

**BACCALAURÉAT BLANC TECHNOLOGIQUE 2**  
**Session Mars 2008**

**PHYSIQUE APPLIQUÉE**

**Série : Sciences et Technologies Industrielles**

**Spécialité: Génie Électrotechnique**

Durée de l'épreuve : 4 heures                      coefficient : 3

***L'usage de la calculatrice est autorisé et reste strictement personnel.***

*Le sujet est composé de quatre parties*

***Barème :***

***Exercice 1 ( Transformateur monophasé): 12 points***

***Exercice 2 ( Moteur asynchrone) : 7 points***

***Exercice 3 ( L'alternateur): 5 points***

***Problème ( Moteur à CC + Hacheur) : 20 points***

***Total : ..... /44 points***

**Exercice 1:** La plaque signalétique du transformateur d'alimentation du système est la suivante :

$S = 416 \text{ kVA}$ $U_1 = 1 \text{ kV}$ $U_2 = 400 \text{ V}$
--

Les essais suivants ont été réalisés :

Essai à vide sous tension primaire nominale	essai en court circuit
$U_{2V} = 480 \text{ V}$ $I_{1V} = 100 \text{ A}$ $P_{1V} = 32,1 \text{ kW}$	$U_{1CC} = 173 \text{ V}$ $I_{2CC} = 500 \text{ A}$ $P_{1CC} = 12 \text{ kW}$

**A ] Préliminaires**

1. Donnez la signification des éléments de la plaque signalétique
2. Déterminez le facteur de puissance dans l'essai à vide .En déduire ,pour l'essai à vide , le courant actif et le courant réactif.
3. Représentez le diagramme de Fresnel de ces courants.

**B ] Etude du transformateur** *L'étude se fera dans l'hypothèse de Kapp*

4. Rappelez l'hypothèse de Kapp
5. Déterminez le rapport de transformation  $m$  du transformateur
6. Représentez le modèle de Thévenin dans l'essai en court circuit  
Déterminez les éléments du modèle :
7. L'impédance vue du secondaire  $Z_s$
8. La résistance vue du secondaire  $R_s$
9. La réactance vue du secondaire  $X_s$
10. Représentez le modèle de Thévenin en charge sous tension primaire nominale ; déterminez la fem de Thévenin  $U_{20}$

*On effectue un essai en charge sous tension primaire nominale avec :*

$$I_2 = 1040 \text{ A} \quad \cos \varphi_2 = 0,8 \text{ ( inductif )}$$

11. Avec la formule approchée calculez la chute de tension en charge  $\Delta U_2$  , puis La tension en charge  $U_2$
12. *Sur votre feuille* représentez le diagramme de Kapp du transformateur en charge ( on précisera l'échelle choisie); vérifiez la valeur de la tension  $U_2$  calculée à la question 11

**C ] Rendement du transformateur (pour la charge précédente )**

13. Déterminez les pertes fer  $P_{1V}$  (justifiez votre réponse)
14. Calculez les pertes Joules
15. calculez le rendement

**D ] Essais sur le transformateur**

*on ne dispose pas de pince ampèremétrique multifonctions*

Donnez les schémas avec les appareils nécessaires pour

16. L'essai à vide
17. l'essai en court-circuit.

**Exercice 2 :** Un moteur asynchrone à rotor à cage entraîne un système de levage  
Les indications de la plaque signalétique sont les suivantes:

- |  |
|--|
| a) 230 / 400 V<br>b) 1040 / 600 A<br>c) 300 kW<br>d) 180 tr/min , 50 Hz<br>e) $\cos \varphi$ illisible |
|--|

le réseau obtenu par un onduleur triphasé est de 400 V entre phases, 50 Hz.

Une série de mesures sur le moteur a donné les résultats suivants :

- 3) résistance mesurée entre phases (enroulements couplés) :  $R = 50,0 \text{ m}\Omega$
- 4) 2 essais à vide afin de séparer les pertes fer des pertes mécaniques :
  - 5) sous tension nominale,  $n \gg 187 \text{ tr/min}$  :  
puissance absorbée à vide  $P_{1V} = 11,3 \text{ kW}$   
courant absorbé à vide  $I_{1V} = 200 \text{ A}$
  - 2) sous tension réduite ( $U_N/20$ ),  $n \gg 187 \text{ tr/min}$  :  
puissance absorbée à vide  $P_{1Red} = 5,00 \text{ kW}$   
courant absorbé à vide  $I_{1Red}$  négligeable.

#### **A | Utilisation de la plaque signalétique**

1. Donnez la signification des éléments portés sur la plaque signalétique
2. Déterminez le couplage du moteur ( justifiez votre réponse )
3. Déterminez la vitesse de synchronisme ainsi que le nombre de paires de pôles
4. Déterminez le moment du couple utile  $T_{UN}$

#### **B | Etude au fonctionnement nominal : ( justifiez vos réponses )**

5. Calculez le glissement du moteur  $g_m$
6. Déterminez les pertes mécaniques  $P_m$
7. Déterminez la puissance transmise au rotor  $P_{TR}$
8. Calculez les pertes joules rotor  $P_{JR}$
9. Calculez les pertes fer stator:  $P_{FS}$
10. Calculez les pertes joules stator  $P_{JS}$
11. Calculez la puissance absorbée  $P_A$
12. Le rendement du moteur
13. Déterminez le facteur de puissance du moteur

**Exercice 3 :** Un alternateur, triphasé, est couplé en étoile, comporte 26 pôles et doit fournir entre phases une tension de fréquence 50 Hz et de valeur efficace 5650 V quel que soit le courant appelé en ligne.

Pour simplifier cette étude, on admettra que la machine est non saturée et que la caractéristique interne (tension entre phases à vide  $E_v$  en fonction du courant d'excitation  $I_e$  et à fréquence de rotation nominale  $n_N$  peut être assimilée à une droite d'équation :  $E_v = 10,7 \cdot I_e$  , avec  $E_v$  en volts et  $I_e$  en ampères. Une mesure à chaud en courant continu a permis de déterminer la résistance d'un enroulement du stator  $R = 5,4 \text{ m}\Omega$  . Un essai en court-circuit à courant d'excitation  $I_e = 434 \text{ A}$  a donné  $I_{cc} = 2000 \text{ A}$ .

1. calculer la fréquence de rotation  $n$  de l'alternateur en tr/s
2. calculer la réactance synchrone par phase
3. Déterminer la valeur à donner au courant  $I_e$  (on négligera la résistance des enroulements du stator) pour  $I = 3330 \text{ A}$  dans une charge inductive de  $\cos \varphi = 0,9$ .
4. La résistance de l'enroulement du rotor étant  $R_e = 0,136 \text{ W}$  , et la somme des pertes dans le fer et mécaniques valant 420 kW, calculer le rendement pour la charge nominale définie à la question 3.

## Problème : Étude d'un moteur à courant continu alimenté par un hacheur

Les parties A et B sont indépendantes

### Partie A : Étude du moteur

La plaque signalétique d'une machine à courant continu à excitation indépendante indique les valeurs nominales suivantes :

Tension d'induit :  $U_N = 90 \text{ V}$

Intensité du courant d'induit :  $I_N = 10 \text{ A}$

Puissance utile :  $P_{uN} = 750 \text{ W}$

Fréquence de rotation:  $n_N = 1500 \text{ tr.min}^{-1}$

Le moteur est parfaitement compensé (son flux par pôle ne dépend que du courant d'excitation).

Le courant d'excitation reste **constant** dans tout le problème.

La valeur de la résistance de l'induit est  $R = 0,40 \Omega$

I - On considère le fonctionnement nominal ; calculer:

- 1) La force électromotrice  $E_N$ .
- 2) Le moment du couple électromagnétique  $T_{EN}$
- 3) Le moment du couple utile  $T_{uN}$
- 4) Le "rendement de l'induit".

II - La vitesse angulaire de rotation  $\Omega$  du moteur est exprimée en  $\text{rad.s}^{-1}$ .

- 1) Montrer que  $E = a\Omega$  ; calculer la valeur numérique de  $a$ .
- 2) En déduire que  $T_E = 0,547 I$  ;  $I$  est le courant de l'induit.

III - A partir du fonctionnement nominal, on supprime la charge du moteur, qui désormais, fonctionne à vide.

Dans cette opération, la fréquence de rotation varie. On la ramène alors à sa valeur nominale  $n_N$ .

- 1) Sur quelle grandeur faut-il agir et dans quel sens ? Justifier le sens croissant ou décroissant.
- 2) Donner la valeur de la f.é.m à vide  $E_0$  ; en déduire la tension aux bornes de l'induit  $U$ , si l'intensité du courant d'induit à vide est  $I_0 = 1,28 \text{ A}$ .
- 3) Calculer la somme des pertes dans le fer et des pertes mécaniques du moteur notée  $p_c$ .
- 4) Vérifier que le moment du couple de pertes noté  $T_p$  est égal à  $0,70 \text{ N.m}$  ; **on admet qu'il reste constant dans le problème.**

IV- Le moteur est alimenté sous une tension d'induit  $U$  réglable de 0 à 20V; la charge exerce un couple résistant constant dont le moment est  $T_R = 4,77 \text{ N.m}$ .

- 1) Montrer que dans ces conditions le couple électromagnétique  $T_E$  et le courant d'induit  $I$  restent constants et donner leurs valeurs.
- 2) Démontrer que l'on peut écrire  $\Omega = 1,83U - 7,3$  ; en déduire que  $n = 17,5U - 70$  ( $n$  étant la fréquence de rotation du moteur exprimée en  $\text{tr.min}^{-1}$ ).
- 3) Donner le mode opératoire pour le démarrage du moteur et déterminer sa tension de démarrage.

## Partie B : Étude du hacheur

L'alimentation de l'induit du moteur précédent est réalisée avec un hacheur série de période  $T$  fixe et de rapport cyclique  $\alpha$  réglable (0 à 1).

$U_a$  est une tension continue positive fixe.

Le hacheur est représenté sur la page 6.

L'interrupteur commandé  $H$  et la diode  $D$  sont supposés parfaits.

$L$  est une inductance de lissage de résistance négligeable assurant une conduction ininterrompue.

$H$  est fermé de 0 à  $\alpha T$ .

$H$  est ouvert de  $\alpha T$  à  $T$ .

### I- Étude expérimentale du hacheur

- 1) On dispose d'une résistance de visualisation  $r_v$  et d'un oscilloscope bicourbe dont la voie  $Y_2$  peut être inversée.

**La masse de l'oscilloscope est obligatoirement reliée au point M** (voir document-réponse n° 1, page 7). On veut visualiser simultanément les grandeurs suivantes (avec éventuellement, de petites approximations que l'on explicitera :  $u$  est la tension aux bornes de l'ensemble moteur et inductance de lissage)

a)  $u(t)$  et  $i(t)$ .

b)  $u(t)$  et  $i_D(t)$ .

c)  $u(t)$  et  $i_H(t)$ .

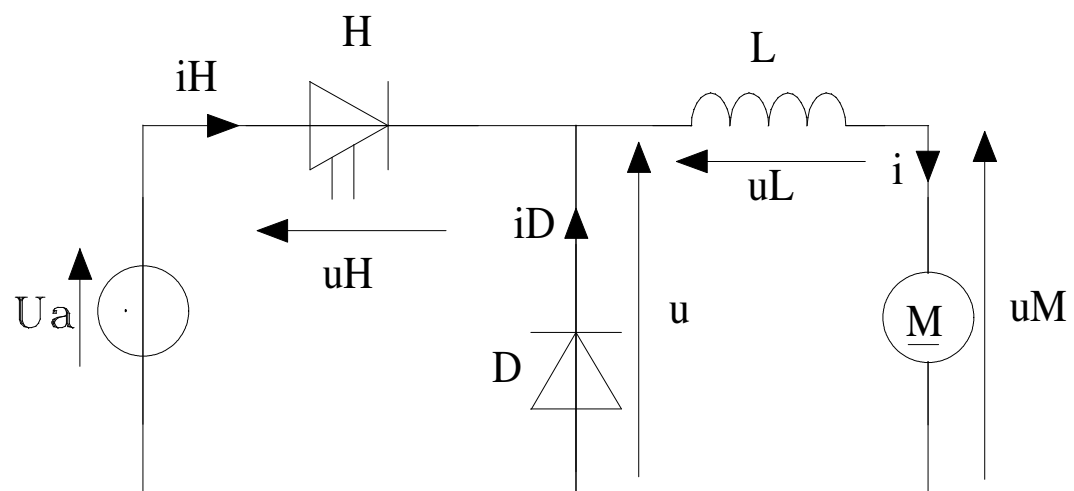
Compléter les schémas a, b, c correspondants du document-réponse n°1, page 7 et indiquer le branchement des voies  $Y_1$  et  $Y_2$  ainsi que l'emplacement de la résistance  $r_v$  dans chaque cas.

- 2) Préciser sur le document-réponse n° 1, page 7 pour chaque cas (a, b, c), la position du zéro pour avoir le maximum de sensibilité verticale ainsi que la position des commutateurs d'entrée AC ou DC.
- 3) Expliquer le rôle de la diode  $D$ .

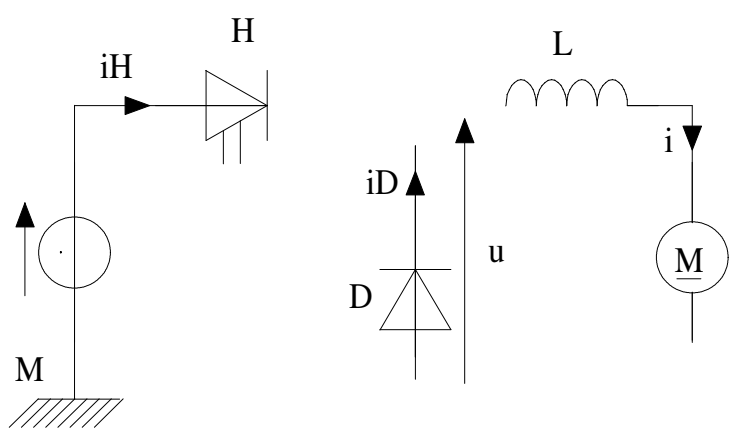
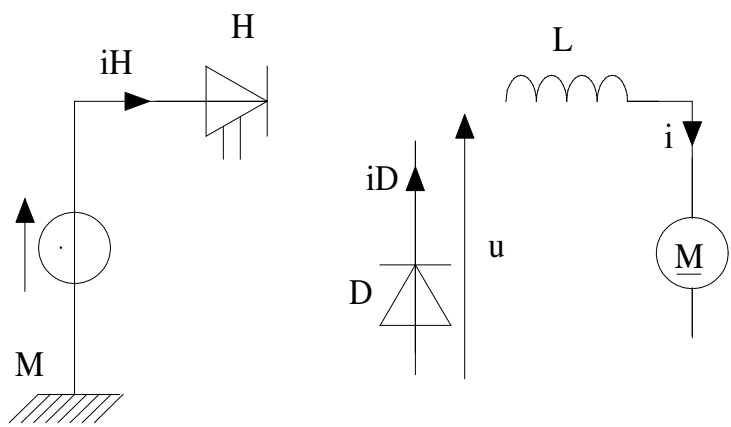
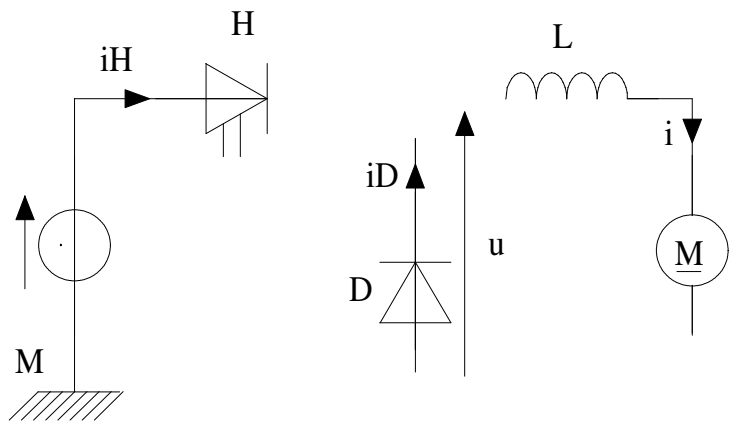
## II Étude du fonctionnement pour une valeur constante du rapport cyclique $\alpha$

- 1) La forme de la tension  $r_v i$  aux bornes de la résistance  $r_v$  est donnée sur le document-réponse n° 2, page 8:
  - a) En déduire la fréquence  $f$  de fonctionnement et le rapport cyclique  $\alpha$ .
  - b) Sachant que  $r_v = 0,10\Omega$ , calculer la valeur maximale  $i_{\max}$ , la valeur minimale  $i_{\min}$  et la valeur moyenne  $\langle i \rangle$  de l'intensité du courant  $i(t)$ .
- 2) Représenter les formes de  $i_H(t)$ , de  $i_D(t)$  et de  $u(t)$  sur le document-réponse n° 2, page 8.
- 3) Donner en la justifiant l'expression de la valeur moyenne  $\langle u \rangle$  de  $u(t)$  en fonction de  $\alpha$  et de  $U_a$ .
- 4) On donne  $\langle u \rangle = 90 \text{ V}$ : en déduire la valeur de  $U_a$

## Problème 1 Partie B : Etude du hacheur



**Problème 1-Parie B : Document réponse n°1 à rendre avec la copie**

<p><b>a</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Position du zéro ? AC ou DC ?</b></p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>																																																																																																				
<p><b>b</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Position du zéro ? AC ou DC ?</b></p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>																																																																																																				
<p><b>c</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Position du zéro ? AC ou DC ?</b></p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>																																																																																																				

# Problème 1-Parie B : Document réponse n°2 à rendre avec la copie

