

BREVET DE TECHNICIEN
SUPÉRIEUR
MAINTENANCE INDUSTRIELLE

ÉPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

L'usage de la calculatrice est autorisé.

IMPORTANT : Ce sujet comporte 3 pages numérotées de 1 à 3 + la page de présentation.
Assurez-vous qu'il est complet. S'il est incomplet, veuillez le signaler au surveillant de la
salle qui vous en remettra un autre exemplaire.

Problème I : Étude d'une machine synchrone (12 Points)

Ce problème concerne l'étude d'une machine synchrone installée dans une usine hydroélectrique.

Dans tout le problème, on suppose que la machine synchrone est une machine à pôles lisses non saturée. L'équation de la caractéristique à vide, relevée à la vitesse nominale, est donnée par la relation : $E = 2,8 I_{ex}$.

E est la f.é.m. d'un enroulement, exprimée en volts et I_{ex} le courant continu circulant dans le circuit inducteur, exprimé en ampères.

Dans tout le problème, la machine est couplée en étoile.

I-A Étude de la machine

- La résistance d'un enroulement statorique est $R = 0,020 \Omega$.
- Les caractéristiques nominales de la machine synchrone sont les suivantes :
 - Puissance apparente nominale: $S_n = 10 \text{ MVA}$.
 - Valeur efficace de la tension composée: $U = 3500 \text{ V}$.
 - Fréquence des grandeurs électriques statoriques : 50 Hz .
 - Vitesse de rotation nominale du rotor: $93,75 \text{ tr/min}$.

I-A-1 Calculer la valeur efficace de l'intensité nominale des courants statoriques en ligne.

I-A-2 Calculer le nombre de pôles.

I-A-3 Calculer la tension aux bornes d'un enroulement.

I-B Étude d'un fonctionnement en moteur

Lors du fonctionnement du barrage, les machines synchrones peuvent à certains moments être utilisées en moteurs synchrones.

On suppose que la réactance synchrone X_s d'un enroulement est $X_s = 1,2 \Omega$.

Le moteur est alimenté par un réseau 3500 V . La valeur de l'intensité efficace du courant de ligne vaut 1650 A . Dans un enroulement du stator, le courant est en retard par rapport à la tension, et on a un facteur de puissance $\cos \varphi = 0,8$.

I-B-1 Calculer les puissances active P et réactive Q absorbées.

I-B-2 Calculer les pertes par effet Joule dans le stator.

I-B-3 On néglige les pertes par effet Joule dans le rotor. Les pertes autres que par effet Joule dans le stator valent 150 kW .

Calculer la puissance utile P_u de ce moteur. En déduire le rendement, η du moteur.

I-C Réglage du facteur de puissance:

On veut obtenir maintenant un fonctionnement tel que $\cos \varphi = 1$. L'intensité efficace du courant en ligne vaut toujours 1650 A . Pour cela on règle le courant d'excitation I_{ex} .

I-C-1 En négligeant, la résistance R de l'enroulement, représenter le modèle équivalent d'une phase du moteur.

I-C-2 Tracer l'allure du diagramme de Fresnel correspondant à ce fonctionnement ($\cos \varphi = 1$).

I-C-3 Déterminer la valeur de la f.é.m., graphiquement ou par le calcul, et en déduire la valeur du courant d'excitation nécessaire.

Problème II : Étude d'un moteur turbo-Diesel (8 Points)

Un moteur fonctionne selon un cycle Diesel ; alimenté par de l'air à la pression atmosphérique ce moteur a un rendement thermodynamique de 0,558, il développe une puissance de 48 kW lorsqu'il tourne à 2400 tr/min.

Le but de ce problème est d'étudier les apports de la suralimentation (moteur turbo) sur ce moteur Diesel. Le fonctionnement d'un moteur turbo-Diesel est schématisé sur la figure 1.

L'air est tout d'abord envoyé dans un compresseur qui le comprime jusqu'à la pression dite de suralimentation ; il est transféré dans les cylindres du moteur. Ce compresseur est actionné par une turbine, elle-même entraînée par les gaz d'échappement du moteur. Le cycle de fonctionnement du moteur est alors celui de la figure 2 et est composé des transformations suivantes :

- compression adiabatique réversible amenant le gaz de l'état 1 à l'état 2 ;
- combustion isobare de l'état 2 à l'état 3 ;
- détente adiabatique réversible amenant le gaz de l'état 3 à l'état 4 ;
- refroidissement isochore ramenant le système dans son état initial.

Ce cycle correspond à 2 tours de vilebrequin du moteur.

La pression de suralimentation P_1 est égale à $1,6 \cdot 10^5$ Pa, la température T_1 vaut 323 K et le volume V_1 est de 2,1 litres.

Le rapport volumétrique de compression $a = \frac{V_1}{V_2}$ égal à 15 et le rapport d'injection $b = \frac{V_3}{V_2}$ égal à 3.

II-1 Calculer le nombre de moles n décrivant le cycle.

II-2 Calculer les volumes V_2 et V_3 .

II-3 Montrer que la température T_2 est égale à 954 K. En déduire T_3 , la température T_4 est 1504 K.

II-4 Calculer la quantité de chaleur Q reçue par le gaz au cours de chaque transformation.

II-5 Donner l'énoncé du premier principe de la thermodynamique pour un cycle.

En déduire le travail W reçu par le gaz au cours du cycle. Justifier son signe.

II-6 Donner la définition, puis calculer le rendement thermodynamique η_{th} du cycle.

Comparer à la valeur donnée pour le moteur non turbo-compressé. Conclusion.

II-7 Calculer la puissance P fournie par le moteur lorsqu'il tourne à 2400 tr/min. Comparer à la valeur donnée pour le moteur non turbo-compressé. Conclusion.

Données :

* Constante des gaz parfaits $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

* $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$

* Chaleur molaire à volume constant $C_v = 20,8 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

* On rappelle que pour une transformation adiabatique $T \cdot V^{(\gamma-1)} = \text{constante}$.

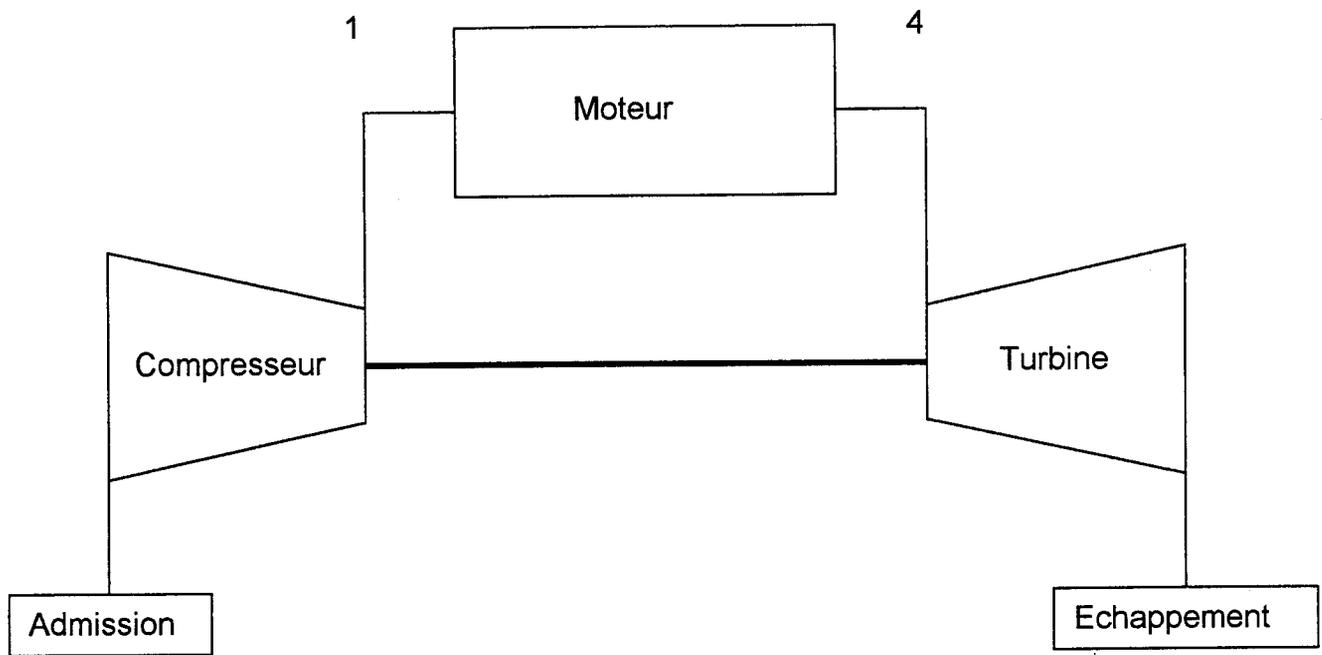


Figure 1

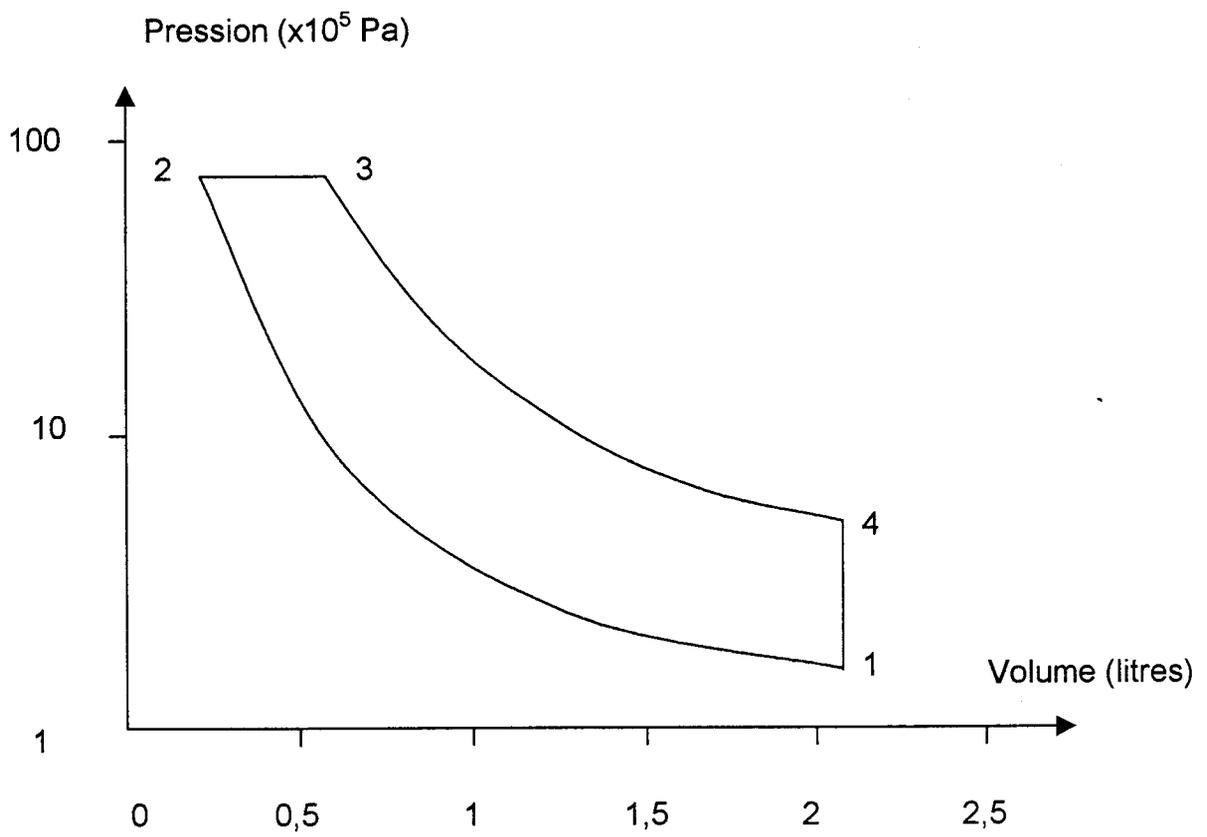


Figure 2