

**Problème 1 : Moteur à courant continu - Hacheur (30 pts)**

**Partie 1 : Étude du moteur à courant continu**

Le moteur à courant continu à excitation indépendante possède les caractéristiques nominales suivantes :

- Puissance utile :  $P_{UN}=1930 \text{ W}$  .
- Inducteur (excitation) :
  - tension aux bornes de l'inducteur :  $U_{EXN}=220 \text{ V}$  .
  - intensité du courant d'excitation :  $i_{EXN}=0,4 \text{ A}$  .
- induit :
  - tension aux bornes de l'induit :  $U_N=220 \text{ V}$  .
  - intensité du courant dans l'induit :  $I_N=10 \text{ A}$  .
  - fréquence de rotation :  $n_N=1000 \text{ tr.min}^{-1}$  .
  - résistance de l'induit :  $R=2 \text{ } \Omega$  .

L'intensité du courant d'excitation est maintenue constante et égale à sa valeur nominale. On suppose que la réaction magnétique de l'induit est parfaitement compensée.

**1- Étude de l'inducteur**

1.1- Quel est le rôle de l'inducteur ? **(1pts)**

1.2- Quel danger est créé si l'on supprime l'alimentation de l'inducteur alors que l'induit est toujours alimenté ? **(1pts)**

1.3- Calculer les pertes par excitation  $P_{EX}$  ? **(1pts)**

**2- Étude du moteur au point de fonctionnement nominal.**

2.1- Représenter le modèle équivalent de l'induit du moteur. **(1pts)**

2.2- Calculer.

2.2.1- la fem  $E_N$  . **(1pts)**

2.2.2 la puissance totale absorbée  $P_{AN}$  . **(1pts)**

2.2.3 la puissance électromagnétique  $P_{EMN}$  . **(1pts)**

2.2.4- le moment  $T_{EMN}$  du couple électromagnétique. **(1pts)**

2.2.5- l'ensemble  $P_C$  des pertes mécaniques et magnétiques appelé pertes collectives. **(1pts)**

2.2.6- le moment  $T_{UN}$  du couple utile. **(1pts)**

2.2.7- le moment  $T_p$  du couple de pertes. **(1pts)**

2.2.8- le rendement  $\eta$  du moteur. **(1pts)**

2.3- Donner l'expression générale de la f.e.m  $E$  et montrer qu'elle peut s'écrire  $E=k_1n$  avec  $n$  en  $tr.min^{-1}$ . Calculer la constante  $k_1$ . **(1,5pts)**

**3- Le moteur fonctionne à vide et son induit est toujours alimenté sous tension nominale.**

3- On néglige l'intensité à vide circulant dans l'induit. Calculer la f.e.m à vide  $E_0$  et la fréquence de rotation correspondant  $n_0$  . **(1,5pts)**

4- Montrer que la variation de la fréquence de rotation  $\Delta n = n_0 - n$  (n étant la fréquence de rotation en charge) peut s'écrire :  $\Delta n = \frac{RI}{k_1}$  ; calculer  $\Delta n$  pour  $I = 10 \text{ A}$  . **(2pts)**

**Partie 2 : Étude du hacheur**

- L'interrupteur K (commandé à l'ouverture et à la fermeture) et la diode D sont parfaits.
- K est fermé durant l'intervalle de temps  $[0, \alpha T]$  et ouvert pour l'intervalle de temps  $[\alpha T, T]$  , T désignant la période de fonctionnement du hacheur et  $\alpha$  son rapport cyclique.
- La tension d'alimentation du hacheur est  $U_0 = 220 \text{ V}$  .
- La f.e.m du moteur et sa fréquence de rotation sont liées par la relation :  $E = 0,2n$  avec  $n \text{ tr.min}^{-1}$  . Sa résistance est  $R = 2,0 \Omega$  .

**1- Définitions.**

1.1- Quelle est la fonction du hacheur ? **(1pts)**

1.2- Citer un composant électronique pour l'interrupteur K. **(1pts)**

1.3- Quel est le rôle de la diode D ? **(1pts)**

1.4- Quel est le rôle de la bobine B ? **(1pts)**

**2- L'allure du courant  $i(t)$  est représentée sur le document réponse n°1 (référéncé partie B - question 2.4).**

2.1- Calculer la fréquence de fonctionnement  $f$  du hacheur ainsi que son rapport cyclique  $\alpha$  . **(1pts)**

2.2- Donner l'expression littérale de la valeur moyenne  $\langle i \rangle$  du courant en fonction de  $I_m$  et  $I_M$  . **(1pts)**

2.3- Tracer l'allure de la tension  $u(t)$  sur le document réponse n°1 (référéncé partie B - question 2.4). **(1pts)**

2.4- Donner l'expression de la tension moyenne  $\langle u \rangle$  en fonction de  $U_0$  et de  $\alpha$ . Calculer sa valeur numérique. **(1pts)**

2.5- Quel appareil utilise-t-on pour mesurer la tension moyenne ? **(1pts)**

**3- Le hacheur alimente le moteur à courant continu de la partie 1. On donne  $\langle i \rangle = 10 \text{ A}$ .**

3.1- Donner l'expression de la tension de sortie  $u$  du hacheur en fonction des grandeurs  $i, E, L$  et  $R$  ( $L$  inductance de la bobine). **(1pts)**

3.2- En déduire l'expression de  $\langle u \rangle$  en fonction de  $n$ . **(1pts)**

3.3- Montrer que  $n = \frac{220\alpha - 20}{0,2}$  et calculer sa valeur pour  $\alpha = 0,8$  . **(1pts)**

3.4- On suppose que  $\alpha = 0,2u_c$  ,  $u_c$  étant la tension d'entrée du dispositif de commande du hacheur. Montrer que  $\langle u \rangle = k_2 u_c$  et calculer  $k_2$  . **(1pts)**

Figure 1 : Schéma fonctionnel du système asservi

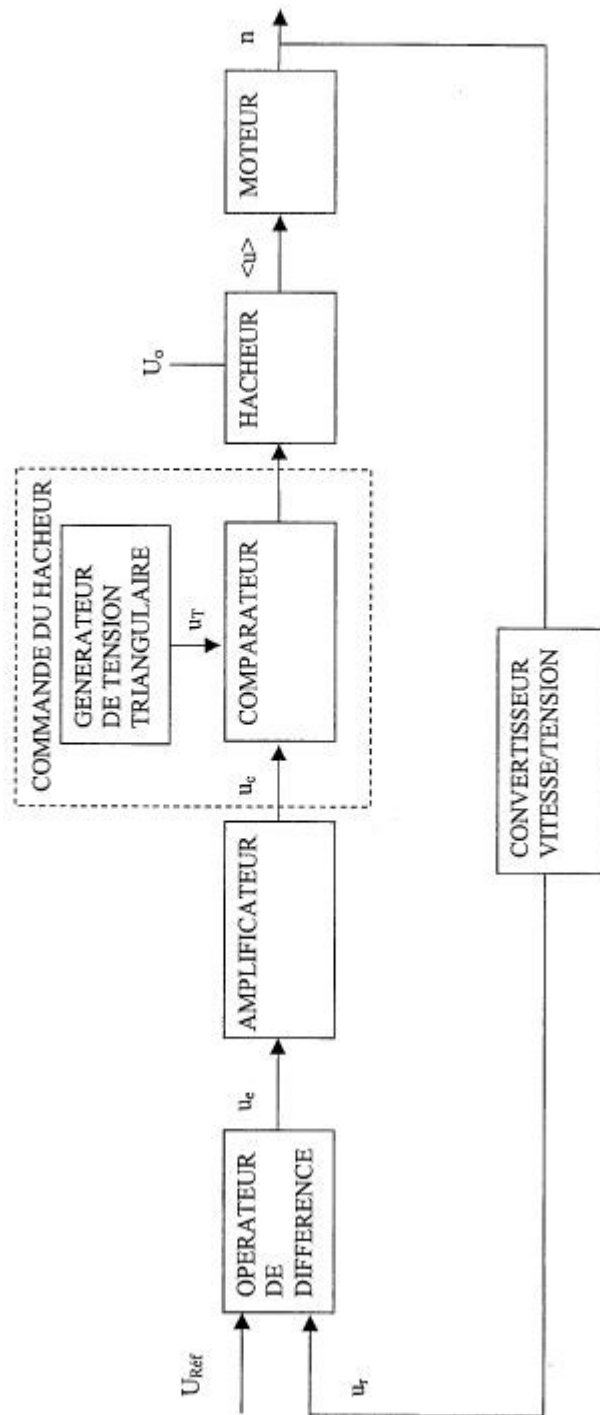
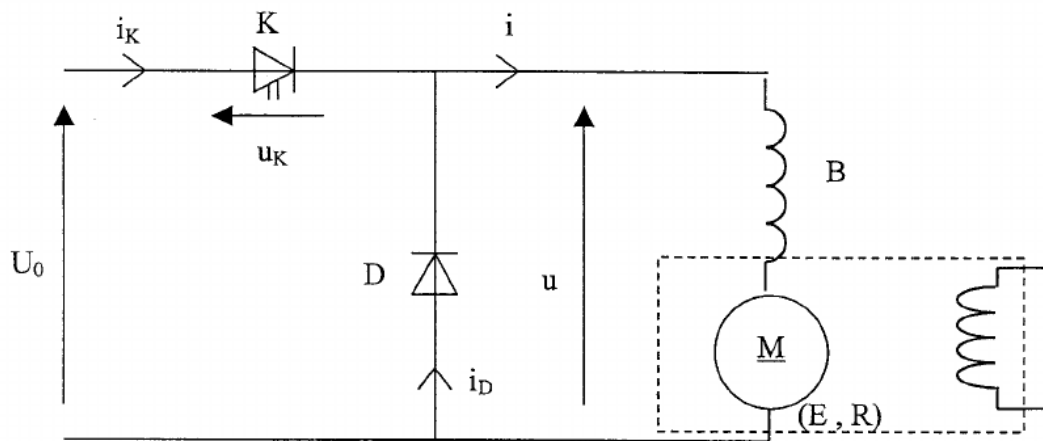
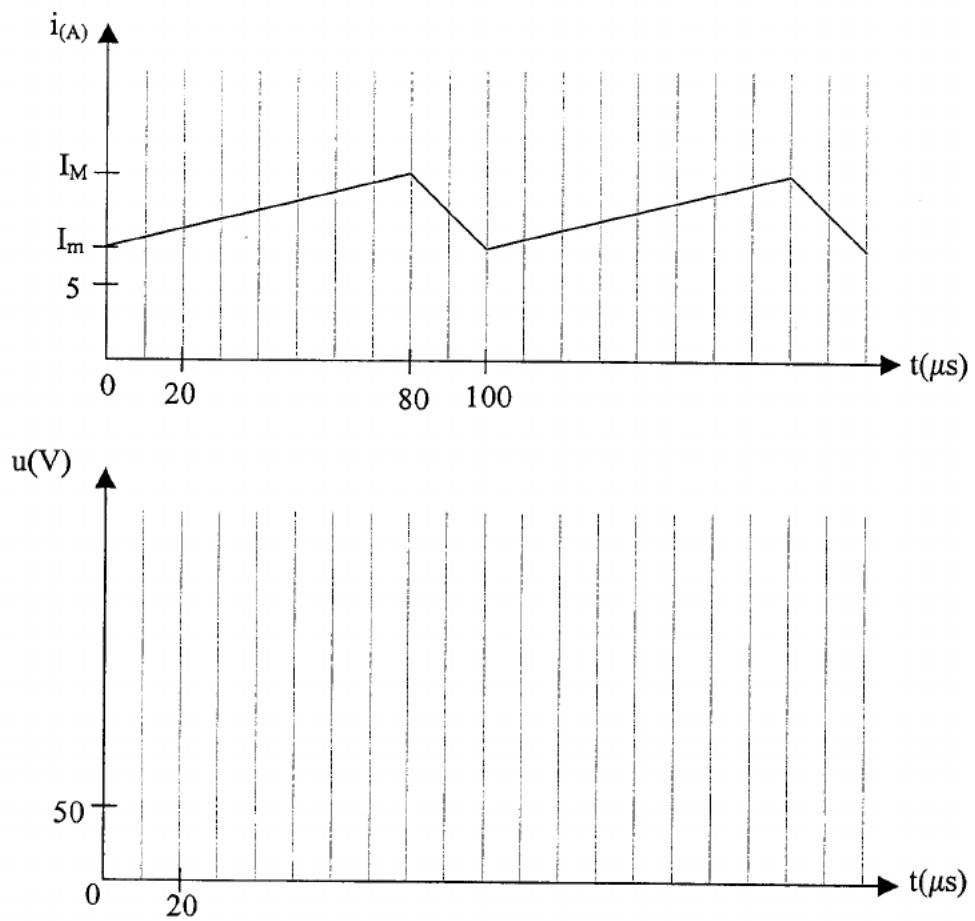




Figure 2 : Hacheur



PARTIE B - question 2.4



**Problème 2 : Moteur asynchrone triphasé (20,5 pts)**

**Partie 1 : Réseau triphasé**

Dans un premier temps, le moteur asynchrone étudié est alimenté directement par un réseau triphasé sinusoïdal équilibré de fréquence 50 Hz. Le moteur non couplé et le réseau sont représentés sur la figure 1 du document réponse 1. Le voltmètre 1 indique 415 V en mode AC.

1.1- Déterminer la valeur indiquée sur le voltmètre 2 en mode AC. **(1pts)**

1.2- Compléter la figure 1 du document réponse 1 avec les connexions nécessaires pour coupler le moteur asynchrone en étoile sans raccord au neutre. **(1pts)**

1.3- Exprimer la tension  $u_{12}$  en fonction des tensions simples  $v_1$  et  $v_2$  . **(1pts)**

1.4- la tension  $v_1$  est en avance sur la tension  $v_2$  , compléter la figure 2 en traçant les vecteurs de Fresnel associés aux tensions  $v_2, v_3$  et  $u_{12}$  . **(1,5pts)**

## Partie 2 : Exploitation des données du constructeur

Le constructeur indique que le moteur comporte 6 pôles. Il donne également les valeurs suivantes pour le fonctionnement nominal sur un réseau 240 V-415 V - 50 Hz :

Puissance utile :  $P_{uN}=3kW$       fréquence de rotation :  $n_N=950tr.min^{-1}$   
Intensité :  $I_N=7,1A$                       facteur de puissance :  $k=0,75$  .

2.1- Quelle est la fréquence de synchronisme  $n_s$  du moteur ? **(1pts)**

2.2- Calculer pour le fonctionnement nominal :

2.2.1- la puissance reçue :  $P_{aN}$  ; **(1pts)**

2.2.2- le rendement :  $\eta_N$  ; **(1pts)**

2.2.3- le moment du couple utile :  $T_{uN}$  ; **(1pts)**

2.2.4- le glissement  $g_N$  . **(1pts)**

### Partie 3 : Bilan des puissances

Une étude expérimentale a permis de déterminer les grandeurs suivantes :

- résistance d'un enroulement du stator :  $r_s = 2,50\Omega$  .
- pertes fer :  $p_{fs} = 210\text{ W}$  .
- puissance reçue au fonctionnement nominal :  $P_{aN} = 3,83\text{ kW}$  .

Calculer pour le fonctionnement nominal, le stator étant couplé en étoile :

3.1- les pertes par effet Joule  $P_{js}$  au stator ; **(1pts)**

3.2- la puissance transmise  $P_{tr}$  au rotor ; **(1pts)**

3.3- les pertes par effet Joule  $P_{jr}$  au rotor ; **(1pts)**

3.4- les pertes mécaniques  $P_m$  . **(1pts)**

#### Partie 4 : Moteur alimenté à U/f constant

Le moteur est maintenant alimenté par un variateur qui permet de régler la fréquence en maintenant le rapport U/f constant. Pour une fréquence  $f=50$  Hz, la tension efficace entre phase est  $U=415$  V .

Sur la figure 3 du document réponse 1, on a représenté les variations du moment du couple utile  $T_u$  en fonction de la fréquence de rotation  $n$  à 50 Hz.

On rappelle que dans un fonctionnement à U/f constant, la partie utile de la caractéristique  $T_u(n)$  est assimilable à un segment de droite se déplaçant parallèlement à lui-même lorsque la fréquence de la tension d'alimentation change.

Le moteur entraîne une charge qui oppose un couple résistant de moment constant (indépendant de la fréquence de rotation) :  $T_R=18$  N.m .

4.1- Quel est l'intérêt d'alimenter le moteur avec ce variateur plutôt qu'avec le réseau ? **(1pts)**

4.2- Tracer sur la figure 3 la caractéristique mécanique  $T_R(n)$  de la charge. **(1pts)**

4.3- La fréquence  $f$  est réglée à 25 Hz.

4.3.1- Tracer sur la figure 3 la caractéristique mécanique  $T_u(n)$  du moteur pour une fréquence de 25 Hz. **(2pts)**

4.3.2- Déterminer la fréquence de rotation. **(2pts)**

4.3.3 Calculer la tension efficace entre phases. **(1pts)**

Document réponse 1 - A RENDRE AVEC LA COPIE

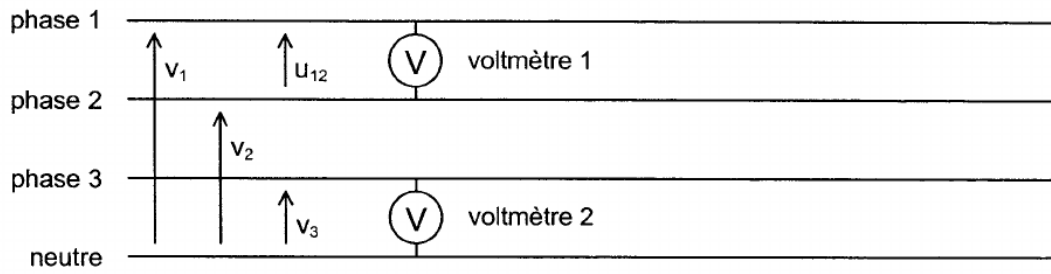
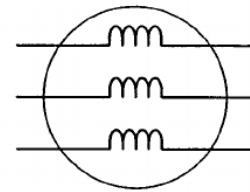
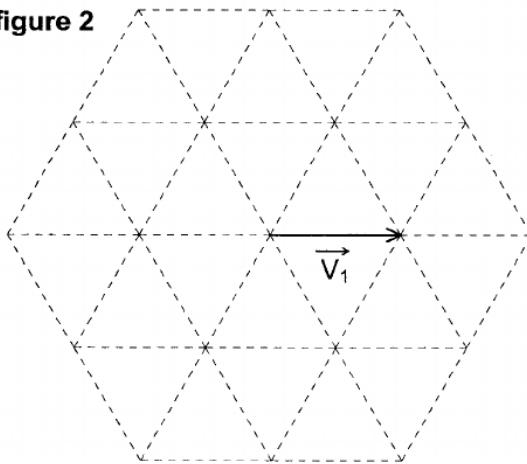


figure 1



moteur asynchrone

figure 2



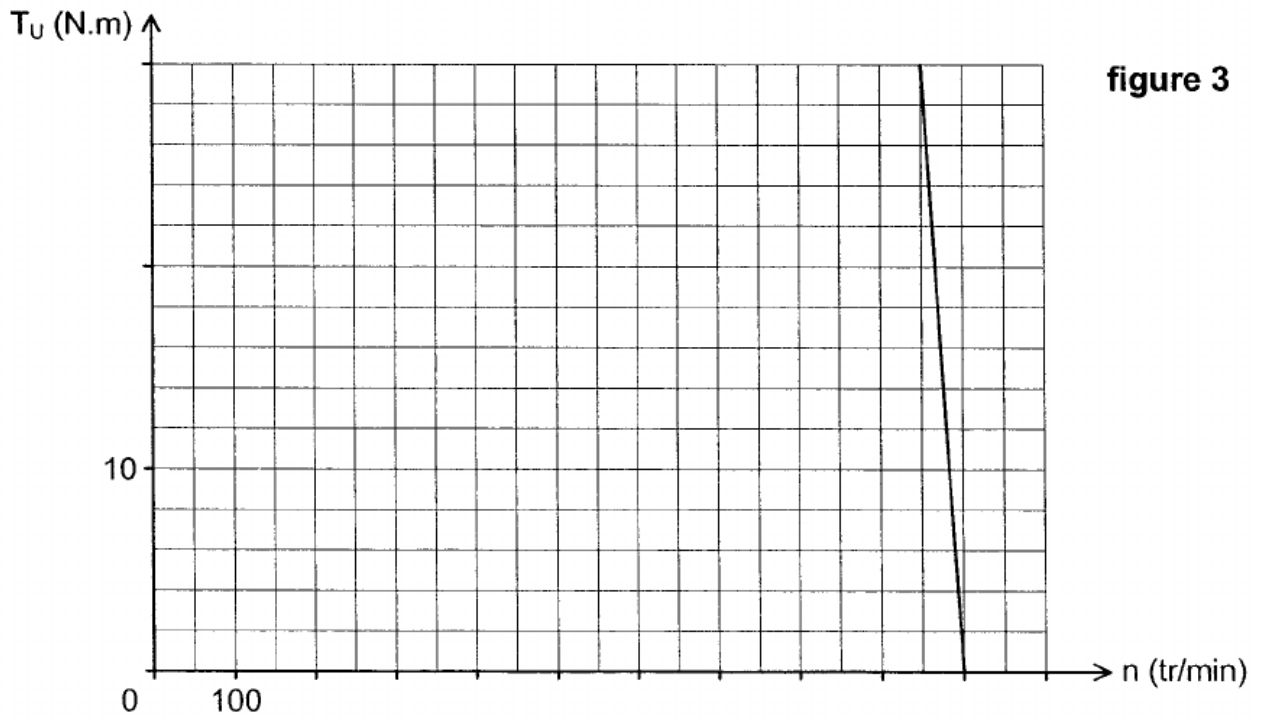


figure 3