

# 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.**

# BTS Electrotechnique – session 2004

## Physique appliquée

### Éléments de correction – Barème

#### - Partie A - Etude de la machine asynchrone fonctionnant en moteur (5 points)

##### A.1 - Questions préliminaires

<b>A.1.1</b> - $\Omega_s = \frac{2\pi f}{p} = 157,1 \text{ rd.s}^{-1}$ $N_s = \Omega_s \frac{60}{2\pi} = 1500 \text{ tr.min}^{-1}$ $g = \frac{N_s - N}{N_s} = 1\%$	0,5 pt
<b>A.1.2</b> - voir document réponse n°1	0,5 pt

##### A.2 - Calcul des couples nominaux

<b>A.2.1</b> - $T_u = \frac{P_u}{\Omega} = \frac{P_u \cdot 60}{N \cdot 2\pi} = 1929 \text{ N.m}$	0,5 pt
<b>A.2.2</b> - $T_m = \frac{P_m}{\Omega} = \frac{P_m \cdot 60}{N \cdot 2\pi} = 6,43 \text{ N.m}$	0,5 pt
<b>A.2.3</b> - $T_e = T_m + T_u = 1935 \text{ N.m}$	0,5 pt

##### A.3 - Calcul des puissances nominales

<b>A.3.1</b> - $P_{tr} = \frac{P_M}{1-g} = \frac{P_u + P_m}{1-g} = 304 \text{ kW}$ $P_{jr} = P_{tr} - P_M = 3 \text{ kW}$	0,5 pt
<b>A.3.2</b> - $P_{abs} = \frac{P_u}{\eta} = 312 \text{ kW}$ . $p_f = P_{abs} - P_{tr} = 8 \text{ kW}$	0,5 pt

##### A.4 - Modèle électrique équivalent de la machine asynchrone

<b>A.4.1</b> - $p_f = \frac{3 \cdot V_2}{R_f} \Rightarrow R_f = \frac{3 \cdot V_2}{p_f} = 19 \Omega$	0,5 pt
<b>A.4.2</b> - $I_r = \frac{V}{\sqrt{\left(\frac{R}{g}\right)^2 + X^2}} = 445 \text{ A}$	0,5 pt
<b>A.4.3</b> - $P_{tr} = \frac{3 \cdot R \cdot I_r^2}{g} = 297 \text{ kW}$ . L'écart par rapport à la valeur trouvée en A.3.1 est de 2%, cohérent avec la précision des données.	0,5 pt

**- Partie B - Machine fonctionnant en génératrice hypersynchrone (6 points)**

**B.1 - Vitesse et glissement en condition nominale**

<b>B.1.1</b> - $N = N_v \times m = 1515 \text{ tr.min}^{-1}$	0,5 pt
<b>B.1.2</b> - $g = \frac{N_s - N}{N_s} = -1\%$ . L'appellation hypersynchrone est liée au fait que la vitesse de rotation du rotor est supérieure à la vitesse de synchronisme, ce qui explique le signe négatif du glissement	0,5 pt 0,5 pt

**B.2 - Caractéristique Couple – vitesse de la machine**

<b>B.2.1</b> - $T_e = \frac{3.V^2}{\Omega_s.R} \left( 1 - \frac{\Omega}{\Omega_s} \right)$	0,5 pt
$T_e = 2020 \text{ N.m} ; 0 ; -2020 \text{ N.m}$ pour resp. $\Omega = 0,99\Omega_s ; \Omega_s ; 1,01\Omega_s$	0,5 pt
<b>B.2.2</b> - voir document réponse n°1	0,25 pt
<b>B.2.3</b> - voir document réponse n°1	0,25 pt

**B.3 - Application**

<b>B.3.1</b> - $ P_V  =  P_G  + p_t = 306 \text{ kW}$ donc $P_V = -306 \text{ kW}$	0,5 pt
<b>B.3.2</b> - D'après les relations données en B21, on montre $g \cong \frac{T_e.R.\Omega_s}{3.V^2} = -0,93\%$	0,5 pt
<b>B.3.3</b> - $I_r \cong \frac{g.V}{R} \cong 428 \text{ A}$	0,5 pt
<b>B.3.4</b> - $Q_G = 3 \frac{V^2}{X_m} + 3.X.I_r^2 = 193,5 \text{ kvar}$	0,5 pt
<b>B.3.5</b> - $S_G = \sqrt{P_G^2 + Q_G^2} = 346,6 \text{ kVA}$ $f_p = \frac{P_G}{S_G} = 0,83$	0,5 pt
<b>B.3.6</b> - La charge étant essentiellement inductive, le facteur de puissance pourrait être ramené à une valeur plus proche de 1 en ajoutant des batteries de condensateurs.	0,5 pt

## - Partie C - Etude de l'onduleur (9 points)

### C.1 - Tensions délivrées par l'onduleur

<b>C.1.1</b> - Si $T_1$ et $T_1'$ étaient commandés simultanément à la fermeture alors la source de tension $E_B$ serait mise en court circuit ce qu'il faut à tout prix éviter.	0,5 pt
<b>C.1.2</b> - Tensions composées : voir document réponse n°2	1,5 pt
<b>C.1.3</b> - Tensions simples : voir document réponse n°2	1 pt
<b>C.1.4</b> - Fondamentaux des tensions simples : voir document réponse n°2	1 pt
<b>C.1.5</b> - $E_B = \frac{230 \cdot \pi}{\sqrt{2}} = 511 \text{ V}$	0,5 pt

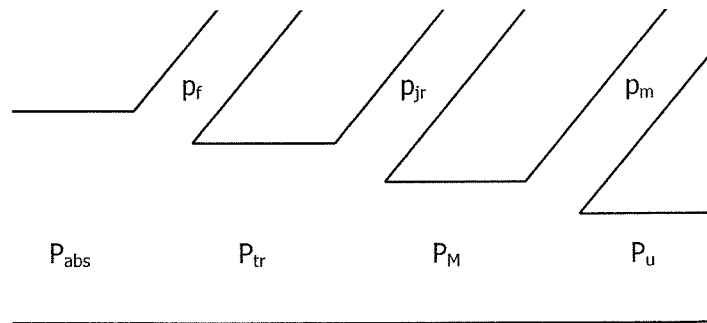
### C.2 - L'onduleur alimente la charge seule (quand l'éolienne ne fonctionne pas)

<b>C.2.1</b> - Séquences de conduction : voir document réponse n°3	1 pt
<b>C.2.2</b> - Courant $i$ : voir document réponse n°3	1 pt
<b>C.2.3</b> - $P_{bat} = E_B \cdot \langle i \rangle$ et $P_{ch} = P_{bat}$ (onduleur parfait) $\Rightarrow \langle i \rangle = \frac{P_{ch}}{E_B} = 392 \text{ A}$	1 pt

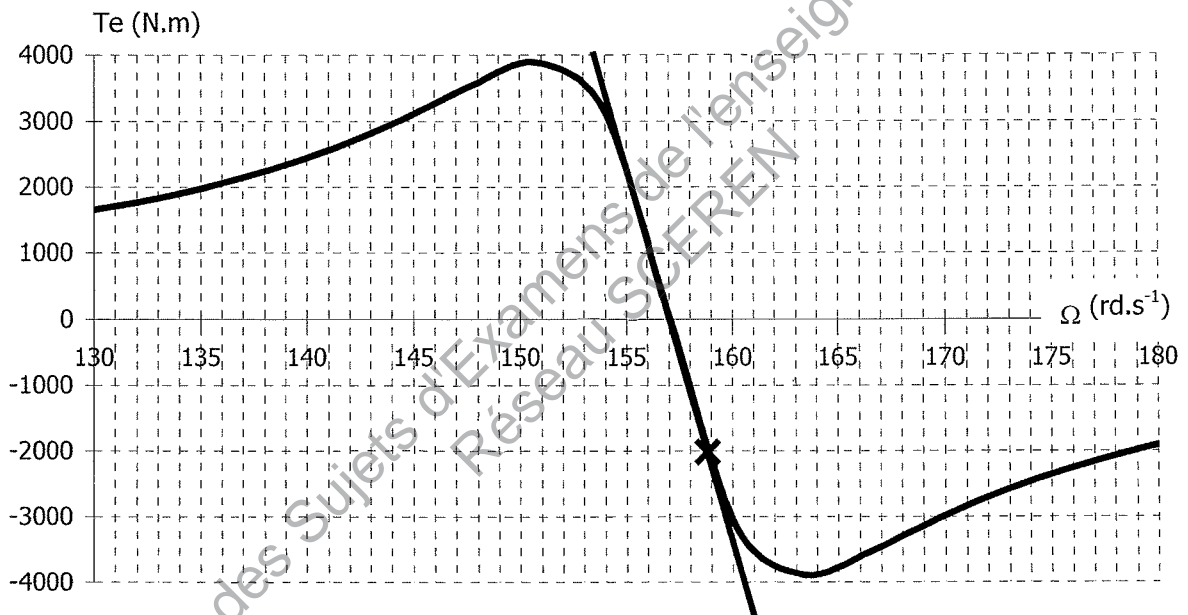
### C.3 - L'onduleur est connecté à la charge et à l'éolienne

<b>C.3.1</b> - $P_{G1} = 100 \text{ kW}$ $Q_{G1} = -350 \text{ kvar}$ $P_{G2} = -177 \text{ kW}$ $Q_{G2} = -273 \text{ kvar}$	1 pt
<b>C.3.2</b> - 1 <sup>er</sup> cas : la batterie se charge ; 2 <sup>ème</sup> cas : la batterie se décharge	0,5 pt

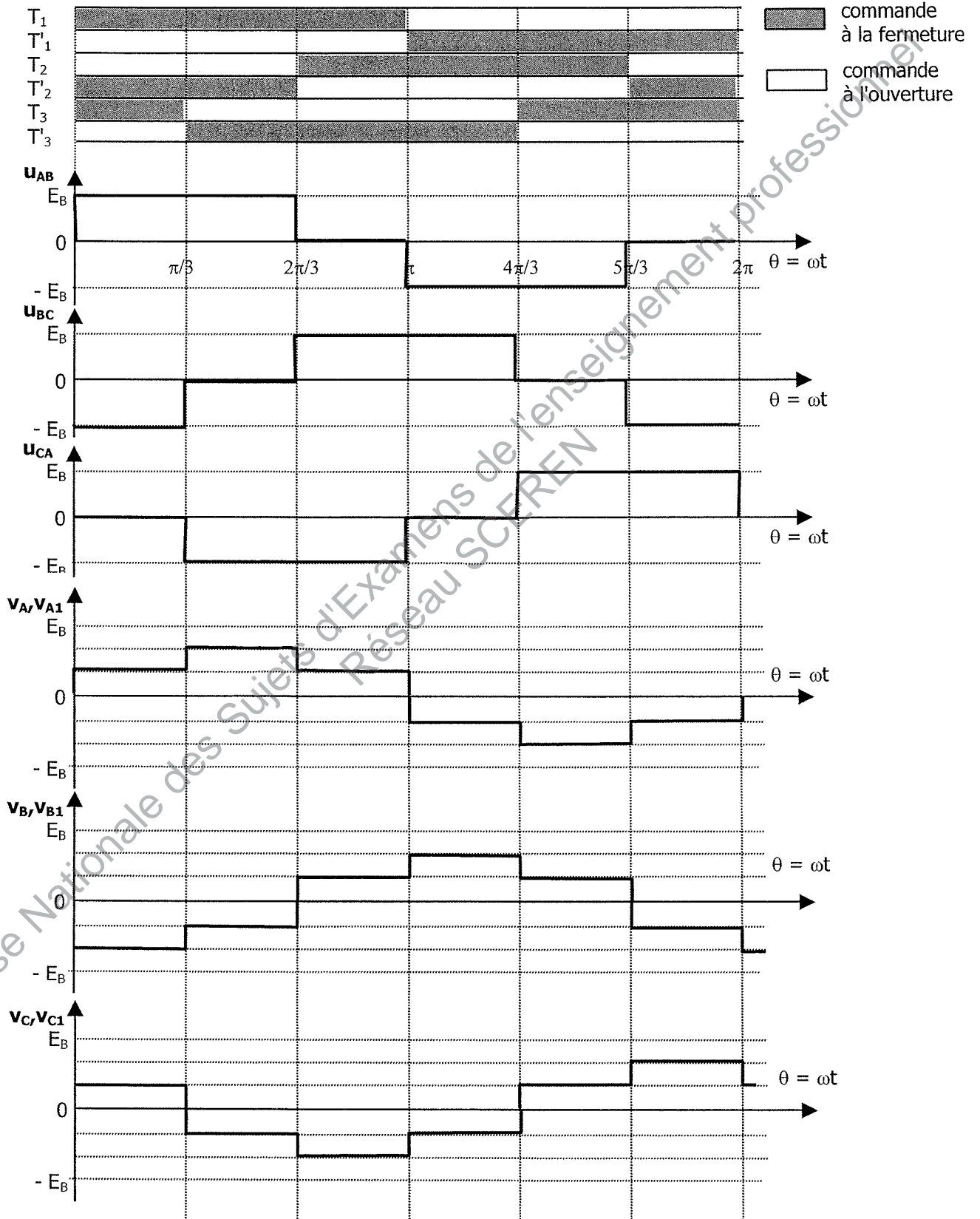
**A.1.2 – Diagramme des puissances de la machine fonctionnant en moteur**



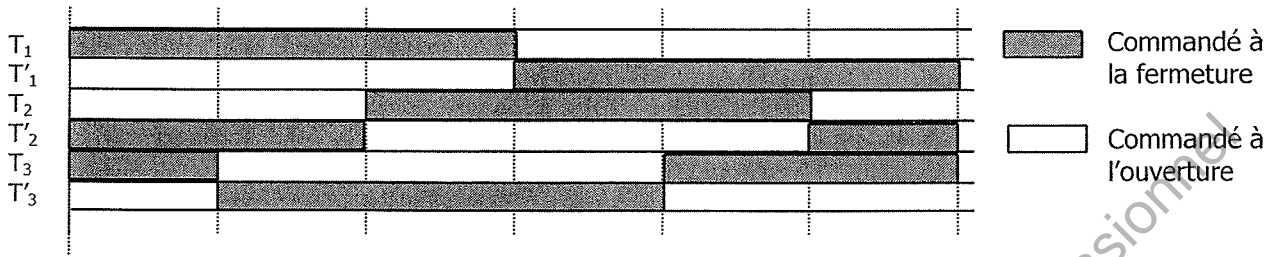
**B.2 – Caractéristique couple – vitesse de la machine**



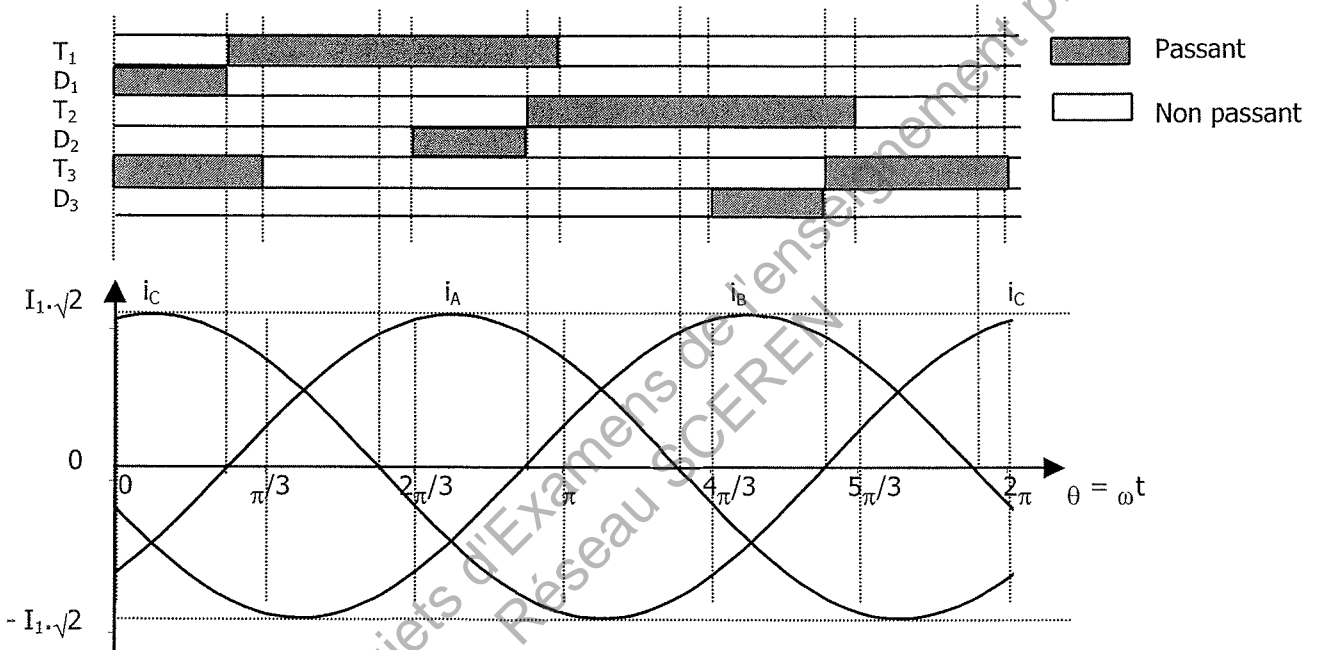
C.1 – Tensions délivrées par l'onduleur



**Document réponse n°3**



**C.2.1 – Séquence de conduction des éléments**



**C.2.2 – Chronogramme du courant  $i$  délivré par la batterie**

