



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la  
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

**Campagne 2013**

# BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

## INDUSTRIALISATION DES PRODUITS MÉCANIQUES

### U.32 - SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUÉES

**SESSION 2013**

\*-----\*

**DURÉE : 2 heures**  
**COEFFICIENT : 2**

**Matériel autorisé :**

**La calculatrice conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999 :**

*Sont autorisées toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimantes.*

*Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.*

*Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.*

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

**Le sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.**

**Documents à rendre avec la copie :**

Document réponse n° 1 : page 10/11

Document réponse n° 2 : page 11/11

## Régulation de vitesse d'un moteur à courant continu

*Dans les systèmes de motorisation en très basse tension, les moteurs à courant continu sont très utilisés.*

*De nombreuses applications industrielles nécessitent un entraînement à vitesse constante, quelle que soit la charge.*

*L'objectif de ce sujet est d'étudier la commande et la régulation de vitesse d'un moteur à courant continu 24 V.*

Le sujet comporte quatre parties indépendantes :

PARTIE A : Étude du moteur à courant continu

PARTIE B : Étude du codeur magnétique

PARTIE C : Étude du hacheur série

PARTIE D : Étude du système de régulation

**Deux documents réponses situés en annexes (p.10/11 et 11/11) seront à joindre à la copie.**

## **PARTIE A : Étude du moteur à courant continu (6 points)**

On s'intéresse à un moteur à courant continu de la société Crouzet :



**Figure 1** : le moteur avec son capot arrière

On donne un extrait de sa documentation technique :

Référence : Crouzet 82800370

Caractéristiques générales :

Masse (g)	400
Diamètre (mm)	42

Caractéristiques nominales :

Tension d'alimentation nominale	$U_N = 24 \text{ V}$
Courant absorbé nominal	$I_N = 1,1 \text{ A}$
Résistance d'induit	$R = 7,7 \Omega$
Vitesse de rotation nominale	$n_N = 2000 \text{ tr/min}$
Puissance utile nominale	

L'indication de la puissance utile nominale a été effacée.

Un essai à vide à vitesse nominale a donné les pertes collectives :  $P_C = 2,8 \text{ W}$ .

**A.1.** Sur le **Document réponse n° 1** (page 10/11), compléter le bilan de puissances du moteur à courant continu.

**A.2. Etude du moteur au fonctionnement nominal**

Le moteur est alimenté sous sa tension nominale (24 V).

**A.2.1.** Calculer les pertes joules nominales  $P_{JN}$ .

**A.2.2.** Calculer la puissance absorbée nominale  $P_{aN}$ .

**A.2.3.** Montrer que la puissance utile nominale vaut  $P_{uN} = 14,3 \text{ W}$ .

**A.2.4.** Calculer le rendement nominal (en %).

**A.2.5.** Calculer le couple utile nominal  $T_{uN}$  (en N.m).

**A.2.6.** On souhaite que ce moteur entraîne une charge de couple résistant constant  $T_R = 0,90 \text{ N.m}$ . Ce moteur convient-il pour entraîner cette charge ?

**A.3. Etude du démarrage du moteur en charge nominale**

**A.3.1.** Que vaut la f.é.m.  $E_d$  du moteur au démarrage ? Justifier.

**A.3.2.** Calculer le courant de démarrage  $I_d$  sous tension nominale.

**A.3.3.** Comparer  $I_d$  et  $I_N$ . Comment peut-on faire pour réduire le courant de démarrage ?

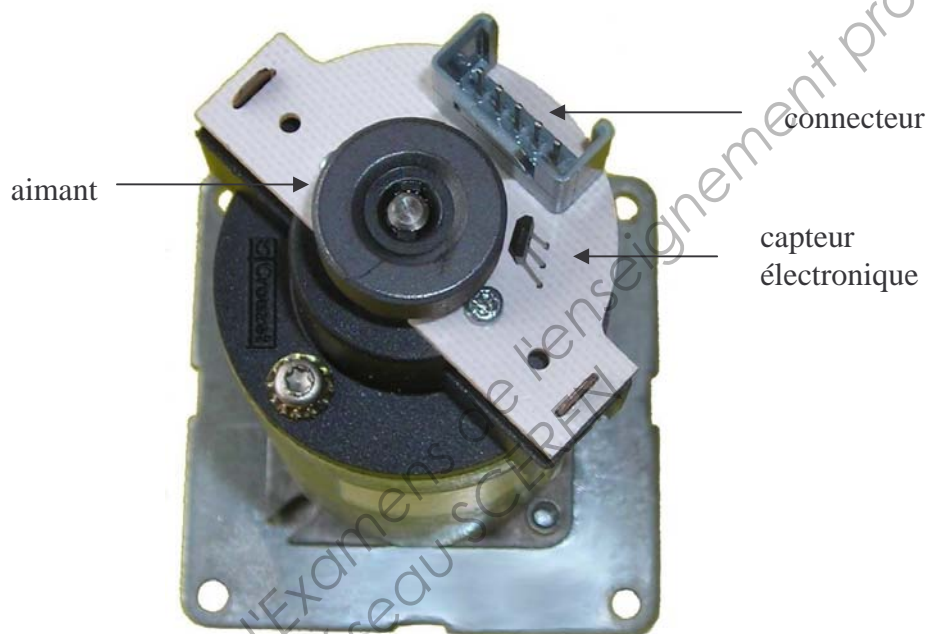
## **PARTIE B : Étude du codeur magnétique (3 points)**

Un codeur magnétique est intégré au moteur.

Le codeur est constitué de deux éléments :

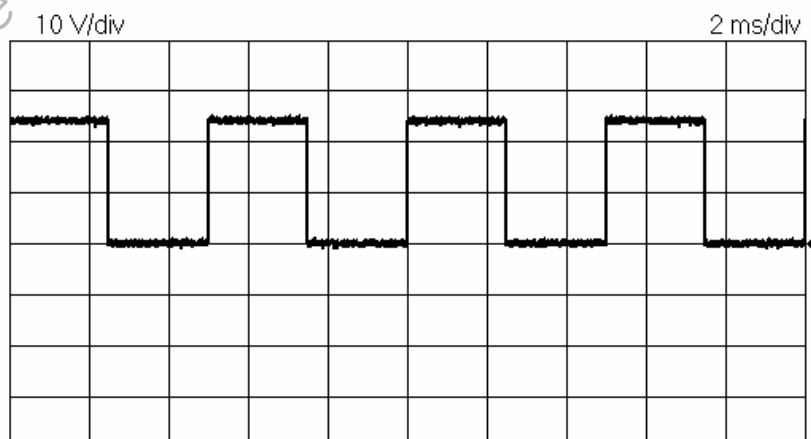
- un aimant, situé au rotor
- un capteur électronique de champ magnétique, situé au stator

La résolution du codeur est de 5 impulsions par tour.



**Figure 2** : le moteur et son codeur magnétique

La sortie du codeur fournit une tension dont la fréquence est proportionnelle à la vitesse de rotation :



**Figure 3**

**B.1.** Quel est le rôle du codeur magnétique ?

**B.2.** Supposons que le moteur tourne à 1 tour par seconde. (On rappelle que la résolution du codeur est de **5 impulsions par tour**).  
Quelle est la fréquence (en hertz) du signal de sortie du codeur ?

**B.3.** En déduire que :  $n = 12 \times f$

où :  $n$  est la vitesse de rotation du moteur (en tr/min)  
 $f$  est la fréquence du signal de sortie du codeur (en Hz)

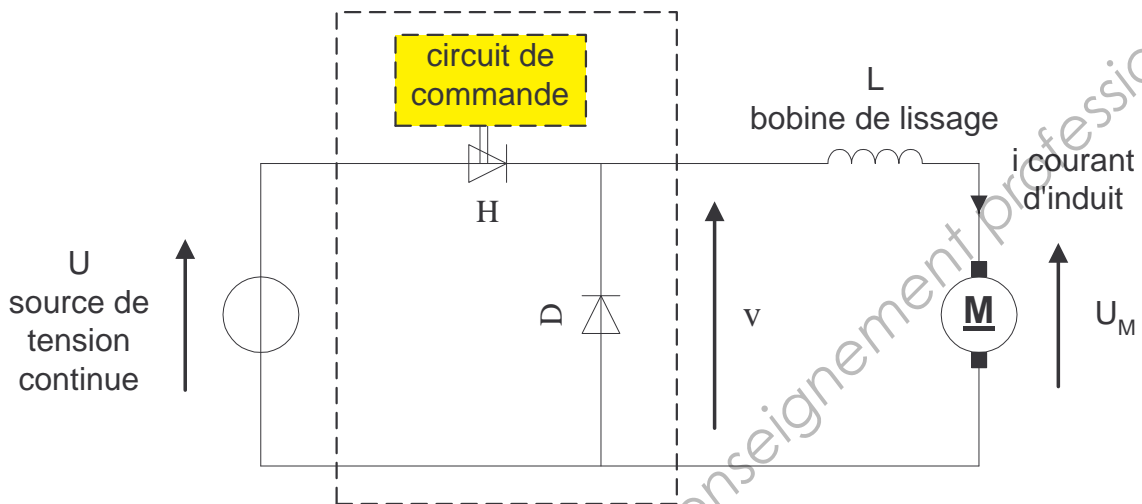
**B.4.** A partir du résultat de la question précédente, calculer la vitesse de rotation correspondant à l'oscillogramme de la **Figure 3** (page 5/11).

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau SCEREN

### PARTIE C : Étude du hacheur série (5,5 points)

Le hacheur série est alimenté par une source de tension continue  $U$ .

Le hacheur permet de commander la vitesse de rotation du moteur à courant continu :



**Figure 4**

L'inductance  $L$  de la bobine est suffisamment grande pour que la conduction soit ininterrompue dans le moteur.

$H$  est un interrupteur électronique, commandé périodiquement :

- fermeture pendant une durée  $\alpha T$
- ouverture pendant une durée  $(1 - \alpha)T$

$\alpha$  est le rapport cyclique ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) :

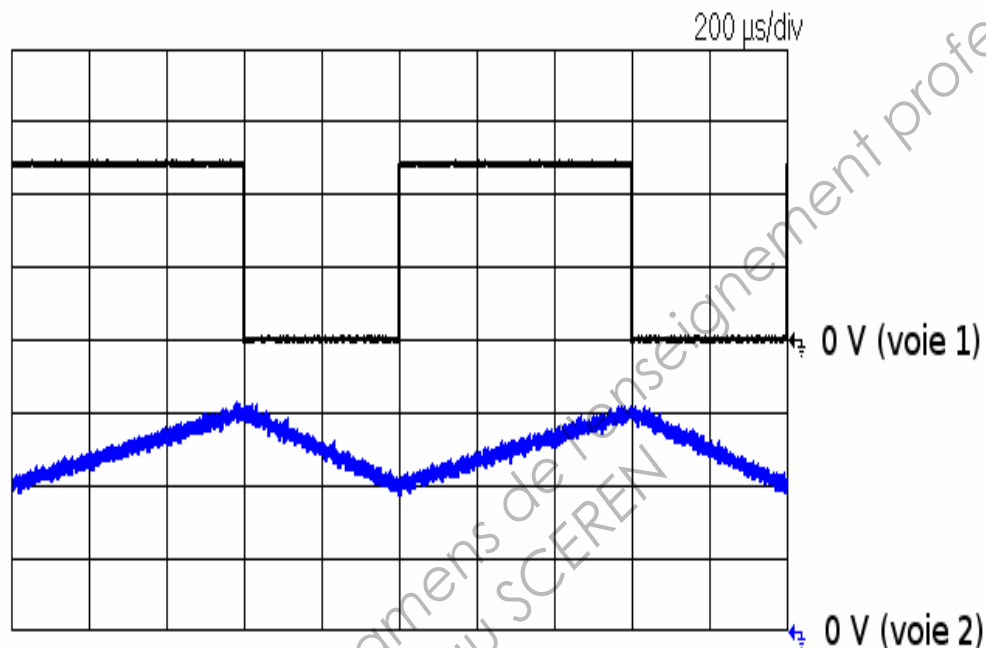
$$\alpha = \frac{\text{durée de fermeture de } H}{T \text{ (période de hachage)}}$$

Le circuit de commande permet de régler  $\alpha$  et  $T$ .



- C.1.** Quel composant électronique utilise-t-on pour H ?
- C.2.** Quand H conduit, il se comporte comme un interrupteur fermé.  
Dessiner le trajet du courant sur le **Document réponse n° 2** (page 11/11).
- C.3.** Quand H est bloqué, il se comporte comme un interrupteur ouvert.  
Dessiner le trajet du courant sur le **Document réponse n° 2** (page 11/11).

On a relevé l'oscillogramme suivant :



Voie 1 : tension  $v(t)$

Voie 2 : on utilise une pince ampèremétrique de sensibilité **100 mV/A** pour visualiser le courant  $i(t)$

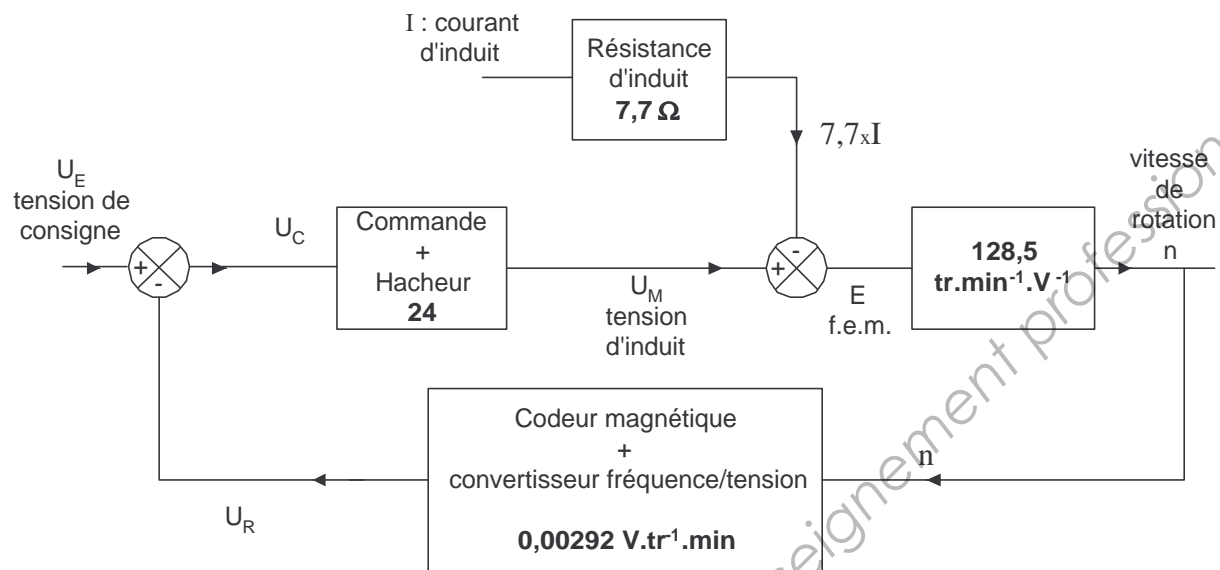
Voie 1 : calibre **10 V/div**

Voie 2 : calibre **20 mV/div**

- C.4.** Mesurer la tension d'alimentation  $U$ .
- C.5.** Mesurer la période. En déduire la fréquence de hachage.
- C.6.** Mesurer le rapport cyclique  $\alpha$ .
- C.7.** Calculer la tension moyenne  $\langle v \rangle$ .
- C.8.** Préciser quel appareil et quelle position doit-on utiliser pour mesurer directement la tension moyenne  $\langle v \rangle$ .
- C.9.** Mesurer le courant maximal  $i_{\max}$  et le courant minimal  $i_{\min}$ .  
En déduire le courant moyen  $\langle i \rangle$ .

## PARTIE D : Étude du système de régulation (5,5 points)

Le schéma-bloc du système de régulation est donné ci-dessous :



**Figure 5**

$U_C$  est la tension de commande qui sert à régler le rapport cyclique du hacheur, et donc à régler la tension  $U_M$  aux bornes du moteur.

On a réalisé :  $U_M = 24 \times U_C$

D'après le schéma-bloc :

**D.1.** Quelle relation y a-t-il entre les tensions  $U_C$ ,  $U_R$  et  $U_E$  ?

**D.2.** Quelle relation y a-t-il entre la vitesse de rotation du moteur  $n$  et la f.e.m.  $E$  ?

**D.3.** Quelle relation y a-t-il entre les tensions  $E$  et  $U_M$  et l'intensité du courant d'induit  $I$  ?

**D.4.** Dans la chaîne de retour, quelle relation y a-t-il entre la tension  $U_R$  et la vitesse de rotation  $n$  ?

**D.5.** La charge impose une intensité de courant  $I = 0,7$  A et on souhaite que  $n = 2100$  tr/min.

**D.5.1.** Calculer  $E$ .

**D.5.2.** Calculer  $U_M$ .

**D.5.3.** Calculer  $U_C$ .

**D.5.4.** Calculer  $U_R$ .

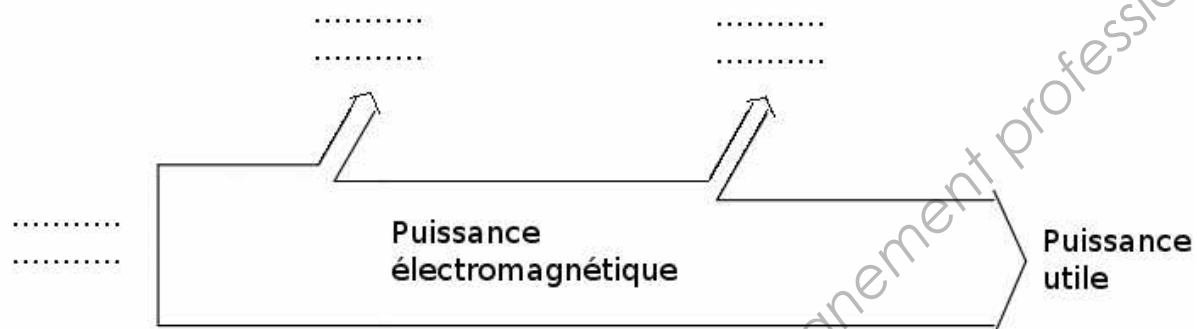
**D.5.5.** En déduire la valeur qu'il faut donner à la tension de consigne  $U_E$ .

**D.6.** La consigne  $U_E$  est maintenue **constante**.

Justifier, sans calcul, que si la charge augmente (donc si  $I$  augmente) alors la tension de commande  $U_C$  augmente.

Quelle est la conséquence pour la tension d'induit  $U_M$  aux bornes du moteur ?

En déduire que le bouclage en chaîne fermée permet de réguler la vitesse du moteur.

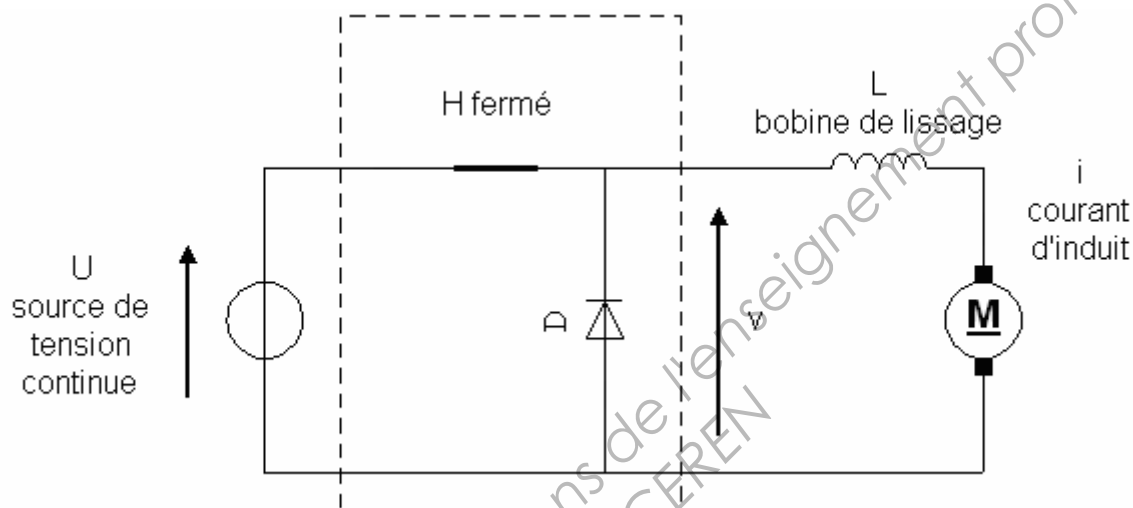
**Document réponse n°1 (à rendre avec la copie)****Question A.1.**

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau SCEREN

Document réponse n°2 (à rendre avec la copie)

**Question C.2.**

Sur le schéma ci-dessous, dessiner le trajet du courant :

**Question C.3.**

Sur le schéma ci-dessous, dessiner le trajet du courant :

