \frac{V}{\sqrt{\left(\frac{r}{g}\right)^2 + X^2}} \approx \frac{gV}{r}$

2-8 Expression de T_u .

$$T_u = \frac{3r}{g \cdot \Omega_s} \times \left(\frac{gV}{r} \right)^2 = \frac{3g}{r \Omega_s} V^2 = \frac{3(\Omega_s - n)}{r \cdot \Omega_s^2} V^2$$

ou bien $T_u = \frac{3(n_s - n)}{r \cdot \Omega_s \cdot n_s} V^2$

$n_s = \frac{\Omega_s \times 60}{2\pi}$ si n_s en tr/min.

d'où $T_u = \frac{3V^2 \times 2\pi}{r \cdot \Omega_s^2 \times 60} (n_s - n) = k(n_s - n)$

2-9. Si l'on veut k constant il faut que $\frac{V^2}{\Omega_s^2}$ soit constant.

or $\Omega_s = \frac{2\pi f}{p}$ donc $\frac{p^2 V^2}{(2\pi f)^2}$ constant.

c'est à dire $\frac{V}{f} = \text{constant}$.

2-10. Calcul de k .

$$k = \frac{3 \times 230^2}{1r \cdot 10^{-3} \times (157)^2 \times 60} \times \frac{2\pi}{60}$$

$$\Omega_s = \frac{2\pi f}{p} = \frac{2\pi \times 50}{2} = 157 \text{ rad/s}$$

$k = 45 \text{ Nm/tr/min}$

2-11. Tracé de la caractéristique.

La partie utile est assimilable à une droite

pour $n_0 = n_s = 1500 \text{ tr/min}$ $T_u = 0$.

pour $T_u = 900 \text{ Nm}$ $n = n_s - \frac{T_u}{k} = 1500 - \frac{900}{45}$

$n = 1480 \text{ tr/min}$

voir document réponse 2.

2-12. Il s'agit d'un variateur à $\frac{V}{f} = \text{constant}$ donc la caractéristique mécanique de moteur "glisse" est fonction de la fréquence. Si la fréquence diminue on obtient une caractéristique mécanique parallèle à la précédente.

2-13. Si f diminue la vitesse du moteur diminue donc le débit d'air diminue.

2-14. Voir document réponse 2. pour $T = 510 \text{ Nm}$ on obtient une vitesse de synchronisme $n'_s = 1350 \text{ tr/min}$ soit $f = n_s \cdot p = 45 \text{ Hz}$

C- Conséquences de l'utilisation du variateur de vitesse

Analyse des courants.

1. Valeur efficace du courant de ligne I_a .

D'après l'écran 1 $I_a = 196,1 A$

Valeur maximale de I_a $I_{amax} \approx CF * I_a$ $CF = \text{facteur crête.}$
 $I_{amax} = 3 * 196,1$
 $I_{amax} = 588 A$

2. Valeur efficace du fondamental.

D'après l'écran 3 $I_1 = 139,8 A.$

3- les harmoniques les plus polluants.

D'après l'écran 3 on a les harmoniques de rang 5, 7, 11, 13.
Soit les fréquences $5 * 50 = 250 Hz$
 $7 * 50 = 350 Hz$
 $11 * 50 = 550 Hz$
 $13 * 50 = 650 Hz$

$$\begin{cases} I_5 \approx 90 A \\ I_7 \approx 76 A \\ I_{11} = 45 A \\ I_{13} = 34 A \end{cases}$$

h- Taux de distorsion harmonique.

$$TDH_i = \frac{\sqrt{I_5^2 + I_7^2 + I_{11}^2 + I_{13}^2}}{I_1} = \frac{\sqrt{90^2 + 76^2 + 45^2 + 34^2}}{140}$$

$$TDH_i = 93\%$$

Sur l'écran 3 on lit en $T_{DHI} = 98\%$ donc on peut dire que les 4 harmoniques les plus polluants constituent l'essentiel de la pollution.

5. Pour réduire ces harmoniques on peut mettre en place un filtre antiharmonique (passif ou actif).

6. Facteur de déplacement $\cos \varphi_1$.

Le facteur de déplacement est lié à l'angle φ_1 qui représente le déphasage entre la tension et le fondamental du courant.
Ici $\cos \varphi_1 \approx 1$ (0,99) donc $\varphi_1 = 0$.

Voir document réponse 3.

7. Calcul des puissances.

Pour 1 phase

$$P = VI_1 \cdot \cos \varphi_1 = 230 \times 139,9 \times 0,99 = \underline{31,8 \text{ kW}}$$

Sur l'analyseur $P_1 = 31,7 \text{ kW}$. (seul le fondamental du courant intervient)

$$S = V \cdot I = 230 \times 195,6 = 45 \text{ kVA}$$

Sur l'analyseur $S_1 = 45,1 \text{ kVA}$

8. Puissance déformante.

$$D = \sqrt{S^2 - (P^2 + Q^2)} = \sqrt{45,1^2 - (31,7^2 + 32^2)}$$
$$D = \underline{8,26 \text{ kVAD}}$$

9. Facteur de puissance.

$$f_p = \frac{P}{S} = \frac{31,7 \cdot 10^3}{45,1 \cdot 10^3} = \underline{0,7}$$

D. Mise en parallèle d'un deuxième transformateur.

D1. Caractéristique du transformateur existant.

1.1. Courants efficaces.

Au primaire $I_{1N} = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_{10}} = \frac{600 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \times 20 \cdot 10^3} = \underline{11,55 \text{ A}}$

Au secondaire $I_{2N} = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_{20}} = \frac{600 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \times 413} = \underline{559 \text{ A}}$

1.2. Rapport de transformation.

$$m = \frac{U_{20}}{U_{1N}} = \frac{413}{20 \cdot 10^3} = \underline{20,65 \cdot 10^{-3}}$$

1.3. Valeur R_s .

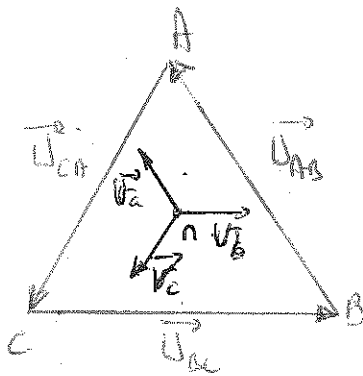
R_s se détermine par l'essai en court-circuit qui représente les pertes par effet Joule

$$P_{Icc} = 3 R_s I_{Icc}^2 \text{ d'où}$$

$$R_s = \frac{P_{Icc}}{3 I_{Icc}^2}$$

$$R_s = \frac{4595}{3 \times 577^2} = \underline{4,6 \text{ m}\Omega}$$

1.4. Indice horaire h.



Sur une même colonne les tensions primaire et secondaire sont en phase

donc U_a et U_{AB} sont en phase.
 U_b et U_{BC}
 U_c et U_{CA}

Donc l'indice horaire est 11
 il s'agit d'un DY11

D2. Mise en parallèle du deuxième transformateur.

2.1. Indice horaire

On détermine le déphasage entre U'_a et U_A .

$$\Delta t = 0,6 \times 25 \cdot 10^{-3} = 1,5 \text{ ms.}$$

ce qui correspond à un déphasage $\varphi = \frac{\Delta t}{T} \times 360^\circ$.

$$\varphi = \frac{1,5}{20} \times 360 = 27^\circ$$

donc indice horaire 11.

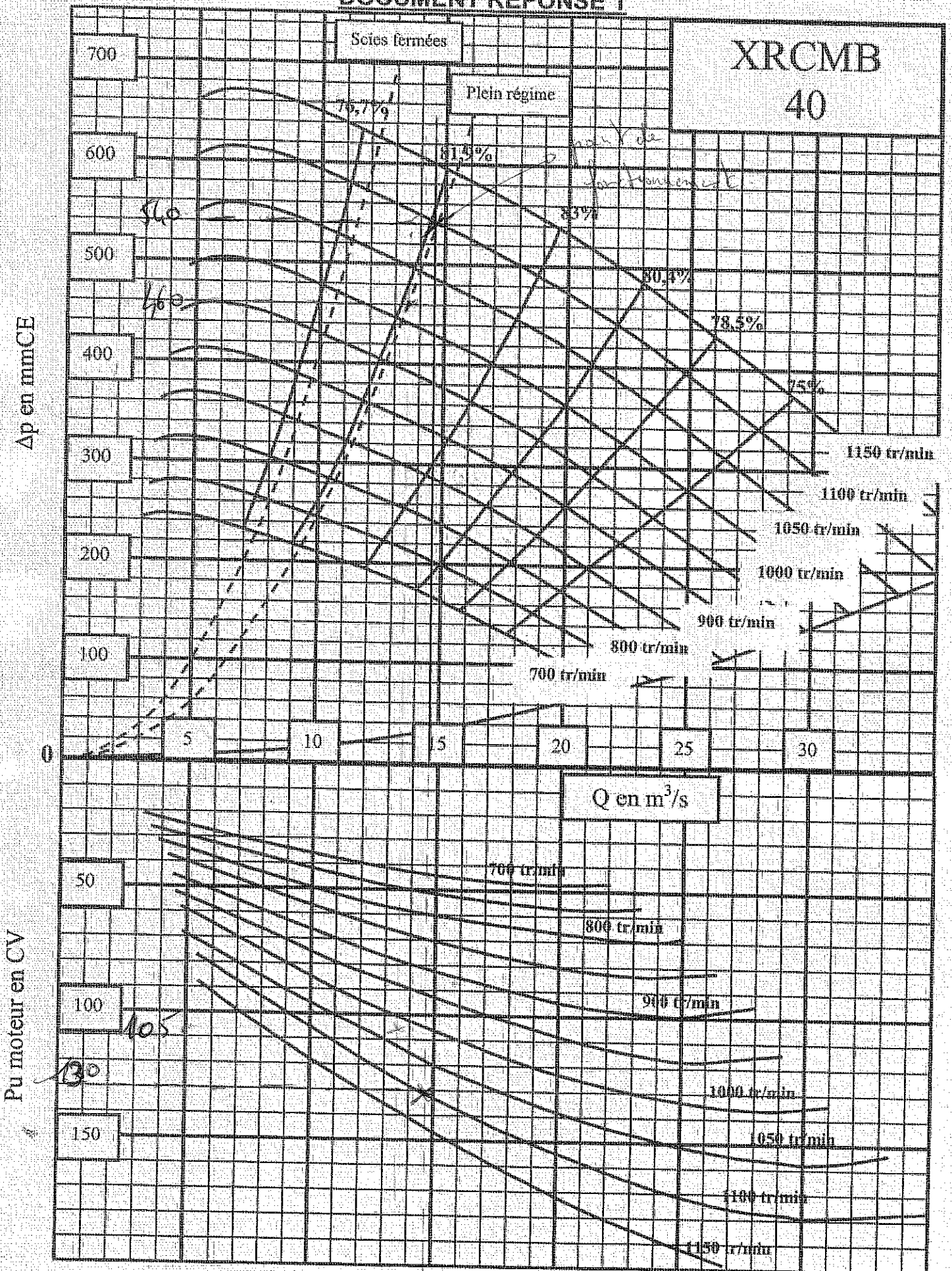
2.2. Rapport de transformation.

$$m' = \frac{U'_a}{U_A} = \frac{238}{11,5 \cdot 10^3} = 20,7 \cdot 10^{-3}$$

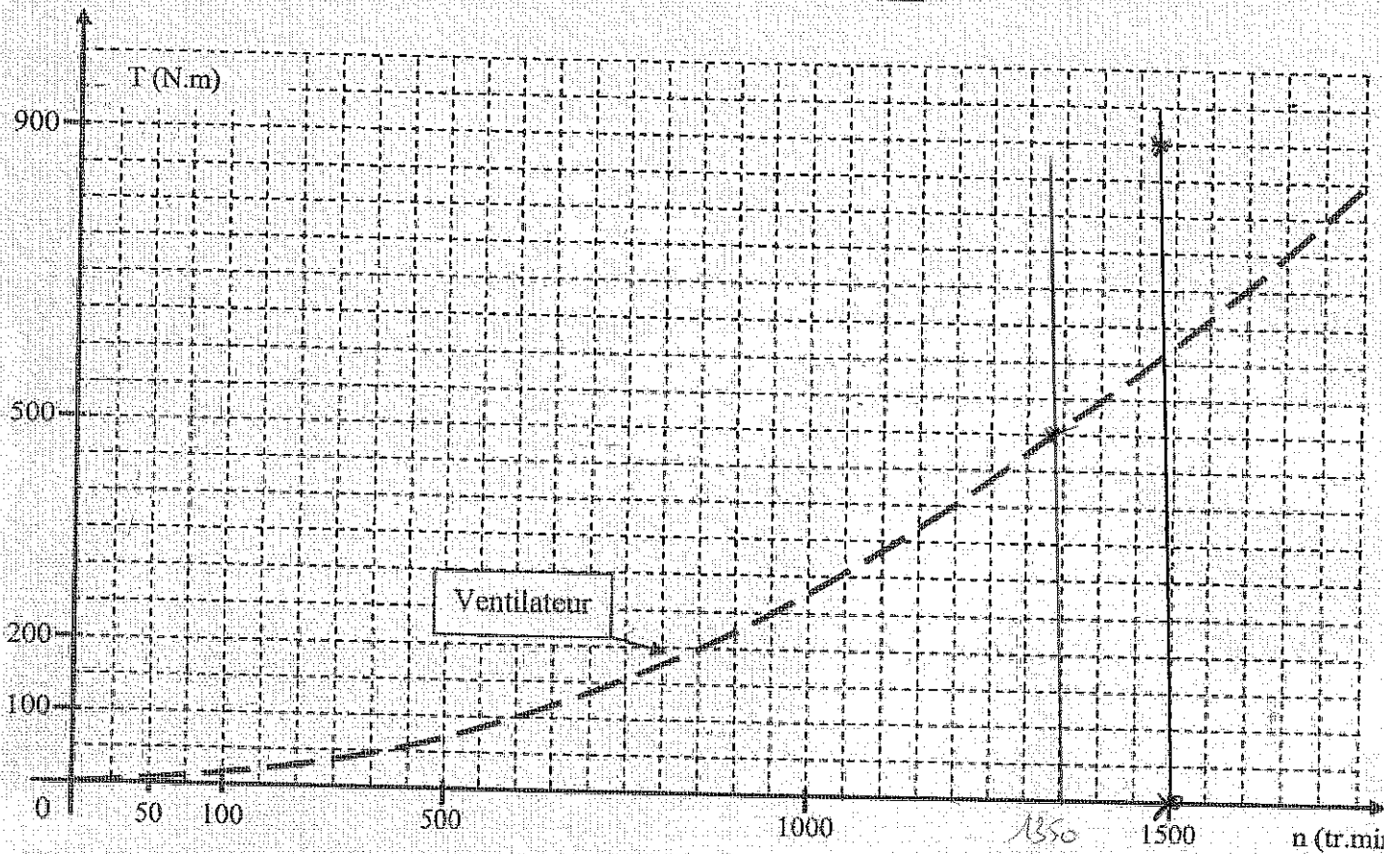
Donc les deux transformateurs ont même indice horaire et même rapport de transformation, ils peuvent donc être mis en parallèle.

DOCUMENT RÉPONSE 1

**XRCMB
40**



DOCUMENT RÉPONSE 2



DOCUMENT RÉPONSE 3

