

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

## PHYSIQUE APPLIQUÉE

SESSION 2001

**Série : Sciences et technologies industrielles**

**Spécialité : Génie Électrotechnique**

*Durée : 4 heures Coefficient : 7*

L'emploi de toutes les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisé à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire n°99-186 du 16-11-1999).

**Le sujet est composé de deux problèmes pouvant être traités de façon indépendante.**

**Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.**

**Ce sujet comporte 8 pages numérotées de 1 à 8 dont les documents-réponses pages 6, 7 et 8 sont à rendre avec la copie**

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

*STI Génie Electrotechnique - Sciences Physiques et Physique Appliquée –*

**REPERE : 1 PYETME1**

**PAGE : 1/8**

## PROBLEME N°1

### Etude d'un moteur asynchrone

Un moteur asynchrone triphasé possède 4 pôles. Il est couplé en étoile. Dans tout le problème, il entraîne une machine lui imposant un couple résistant constant de moment  $T_r = 50 \text{ N.m}$ .

1. En ne négligeant aucun type de pertes, compléter le schéma du bilan des puissances du moteur (Document réponse n°1 page 6). Préciser les notations utilisées en nommant toutes les puissances.

Les pertes mécaniques ( $p_m$ ) sont suffisamment faibles pour qu'elles puissent être négligées devant les autres puissances mises en jeu ; ainsi, on peut considérer que le moment ( $T_u$ ) du couple utile est égal à celui ( $T_{em}$ ) du couple électromagnétique. On négligera également les pertes ( $p_{fr}$ ) dans le fer du rotor.

En résumé, dans la suite du problème, on pourra écrire :

- $p_m \approx 0 \text{ W}$
- $T_u \approx T_{em}$
- $p_{fr} \approx 0 \text{ W}$

La résistance mesurée entre deux bornes du stator, les enroulements étant couplés, est  $R = 1,0 \Omega$ .

2. Le moteur est alimenté par un réseau de tensions triphasé équilibré 230 V/400 V, 50 Hz. Dans ces conditions, il est traversé par un courant de ligne d'intensité  $I = 17 \text{ A}$ . Les pertes dans le fer du stator ont pour valeur  $p_{fs} = 200 \text{ W}$  et la partie utile de la caractéristique du couple utile  $T_u$  (en N.m) en fonction de la fréquence de rotation  $n$  (en  $\text{tr.min}^{-1}$ ) est donnée sur le document réponse n°5 page 8.

2.1. Déterminer la fréquence  $n_s$  de synchronisme (en  $\text{tr.min}^{-1}$ ).

2.2. En utilisant la caractéristique, déterminer la fréquence  $n$  de rotation en charge.

2.3. En déduire la valeur  $g$  du glissement en charge.

2.4. Calculer la puissance utile  $P_u$  du moteur.

2.5. Calculer les pertes par effet Joule  $p_{JS}$  au stator.

2.6. Calculer la puissance transmise  $P_{tr}$  au rotor. En déduire les pertes par effet Joule  $p_{Jr}$  au rotor.

2.7. Calculer la puissance  $P_a$  reçue par le moteur.

2.8. En déduire son facteur de puissance  $\cos\phi$  et son rendement  $\eta$ .

2.9. Compléter le schéma de montage (document réponse n°2 page 6) avec tous les appareils nécessaires pour mesurer, lors de l'essai en charge :

l'intensité  $I$  du courant de ligne,  
la tension  $U$  entre phases,

- la puissance  $P_a$  reçue par le moteur (on dispose de deux wattmètres  $W_1$  et  $W_2$  qui indiquent des puissances  $P_1$  et  $P_2$ )

2.10. Exprimer la puissance  $P_a$  reçue par le moteur en fonction de  $P_1$  et  $P_2$ .

3. On se propose maintenant de faire varier la fréquence de rotation du moteur. Pour cela, on utilise un onduleur qui permet de réaliser la condition  $\frac{U}{f} = \text{constante}$ .

3.1. Pour une fréquence  $f = 35$  Hz, tracer la partie utile de la caractéristique  $T_u(n)$  du moteur sur le document réponse n°5 page 8.

3.2. En déduire les nouvelles valeurs de la fréquence de rotation du moteur en charge et du glissement.

3.3. A quelle fréquence faudrait-il alimenter le moteur pour obtenir un point de fonctionnement à :

- $T_u = 50$  N.m
- $n = 1200$  tr.min<sup>-1</sup>

3.4. En déduire la tension d'alimentation correspondante.

## PROBLÈME N°2

On se propose d'étudier dans un premier temps le fonctionnement d'un onduleur, puis un montage à amplificateurs opérationnels qui permet de contrôler la tension délivrée par la batterie de l'onduleur.

### Première partie : Étude de l'onduleur

On considère l'onduleur de la figure n°1 page 5 qui alimente une charge inductive équivalente l'association en série d'une résistance  $R = 100 \Omega$  avec une bobine parfaite d'inductance  $L$ . On donne  $V_{BAT} = 220$  V. Les interrupteurs électroniques sont considérés parfaits.

1. On a relevé la tension  $u(t)$  aux bornes de la charge et l'intensité  $i(t)$  du courant qui la traverse (cf. figure n°3 page 7).  
Pour cela, on a utilisé un oscilloscope à entrées différentielles et une sonde de courant de rapport 100 mV/A. Déterminer la période puis la fréquence de la tension délivrée par l'onduleur.
2. Proposer le schéma du montage qui a permis de relever  $u(t)$  et  $i(t)$  (on ne représentera que la charge de l'onduleur). Indiquer la correspondance entre  $u(t)$ ,  $i(t)$  et les voies A et B de l'oscilloscope.
3. Quelle est la valeur efficace  $U$  de la tension  $u(t)$  (aucune démonstration n'est exigée) ?
4. Des deux éléments  $R$  et  $L$ , quel est celui qui consomme de la puissance active ? La valeur efficace de l'intensité du courant dans la charge est  $I = 0,9$  A. Calculer la puissance active consommée par la charge.

5. En utilisant les oscillogrammes de  $u(t)$  et  $i(t)$ , compléter les deux premières lignes du tableau du document réponse n°3 page 7.
6. Donner l'expression littérale de la puissance instantanée  $p(t)$  transférée à la charge. Compléter la dernière ligne du tableau en indiquant son signe pendant les différents intervalles de temps.
7. Exprimer  $i_{\text{BAT}}(t)$  en fonction de  $i(t)$  :
  - a. lorsque  $u(t) > 0$  ;
  - b. lorsque  $u(t) < 0$ .
8. Utiliser la question précédente pour tracer  $i_{\text{BAT}}(t)$  sur le document réponse n°4 page 7.

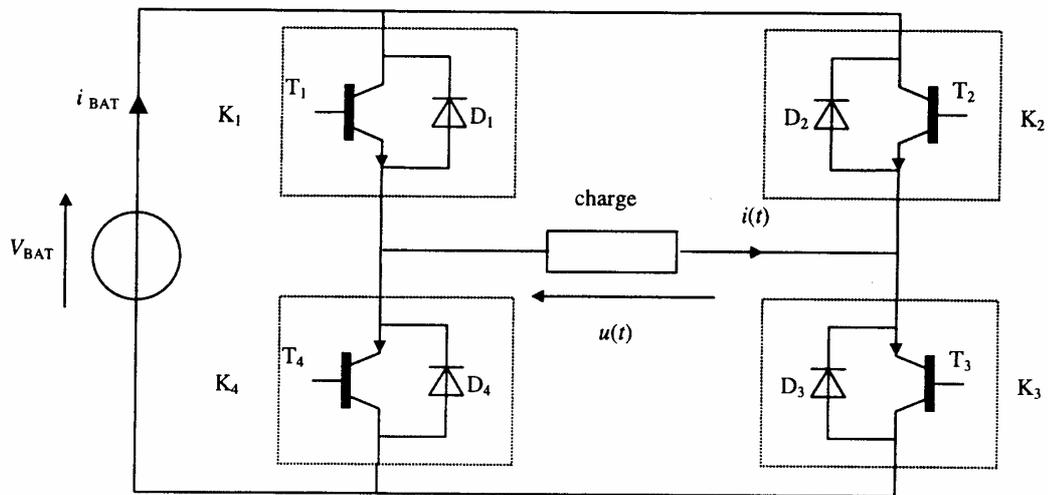
### Deuxième partie : Étude du contrôleur de tension

Pour contrôler la tension délivrée par la batterie, on utilise le dispositif de la figure n°2 page 5 qui permettra de commander un système de recharge de la batterie. Le but est de conserver une tension  $V_{\text{BAT}} = 220\text{V}$  à  $\pm 10\%$ .

La diode zéner Dz permet d'élaborer une tension de référence  $V_Z = 4,7\text{ V}$ . Cette diode est limitée en courant à  $I_{Z_{\text{max}}} = 200\text{ mA}$ .

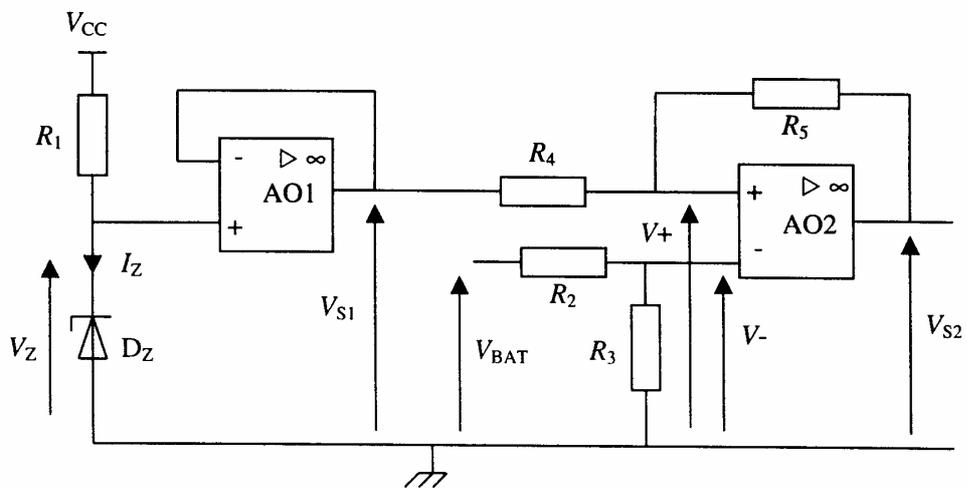
Les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits et alimentés en  $\pm 15\text{ V}$  (les tensions de saturations sont  $V_{\text{sat}^+} = +15\text{ V}$  et  $V_{\text{sat}^-} = -15\text{ V}$ ).

1. Calculer la valeur de  $R_1$  qui permet de limiter l'intensité du courant qui traverse Dz à  $I_{Z_{\text{max}}}$ .
2. L'amplificateur opérationnel n°1 fonctionne-t-il en régime linéaire ou en régime non linéaire ? Justifier la réponse.
3. Exprimer la tension  $V_{S1}$  en fonction de  $V_Z$ .
4. L'amplificateur opérationnel n°2 fonctionne-t-il en régime linéaire ou en régime non linéaire ? Justifier la réponse.
5. Exprimer  $V_-$  en fonction de  $V_{\text{BAT}}$ ,  $R_1$  et  $R_3$ . En déduire sa valeur numérique.
6. Exprimer  $V_+$  **en fonction de**  $V_{S1}$ ,  $V_{S2}$ ,  $R_4$  et  $R_5$ .
7. En se référant aux questions précédentes, montrer que  $V_+$  peut s'écrire :
 
$$V_+ = V_Z \frac{R_5}{R_4 + R_5} + V_{S2} \frac{R_4}{R_4 + R_5}$$
8. Quelle est la valeur de  $V_{S2}$  lorsque  $V_+ > V_-$  ? En déduire l'expression de  $V_+$  correspondante. Calculer sa valeur numérique. On notera cette valeur  $V_2$ .
9. Quelle est la valeur de  $V_{S2}$  lorsque  $V_+ < V_-$  ? En déduire l'expression de  $V_+$  correspondante. Calculer sa valeur numérique. On notera cette valeur  $V_1$ .
10. Quelles sont les valeurs de  $V_{\text{BAT}}$  qui vont déclencher le changement de la tension de sortie de l'amplificateur opérationnel n° 2 ?  
Est-ce correct étant donné le but fixé ?



Chaque interrupteur K est composé de deux éléments : une diode et un transistor montés en dérivation.

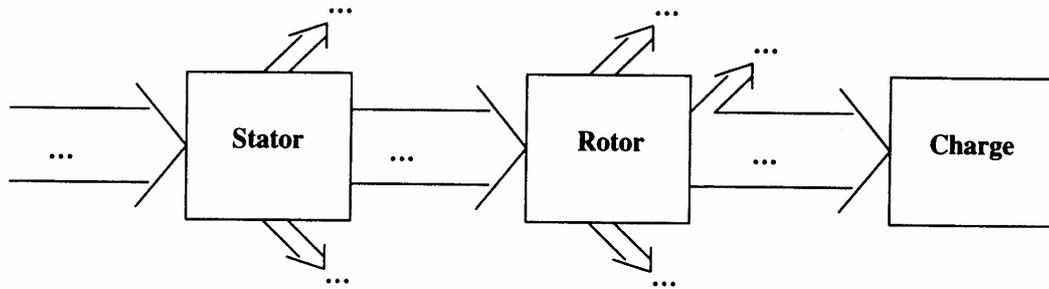
Figure n°1



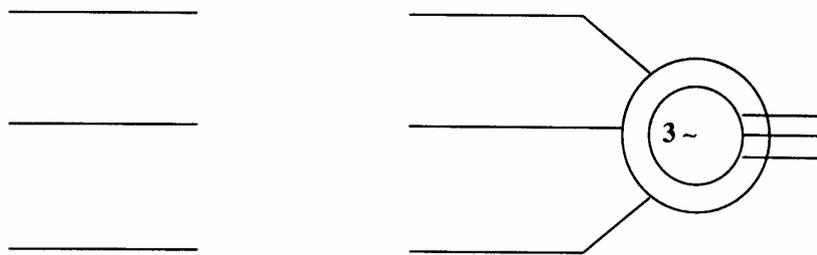
On donne :  $R_2 = 55 \text{ k}\Omega$  ,  $R_3 = 1,2 \text{ k}\Omega$  ,  $R_4 = 1,0 \text{ k}\Omega$  et  $R_5 = 40 \text{ k}\Omega$ .  
 $V_{CC} = 15 \text{ V}$

Figure n°2

**DOCUMENT À RENDRE ET À AGRAFER À LA COPIE**

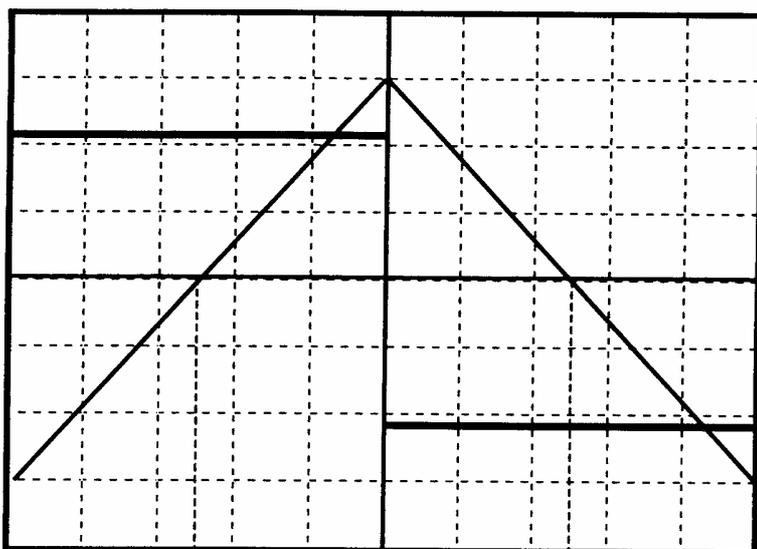


**Document réponse n°1**



**Document réponse n°2**

**DOCUMENT À RENDRE ET À AGRAFER À LA COPIE**

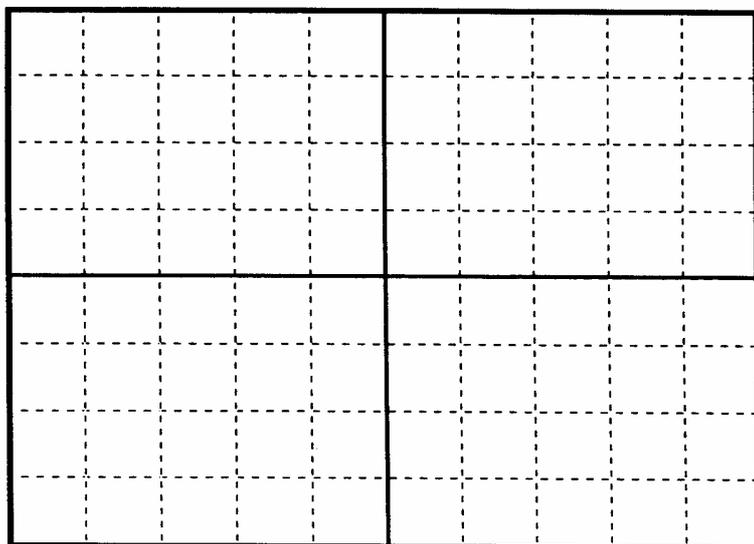


**Calibres :**  
 Voie A : 100 V/div  
 Voie B : 50 mV/div  
 Base de temps : 20  $\mu$ s/div

**Figure n°3**

	Interrupteur(s) commandé(s) ( $K_i$ )
	Elément(s) passant(s) ( $T_i$ ou $D_i$ )
	Signe de la puissance $p(t)$

**Document réponse n°3**



**Document réponse n°4**

**DOCUMENT À RENDRE ET À AGRAFER À LA COPIE**  
**Document réponse n° 5**

