

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

ÉLECTROTECHNIQUE

Épreuve E4.1

ÉTUDE D'UN SYSTÈME TECHNIQUE INDUSTRIEL PRÉ-ÉTUDE ET MODÉLISATION

SESSION 2014

Durée : 4 heures
Coefficient : 3

Matériel autorisé :

- 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.

Documents à rendre avec la copie :

- Le candidat répondra sur le document-réponse et sur feuilles de copie. Le document-réponse est à rendre agrafé au bas d'une copie.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet se compose de **15** pages numérotées de **1/15** à **15/15**
dont 1 document-réponse.

Les parties A, B et C sont indépendantes

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.

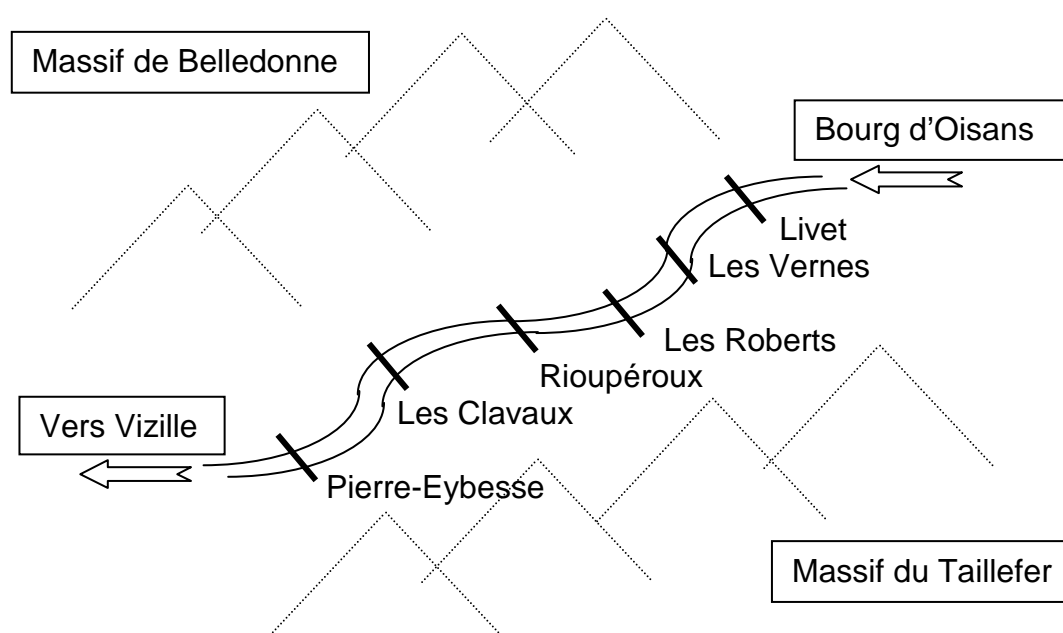
Utiliser les notations indiquées dans le texte, justifier toutes les réponses, présenter clairement les calculs et les résultats.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		Session 2014
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : 14PO-EQPEM	Page : 1/15

Nouvel aménagement hydroélectrique sur la Romanche (Isère 38)

Entre la sortie de la plaine de Bourg d'Oisans et la commune de Vizille, à une trentaine de kilomètres de Grenoble, la Romanche emprunte un long défilé de 13 km constituant une chute naturelle de près de 400 mètres. Ce tronçon de rivière qui présente un fort potentiel énergétique a été équipé de longue date pour l'usage de la force hydraulique et la production d'hydroélectricité.

Six centrales hydroélectriques, fonctionnant au fil de l'eau ont été construites à partir de la fin du 19ème siècle et au début du 20ème et sont toujours exploitées : Livet, Les Vernes, Les Roberts, Rioupéroux, Les Clavaux et Pierre-Eybessé. La puissance totale installée de ces six ouvrages est de 82 MW pour une production annuelle moyenne de l'ordre de 405 millions de kW.h.

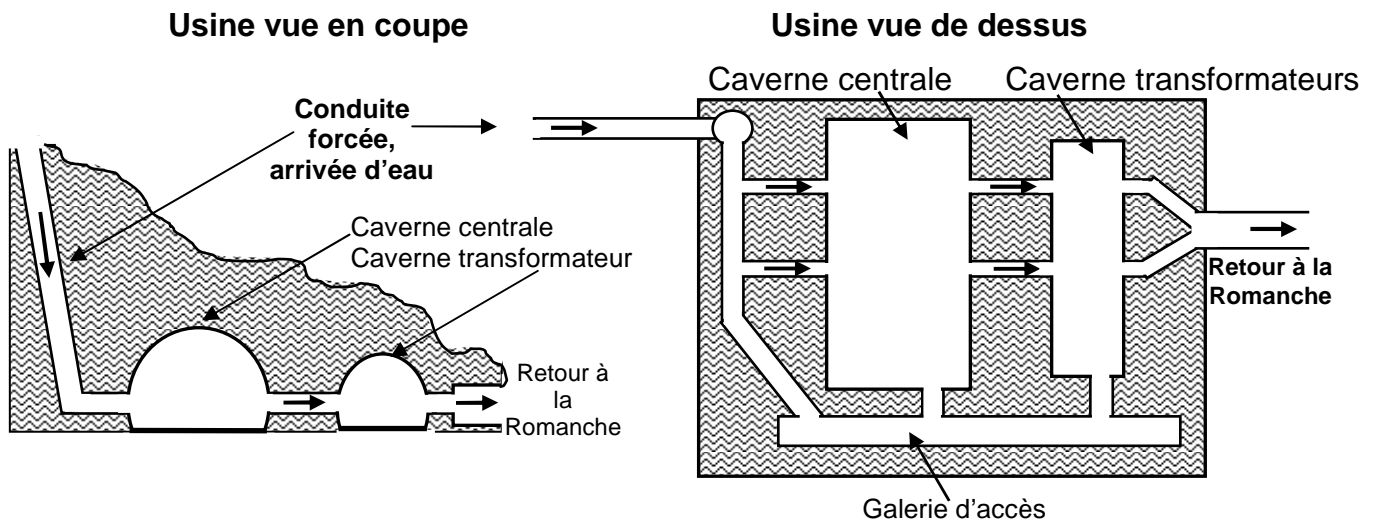


La position de ces six centrales, ainsi que la volonté d'aménagement de l'ensemble de la vallée de la Romanche a conduit EDF à étudier deux scénarii pour poursuivre et améliorer l'exploitation du potentiel hydroélectrique : la réhabilitation des centrales existantes ou bien leur remplacement par un nouvel aménagement.

Le coût de la réhabilitation des six centrales existantes étant du même ordre que le coût de construction d'un nouvel aménagement, EDF a choisi cette dernière option. Ce choix présente également d'autres avantages : l'amélioration de la sécurité de l'exploitation, une meilleure intégration des ouvrages dans l'environnement, un accroissement de la production d'électricité à partir d'une source d'énergie propre et renouvelable, et la suppression des ouvrages actuels présents dans la rivière et à proximité.

Le projet de nouvel aménagement hydraulique de Romanche-Gavet représente pour EDF un investissement de l'ordre de 250 millions d'euros. La centrale sera souterraine et équipée de deux groupes de production d'une puissance unitaire de 47 MW soit une puissance maximale de 94 MW.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		Session 2014
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : 14PO-EQPEM	Page : 2/15



La production annuelle potentielle sera de 560 millions de kW.h. Les 155 millions de kW.h supplémentaires qui seront produits chaque année correspondent à la consommation résidentielle annuelle d'une ville de 60 000 habitants.

L'ouvrage hydroélectrique fonctionnera au fil de l'eau, c'est-à-dire sans capacité de stockage de l'eau dans la retenue, et produira donc son électricité en fonction des apports d'eau du moment. L'énergie électrique produite sera transportée par le réseau HTA 63 000 V.

Enjeu :

Remplacer les installations existantes par une unité de production plus performante et plus respectueuse de l'environnement.

Problématiques :

- Exploiter le potentiel hydraulique du site en respectant les contraintes imposées par les caractéristiques géographiques et géologiques.
- Concevoir et dimensionner les installations techniques assurant la mise en œuvre de l'alternateur et son couplage au réseau en respectant la sûreté de fonctionnement.

L'épreuve E41 est constituée de 3 parties indépendantes :

- dans la partie A, on justifiera la solution retenue concernant l'ouvrage hydraulique pour que le groupe produise une puissance unitaire de 47MW,
- dans la partie B, on abordera la solution retenue pour refroidir l'alternateur sans que la température de l'air de la caverne souterraine ne s'élève,
- dans la partie C, on traitera du couplage de l'alternateur au réseau 63kV.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		Session 2014
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : 14PO-EQPEM	Page : 3/15

A. DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE HYDRAULIQUE MISE EN JEU

Pour des raisons environnementales, il a été retenu de supprimer les 6 centrales existantes au fil de l'eau par une centrale souterraine unique en tirant profit du potentiel hydraulique. Nous allons dans cette partie étudier les propriétés de l'ouvrage hydraulique retenu et vérifier qu'il permet une production unitaire de 47 MW.

Le circuit hydraulique est schématiquement représenté en figure 1 : c'est un croquis et les distances ainsi que les altitudes ne sont pas représentées à l'échelle.

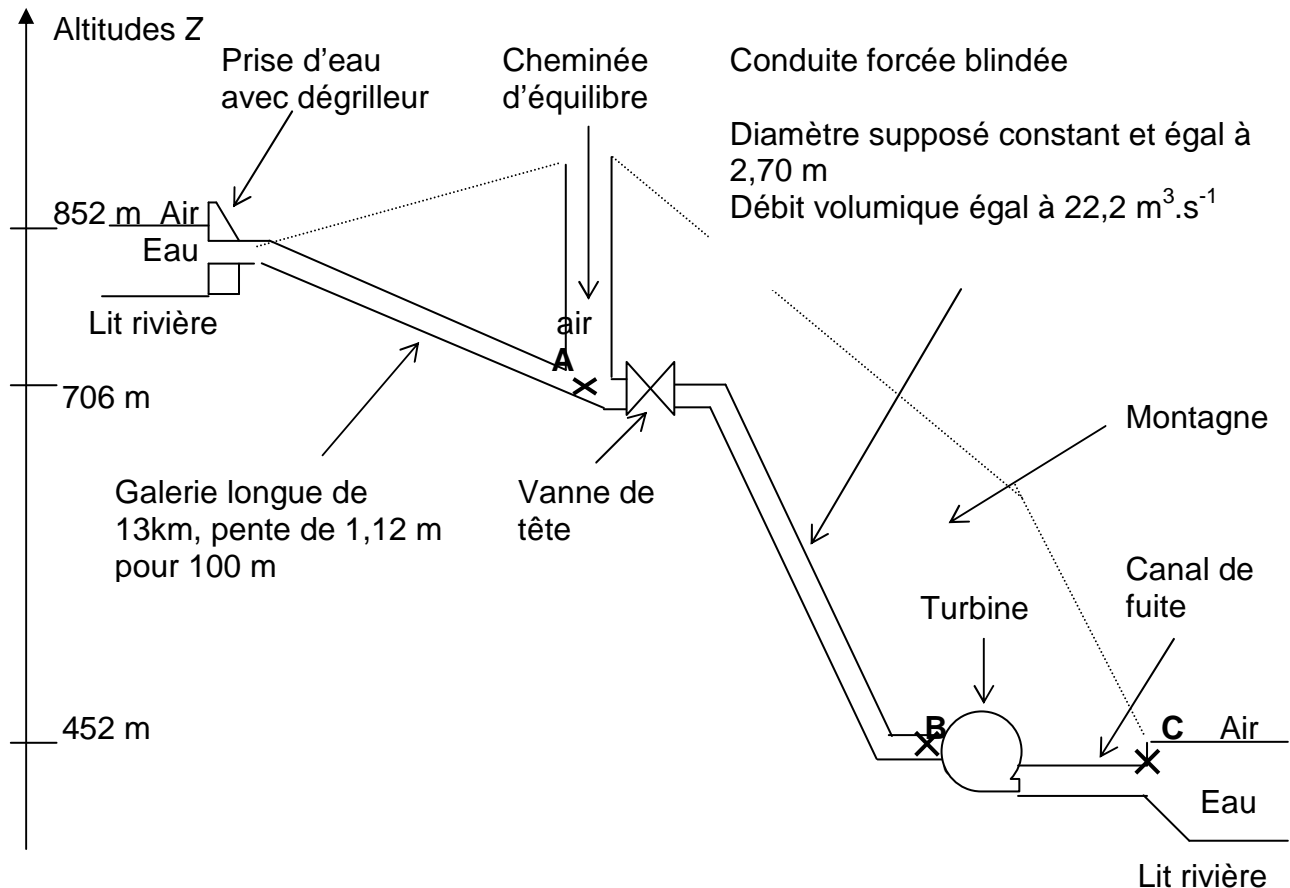


Figure 1

L'eau est prélevée dans le lit de la rivière à l'altitude 852 m. Elle s'écoule par gravitation jusqu'à la sortie du canal de fuite à l'altitude 452 m.

La vanne de tête permet de régler la valeur du débit d'eau à turbiner en fonction de la valeur de puissance active électrique à fournir au réseau de distribution.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		Session 2014
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : 14PO-EQPEM	Page : 4/15

A.1.CALCUL DE LA CHARGE DE L'EAU À L'ENTRÉE DE LA CONDUITE FORCÉE BLINDÉE (point A)

On rappelle que la charge de l'eau à une altitude z quelconque, notée **charge** z , est exprimée en $J.m^{-3}$. La charge a pour expression $P + \rho.g.z + (\frac{1}{2}).\rho.v^2$ avec, P la pression relative de l'eau à l'altitude z et exprimée en Pa ou en $J.m^{-3}$, $\rho.g.z$ l'expression de l'énergie potentielle volumique à l'altitude z et exprimée en $J.m^{-3}$ et $(\frac{1}{2}).\rho.v^2$ l'expression de l'énergie cinétique volumique à l'altitude z et exprimée en $J.m^{-3}$.

La pression atmosphérique notée P_{at} sera prise comme **origine des pressions**. Toutes les pressions utilisées seront donc des pressions relatives mesurées par rapport à cette origine arbitraire.

- A.1.1. Montrer que la valeur de la pression relative de l'eau notée P_A à la surface libre au point A de la figure 1 est nulle.

On donne la masse volumique de l'eau $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$ et la valeur de l'accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

L'altitude absolue (mesurée par rapport au niveau de la mer) de la surface libre en sortie de canal de fuite repérée par le point C de la figure 1 est notée Z_C et est égale à 452 m. L'altitude absolue de la surface libre de l'eau dans la cheminée d'équilibre repérée par le point A de la figure 1 est notée Z_A , elle est égale à 706 m. Par la suite, **C** sera pris comme **origine des altitudes**. **Les altitudes prises en référence à C seront notées z** .

- A.1.2. Donner les valeurs de z_C et z_A .
Calculer la valeur de l'énergie potentielle volumique de l'eau au point A notée E_{pv_A} .

Le diamètre intérieur de la conduite forcée blindée est égal à 2,70 m et est supposé constant sur toute la longueur de celle-ci. Dans les conditions de fonctionnement nominal, la valeur du débit volumique est égale à $22,2 \text{ m}^3.s^{-1}$.

- A.1.3. Calculer la valeur de la section interne de la conduite blindée. En déduire la valeur nominale de la vitesse linéaire d'écoulement de l'eau à l'entrée de la conduite blindée.
- A.1.4. Calculer la valeur de l'énergie cinétique volumique de l'eau au point A notée E_{cv_A} .
- A.1.5. Montrer que la valeur de la charge de l'eau au point A, notée $charge_A$, est voisine de $2,5 \text{ MJ.m}^{-3}$.

A.2.CALCUL DE LA CHARGE DE L'EAU À L'ENTRÉE DE LA TURBINE (point B)

On rappelle que le théorème de Bernoulli correspond à un bilan de charge appliqué à l'écoulement de l'eau entre deux altitudes, à savoir :

charge en amont de l'écoulement = **charge** en aval de l'écoulement + **pertes de charges**

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		Session 2014
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : 14PO-EQPEM	Page : 5/15

On estime que les pertes de charges dans la conduite forcée ont pour valeur $21,9 \text{ kJ.m}^{-3}$.

- A.2.1. Appliquer le théorème de Bernoulli à l'écoulement du point A au point B pour déterminer la valeur de la charge de l'eau au point B notée charge_B.

A.3. CALCUL DE LA CHARGE DE L'EAU À LA SORTIE DU CANAL DE FUITE (point C)

- A.3.1. Donner la valeur de la pression relative de l'eau notée P_C à la surface libre au point C de la figure 1.
- A.3.2. Calculer la valeur de l'énergie potentielle volumique de l'eau au point C notée E_{pv_C} (on considérera que $z_C = z_B$).
- A.3.3. Donner la valeur du débit volumique au point C juste à la sortie du canal de fuite, supposé sans perte de charges et de section identique à la conduite forcée. En déduire la valeur de l'énergie cinétique volumique de l'eau au point C notée E_{cv_C} .
- A.3.4. Calculer la valeur de la charge de l'eau au point C notée charge_C.

A.4. CALCUL DE L'ÉNERGIE PRÉLEVÉE AU NIVEAU DE LA TURBINE

- A.4.1. Appliquer le théorème de Bernoulli à l'écoulement du point B au point C pour déterminer la valeur des pertes de charges ponctuelles de la turbine notées ΔP .

A.5. CALCUL DE LA PUISSANCE HYDRAULIQUE DE LA TURBINE

- A.5.1. À l'aide d'une analyse dimensionnelle, montrer que l'expression $Q_v \cdot \Delta P$ est homogène à une puissance.
- A.5.2. On considérera que la valeur des pertes de charges ponctuelles de la turbine est égale à $2,47 \text{ MJ.m}^{-3}$. Calculer la valeur de la puissance hydraulique de la turbine notée $P_{\text{hydro}} = Q_v \cdot \Delta P$.

A.6. CALCUL DE LA PUISSANCE ACTIVE ÉLECTRIQUE FOURNIE PAR LE TRANSFORMATEUR ÉLÉVATEUR

Intéressons-nous aux différentes conversions d'énergie mises en œuvre par le groupe de production et le transformateur élévateur de l'aménagement hydroélectrique. Ceci est représenté schématiquement en figure 2.

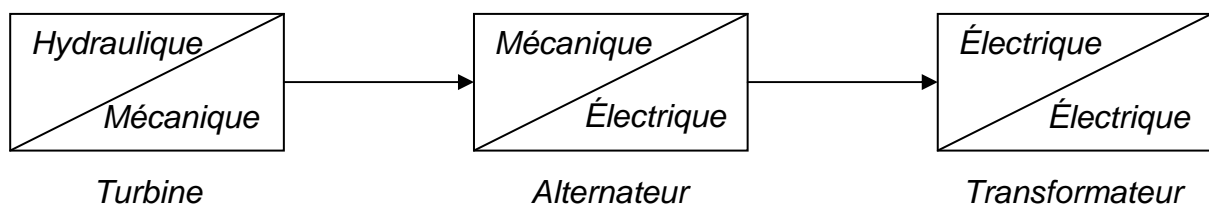


Figure 2

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		Session 2014
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : 14PO-EQPEM	Page : 6/15

Pour le fonctionnement dans les conditions nominales, la valeur des pertes de la turbine est égale à 4,90 MW. Dans les mêmes conditions, le rendement de l'alternateur noté η_{alt} est égal à 97,4 % et les pertes du transformateur sont égales à 1,40 MW.

- A.6.1. Calculer la valeur nominale de la puissance active électrique P_t fournie en sortie du transformateur élévateur pour une puissance hydraulique de 54,8 MW fournie à la turbine. Quel est le rendement global de l'installation ?

A.7. RÔLE DE L'ÉPAISSEUR DU BLINDAGE DE LA CONDUITE FORCÉE

L'épaisseur du blindage de la conduite forcée est égale à 40,0 cm sur le premier tiers de la conduite et à 80,0 cm sur les 2/3 inférieurs de la conduite.

On rappelle que dans les conditions de fonctionnement nominal la vitesse de l'écoulement de l'eau dans la conduite vaut $3,87 \text{ m.s}^{-1}$.

- A.7.1. On considèrera que la valeur de la charge au point B est $2,48 \text{ MJ.m}^{-3}$. Calculer la valeur de la pression relative de l'eau au point B notée P_B .
- A.7.2. Comment expliquer le fait que l'épaisseur du blindage est plus importante sur la moitié inférieure de la conduite forcée ?

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		Session 2014
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : 14PO-EQPEM	Page : 7/15

B. ÉTUDE DU REFROIDISSEMENT DE L'ALTERNATEUR

L'alternateur et sa turbine hydraulique se trouvent implantés dans une caverne souterraine à l'altitude 452 m. Cet espace est un lieu clos sans renouvellement d'air. L'alternateur étant refroidi par air, un échangeur air-eau a été installé pour stabiliser la température de l'air dans la caverne. L'eau froide est prélevée dans la Romanche, échauffée dans l'échangeur puis rejetée dans la Romanche.

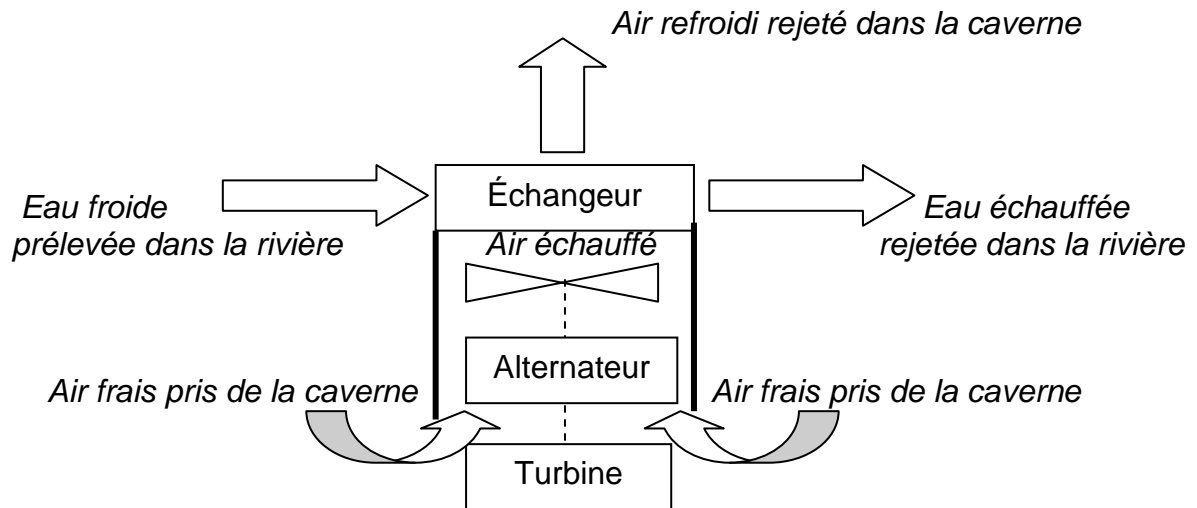


Figure 3

Dans la partie B1 de cette étude nous chercherons à évaluer les pertes de l'alternateur en fonctionnement nominal. Nous déterminerons ensuite dans la partie B2 le débit volumique d'air nécessaire pour refroidir l'alternateur. Dans la partie B3, nous dimensionnerons la pompe alimentant en eau l'échangeur air-eau.

B.1. DÉTERMINATION DE LA VALEUR DES PERTES DE L'ALTERNATEUR EN FONCTIONNEMENT NOMINAL

La plaque signalétique de l'alternateur triphasé délivre les informations suivantes :

10,3 kV ; $\cos(\phi)$ 0,880 inductif ou AR ; 55,0 MVA ; 500 tr.min⁻¹ ; 50 Hz

Les enroulements sont couplés en étoile.

B.1.1. Nature des pertes de l'alternateur

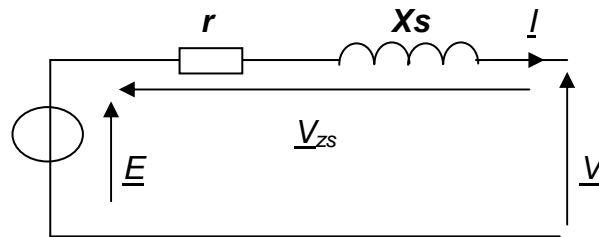
Donner les différents types de pertes de puissance au niveau de l'alternateur, Pour chacune d'elles, préciser leurs origines physiques et les paramètres de fonctionnement dont elles dépendent.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		Session 2014
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : 14PO-EQPEM	Page : 8/15

B.1.2. Détermination d'un modèle équivalent à un enroulement de l'alternateur

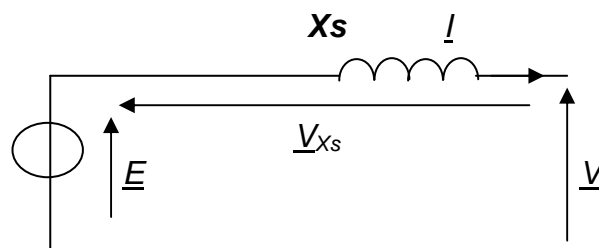
Nous allons nous intéresser aux essais à vide et en court-circuit pour modéliser un enroulement de l'alternateur triphasé. On considérera que l'alternateur est non saturé. La valeur de la résistance interne d'un enroulement notée r est égale à $7,03 \text{ m}\Omega$. La réactance synchrone est notée X_s . Les enroulements de l'induit sont couplés en étoile. Les données expérimentales nécessaires à cette étude sont fournies dans le document 1.

La modélisation électrique d'un enroulement qui servira de support d'étude est la suivante :



\underline{E} est la fém simple complexe, \underline{V}_{zs} est la tension complexe aux bornes des éléments r et X_s , \underline{V} est la tension simple complexe et \underline{I} est le courant de ligne complexe.

- B.1.2.1. Donner le schéma de montage avec les appareils de mesures et décrire le mode opératoire à suivre pour effectuer le relevé des mesures de l'essai à vide. À quoi voit-on que l'alternateur est « non saturé » ?
- B.1.2.2. Donner le schéma de montage avec les appareils de mesures et décrire le mode opératoire à suivre pour effectuer le relevé des mesures de l'essai en court circuit.
- B.1.2.3. Donner le schéma équivalent d'un enroulement en court circuit. Établir la relation qui permet de déterminer la valeur de l'impédance synchrone notée Z_s qui correspond à l'association série des éléments r et X_s .
- B.1.2.4. Calculer Z_s . Justifier que le modèle équivalent pour un enroulement peut se ramener au circuit suivant où $X_s = 679 \text{ m}\Omega$:



B.1.3. Détermination des paramètres de fonctionnement nominal

- B.1.3.1. Déterminer à partir de la lecture de la plaque signalétique la valeur efficace de la tension simple V , les valeurs nominales de la puissance active et de l'intensité du courant de ligne.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		Session 2014
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : 14PO-EQPEM	Page : 9/15

B.1.3.2. Établir la relation entre \underline{V} , \underline{V}_{Xs} , et \underline{E} en exploitant le modèle équivalent de l'alternateur donné à la question B.1.2.4.

Déterminer à l'aide d'une construction vectorielle (effectuée sur le document-réponse 1) la valeur efficace de la tension \underline{E} lorsque l'alternateur débite un courant de valeur efficace de 3083 A dans une charge inductive de $\cos(\phi)=0,88$. On pourra choisir de prendre \underline{V} comme origine des phases puis de tracer successivement les vecteurs associés à \underline{I} , \underline{V}_{Xs} et \underline{E} .

B.1.3.3. Dédire du résultat précédent l'intensité du courant d'excitation notée i_e dans les conditions nominales de fonctionnement.

B.1.4. Calcul des pertes de l'alternateur.

Nous allons déterminer la valeur nominale des pertes de l'alternateur dans les conditions de fonctionnement nominal $I = 3083 \text{ A}$ et $i_e = 690 \text{ A}$.

La valeur de la résistance interne de l'excitation est $r_e = 385 \text{ m}\Omega$.

La valeur de la résistance interne d'un enroulement de l'induit est $r = 7,03 \text{ m}\Omega$.

B.1.4.1. Calculer la valeur des pertes par effet Joule de l'excitation notée **P_{je}**.

B.1.4.2. Calculer la valeur des pertes par effet Joule de l'induit notée **P_{js}**.

On considèrera que la valeur de l'ensemble des pertes mécaniques et pertes fer est égale à 880 kW.

B.1.4.3. Calculer la valeur des pertes totales de l'alternateur dans les conditions nominales de fonctionnement notée **P_{tot}**.

B.2.ÉTUDE DU REFROIDISSEMENT PAR AIR DE L'ALTERNATEUR

Nous allons nous intéresser dans cette partie au refroidissement par air de l'alternateur. Comme indiqué sur la figure 3, l'axe de rotation de la turbine entraîne le rotor de l'alternateur couplé à un ventilateur. De l'air frais de la caverne souterraine est ainsi mis en mouvement au travers de l'alternateur. L'air frais s'échauffe au contact du stator et du rotor. L'air échauffé est dirigé ensuite sur un échangeur air – eau.

On considèrera que la valeur des pertes de l'alternateur est égale à 1,26 MW.

On note :

\mathbf{Q}_m , le débit massique de l'air de refroidissement exprimé en $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$,
 \mathbf{c} , la capacité thermique massique de l'air égale à $1,01 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
 $\mathbf{\Delta\theta}$, l'élévation de température de l'air,
 $\mathbf{\rho}$, la masse volumique de l'air égale à $1,16 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		Session 2014
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : 14PO-EQPEM	Page : 10/15

- B.2.1. À l'aide d'une analyse dimensionnelle, montrer que le produit $Q_m \cdot c \cdot \Delta\theta$ est homogène à une puissance.

En régime permanent, la puissance échangée avec l'air correspond aux pertes de l'alternateur. Elle est donnée par la relation $P = Q_m \cdot c \cdot \Delta\theta$. On considèrera que la valeur de la température d'air frais notée θ_i est égale à 16,6 °C et que la valeur de la température d'air échauffé notée θ_f est égale à 47,0 °C.

- B.2.2. Calculer la valeur du débit massique d'air frais devant être mis en mouvement par le ventilateur pour refroidir l'alternateur.
- B.2.3. Calculer la valeur du débit volumique d'air frais correspondant.

B.3.ÉTUDE DU REFROIDISSEMENT DE L'AIR À L'AIDE DE L'ÉCHANGEUR AIR-EAU

Afin de refroidir en permanence l'alternateur à l'aide de l'air ambiant prélevé dans la caverne à une température de 16,6°C, il est nécessaire de refroidir à son tour l'air échauffé à une température de 47,0°C avant de le rejeter dans la caverne.

Comme indiqué sur la figure 3, l'air est refroidi à l'aide d'un échangeur air-eau. L'eau est pompée dans la Romanche, s'échauffe dans l'échangeur avant d'être rejetée dans la Romanche.

- B.3.1. Expliquer la raison pour laquelle on a choisi de refroidir l'air échauffé à l'aide d'un échangeur.
- B.3.2. Quelle doit être la valeur de la puissance thermique cédée par l'air échauffé au niveau de l'échangeur pour que la température de l'air refroidi soit celle de l'air ambiant de la caverne?

On note :

*Q'_m , le débit massique de l'eau exprimé en $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$,
 c' , la capacité thermique massique de l'eau égale à $4,19 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
 $\Delta'\theta$ l'élévation de température de l'eau limitée à 5 K,
 ρ' , la masse volumique de l'eau égale à $1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.*

- B.3.3. Calculer la valeur du débit massique d'eau mis en mouvement par la pompe pour assurer le refroidissement de l'air.
- B.3.4. Montrer que la valeur du débit volumique d'eau correspondant vaut $60,1 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.
- B.3.5. **Détermination de la puissance mécanique de la pompe d'alimentation de l'échangeur.**

L'eau envoyée dans l'échangeur est pompée dans la Romanche à l'aide d'une motopompe. Nous allons déterminer la puissance mécanique que doit fournir le moteur d'entraînement de cette pompe. L'eau étant prélevée à la même altitude que l'échangeur, la puissance de la pompe dépend uniquement du débit à assurer et des pertes de charge dans l'échangeur.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		Session 2014
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : 14PO-EQPEM	Page : 11/15

- B.3.5.1. Exploiter le document 2 pour identifier et connaître la valeur des grandeurs physiques permettant de calculer la puissance hydraulique de la pompe. Calculer cette puissance.

La pompe choisie pour un débit volumique de $0,0601 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ possède un rendement hydraulique de 76,0 %.

- B.3.5.2. Calculer la valeur de la puissance mécanique développée par le moteur d'entraînement de la pompe notée P_{mp} .

C. ÉTUDE DU COUPLAGE DE L'ALTERNATEUR AU RÉSEAU 63 kV

L'ouvrage hydroélectrique est composé de deux turbines de caractéristiques identiques entraînant chacune un alternateur. L'énergie électrique fournie par chaque alternateur est livrée au réseau HTA 63 kV par l'intermédiaire d'un transformateur élévateur (l'installation comporte donc deux turbines, deux alternateurs et deux transformateurs). Nous allons étudier les conditions à vérifier pour la mise en parallèle des deux transformateurs élévateurs et leur couplage au réseau HTA 63 kV.

Plaque signalétique d'un alternateur :

10,3 kV ; $\cos \varphi = 0,880$ inductif ou AR ; 55,0 MVA ; $500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$; 50 Hz

Plaque signalétique d'un transformateur élévateur :

10,3 kV / 63,0 kV ; 55,0 MVA ; Dy

Le couplage du primaire est triangle (D), le couplage du secondaire est étoile (y).

- C.1. Les caractéristiques des transformateurs sont-elles en adéquation avec celles des alternateurs ?
- C.2. Donner les deux conditions qui doivent être vérifiées pour la mise en parallèle des deux transformateurs élévateurs sur le réseau HTA 63 kV.
- C.3. Calculer la valeur du rapport de transformation d'un transformateur noté m .

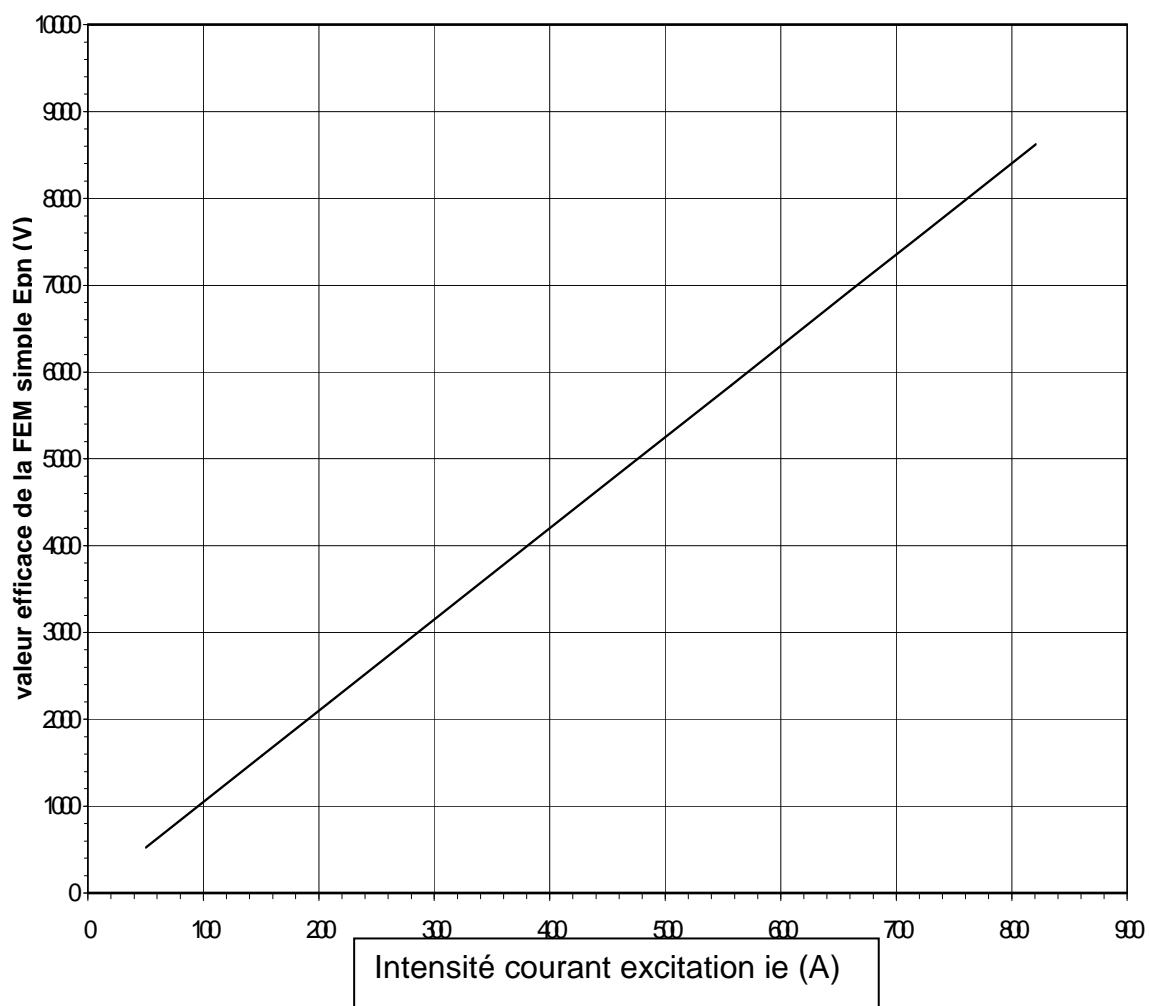
BTS ÉLECTROTECHNIQUE		Session 2014
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : 14PO-EQPEM	Page : 12/15

DOCUMENT 1

Résultats de l'essai à vide :

Valeur efficace de la FEM simple E _{pn} (V)	525	1586	2205	4043	4925	5849	6920	7183
Intensité du courant d'excitation i _e (A)	50	151	210	385	469	557	659	684

ESSAI À VIDE



Résultats de l'essai en court circuit :

Valeur efficace de l'intensité du courant de ligne I _{cc} (A)	773	2335	3247
Intensité du courant d'excitation i _e (A)	50	151	210

DOCUMENT 2

ENSEMBLE DE 4 BATTERIES D'ÉCHANGE SPN 364200 EM

Configuration: 4 en parallèle x 1 en série sur l'air et le fluide

Ailettes gaufrées à haute performance et peu sensibles à l'encrassement

Caractéristiques et encombrements suivant notice technique NT1008A

PUISSANCE THERMIQUE	1 300 kW	
Surface d'échange	1 540 m ²	
	INTÉRIEUR TUBES	EXTÉRIEUR TUBES
FLUIDE	Eau	Air
Débit	216 m ³ /h (69.3 kg/s)	35 m ³ /s (39.6 kg/s)
Référence débit	20 °C	27 °C / 50 %(HR)
Vitesse moyenne	1.42 m/s	3.19 m/s
Entrée	20 °C	60 °C / 10 g/kg Air sec
Sortie	24.5 °C	27.7 °C / 10 g/kg Air sec
Perte de charge	16.5 kPa	16.7 DaPa

CONSTRUCTION / DIMENSIONS

Position D090: Veine d'air Horizontale, Tubulures à Droite (*)

Circulation par coudes et collecteurs

Tubes: Cupro-Nickel 90.10 16 x 1

Ailettes: BG1640Q1 Aluminium

- Entrée: Cupro nickel DN125-(5")

- Sortie: Cupro nickel DN125-(5")

DESP 97/23/CE: Article 3.3 - Press. / Temp. maxi admissible: 15 bar eff. / 110 °C

Tôlerie Acier galvanisé

Haut. Ailetée : 1440 mm

Long. Ailetée : 2000 mm

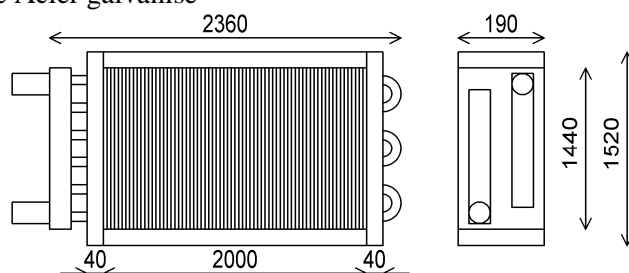
Nb de rangs : 4

Pas : 1.8 mm

Nb de circuits : 72 (2P)

Volume : 96.2 dm³

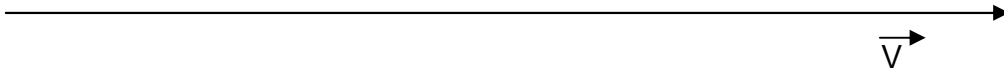
Poids à vide : 268 kg



BTS ÉLECTROTECHNIQUE		Session 2014
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : 14PO-EQPEM	Page : 14/15

DOCUMENT-RÉPONSE 1 de la partie B

(Échelle 450 V par cm)



BTS ÉLECTROTECHNIQUE		Session 2014
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : 14PO-EQPEM	Page : 15/15