



Ce document a été mis en ligne par l'organisme [FormaV®](#)

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :

[www.formav.co/explorer](http://www.formav.co/explorer)

# 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 SUPÉRIEUR

## ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2011

---

### ÉPREUVE E4.1

#### Étude d'un système technique industriel Pré-étude et modélisation

Durée : 4 Heures Coefficient : 3

## CORRIGÉ ET BARÈME

---

*Calculatrice à fonctionnement autonome autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16/11/99. L'usage de tout autre matériel ou document est interdit.*

---

Ce corrigé comporte 5 pages.

---

Il sera tenu compte de la qualité de rédaction, en particulier pour les réponses aux questions ne nécessitant pas de calcul. Le correcteur attend des phrases complètes respectant la syntaxe de la langue française.

Utiliser les notations indiquées dans le texte, justifier toutes les réponses, présenter clairement les calculs et les résultats.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - <b>CORRIGÉ</b>		Session 2011
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : EQPEM	Page : 1/5

## **PARTIE A : Détermination de la puissance mécanique disponible (14 points)**

### **A.1. Détermination de la Puissance hydraulique (6 points)**

**A.1.1.** Les points A et B sont au contact de l'atmosphère, donc  $P_A = P_B = P_0 = 10^5 \text{ Pa}$ .

**A.1.2.** Les termes dépendants de la pression et de la vitesse s'éliminent.  
On obtient :  $P_T = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B) \cdot Q$

**A.1.3.**  $P_{T1} = 4,54 \text{ MW}$  et  $P_{T2} = 6,35 \text{ MW}$

### **A.2. Détermination de la puissance mécanique fournie à chaque alternateur (6 points)**

**A.2.1.** Pour  $Q_1$  :  $P_{M1} = P_{T1} \cdot \eta_T \cdot \eta_M / 2 = 2,11 \text{ MW}$   
Pour  $Q_2$  :  $P_{M2} = P_{T2} \cdot \eta_T \cdot \eta_M / 2 = 2,96 \text{ MW}$

**A.2.2.**  $n = n_T \cdot r = 750 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$

### **A.3. Loi sur l'eau (2 points)**

Dans le cas le plus défavorable, si la PCH ne fait pas partie de la liste du conseil d'état, le débit minimal doit être supérieur au dixième du débit moyen annuel ( $400 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$ ), soit  $40 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$

Les débits prévus ( $50 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$  et  $70 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$ ) sont bien supérieurs à cette limite, donc ils respectent la loi.

## **Partie B : Détermination de la puissance électrique disponible (24 points)**

### **B.1. Caractéristiques générales de l'alternateur (6 points)**

**B.1.1.**  $n = 750 \text{ tr/mn}$  au synchronisme, donc  $p = 4$ .

**B.1.2.**  $I_n = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U} = 293 \text{ A}$

**B.1.3.**  $f_n = P_n / S_n = 0,90$

**B.1.4.**  $Q_n = 1,39 \text{ MVAR}$

## B.2. Rendement et pertes (8 points)

**B.2.1.** En fonctionnement nominal,  $S = 3200 \text{ KVA}$  et  $\cos\phi=0,9$ , donc le rendement vaut  $\eta=97\%$ . La puissance utile de l'alternateur est  $P_n = 2,88 \text{ MW}$ .

Les pertes valent  $P_n \cdot (1 - \eta) / \eta = 89,1 \text{ kW}$

**B.2.2.**  $P_{JS} = 3 \cdot R \cdot I^2 = 3 \cdot 0,08 \cdot 293^2 = 20,6 \text{ kW}$

**B.2.3.**  $P_{Jr} = R_e \cdot I_e^2 = 0,12 \cdot 405^2 = 19,7 \text{ kW}$

**B.2.4.**  $P_J = P_{JS} + P_{Jr} = 40,3 \text{ kW}$ .

Ces pertes représentent  $40,3/89,1 = 45\%$  des pertes totales.

L'origine des autres pertes : courant de Foucault et hystérésis dans le stator, frottements mécaniques.

**B.2.5.** Pour  $Q_1$ , la puissance mécanique est  $P_1 = 2,11 \text{ MW}$ .

Sur la figure 4, on lit un rendement de  $97,2\%$ .

D'où la puissance électrique produite par un alternateur :  $2,11 \cdot 0,972 = 2,05 \text{ MW}$ .

La centrale produit alors  $4,10 \text{ MW}$ .

Pour  $Q_2$ , la puissance mécanique est  $P_2 = 2,96 \text{ MW}$ .

Sur la figure 4, on lit un rendement de  $97,4\%$ .

D'où la puissance électrique produite par un alternateur :  $2,96 \cdot 0,974 = 2,88 \text{ MW}$ .

La centrale produit alors  $5,77 \text{ MW}$ .

## B.3. Réglage du point de fonctionnement électrique (10 points)

**B.3.1.**  $R$  est la résistance d'une phase du stator.  $R = 80 \text{ m}\Omega$ .

**B.3.2.** On entraîne le rotor à la vitesse de  $750 \text{ tr} \cdot \text{mn}^{-1}$ .

On fait varier le courant inducteur de  $0$  à  $900 \text{ A}$ .

On mesure à l'aide d'un voltmètre la valeur efficace de la tension entre phase ou par phase (réglage AC).

**B.3.3.** Essai en CC :  $I_e = 300 \text{ A}$  pour  $I_{cc} = 400 \text{ A}$

Essai à vide :  $E = 4875 \text{ V}$  pour  $I_e = 300 \text{ A}$

$X = 4875/400 = 12,2 \text{ Ohm}$

**B.3.4.** On peut négliger la résistance ( $80 \text{ m}\Omega$ ) devant la réactance ( $12 \text{ }\Omega$ ).

Ce qui justifie le modèle de la figure 6.

**B.3.5.**

**B.3.5.1.** Point A :  $V_x = 2254 \text{ V}$

Point B  $V_x = 2508 \text{ V}$

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - CORRIGÉ		Session 2011
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : EQPEM	Page : 3/5

**B.3.5.2.**  $E_A = 4280V$  et  $E_B = 5250V$

**B.3.5.3.**  $I_{eA} = 261A$  et  $I_{eB} = 322 A$

## Partie C : Réglage du courant d'excitation (22 points)

### C.1. Ondulation du courant d'excitation (10 points)

**C.1.1.**  $T = 4 \text{ ms}$  et  $f = 250 \text{ Hz}$ .

**C.1.2.** On lit sur le chronogramme  $V_M = 50 \text{ V}$ .  
On calcule la valeur moyenne :  $46,8 \text{ V}$

**C.1.3.**  $\omega_1$  est la pulsation du fondamental qui est à la fréquence  $250\text{Hz}$ .  
 $\omega_1 = 2\pi.250 = 1571 \text{ rad.s}^{-1}$

$V_0$  est la valeur moyenne de la tension :  $V_0 = 46,8 \text{ V}$   
 $V_{1M}$  est l'amplitude du fondamental, lue sur le spectre :  $V_{1M} = 4V$

**C.1.4.**  $I_{e0} = V_0/R_e = 390 \text{ A}$ .

**C.1.5.** On lit sur l'annexe 1 :  $E_0 = 6,36 \text{ kV}$

**C.1.6.** L'amplitude  $I_{1M}$  du fondamental du courant  $i_e$  est :

$$I_{1M} = \frac{V_{1M}}{\sqrt{R_e^2 + (L_e \omega_1)^2}} = 7,7 \text{ mA}$$

Cette intensité est très faible devant la valeur moyenne  $I_{e0}$ .  
On peut considérer que la fem  $E_0$  ne dépend que de la valeur moyenne  $I_{e0}$ .

### C.2. Asservissement du courant d'excitation (12 points)

**C.2.1.**  $K_e = 1/R_e$  et  $T_e = L_e/R_e$

$K_e$  s'exprime en Siemens.  
 $T_e$  s'exprime en seconde.

**C.2.2.** L'erreur statique est nulle grâce à la correction intégrale.  
 $U_m = U_c$  et  $I_e = U_m/B = U_c/B = 392 \text{ A}$

**C.2.3.** 
$$H(p) = \frac{AK_p K_e (1 + T_i p)}{T_i p (1 + T_e p)}$$

$$\text{C.2.4. } H(p) = \frac{AK_p K_e (1 + T_e p)}{T_e p (1 + T_e p)} = \frac{AK_p K_e}{T_e p}$$

$$\text{On a bien } H(p) = \frac{K}{p} \text{ avec } K = \frac{AK_p K_e}{T_e}$$

$$\text{C.2.5. } T_{BF}(p) = \frac{H(p)}{1 + B H(p)} = \frac{1}{B} \left( \frac{1}{1 + 1/BH(p)} \right) = \frac{1}{B} \left( \frac{1}{1 + p/KB} \right)$$

La fonction de transfert en boucle fermée est bien du type  $T_{BF}(p) = \frac{1}{B} \frac{1}{(1 + T.p)}$

$$\text{Avec } T = \frac{1}{K.B} = \frac{T_e}{K_p . A.B.K_e}$$

**C.2.6.** La fonction de transfert en boucle fermée est un premier ordre de constante de temps T. Le temps de réponse à 95% est obtenu au bout de 3T.

$$\frac{3T_e}{K_p . A.B.K_e} = 20.10^{-3} \text{ s, soit } K_p = \frac{3T_e}{0,02 * A.B.K_e} = 225$$