

# BTS ÉLECTROTECHNIQUE

## U41 – PRÉ-ÉTUDE ET MODÉLISATION

### SESSION 2014

#### **A. DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE HYDRAULIQUE MISE EN JEU** **(22 POINTS)**

##### **A.1. CALCUL DE LA CHARGE DE L'EAU À L'ENTRÉE DE LA CONDUITE FORCÉE BLINDÉE.** (6 pts)

A.1.1. (1 pt)  $P_A = 0.00 \text{ Pa}$  (origine des pressions)

A.1.2. (1 pt)  $z_C=0\text{m}$  ;  $z_A=254\text{m}$  ;  $E_{pV_A} = \rho \cdot g \cdot z = 1000 \cdot 9,81 \cdot (706-452) = 2,49\text{MJ/m}^3$ .

A.1.3. (2 pts)  $S = \pi \cdot \text{diamètre}^2 / 4 = \pi \cdot (2,7)^2 / 4 = 5,73\text{m}^2$   
 $Q_v = v \cdot S$  d'où  $v = 22,2 / 5,73 = 3,87\text{m/s}$

A.1.4. (1 pt)  $E_{cV_A} = 0,5 \cdot \rho \cdot 3,87^2 = 7,37\text{kJ/m}^3$

A.1.5. (1 pt)  $\text{charge}_A = P_A + E_{pV_A} + E_{cV_A} = 7,37 \cdot 10^3 + 2,49 \cdot 10^6 + 0 = 2,50\text{MJ/m}^3$

##### **A.2. CALCUL DE LA CHARGE DE L'EAU À L'ENTRÉE DE LA TURBINE.** (1 pt)

A.2.1. (1 pt)  $\text{charge}_B = \text{charge}_A - \text{pertes de charges linéaires} = 2,50 \cdot 10^6 - 21,9 \cdot 10^3 = 2,48 \text{ MJ/m}^3$

##### **A.3. CALCUL DE LA CHARGE DE L'EAU À LA SORTIE DU CANAL DE FUITE.** (5 pts)

A.3.1. (1 pt)  $P_C = 0,00 \text{ Pa}$  (origine des pressions)

A.3.2. (1 pt)  $E_{pV_C} = \rho \cdot g \cdot z = 1000 \cdot 9,81 \cdot (0.00)$  (origine des altitudes) =  $0,00\text{J/m}^3$

A.3.3. (1 pt) Débit conservé et section identique donc  $v = 3,87 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$   
 $E_{cV_C} = 0,5 \cdot \rho \cdot v^2 = 0,5 \cdot 1000 \cdot 3,87^2 = 7,37\text{kJ/m}^3$

A.3.4. (2 pts)  $\text{charge}_C = P_C + E_{pV_C} + E_{cV_C} = 0 + 0 + 7,37 \cdot 10^3 = 7,37\text{kJ/m}^3$

##### **A.4. CALCUL DE L'ÉNERGIE PRÉLEVÉE AU NIVEAU DE LA TURBINE.** (2 pts)

A.4.1. (2 pts)  $\Delta P = \text{charge}_B - \text{charge}_C = 2,48 \cdot 10^6 - 7,37 \cdot 10^3 = 2,47\text{MJ/m}^3$

##### **A.5. CALCUL DE LA PUISSANCE HYDRAULIQUE DE LA TURBINE.** (3 pts)

A.5.1. (1 pt)  $(\text{m}^3 / \text{s}) \cdot (\text{J/m}^3) = \text{J/s} = \text{W}$ .

A.5.2. (2 pts)  $P_{\text{hydro.}} = 2,47 \cdot 10^6 \cdot 22,2 = 54,8\text{MW}$

#### A.6. CALCUL DE LA PUISSANCE ACTIVE ÉLECTRIQUE FOURNIE PAR LE TRANSFORMATEUR ÉLEVATEUR. (3 pts)

- A.6.1.  $P_m = P_{\text{hydro}} - \text{pertes turbine} = 54,8 \cdot 10^6 - 4,9 \cdot 10^6 = 49,9 \text{ MW}$   
 $P_{\text{alt}} = P_m \cdot \text{rendement alternateur} = 49,9 \cdot 10^6 \cdot 0,974 = 48,6 \text{ MW}$   
 $P_t = P_{\text{alt}} - \text{pertes transfo} = 48,6 \cdot 10^6 - 1,4 \cdot 10^6 = 47,2 \text{ MW}$   
 $P_t = 47,2 \text{ MW}$  ce qui correspond bien à la puissance unitaire donnée dans l'énoncé.  
Rendement de l'installation = 0,86.

#### A.7. RÔLE DE L'ÉPAISSEUR DU BLINDAGE DE LA CONDUITE FORCÉE. (2 pts)

- A.7.1. (1 pt)  $P_B = \text{charge}_B - E_{pV_B} - E_{cv_B} = 2,48 \cdot 10^6 - 0 - 7,37 \cdot 10^3 = 2,47 \text{ MPa}$   
A.7.2. (1 pt) 1<sup>er</sup> tiers, pression relative faible, les 2/3 inférieurs, pression relative élevée donc, augmentation de l'épaisseur pour contrer les forces de pression.

### **B. ÉTUDE DU REFROIDISSEMENT DE L'ALTERNATEUR (32 POINTS)**

#### B.1. DÉTERMINATION DE LA VALEUR DES PERTES DE L'ALTERNATEUR EN FONCTIONNEMENT NOMINAL. (20 pts)

- B.1.1. (2 pts) pertes par effet joule au niveau de l'excitation et de l'induit, pertes fer stator et pertes par frottements mécaniques. Elles dépendent des intensités (pertes Joule et intensité du champ magnétique via  $i_e$ ) et de la vitesse de rotation.
- B.1.2. **Détermination d'un modèle équivalent (6 pts)**
- B.1.2.1. (2 pts) pour  $n = 500 \text{ tr/min}$ , on fait varier courant d'excitation et on mesure valeur efficace à vide entre 2 phases. La valeur efficace simple à vide croit de manière proportionnelle avec le courant d'excitation.
- B.1.2.2. (1 pt) pour  $n = 500 \text{ tr/min}$ , les enroulements du stator court-circuités, on mesure la valeur efficace de l'intensité du courant de ligne en fonction du courant d'excitation.
- B.1.2.3. (1 pt)  $Z_s = E / I$  en référence à l'essai en court circuit avec les valeurs de  $E$  et  $I$  correspondant à la même valeur du courant d'excitation
- B.1.2.4. (2 pts)  $Z_s = 2205 / 3247 = 0,679 \text{ ohm}$   
 $E_t X_s = \sqrt{Z_s^2 - r^2} = \sqrt{(0,679^2 - (7,03 \cdot 10^{-3})^2)} = 0,679 \text{ ohm}$   
 $r$  négligeable devant  $X_s$ .
- B.1.3. **Détermination des paramètres de fonctionnement nominal (7 pts)**
- B.1.3.1. (2 pts)  $P_{\text{alt nom}} = S \cdot \cos(\phi) = 55 \cdot 10^6 \cdot 0,88 = 48,4 \text{ MW}$   
 $I = S / (\sqrt{3} \cdot U) = 55 \cdot 10^6 / (\sqrt{3} \cdot 10,3 \cdot 10^3) = 3,08 \text{ kA}$   
 $V = U / \sqrt{3} = 10,3 \cdot 10^3 / \sqrt{3} = 5,95 \text{ kV}$
- B.1.3.2. (3 pts) Construction vectorielle et  $E = 7183 \text{ V}$
- B.1.3.3. (2 pts)  $i_e = 684 \text{ A}$

**B.1.4. Calcul des pertes de l'alternateur (5 pts)**

B.1.4.1. (1,5 pt)  $P_{je} = r_e i_e^2 = 0,385 * 684^2 = 180\text{kW}$

B.1.4.2. (1,5 pt)  $P_{js} = 3 r_l I^2 = 3 * 7,03 * 10^{-3} * 3083^2 = 201\text{kW}$

B.1.4.3. (2 pts) **Pertes.** =  $P_{je} + P_{js} + P_{ens} = 180 * 10^3 + 201 * 10^3 + 880 * 10^3 = 1,26\text{MW}$

**B.2.ÉTUDE DU REFROIDISSEMENT PAR AIR DE L'ALTERNATEUR. (4 pts)**

B.2.1. (1 pt)  $(\text{kg/s}) * (\text{J}/(\text{kg} * \text{K})) * \text{K} = \text{J/s} = \text{W}$ .

B.2.2. (2 pts)  $Q_m = \text{Pertes} / (C * \Delta\theta) = 1,26 * 10^6 / (1,01 * 10^3 * (47 - 16,6)) = 41,0\text{kg/s}$

B.2.3. (1 pt)  $Q_v = Q_m / \rho = 41 / 1,16 = 35,3\text{m}^3/\text{s}$

**B.3.ÉTUDE DU REFROIDISSEMENT DE L'AIR ÉCHAUFFÉ À L'AIDE DE L'ÉCHANGEUR AIR-EAU. (8 pts)**

B.3.1. (1 pt) la caverne étant un espace clos, on ne peut renouveler l'air, le seul moyen de le refroidir est d'évacuer la chaleur par un circuit d'eau.

B.3.2. (1 pt) l'air échauffé doit céder 1,26MW à l'eau via l'échangeur thermique de afin que la température de l'air ambiant de la caverne reste constante.

B.3.3. (2 pts)  $Q'_m = \text{Pertes} / (C' * \Delta'\theta) = 1,26 * 10^6 / (4,19 * 10^3 * 5) = 60,1\text{kg/s}$

B.3.4. (1 pt)  $Q'_v = Q'_m / \rho' = 60,1 / 1000 = 0,0601\text{m}^3/\text{s}$

**B.3.5. Détermination de la puissance mécanique de la pompe d'alimentation de l'échangeur (3 pts)**

B.3.5.1. (2 pts) Pertes de charge = 16,5kPa

$Ph_p = \text{Pertes de charge} * Q_v \text{ eau} = 16,5 * 10^3 * 0,0601 = 992\text{W}$

B.3.5.2. (1 pt)  $P_{mp} = Ph_p / \text{rendement pompe} = 992 / 0,76 = 1,31\text{kW}$ .

**C. ÉTUDE DU COUPLAGE DE L'ALTERNATEUR AU RÉSEAU 63 KV.**  
**(6 POINTS)**

C.1. (2 pts) Même valeur efficace de tension composée de l'alternateur et au primaire du transformateur, même valeur de puissance apparente nominale.

C.2. (2 pts) Même valeur de rapport de transformation du transformateur, même valeur de l'indice horaire.

C.3. (2 pts)  $m = 63 * 10^3 / 10,3 * 10^3 = 6,11$