

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Session 2004

SUJET SORTI

PHYSIQUE APPLIQUÉE

Série : Sciences et Technologies Industrielles

Spécialité : Génie Électrotechnique

Durée de l'épreuve : 4 heures

coefficient : 7

L'usage de la calculatrice est autorisé

Le sujet comporte 8 pages numérotées de 1 à 8.

Les pages 7 et 8 sont à rendre avec la copie.

Le sujet est composé de trois parties pouvant être traitées de façon indépendante.

Partie A : Chaîne de traction à courant continu

On étudie un moteur à courant continu, son alimentation et le système qui assure la régulation de sa vitesse.

1. Moteur à courant continu à excitation indépendante

L'intensité d'excitation du moteur est maintenue constante.

Le constructeur donne le point de fonctionnement suivant :

- tension d'induit : $U = 260 \text{ V}$;
- intensité d'induit : $I = 17,5 \text{ A}$;
- fréquence de rotation : $n = 1600 \text{ tr/min}$.

La résistance de l'induit est $R = 1,73 \Omega$.

- 1.1. Calculer la force électromotrice (f.é.m.) E pour le fonctionnement donné.
- 1.2. À intensité du courant d'excitation constante, la f.é.m. E est proportionnelle à la fréquence de rotation. Montrer que $E = 0,144.n$ (avec n en tr/min).
- 1.3. Déterminer la fréquence de rotation pour $U = 160 \text{ V}$ et $I = 12,0 \text{ A}$.

2. Effet d'une variation de la charge

La tension U gardant la valeur de 160 V , l'intensité I du courant traversant l'induit devient égale à $17,5 \text{ A}$ à la suite d'une augmentation de charge du moteur.

- 2.1. Calculer la nouvelle valeur de la fréquence de rotation n .
- 2.2. Après cette augmentation de l'intensité I , comment faut-il agir sur la tension U pour retrouver la valeur initiale de n ?

3. Alimentation du moteur

Le circuit d'alimentation (redresseur commandé) de l'induit est représenté sur la figure 1 de l'annexe page 6. Grâce à la bobine, l'intensité I et la tension U de l'induit sont constantes. On visualise les grandeurs v et i_A sur un oscilloscope en utilisant une sonde de tension différentielle de rapport $1/200$ et une pince de courant de sensibilité 100 mV/A . L'oscillogramme obtenu est donné à la figure 2 de l'annexe page 6.

- 3.1. Le redresseur commandé est-il un pont tout thyristor ou un pont mixte ? Justifier en s'appuyant sur l'une des courbes de l'oscillogramme.
- 3.2. Déterminer la valeur efficace V de la tension v .
- 3.3. Déterminer la valeur maximale \hat{i}_A de l'intensité i_A et en déduire que l'intensité I est égale à 12 A .

4. Dynamo tachymétrique

Le moteur entraîne une dynamo tachymétrique qui est munie de deux résistances (figures 1 et 3 de l'annexe page 6). Quand la fréquence de rotation n est égale à 1000 tr/min , la tension u_{DT} vaut $60,0 \text{ V}$.

- 4.1. Quel est le rôle de la dynamo tachymétrique ?
- 4.2. Donner l'expression de la tension u_n en fonction de u_{DT} , R_A et R_B .
- 4.3. $R_A = 10,0 \text{ k}\Omega$. Calculer R_B de façon à obtenir u_n égale à $10,0 \text{ V}$ quand la fréquence de rotation vaut 1000 tr/min .

5. Régulation de la vitesse du moteur

La figure 4 de l'annexe page 6 montre la structure du système qui assure la régulation de la vitesse du moteur.

La chaîne d'action est telle que : $U = 457u_{ER}$ et $u_n = 0,01n$ avec n en tr/min .

On fixe $u_c = 10,0 \text{ V}$.

- 5.1. Dans cette structure, de quoi est constituée la chaîne directe ? La chaîne de retour ?
- 5.2. Donner l'expression de u_{ER} en fonction de la tension de consigne u_c et de u_n .
- 5.3. Pour un premier fonctionnement à $I = 12 \text{ A}$, on obtient $n = 965 \text{ tr/min}$. Calculer u_n , u_{ER} et U .
- 5.4. A la suite d'une augmentation de la charge du moteur, identique à celle de la question 2 ($I = 17,5 \text{ A}$), la fréquence de rotation du moteur diminue légèrement : $n = 963 \text{ tr/min}$. Quel est l'intérêt du système ?

Partie B : Moteur asynchrone triphasé

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 page 7. Le voltmètre 1 indique 415 V en mode AC.

- 1.1. Déterminer la valeur indiquée par le voltmètre 2 en mode AC.
- 1.2. Quelles sont les indications des deux voltmètres en mode DC ? Expliquer.
- 1.3. Compléter la figure 1 du document réponse 1 avec les connexions nécessaires pour coupler le moteur asynchrone en étoile sans raccord au neutre.
- 1.4. Exprimer la tension u_{12} en fonction des tensions simples v_1 et v_2 .
- 1.5. 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} .

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 $415 \text{ V} - 50 \text{ Hz}$:

puissance utile : $P_{uN} = 3 \text{ kW}$
intensité : $I_N = 7,1 \text{ A}$

fréquence de rotation : $n_N = 950 \text{ tr/min}$
facteur de puissance : $k = 0,75$

- 2.1. Quelle est la fréquence de synchronisme n_s du moteur ?
- 2.2. Calculer pour le fonctionnement nominal :
 - 2.2.1. la puissance reçue : P_{aN} ;
 - 2.2.2. le rendement : η_N ;
 - 2.2.3. le moment du couple utile : T_{uN} ;
 - 2.2.4. le glissement : g_N .

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 ;
- 3.2. la puissance transmise P_{tr} au rotor ;
- 3.3. les pertes par effet Joule P_{jr} au rotor ;
- 3.4. les pertes mécaniques P_m .

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 $f = 50 \text{ Hz}$, la tension efficace entre phases est $U = 415 \text{ V}$.

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) : $T_R = 18 \text{ N.m}$.

- 4.1. Quel est l'intérêt d'alimenter le moteur avec ce variateur plutôt qu'avec le réseau ?
- 4.2. Tracer sur la figure 3 la caractéristique mécanique $T_R(n)$ de la charge.
- 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.
 - 4.3.2. Déterminer la fréquence de rotation.
 - 4.3.3. Calculer la tension efficace entre phases.

Partie C : Onduleur

On étudie le fonctionnement d'un onduleur à deux interrupteurs. Ce type de convertisseur est notamment utilisé dans certains appareils de cuisson à induction.

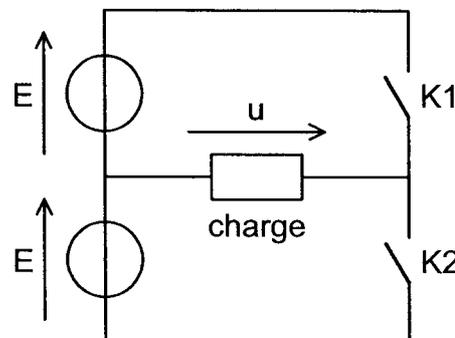
1. Etude de la tension

Le schéma ci-contre montre la structure générale du montage. $E = 200 \text{ V}$.

1.1. Quelle est l'expression de la tension u quand l'interrupteur K1 est fermé et l'interrupteur K2 ouvert ?

1.2. Quelle est l'expression de la tension u quand l'interrupteur K1 est ouvert et l'interrupteur K2 fermé ?

1.3. Pourquoi ne doit-on jamais fermer K1 et K2 simultanément ?



On étudie le fonctionnement du montage sur deux périodes. A tout moment, un interrupteur est fermé et l'autre est ouvert. Sur le document réponse 2 page 8, on indique l'interrupteur fermé.

1.4. Tracer le chronogramme de la tension u sur le document réponse 2 page 8.

1.5. Calculer la fréquence de la tension u .

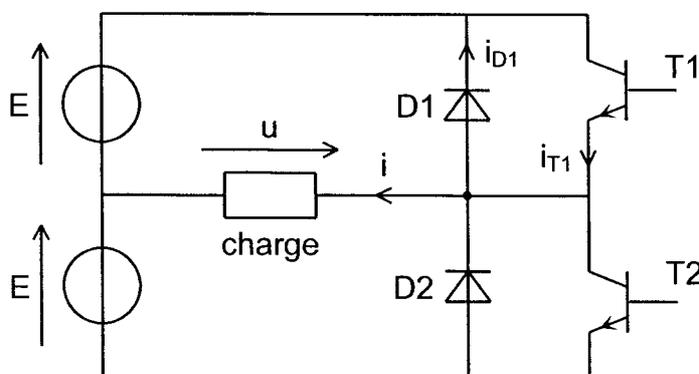
1.6. Quelle est la valeur efficace de la tension u ?

2. Etude des courants

En fait, chaque interrupteur est composé d'une diode et d'un transistor :

- K1 est constitué de T1 et D1,
- K2 est constitué de T2 et D2.

Ces composants fonctionnent en commutation, ils sont supposés parfaits.



2.1. On suppose que l'interrupteur K1 est fermé.

2.1.1. Quel composant (T1 ou D1) est passant quand l'intensité i du courant est positive ?

2.1.2. Quel composant (T1 ou D1) est passant quand cette intensité i est négative ?

2.2. Sur le document réponse 2, on donne le chronogramme de l'intensité i .

2.2.1. En complétant le tableau prévu à cet effet, indiquer le composant passant pour chacun des intervalles de temps délimités.

2.2.2. Tracer les chronogrammes des intensités i_{T1} et i_{D1} .

Annexe

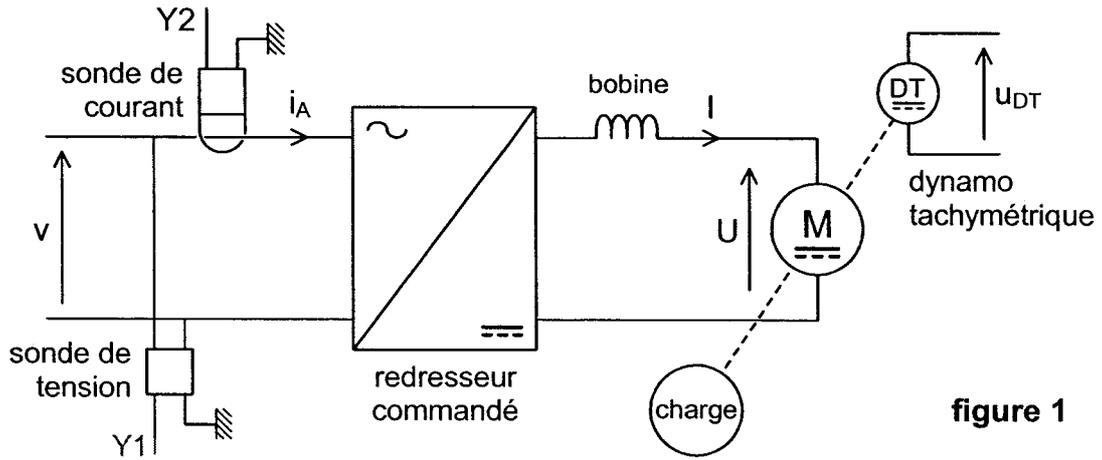
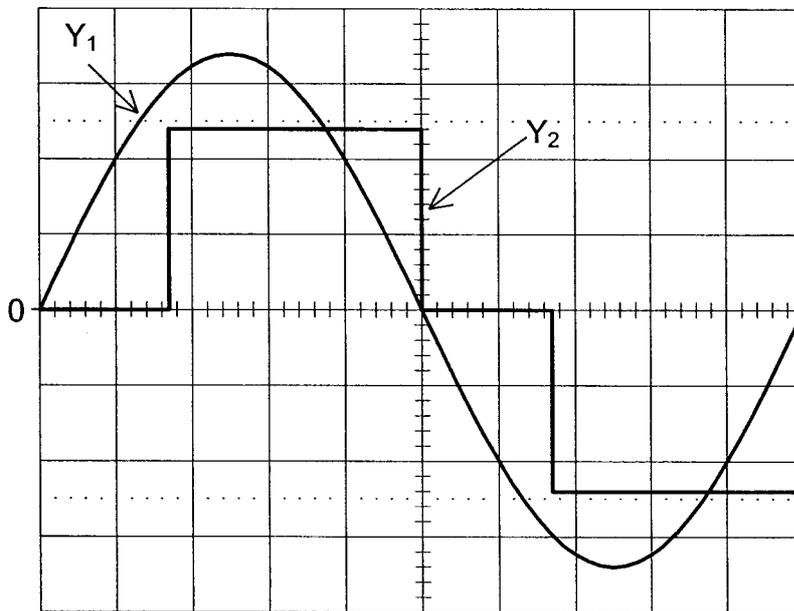


figure 1

figure 2



Y1 : 0,5 V/div Y2 : 0,5 V/div
Base de temps : 2 ms/div

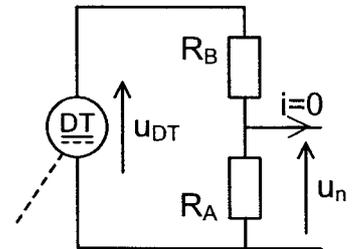
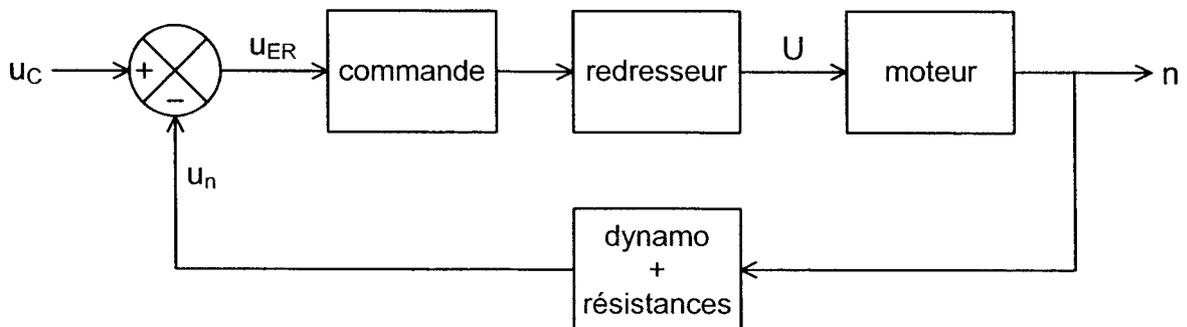


figure 3

figure 4



Document réponse 1 - A RENDRE AVEC LA COPIE

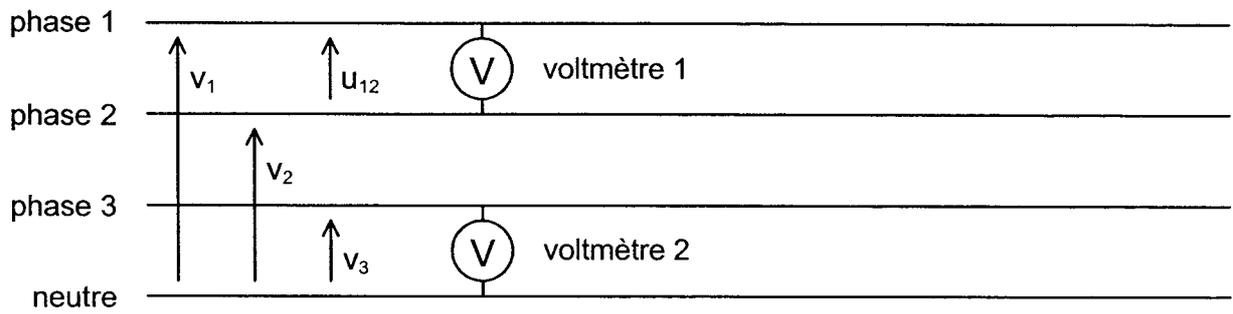


figure 1

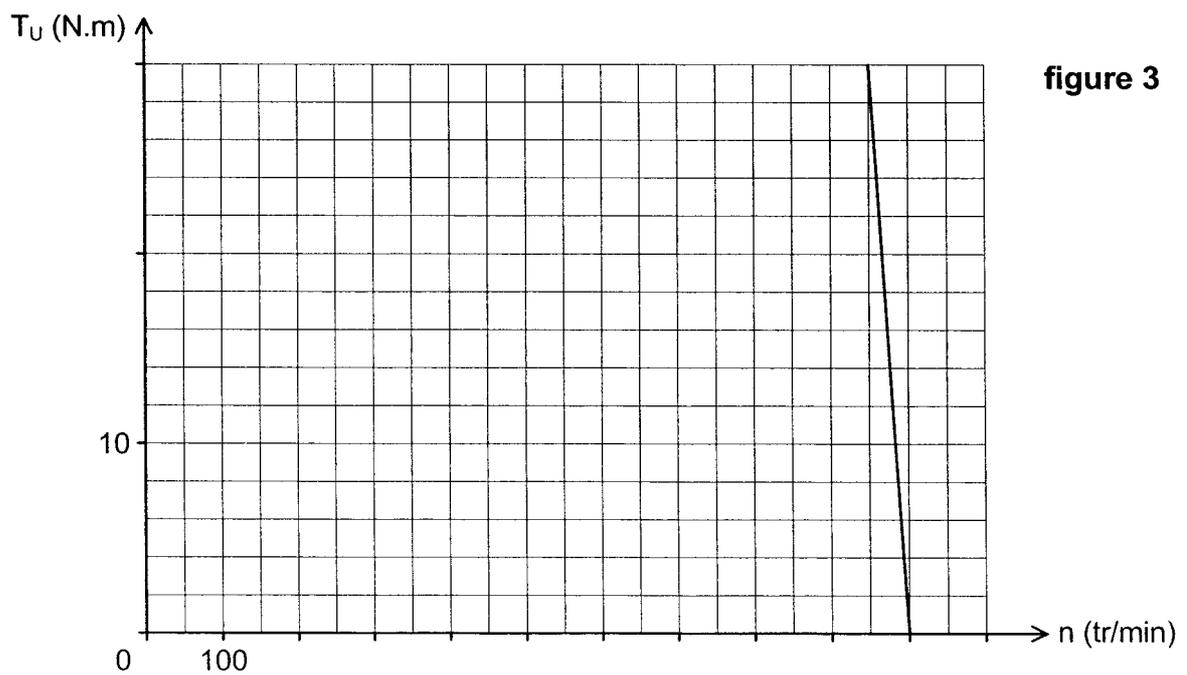
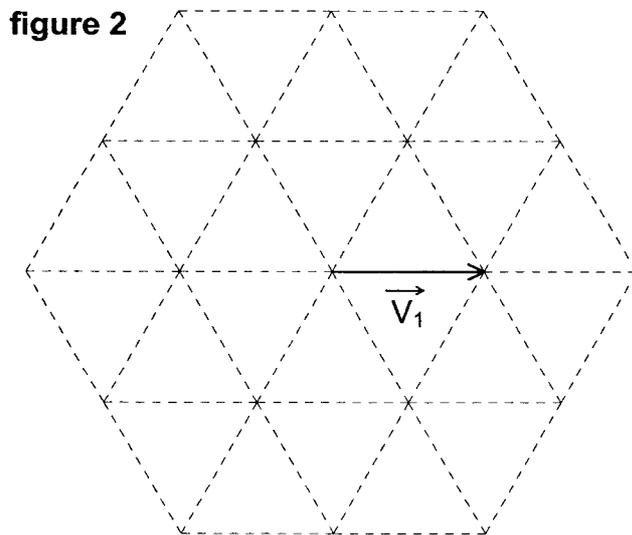
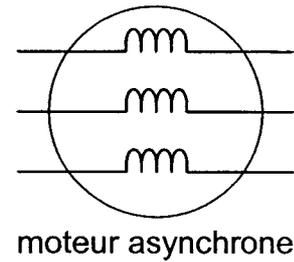
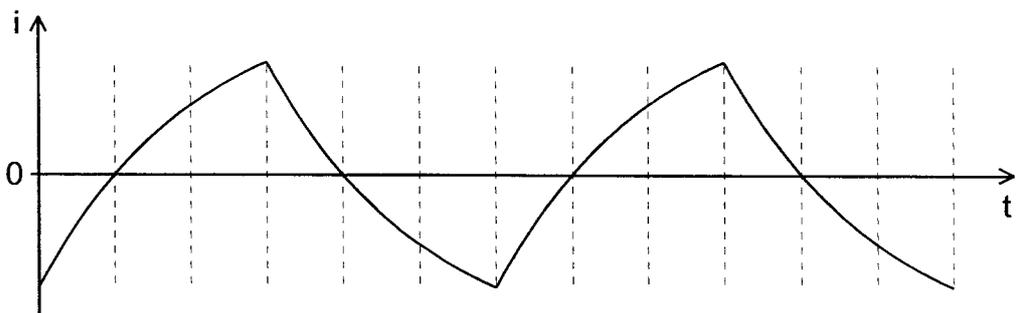
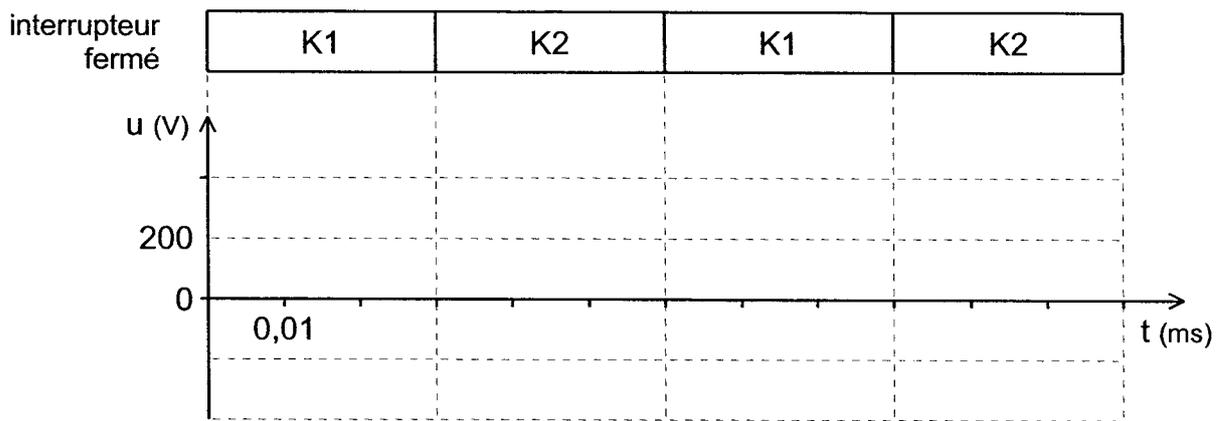


figure 3

Document réponse 2 - A RENDRE AVEC LA COPIE



composant passant

			D2	T2	T2
--	--	--	----	----	----

Tableau à compléter

