



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Campagne 2010

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

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 $1 \text{ Pa} \cdot 1 \text{ m}^3/\text{s} = 1 \text{ N/m}^2 \cdot 1 \text{ m}^3/\text{s} = 1 \text{ Nm/s} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ W}$.
- 3.2. $P_{vent} = 5280 \cdot 14,58 = 77 \text{ kW}$.
- 3.3. $p = \rho_{eau} \cdot g \cdot h$, 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. $p_F = 3.V^2/R_F = P_0$ donc $R_F = 3.V^2/P_0 = 31,1 \Omega$.

Puissance transmise au rotor

- 2.3. $P_{tr} = 3.(r/g).I'^2$.
- 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. $T_u = P_{tr}/\Omega_S = 3.(r/g).I'^2/\Omega_S = 3.r.I'^2/(g \cdot \Omega_S)$.

Couple utile

- 2.6. $r/g = 0.75 \gg X = 0.167$
- 2.7. $I' = V/Z = g.V/r$.
- 2.8. Il vient $T_u = 3.(r/g).(g.V/r)^2 / \Omega_S = 3.(g/r).V^2/\Omega_S = 3.V^2(g/r.\Omega_S)$
Avec $g = (\Omega_S - \Omega)/\Omega_S$, on a $T_u = \frac{3V^2}{r.\Omega_S^2} . (\Omega_S - \Omega)$, puis $T_u = \frac{3V^2}{r.\Omega_S^2} . \frac{2\pi}{60} (n_S - n)$.
- 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 $T_u = 44,9.(n_S - n)$ 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 $I_{\text{Max}} = 196.3 = 588 \text{ A}$. 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 $P_E = 3.V_1 I_1 \cos\varphi_1 = 96,3\text{ kW}$.
 Avec $\cos\varphi_1 = 0,99$, on a $Q = 3.V_1 I_1 \sin\varphi_1 = 13,7\text{ kVAR}$ 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

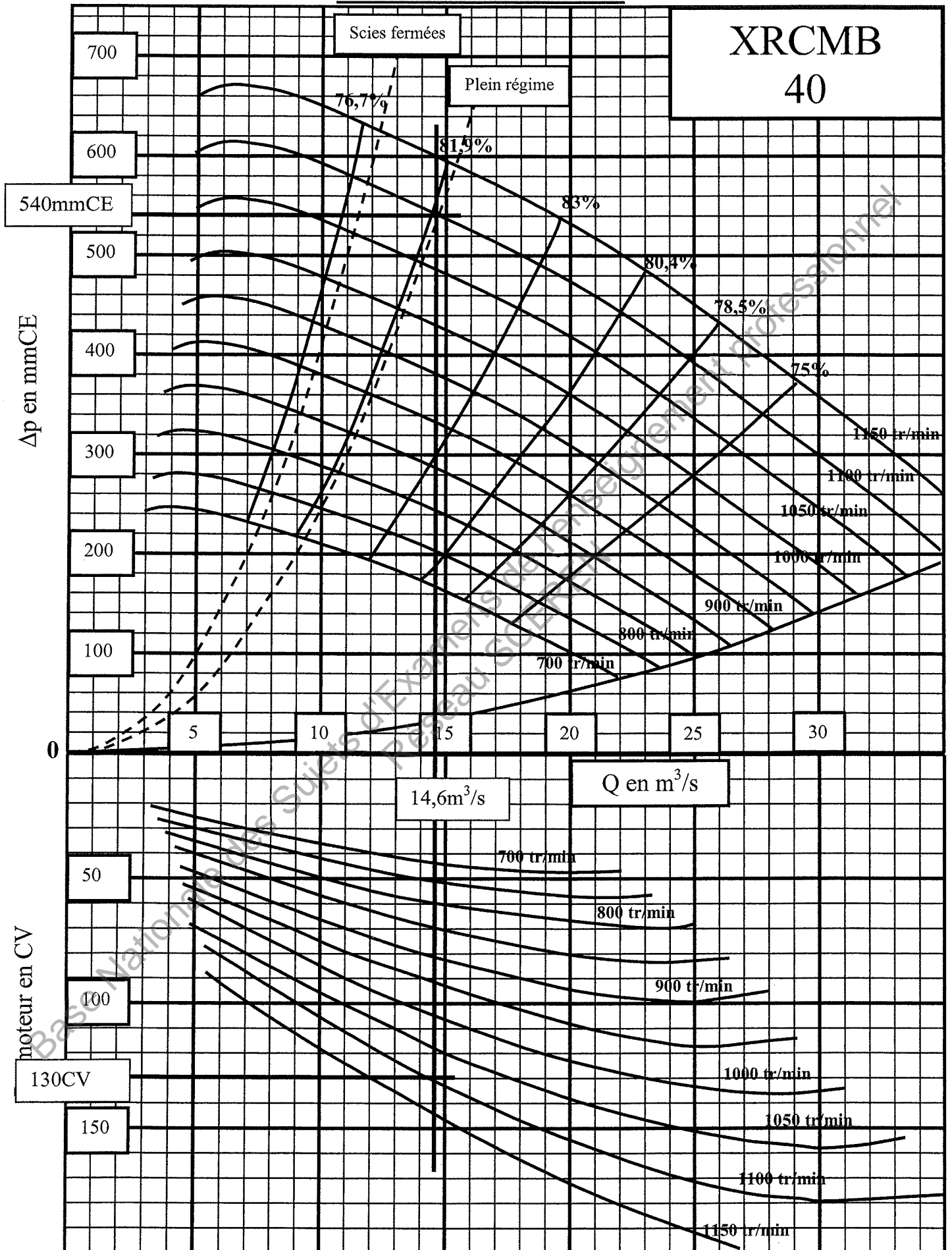
D.1. Caractéristiques du transformateur existant

- 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. $m = U_{20}/U_1 = 20,65 \cdot 10^{-3}$.
- 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 $h = 11$.

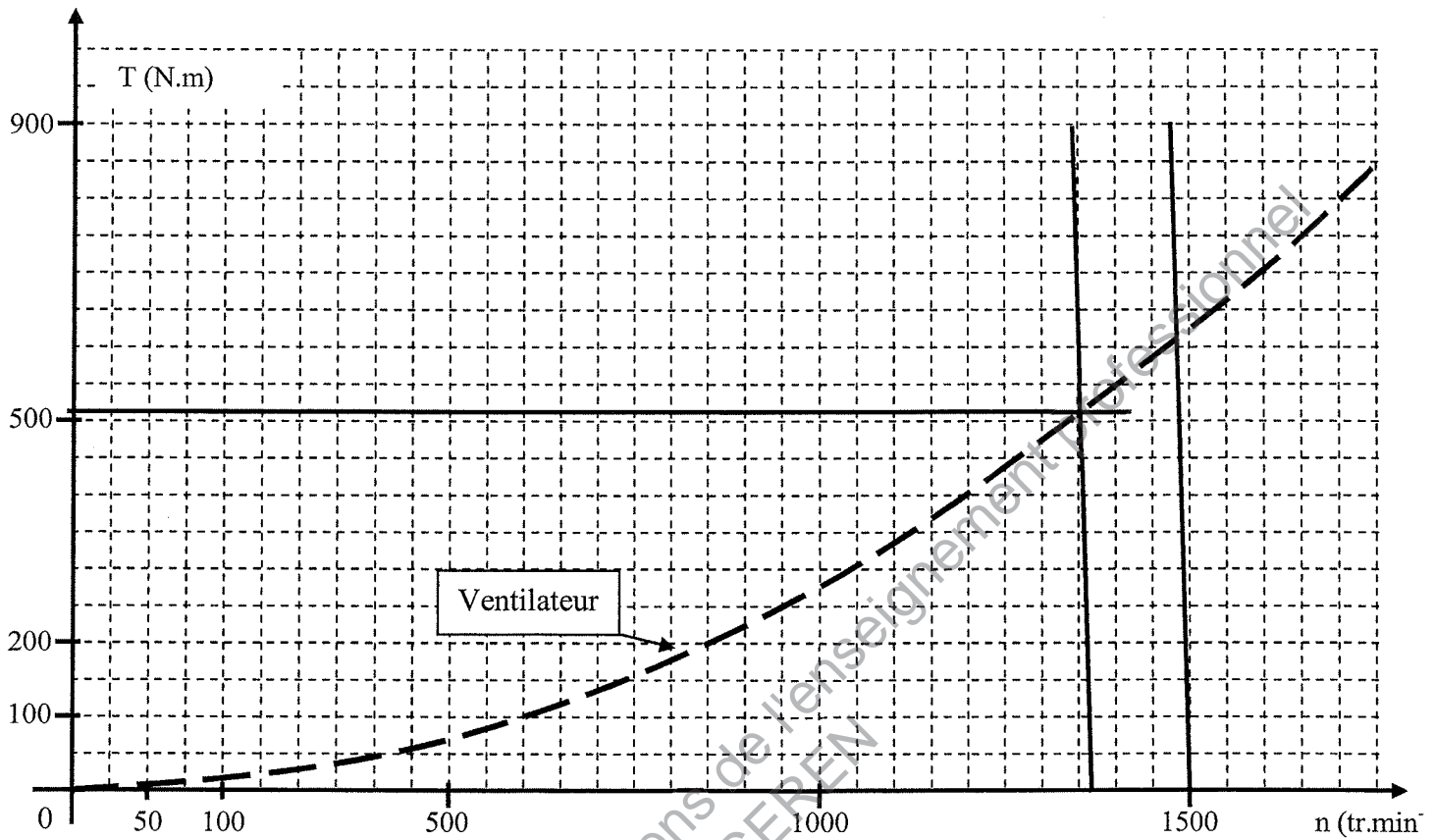
D.2. Mise en parallèle du deuxième transformateur

- 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).

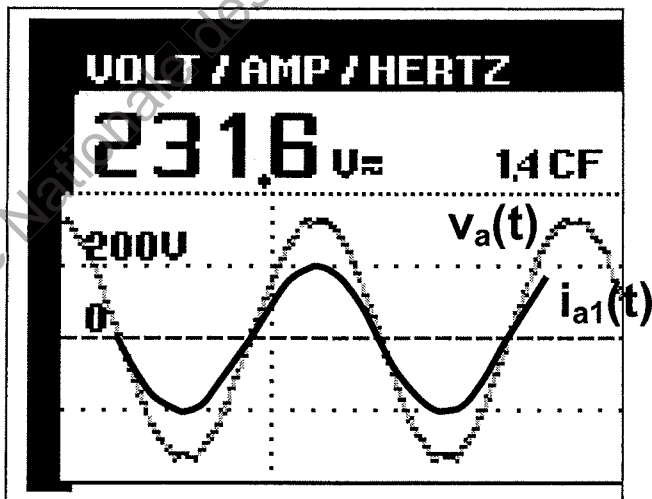
DOCUMENT REPOSE 1



DOCUMENT REPOSE 2



DOCUMENT REPOSE 3



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

BARÈME PROPOSÉ (60 points)

A. Dimensionnement du moto-ventilateur (≈ 15 points)

A.1. Aspiration sur le groupe de perçage Biesse

- 1.1. 1
- 1.2. 1
- 1.3. 1,5

A.2. Pression dans la gaine centrale

- 2.1. 1
- 2.2. 1,5
- 2.3. 1

A.3. Puissance du moto-ventilateur

- 3.1. 1,5
- 3.2. 1,5
- 3.3. 1,5
- 3.4. 1,5
- 3.5. 1
- 3.6. 1

B. Amélioration du bilan énergétique (≈ 23 points)

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

- 1.1. 1
- 1.2. 1,5
- 1.3. 1,5

B.2. Mode d'alimentation du moteur asynchrone

Modèle par phase de la machine asynchrone

- 2.1. 1 + 1
- 2.2. 1

Puissance transmise au rotor

- 2.3. 1
- 2.4. 1,5
- 2.5. 1,5

Couple utile

2.6.	1,5
2.7.	1,5
2.8.	2
2.9.	1
2.10.	1

Point de fonctionnement

2.11.	1,5
2.12.	1
2.13.	1
2.14.	1,5

C. Conséquences de l'utilisation du variateur de vitesse (≈ 12 points)

Analyse des courants absorbés par le variateur

1.	2
2.	1
3.	1,5
4.	1,5
5.	1

Conséquences sur les puissances

6.	1,5
7.	1,5
8.	1
9.	1

D. Mise en parallèle d'un deuxième transformateur (≈ 10 points)

D.1. Caractéristiques du transformateur existant

1.1.	2
1.2.	1,5
1.3.	1,5
1.4.	2

D.2. Mise en parallèle du deuxième transformateur

2.1.	2
2.2.	1