

# Baccalauréat Technologique

Session 2003

## Epreuve : Physique appliquée

Série : Sciences et Technologies Industrielles

Spécialité : Génie Electrotechnique

**Durée de l'épreuve : 4 heures – coefficients : 7**

Ce sujet comporte deux problèmes indépendants

Le problème n°1 concerne l'étude d'un moteur à courant continu et de son alimentation permettant une variation de vitesse, il se compose de quatre parties totalement indépendantes comportant chacune de nombreuses questions indépendantes.

Le problème n°2 concerne l'étude d'une machine synchrone fonctionnant en alternateur, il comporte de nombreuses questions indépendantes.

**L'usage de la calculatrice est strictement interdit**, ce sujet étant réalisé de manière à ce que les calculs numériques ne soient que des calculs simples ne nécessitant pas l'aide de celle-ci.

Les documents réponse n°1 (page n°7) et n°2 (page n°8) sont à rendre avec la copie.

## PROBLEME 1

### ETUDE D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU A EXCITATION INDEPENDANTE ET DE SON ALIMENTATION PERMETTANT UNE VARIATION DE VITESSE

#### PARTIE A : ETUDE D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU

Les caractéristiques d'un point de fonctionnement du moteur à courant continu à excitation indépendante, parfaitement compensé, sont les suivantes :

- Tension aux bornes de l'induit :  $U = 210 \text{ V}$
- Intensité du courant dans l'induit :  $I = 10,0 \text{ A}$
- Fréquence de rotation :  $n = 955 \text{ tr.min}^{-1}$ , soit une vitesse angulaire :  $\Omega = 100 \text{ rad.s}^{-1}$
- Intensité du courant dans l'inducteur :  $I_{\text{exc}} = 0,50 \text{ A}$

La résistance de l'induit mesurée à chaud est :  $R = 1,00 \Omega$

La résistance du circuit inducteur est :  $R_{\text{exc}} = 100 \Omega$

Dans tout le problème, l'intensité du courant d'excitation est constante et égale à  $I_{\text{exc}}$ .

A.1) Représenter le schéma de montage de l'essai volt-ampèremétrique ayant permis la détermination de la résistance de l'induit à chaud, indiquer les différents types d'appareils de mesures utilisés ainsi que les conditions de l'essai. (Ordre de grandeur du courant, circuit d'excitation sous ou hors tension...). On dispose de tous types d'appareils numériques.

A.2) Proposer un mode opératoire permettant d'effectuer le démarrage du moteur. (On précisera notamment l'ordre de mise sous tension de l'induit et du circuit d'excitation).

A.3) Pour le point de fonctionnement, calculer la force électromotrice  $E$  de l'induit.

A.4) Montrer que la force électromotrice  $E$  est proportionnelle à la vitesse angulaire  $\Omega$  de sorte que  $E = a.\Omega$  où  $a$  est une constante. Calculer la valeur de  $a$  et donner son unité.

A.5) On donne  $a = 2,00 \text{ USI}$  (unité du système international), déterminer le moment du couple électromagnétique  $T_e$ .

A.6) Lors d'un essai à vide du moteur dans les mêmes conditions de flux et de vitesse que pour le point de fonctionnement décrit, on a déterminé l'ensemble des pertes collectives (pertes dans le fer et pertes mécaniques) :  $P_c = 200 \text{ W}$ .

En déduire le moment du couple de pertes  $T_p$ .

A.7) Déterminer de la question précédente le moment du couple utile.

A.8) Déterminer la puissance absorbée totale  $P_{\text{abs}}$  par le moteur.

A.9) Déterminer la puissance utile  $P_u$  fournie par le moteur.

## PARTIE B : ALIMENTATION DU CIRCUIT D'EXCITATION

L'alimentation du circuit inducteur se fait par l'intermédiaire d'un pont de diodes monophasé à quatre diodes (figure n°1) alimenté par un transformateur délivrant une tension secondaire notée  $u_s$ . On note  $u_p$  la tension d'alimentation du primaire du transformateur.

On considérera dans l'étude que les diodes sont parfaites.

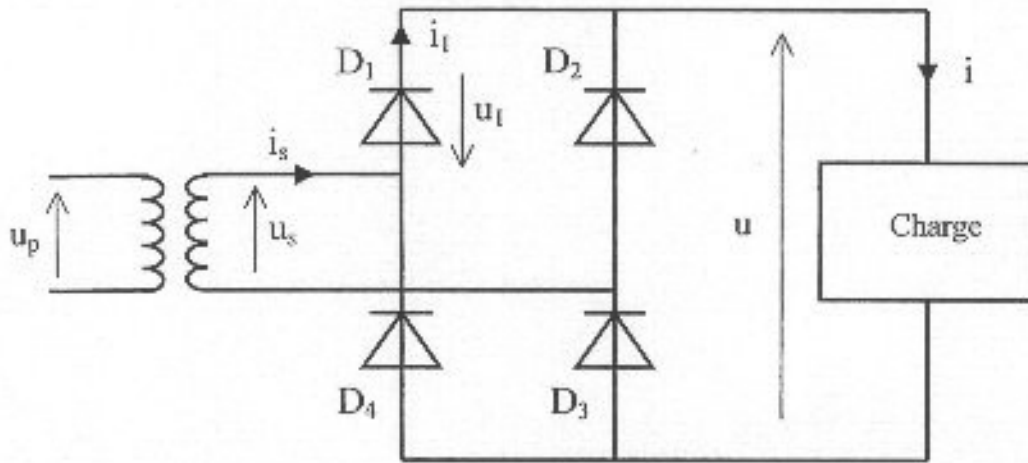


FIGURE N°1

Sur le document réponse n°2 (page n°8), on a représenté la tension  $u_s(t)$  d'alimentation du pont (issue du secondaire du transformateur monophasé) de valeur maximale  $U_{s\max} = 80$  V, de fréquence  $f = 50$  Hz et de période  $T$ .

Le courant dans la charge  $i(t)$  est considéré comme constant et son intensité égale à sa valeur moyenne :

$i(t) = I_{\text{exc}} = 0,5$  A. Ce courant est tracé sur le document réponse n°2 (page n°8)

B.1) Compléter le montage du document réponse n°1 (figure n°5 – page n°7) en insérant les éléments suivants :

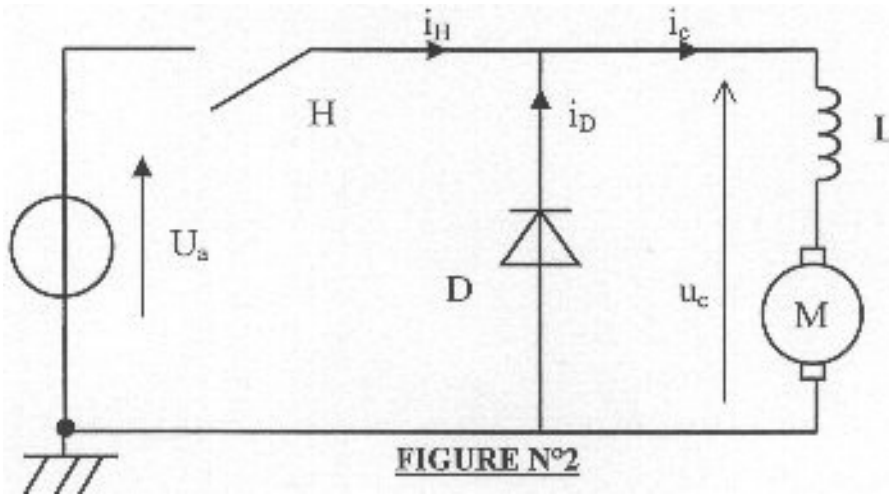
- Les appareils permettant de mesurer la valeur efficace  $U_s$  de la tension d'alimentation  $u_s(t)$ , la valeur moyenne  $\langle u \rangle$  de la tension redressée  $u(t)$  et la valeur moyenne  $\langle i \rangle$  du courant  $i(t)$  dans la charge. On dispose de tous types d'appareils numériques.
- Le branchement de l'oscilloscope permettant de visualiser simultanément la tension d'alimentation  $u_s(t)$  et la tension  $u_1(t)$  aux bornes de  $D_1$ . On précise que le laboratoire est équipé d'oscilloscopes bi-courbes, dont la masse est commune et dont les voies peuvent être inversées.

B.2) Indiquer sur le document réponse n°2 (page n°8) les intervalles de conduction des diodes.

B.3) Représenter en concordance de temps sur le document réponse n°2 (page n°8) la tension redressée  $u(t)$ , le courant  $i_1(t)$  dans la diode  $D_1$  et le courant  $i_s(t)$  parcourant le secondaire du transformateur.

## **PARTIE C : ALIMENTATION DE L'INDUIT DU MOTEUR**

Afin d'utiliser le moteur à courant continu à vitesse variable, on alimente l'induit du moteur par l'intermédiaire d'un hacheur (figure n°2) ; T représente la période de fonctionnement du hacheur.



La diode  $D$  est une diode de roue libre,  $L$  est une inductance de lissage, on désigne par  $\alpha$  le rapport cyclique du hacheur.

L'interrupteur  $H$  est fermé de  $t = 0$  à  $t = \alpha T$  ; il est ouvert de  $t = \alpha T$  à  $t = T$ .

La tension d'alimentation du hacheur est une tension continue  $U_a = 420$  V.

C.1) Compléter, en y insérant le branchement de l'oscilloscope ainsi que la résistance  $R_v$  de visualisation du courant  $i_c(t)$  dans la charge, le schéma du document réponse n°1 (figure n°6 – page n°7) permettant de visualiser les oscillogrammes de la tension  $u_c(t)$  et l'allure du courant dans la charge  $i_c(t)$ . On précise que le laboratoire dispose de résistances de visualisation de valeur  $R_v = 0,10 \Omega$ .

On a représenté sur le document réponse n°1 (figure n°7 – page n°7) l'oscillogramme obtenu :

- voie n°1 : tension aux bornes de la charge  $u_c(t)$ .

- voie n°2 : tension  $u_{R_v}(t)$  aux bornes de la résistance de visualisation ( $R_v = 0,10 \Omega$ ).

C.2) Déterminer la valeur de la période de la tension  $u_c(t)$ , en déduire sa fréquence.

C.3) Déterminer la valeur du rapport cyclique  $\alpha$ .

C.4) Montrer que la tension moyenne aux bornes de la charge s'exprime par la relation :

$\langle u_c \rangle = \alpha \cdot U_a$ . Calculer la valeur de  $\langle u_c \rangle$ .

C.5) Déterminer les valeurs maximale  $I_{\max}$  et minimale  $I_{\min}$  du courant dans la charge  $i_c(t)$ , en déduire sa valeur moyenne  $\langle i_c \rangle$ .

C.6) Afin de mieux visualiser l'ondulation de la tension  $u_{R_v}(t)$ , on modifie les réglages de la voie 2 de l'oscilloscope comme précisé sur le document réponse n°1 (figure n°8 – page n°7).

Représenter l'allure de l'oscillogramme de la tension  $u_{R_v}(t)$  avec ces réglages.

C.7) Citez deux paramètres sur lesquels on peut agir (en précisant le sens dans lequel on agit) pour réduire l'ondulation du courant dans la charge  $i_c(t)$ .

## **PARTIE D : ASSERVISSEMENT DE LA VITESSE DU MOTEUR**

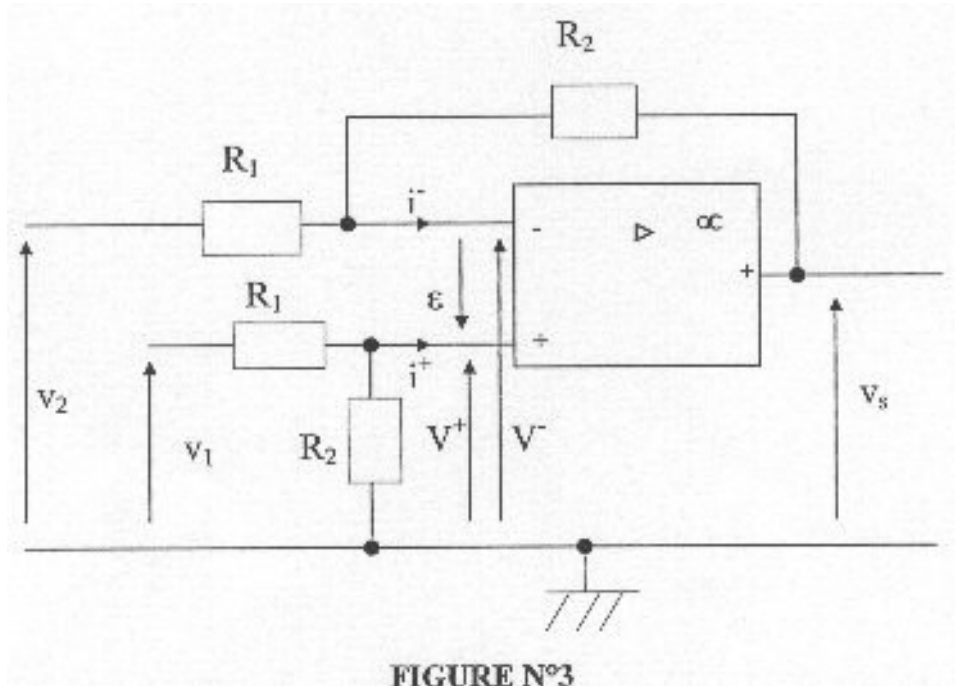
Un système permet l'asservissement de la vitesse du moteur, celui-ci permet d'obtenir une variation très faible de la vitesse de rotation lors d'une perturbation.

D.1) Quel est l'intérêt d'alimenter le moteur par un hacheur ?

D.2) Quel autre convertisseur pourrait-on également utiliser pour alimenter le moteur à courant continu sous tension variable ?

On trouve dans le système d'asservissement un module effectuant l'opération d'amplification de différence.

Ce module est équivalent à un montage à Amplificateur Linéaire Intégré (ALI) (figure n° 3).



L'amplificateur linéaire intégré est alimenté par des tensions symétriques  $-15V / +15 V$ .

On considère dans toute l'étude que l'amplificateur linéaire intégré est parfait ; (courants nuls pour les entrées, tension différentielle d'entrée nulle en régime linéaire).

D.3) Quel est le mode de fonctionnement de l'amplificateur linéaire intégré ? Justifier.

D.4) Exprimer la tension  $V^+$  en fonction de  $R_1$ ,  $R_2$  et  $v_1$ .

D.5) Par la méthode de votre choix que vous explicitez, montrer que

$$V^- = \frac{R_1 \cdot v_s + R_2 \cdot v_2}{R_1 + R_2}$$

D.6) Déduire des questions précédentes la relation liant  $v_s$  à  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $v_1$  et  $v_2$ .

## PROBLEME 2

### ETUDE D'UNE MACHINE SYNCHROME FONCTIONNANT EN ALTERNATEUR

C'est une machine synchrone possédant 4 pôles dont le stator est couplé en étoile avec neutre sorti, de fréquence de rotation nominale  $n_s = 1500 \text{ tr.min}^{-1}$  (soit  $25 \text{ tr.s}^{-1}$ ).

On suppose la machine non saturée.

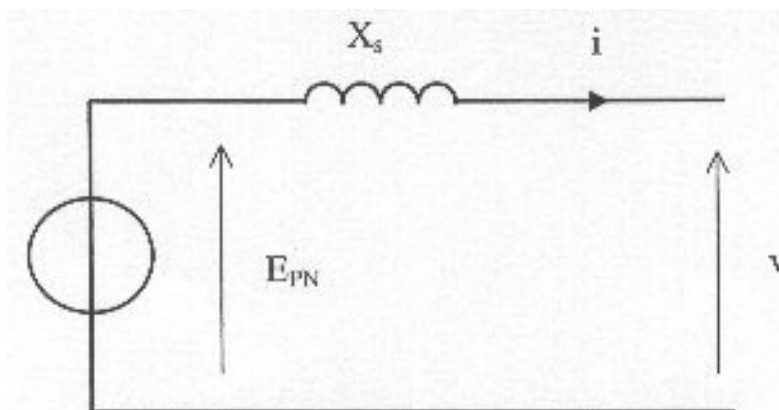
On note  $E_{PN}$  la tension à vide entre phase et neutre (fém synchrone),  $i_e$  le courant d'excitation de la roue polaire.

E.1) Déterminer la fréquence des tensions délivrées par le stator.

E.2) Représenter le schéma de l'essai à vide permettant de relever la caractéristique à vide donnant  $E_{PN} = f(i_e)$ . On dispose de tous types d'appareils numériques.

E.3) La caractéristique à vide peut être assimilée à une droite d'équation  $E_{PN} = 100.i_e$  et la caractéristique de court-circuit à une droite d'équation  $I_{CC} = 20.i_e$ .

Le modèle équivalent d'une phase de l'alternateur est représenté ci-dessous figure n°4.



**FIGURE N°4**

Déterminer la valeur de la réactance synchrone  $X_s$  du modèle équivalent d'une phase de l'alternateur sachant que l'on néglige la résistance des enroulements.

E.4) Lorsque l'alternateur débite un courant  $I = 20 \text{ A}$  sur une charge capacitive, la tension efficace à ses bornes entre phases et neutre est  $V = 200 \text{ V}$ . On prendra la réactance synchrone  $X_s = 5 \Omega$ .

Déterminer graphiquement sur votre copie la valeur efficace de la fém synchrone  $E_{PN}$  sachant que la charge est **capacitive**, de facteur de puissance  $\cos \varphi = 0,8$  (soit un angle  $\varphi = -37^\circ$ ).

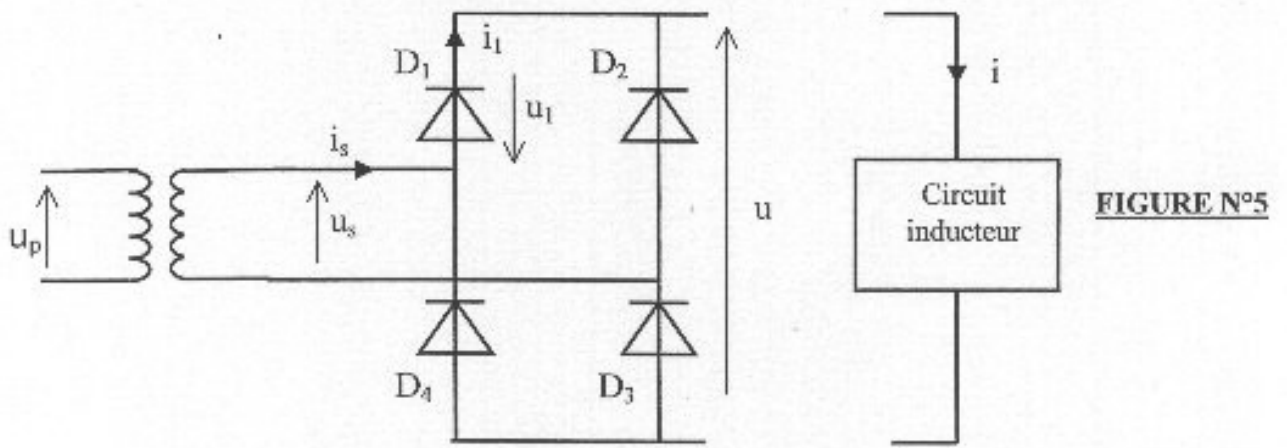
E.5) Suite à un accident, la valeur de la fréquence de rotation  $n_s$  diminue.

Quelle est la conséquence :

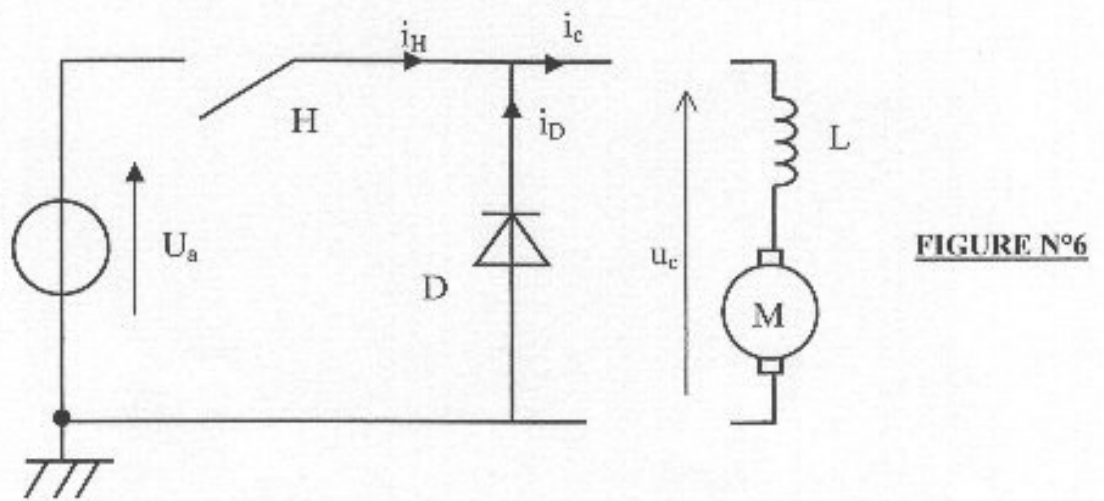
E.5.1) sur la fréquence des tensions de sortie de l'alternateur ?

E.5.2) sur la valeur efficace des tensions ?

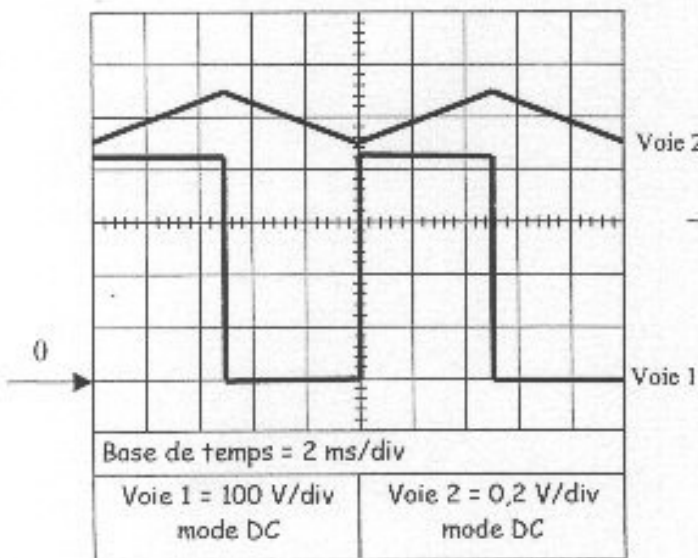
**DOCUMENT REPOSE N°1**



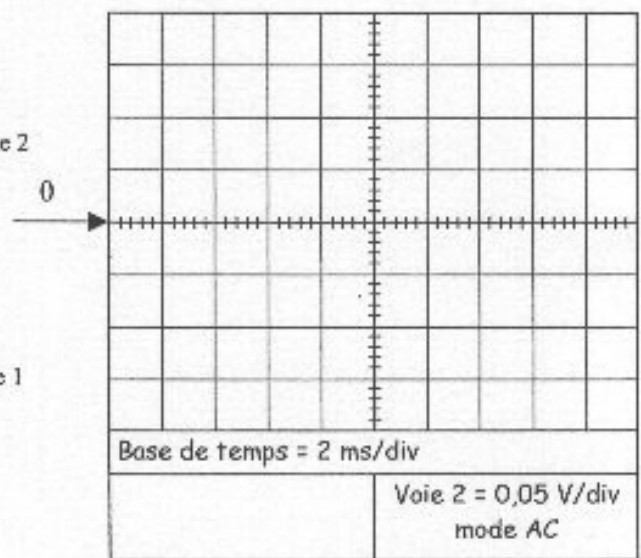
**FIGURE N°5**



**FIGURE N°6**



**FIGURE N°7**



**FIGURE N°8**

**DOCUMENT REPONSE N°2**

