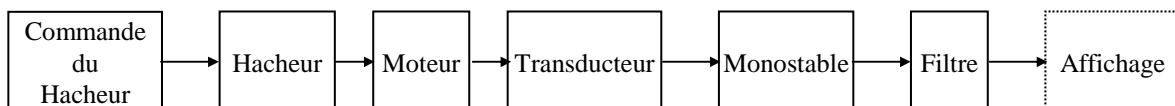


## COMMANDÉ D'UN MOTEUR À COURANT CONTINU

On se propose d'étudier un système électronique permettant, à partir d'une alimentation continue de tension constante (batterie automobile), de faire varier manuellement la vitesse de rotation d'un moteur à courant continu de petite puissance et d'afficher sa vitesse de rotation.

La réalisation du dispositif est résumée par le schéma synoptique ci-après :



Dans ce problème les amplificateurs opérationnels sont considérés comme parfaits. Ils sont alimentés par une source symétrique +12 V, -12 V ; leurs tensions de saturation sont : +12 V, -12 V.

Les parties A, B, C, D, du problème sont indépendantes.

### **A Le Moteur à courant continu (5,5 points).**

- Expliquer la fonction électromagnétique du stator. Préciser son autre dénomination.
- Décrire brièvement le rotor.
- Rappeler la loi de Laplace (schéma, formule, unités)
- Comment inverse-t-on le sens de rotation d'un moteur à aimants permanents.
- Préciser le paramètre qui permet de modifier la fréquence de rotation d'un tel moteur.

### **B Etude du hacheur (figure 3) (9 points environ).**

L'alimentation continue délivre une tension fixe  $V_{cc} = 12 \text{ V}$ .

La diode D, de roue libre, est supposée idéale.

Le transistor bipolaire peut-être considéré comme un interrupteur électronique unidirectionnel supposé parfait :

- \* Si le transistor est saturé, H est fermé, sa résistance est nulle.
- \* Si le transistor est bloqué, H est ouvert, sa résistance est infinie.

On donne sur la **feuille réponse n° 2** l'état de l'interrupteur H en fonction du temps.

- 1 A partir de l'état de l'interrupteur, donner la valeur de la fréquence  $f_h$  et du rapport cyclique  $\alpha$ .
- 2 On considère que le hacheur alimente une charge résistive  $R = 20,0 \Omega$ .

2.1 Représenter sur la **feuille réponse n° 2** le chronogramme de la tension  $u(t)$  (courbe 2.1) et du courant  $i(t)$  (courbe 2.2).

2.2 Exprimer la valeur moyenne  $\langle u \rangle$  de la tension  $u(t)$  en fonction du rapport cyclique  $\alpha$  et de la tension  $V_{cc}$ . Calculer sa valeur numérique.

2.3 Exprimer la valeur moyenne du courant  $i(t)$  en fonction du rapport cyclique  $\alpha$ , de la résistance  $R$  et de la tension  $V_{cc}$ . Calculer sa valeur numérique.

3 Maintenant le hacheur alimente une charge inductive (**figure 4**). La résistance  $R$  a été remplacée par un moteur à courant continu à aimants permanents en série avec une inductance  $L$  assez grande pour que le courant  $i(t)$  ne s'annule jamais.

La courbe 2.3 représentant le courant  $i(t)$  est donnée sur la **feuille réponse n° 2**. Elle est assimilable à une succession de segments de droites.

3.1 Déterminer graphiquement la valeur moyenne de l'intensité du courant traversant le moteur.

3.2 Préciser sur la **feuille réponse n° 2** (courbe 2.4), les états de conduction de l'interrupteur  $H$  et de la diode  $D$  en fonction du temps.

### **C Etude du moteur à courant continu (3,5 points).**

On utilise un moteur à aimants permanents, donc à excitation indépendante. Le flux  $\Phi$  est constant. Le modèle de Thévenin de l'induit est donné **figure 5**.

$E$  est la force électromotrice (f.é.m) de la machine à courant continu.

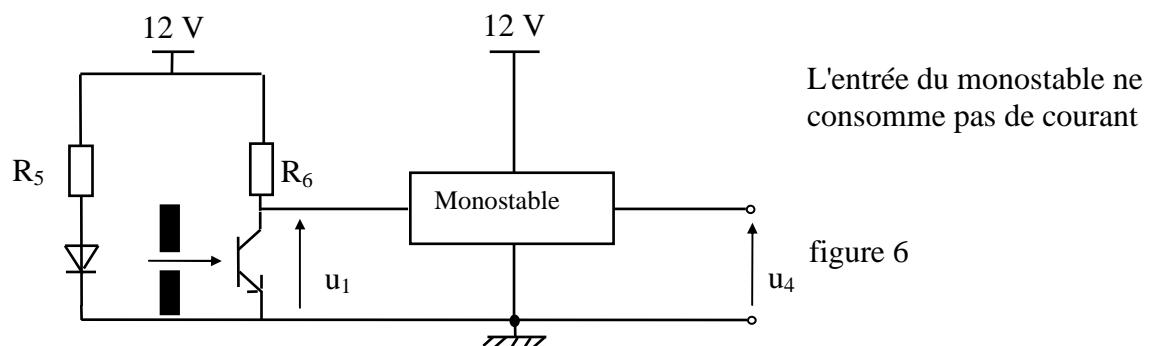
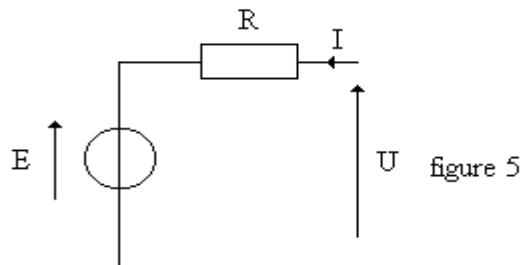
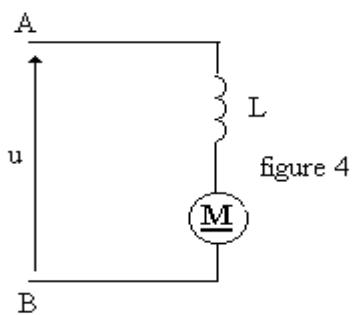
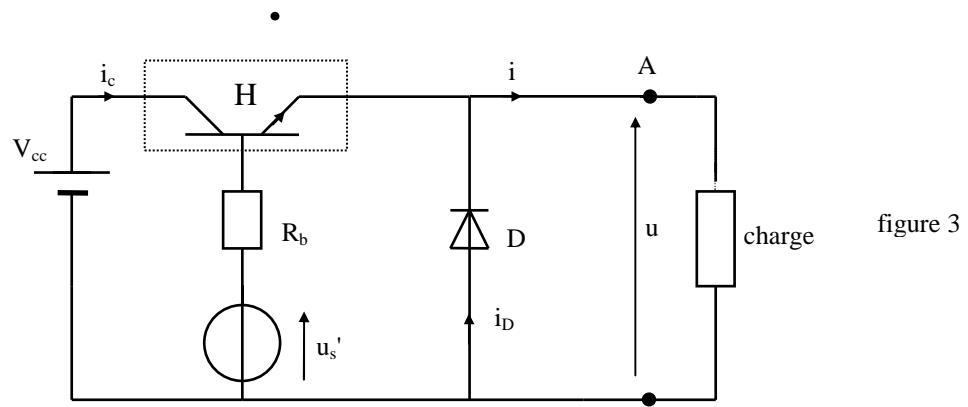
$R$  est la résistance de l'induit.  $R = 1,5 \Omega$ .

- 1 Exprimer la tension d'alimentation  $U$  du moteur en fonction de  $E$ ,  $R$  et  $I$ .
- 2 Quelle est la valeur de  $E$  lors du démarrage du moteur ? Justifier votre réponse.
- 3 Pour un courant d'induit  $I = 2,0 \text{ A}$ , calculer la valeur minimum de la tension  $U$  nécessaire pour faire démarrer le moteur.

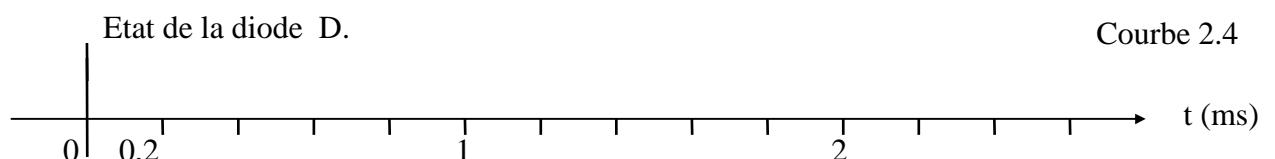
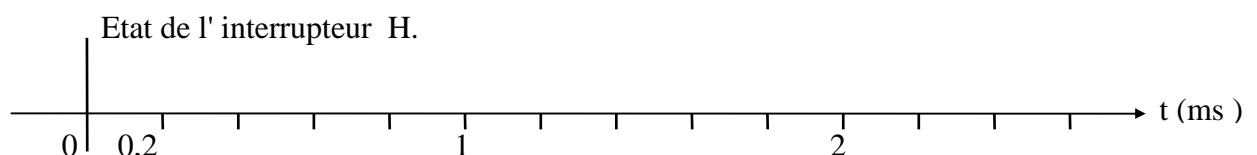
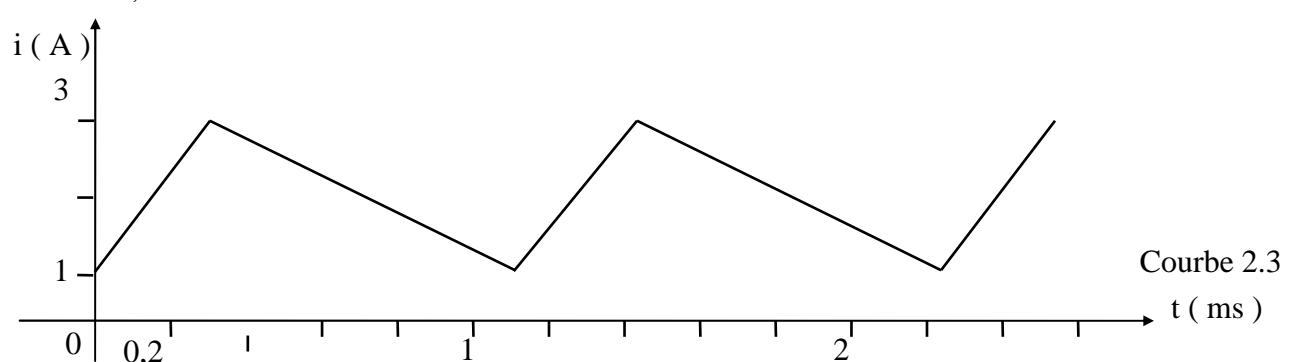
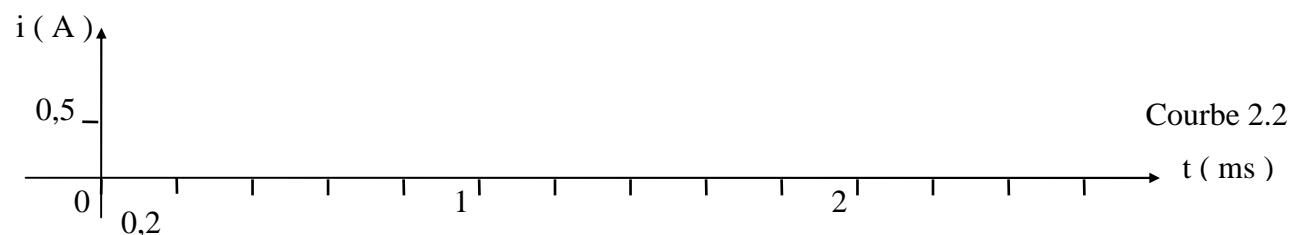
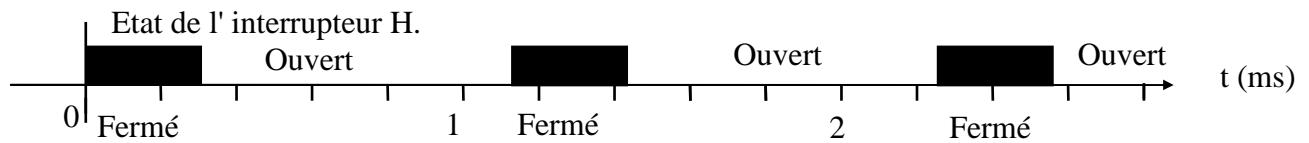
### **D Etude du transducteur (figure 6) (2 points).**

Pour connaître la fréquence de rotation  $n$  du moteur à courant continu, on fixe sur son rotor, une roue dentée dont les 30 dents empêchent (30 fois par tour) le rayon lumineux, émis par une diode fixe, de rencontrer la base d'un phototransistor.

- 1 Montrer que  $u_1 = 12 \text{ V}$  lorsque le faisceau lumineux est interrompu.
- 2 La fréquence de rotation étant de 4000 tr/min, calculer la période de la tension  $u_1$ .



Feuille réponse n° 2.



## correction

### A/ Moteur à courant continu :

- a) Le rôle du **stator** est de créer un **champ magnétique** fixe dans lequel se trouvent les conducteurs du rotor. Il est aussi appelé **inducteur**.
- b) Le rotor est constitué par des **conducteurs** parcourus par un courant continu et soumis aux **forces de Laplace**
- c) Expression de la force de Laplace :  $F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin\alpha$  (N, T, A, m)
- d) Pour inverseur le sens de rotation du moteur à aimants permanents il faut inverser le sens de branchement du moteur à son alimentation (inverser le sens du courant dans les conducteurs)
- e) Pour modifier la fréquence de rotation du moteur il faut agir sur la valeur de la tension d'alimentation du moteur.

### B/ Étude du hacheur

- 1) La fréquence  $F_H = 1/T_H = 900\text{Hz}$   
rapport cyclique :  $\alpha = t_H/T = 0,3/1,1 = 0,27$
- 2) Charge  $R=20,0\ \Omega$  ; l'intensité  $I = V_c/R = 12/20 = 0,60\text{ A}$ 
  - 2.1 : voir courbes sur la feuille réponse à la fin de la correction
  - 2.2 : valeur moyenne  $\langle u \rangle = \text{aire/période} = V_{cc}\alpha T/T = \alpha V_{cc} = 3,24\text{ V}$
  - 2.3 : valeur moyenne du courant  $\langle i \rangle = \langle u \rangle / R = \alpha \cdot (V_{cc}/R)$
- 3) Charge inductive

- 3.1 : valeur moyenne de l'intensité :  $\langle i \rangle = \text{aire}/T = 2\text{ A}$
- 3.2 : voir feuille réponse

### C/ Étude du moteur à courant continu

- 1) Relation entre U,E,R,I :  $U = E + R \cdot I$
- 2) Au démarrage  $\Omega=0$  comme  $E = k\Omega = 0$
- 3) Valeur de la tension minimum au démarrage  $U_d = R \cdot I_d = 3,0\text{ V}$

### d/ Étude du transducteur

- 1) Lorsque le faisceau est interrompu le transistor est **bloqué** (interrupteur ouvert) de ce fait  $u_1=12\text{V}$
- 2) Fréquence de rotation 4000 tr/min

Fréquence du signal électrique (30 fois plus grand) soit  $f = 4000 \cdot 30 / 60 = 2000\text{Hz}$

La période  $T = 1/f = 1/2000 = 0,5\text{ ms}$

Version du 27/01/2003

Feuille réponse n° 2

