

**BREVET DE TECHNICIEN**

**SUPÉRIEUR**

**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

**ÉPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES**

Durée : 2 heures

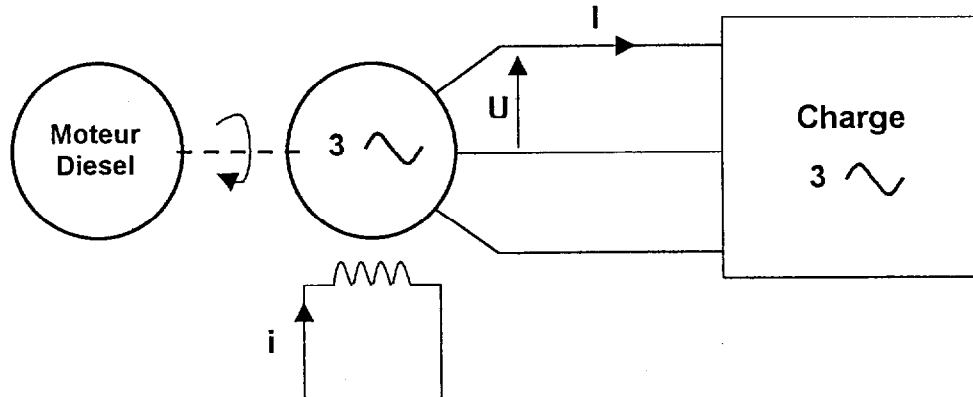
Coefficient : 2

*L'usage de la calculatrice est autorisé.*

**IMPORTANT** : Ce sujet comporte 4 pages numérotées de 1 à 4 + 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.

Le problème concerne l'étude de certains éléments d'un groupe électrogène. Ce groupe est constitué d'un moteur Diesel entraînant en rotation une machine alternative triphasée.

Le problème comporte trois parties totalement indépendantes.



### I - ETUDE DU MOTEUR DIESEL (7 points)

Le cycle théorique de ce moteur à quatre temps, que l'on supposera constitué d'un seul cylindre, est constitué par les transformations suivantes :

- Transformation 1 → 2 : Compression **adiabatique** réversible de l'air.
- Transformation 2 → 3 : Combustion **isobare** par injection de gazole.
- Transformation 3 → 4 : Détente **adiabatique** réversible.
- Transformation 4 → 1 : Refroidissement **isochore**.

On rappelle qu'à cause des phases d'admission et d'échappement, deux tours de l'arbre moteur sont nécessaires pour effectuer un cycle.

Les gaz décrivant ce cycle sont assimilables à de l'air et seront considérés comme parfaits.

On donne : Pour l'état 1  $V_1 = 2000 \text{ cm}^3$   $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$   $P_1 = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Pour l'état 2  $V_2 = 100 \text{ cm}^3$

Capacité thermique molaire de l'air à pression constante :  $C_p = 29 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Constante des gaz parfaits :  $R = 8,32 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$   $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$

I-1 Représenter sur le document réponse l'allure du cycle sur le diagramme de Clapeyron P(V). On précisera les états (1,2, 3 et 4) et on fléchera les transformations.

I-2 Calculer la cylindrée V de ce moteur (volume balayé par le piston).

I-3 Calculer le taux de compression  $\varepsilon$ , rapport des volumes maximum et minimum engendrés par le piston.

I-4 Montrer que le nombre de moles d'air présentes à chaque cycle dans le cylindre est :

$$n = 82 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$$

I-5 Calculer la pression  $P_2$  et la température  $T_2$  en fin de compression.

I-6 Expliquer pourquoi sur un moteur Diesel, il n'y a pas de bougie d'allumage.

I-7 L'élévation de température ( $T_3 - T_2$ ) étant de **1500 K**, calculer la quantité de chaleur reçue par le gaz lors de la combustion du gazole.

I-8 La combustion d'un gramme de gazole dans l'air dégage une énergie thermique de **46,8 kJ**. En supposant le rendement de la combustion égal à 100 %, calculer la masse de gazole consommée par cycle.

I-9 Le moteur tournant à **3000 tr/min**, en déduire la masse de gazole consommée en une heure de fonctionnement.

## II - ETUDE DE LA MACHINE ELECTRIQUE ALTERNATIVE (5 points)

Sur la plaque signalétique sont portées les indications suivantes :

<b>Machine synchrone triphasée</b>		
<b>3000 tr / min</b>	<b>50 Hz</b>	<b>25 kVA</b>
<b>U = 230 V</b>	<b>U = 400 V suivant couplage</b>	

Les trois enroulements statoriques de l'induit ont chacun une résistance  $R = 0,5 \Omega$ .

II-1 Quel est le nombre de paires de pôles de l'inducteur ?

II-2 Déterminer, le couplage à réaliser à l'induit pour obtenir une tension entre phases de valeur efficace  $U = 400 \text{ V}$ .

II-3 Quelle est, la valeur efficace de l'intensité  $I_N$  du courant nominal dans un enroulement de la machine ?

II-4 Avec cette même tension entre phases, la machine alimente une charge triphasée équilibrée de nature inductive dont le facteur de puissance est  $\cos\varphi = 0,8$ . Les courants en ligne ont une valeur efficace  $I = 30 \text{ A}$ .

Calculer la puissance utile  $P_U$  fournie à cette charge.

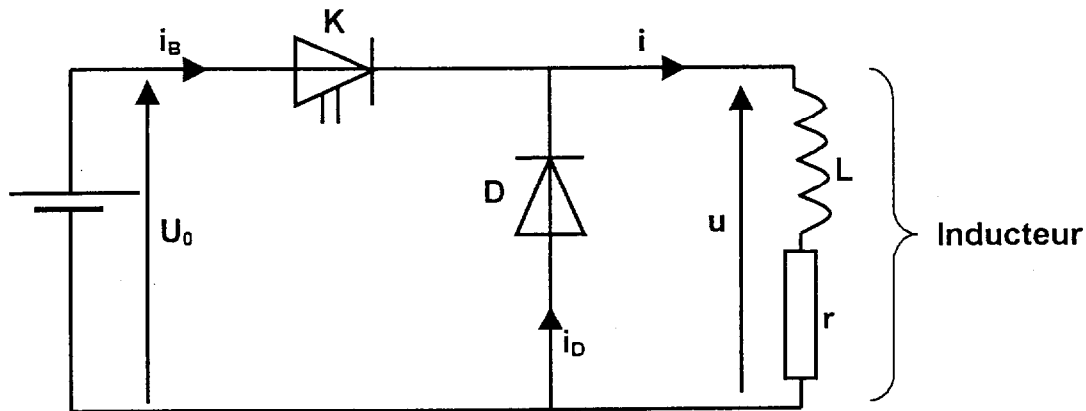
II-5 Calculer alors les pertes par effet Joule dans l'induit.

II-6 En admettant que le rendement global de la machine est de **90 %**, déduire le moment du couple sur l'arbre d'entraînement.

II-7 Dans quelle plage la vitesse de rotation du moteur (exprimée en **tr / min**) doit-elle être maintenue pour que la fréquence  $f$  des tensions produites soit comprise entre **48 Hz** et **52 Hz** ?

### III - ALIMENTATION DE L'INDUCTEUR : HACHEUR SERIE (8 points)

Afin de maintenir constante la tension quelle que soit la charge de la machine synchrone, on agit sur la commande d'un hacheur série alimentant l'inducteur. La tension continue d'alimentation  $U_0$  est fournie par une batterie d'accumulateurs.



L'interrupteur électronique  $K$  est fermé entre  $0$  et  $\alpha T$  et ouvert entre  $\alpha T$  et  $T$  ( $T$  est la période de hachage et  $\alpha$  le rapport cyclique du hacheur).

L'inducteur est assimilable à une forte inductance  $L$  en série avec une résistance  $r$ . Les composants électroniques sont supposés parfaits.

III-1 Entre quelles valeurs extrêmes peut-on faire varier le rapport cyclique  $\alpha$  ?

III-2 On a représenté, pour un certain fonctionnement, la tension  $u(t)$  et le courant  $i(t)$  sur le document réponse. Déterminer :

III-2-1 La valeur de la tension  $U_0$ .

III-2-2 La fréquence  $f$  de hachage.

III-2-3 Le rapport cyclique  $\alpha$ .

III-3 Préciser l'état de la diode  $D$  sur l'intervalle  $[0, 3 \text{ ms}]$ , puis sur l'intervalle  $[3 \text{ ms}, 5 \text{ ms}]$ .

III-4 Représenter, sur le document réponse, le courant dans la diode  $i_D(t)$  et le courant dans la batterie  $i_B(t)$ .

III-5 Calculer la valeur moyenne  $\langle u \rangle$  de la tension aux bornes de l'inducteur. Avec quel type d'appareil pourrait-on la mesurer ?

III-6 Etablir la relation liant  $u(t)$ ,  $i(t)$ ,  $r$  et  $L$ . Que vaut la tension moyenne aux bornes de l'inductance  $L$  ?

III-7 En déduire la valeur  $r$  de la résistance de l'inducteur.

III-8 Entre quelles valeurs limites peut-on régler l'intensité du courant  $i$  dans l'inducteur de la machine synchrone ?

**DOCUMENT RÉPONSE À REMETTRE AVEC LA COPIE**

