

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

**SESSION 2006**

## PHYSIQUE APPLIQUÉE

**Série: Sciences et technologies industrielles**

**Spécialité: Génie Électrotechnique**

**Durée: 4 heures**

**Coefficient: 7**

L'emploi de toutes les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisé à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire n°99-186 du 16-11-1999).

Le sujet comporte 10 pages numérotées de 1 à 10 dont les documents réponse 1 à 3 sont à rendre avec la copie.

Le sujet est composé de 3 parties indépendantes.

**Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements, entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies.**

## Introduction :

Un tapis roulant servant au transport de lourdes pièces doit être entraîné à vitesse constante.

Un système de régulation est associé au groupe propulseur (partie A)

Deux groupes propulseurs peuvent être utilisés :

- un moteur à courant continu associé à un hacheur (partie B) ;
- un moteur asynchrone triphasé associé à un onduleur (partie C).

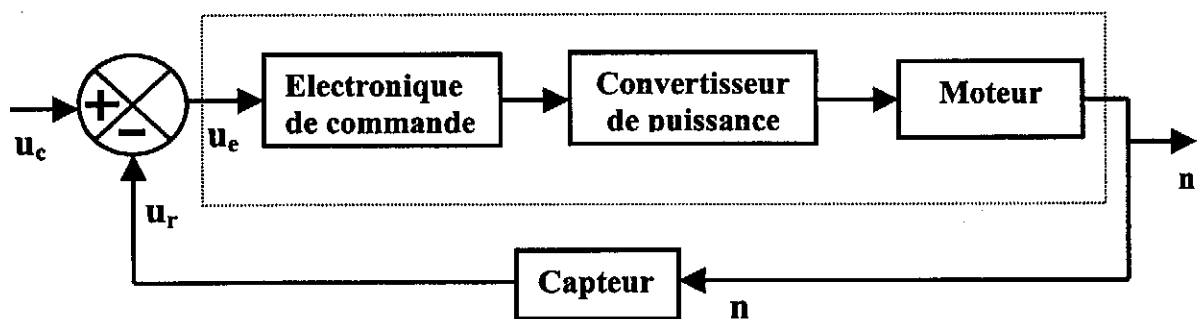
Les trois parties du sujet pourront être traitées de façon indépendante.

## Partie A

### Etude du système de régulation

Le schéma du système de régulation est donné ci-dessous, une tension d'entrée  $u_c$  permet à l'électronique de commande d'agir sur les durées de conductions des interrupteurs du convertisseur de puissance et de régler ainsi la vitesse du moteur.

Le système de régulation comprend trois parties : la chaîne directe, la chaîne de retour et l'opérateur de différence.



#### 1. Chaîne directe

1.1. Quelles sont les éléments constituant la chaîne directe ?

1.2. Pour une tension  $u_e = 0,24 \text{ V}$  la fréquence de rotation du moteur est  $n = 24 \text{ tr.s}^{-1}$ .

Déterminer la transmittance  $H$  de la chaîne directe en précisant son unité.

1.3. Indiquer à l'aide de flèches, sur le **document-réponse 1**, quelles sont les convertisseurs de puissance qui peuvent être associés aux différents moteurs proposés.

## 2. Chaîne de retour

Le schéma de la chaîne de retour qui effectue une conversion vitesse/tension est représenté sur la **figure 1 de l'annexe 1**. Le capteur de vitesse est une dynamo tachymétrique suivi d'un filtre RC et d'un amplificateur de tension.

- 2.1. Quel est le rôle du filtre RC dans le montage de la figure 1 ?
- 2.2. Montrer que l'on peut considérer que  $u = E$ ,  $E$  étant la force électromotrice de la dynamo telle que  $E = 50 \cdot 10^{-3} n$  ( $n$  en  $\text{tr} \cdot \text{s}^{-1}$ ).
- 2.3. L'amplificateur opérationnel étant considéré comme parfait, exprimer la tension  $u_r$  en fonction de  $u$ ,  $R_1$  et  $R_2$
- 2.4. On donne  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ , déterminer la valeur de  $R_2$  pour avoir  $u_r = 11,76 \text{ V}$  lorsque  $n = 24 \text{ tr} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- 2.5. Calculer la transmittance  $K$  de la chaîne de retour.

Dans la suite du problème, on prendra  $K = 0,49 \text{ U.S.I.}$

## 3. Opérateur de différence

L'opérateur de différence est réalisé grâce à un amplificateur opérationnel supposé parfait selon le schéma présenté sur la **figure 2 de l'annexe 1**.

- 3.1. Exprimer le potentiel  $V^-$  de l'entrée inverseuse en fonction de  $u_r$  et  $u_e$ .
- 3.2. Exprimer le potentiel  $V^+$  de l'entrée non inverseuse en fonction de  $u_c$ .
- 3.3. En déduire la relation entre  $u_e$ ,  $u_c$  et  $u_r$ .
- 3.4. Déterminer la valeur de la tension de consigne  $u_c$  en utilisant les données des questions 1.2 et 2.4.

## 4. Système bouclé

Le système complet est représenté sur la **figure 3 de l'annexe 1**.

- 4.1. Montrer que la transmittance  $T$  du système bouclé est égale à  $\frac{H}{1 + HK}$ .
- 4.2. Le tapis roulant fonctionne maintenant à vide et la transmittance de la chaîne directe prend la valeur  $H' = 120 \text{ SI}$ .
  - 4.2.1. Le système étant en boucle ouverte et la tension  $u_c$  réglée à  $0,24 \text{ V}$ , calculer la fréquence de rotation à vide du moteur  $n_v$ .  
En déduire la variation de fréquence de rotation en boucle ouverte  $\Delta n_o = n_v - n$ .
  - 4.2.2. Le système étant en boucle fermée, montrer que la tension  $u_c$  doit être réglée à  $12 \text{ V}$  si l'on souhaite une fréquence de rotation du moteur de  $24 \text{ tr} \cdot \text{s}^{-1}$ .  
Quelle sera alors la fréquence de rotation à vide du moteur  $n'_v$  ?  
En déduire la variation de la fréquence de rotation en boucle fermée  $\Delta n_f = n'_v - n$ .
- 4.3. Calculer le rapport  $\frac{\Delta n_o}{\Delta n_f}$ . Comparer sa valeur avec celle de  $1 + H'K$ .

## Partie B

### Etude du moteur à courant continu alimenté par un hacheur

#### 1. Moteur à courant continu

Caractéristiques nominales du moteur :

- Induit : tension  $U = 220 \text{ V}$  ; intensité du courant  $I = 16 \text{ A}$  ; résistance  $R = 1,5 \Omega$ .
- Inducteur : intensité du courant constante  $i = 0,7 \text{ A}$  ; résistance  $r = 315 \Omega$ .
- Fréquence de rotation :  $1500 \text{ tr.min}^{-1}$ .
- Puissance utile :  $3 \text{ kW}$ .
- L'intensité d'induit appelée à vide sous tension nominale est égale à  $0,7 \text{ A}$ .

- 1.1. Représenter le schéma équivalent sur lequel on indiquera toutes les grandeurs électriques du moteur.
- 1.2. Déterminer la fréquence de rotation du moteur à vide lorsqu'il est alimenté sous sa tension nominale.
- 1.3. Pour le fonctionnement nominal, calculer :
  - 1.3.1. l'ensemble des pertes par effet joule ;
  - 1.3.2. les pertes collectives composées des pertes mécaniques et des pertes fer.
- 1.4. Montrer que l'on peut écrire  $E = kn$  (avec  $n$  en  $\text{tr} \cdot \text{s}^{-1}$ ) et  $T_{em} = k'I$ .  
Calculer la valeur des coefficients  $k$  et  $k'$ .
- 1.5. Tracer la caractéristique mécanique  $T_u = f(n)$  du moteur sur le **document réponse 2**.  
En déduire la puissance utile développée par le moteur pour l'entraînement du tapis roulant.

#### 2. Hacheur série

Dans le montage de la **figure 4 annexe 2**, tous les éléments sont supposés parfaits. L'interrupteur unidirectionnel H est commandé à l'ouverture ainsi qu'à la fermeture.

- 2.1. Décrire les deux phases de fonctionnement du hacheur en donnant pour chaque phase les valeurs de  $u_c$  et de  $u_H$ .
- 2.2. Dessiner sur votre copie la partie du montage représentant les trois résistances  $r$  de visualisation des différents courants à l'aide d'un oscilloscope muni de deux voies  $Y_1$  et  $Y_2$  et d'une masse.  
Représenter le branchement permettant de visualiser à la fois  $i_H$  et  $i_D$ .

- 2.3. Sur le document réponse 3 sont représentées les courbes des courants  $i_H$  et  $i_D$ .
- 2.3.1. Indiquer sur le graphe les courants  $i_H$  et  $i_D$ .
  - 2.3.2. Tracer la courbe représentant le courant  $i_c$ .
  - 2.3.3. Tracer la courbe représentant la tension  $u_c$ .
- 2.4. Calculer la valeur de  $U$  permettant d'avoir une valeur moyenne de  $u_c$  égale à 220 V.
- 2.5. Avec quel type d'appareil peut-on mesurer la valeur moyenne de la tension  $u_c$  ?
- 2.6. Calculer la valeur moyenne de  $i_c$ .

## Partie C

### Etude du moteur asynchrone alimenté par un onduleur

#### 1. Moteur asynchrone triphasé

Caractéristiques nominales du moteur.

- Tension d'alimentation : 230 V / 400 V ; 50 Hz
- Intensités en lignes : 11,4 A / 6 A
- Fréquence de rotation : 1440 tr.min<sup>-1</sup>
- Puissance utile : 3 kW
- Facteur de puissance : 0,8
- Résistance mesurée entre deux bornes du stator :  $R = 3,8 \Omega$

1.1. On couple ce moteur sur un réseau 400 V, 50 Hz. Quel couplage doit-on adopter ?

1.2. Pour le fonctionnement nominal, déterminer :

- 1.2.1. la puissance consommée ;
- 1.2.2. les pertes par effet Joule au stator ;
- 1.2.3. la valeur du glissement ;
- 1.2.4. le couple utile ;
- 1.2.5. le rendement du moteur.

1.3. Les pertes mécaniques étant de 30 W, déterminer :

- 1.3.1. la puissance transmise au rotor ;
- 1.3.2. les pertes dans le fer au stator.

## 2. Onduleur

Le moteur est alimenté à l'aide d'un onduleur fonctionnant à  $\frac{U}{f}$  constant selon la figure 5 de l'annexe 2.

La forme d'onde de la tension simple  $v_1$  fournie par l'onduleur ainsi que le fondamental  $v_{1F}$  sont représentés sur la figure 6 de l'annexe 2.

Le fondamental de  $v_1(t)$  s'écrit :  $v_{1F}(t) = \frac{2E}{\pi} \sin \omega t$

**Pour  $E = 500 \text{ V}$ , déterminer :**

- 2.1. la valeur efficace du fondamental  $v_{1F}$  ;
- 2.2. la valeur efficace de la tension  $v_1$  ;
- 2.3. Avec quel type d'appareil peut-on mesurer la valeur efficace de la tension  $v_1$  ?

ANNEXE 1

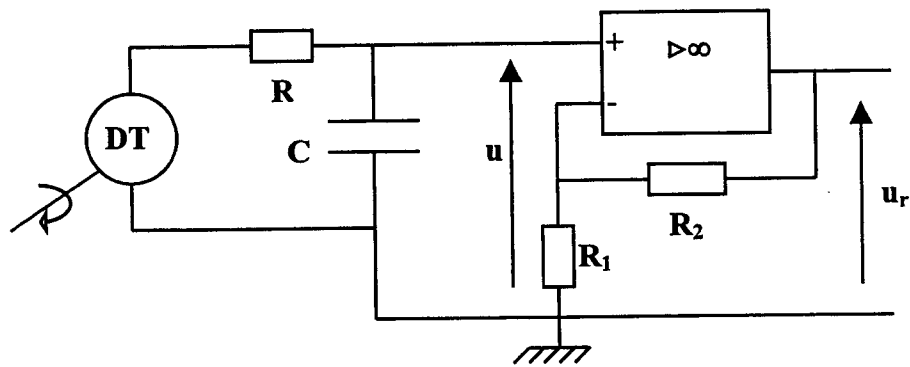


Figure 1

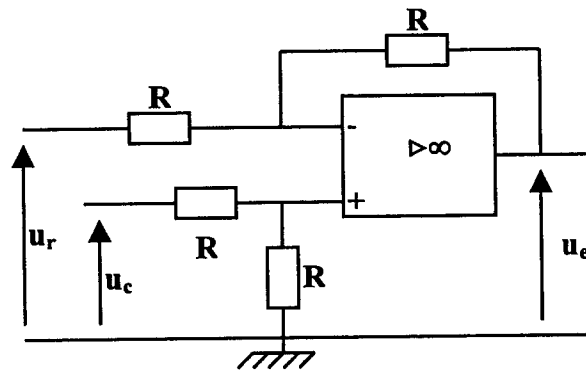


Figure 2

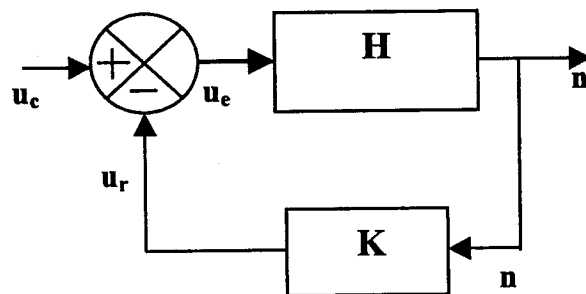


Figure 3

ANNEXE 2

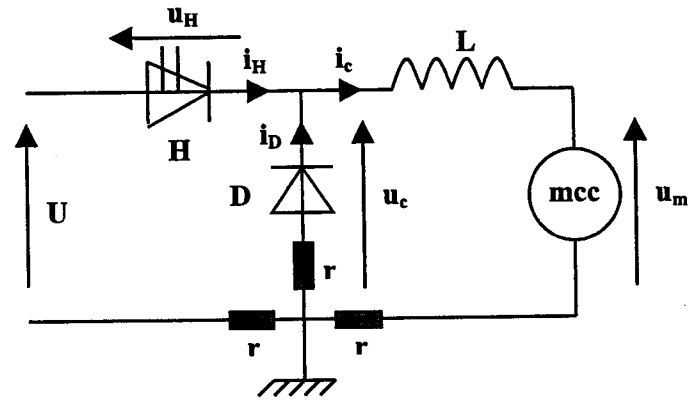


Figure 4

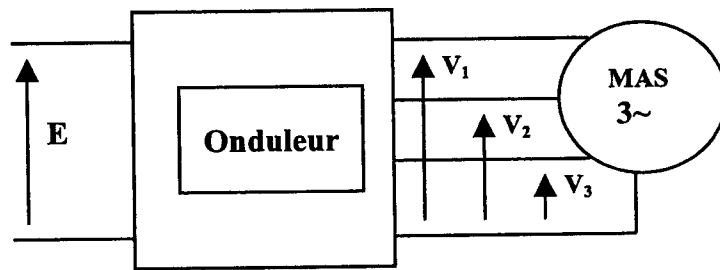


Figure 5

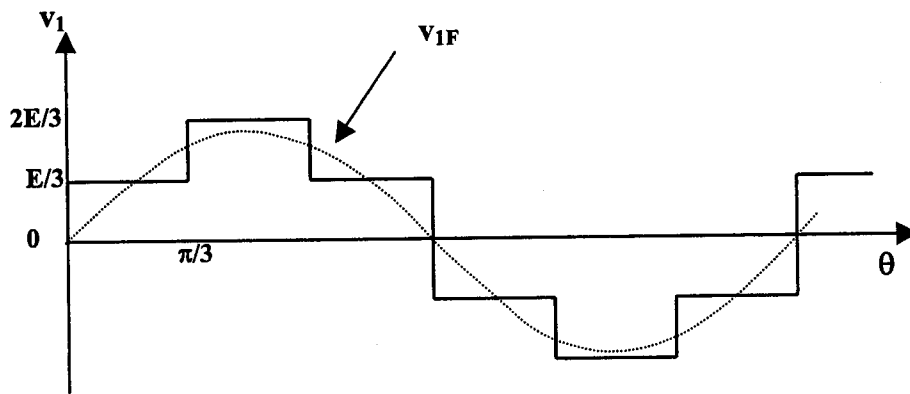
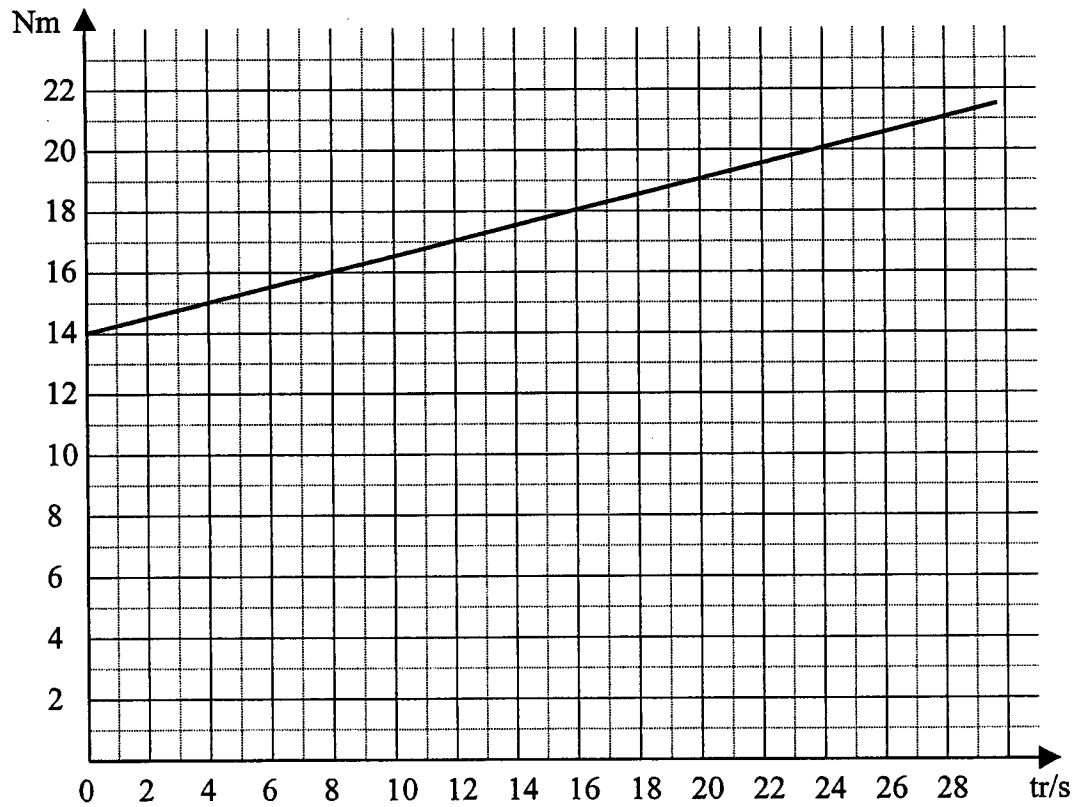


Figure 6

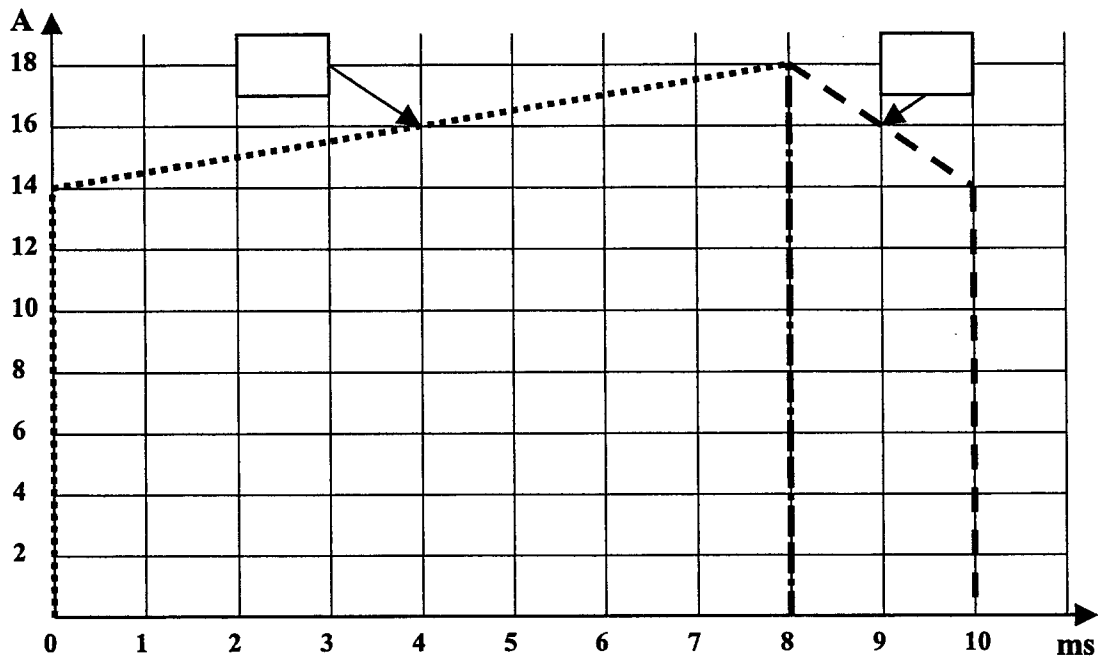
**Document réponse 1 :**

<b>Convertisseur de puissance</b>	→	<b>Moteur</b>
<b>Hacheur série</b>		<b>Moteur asynchrone</b>
<b>Redresseur à diodes</b>		
<b>Redresseur à thyristors</b>		<b>Moteur à courant continu</b>
<b>Onduleur triphasé</b>		
<b>Transformateur triphasé</b>		<b>Moteur synchrone</b>

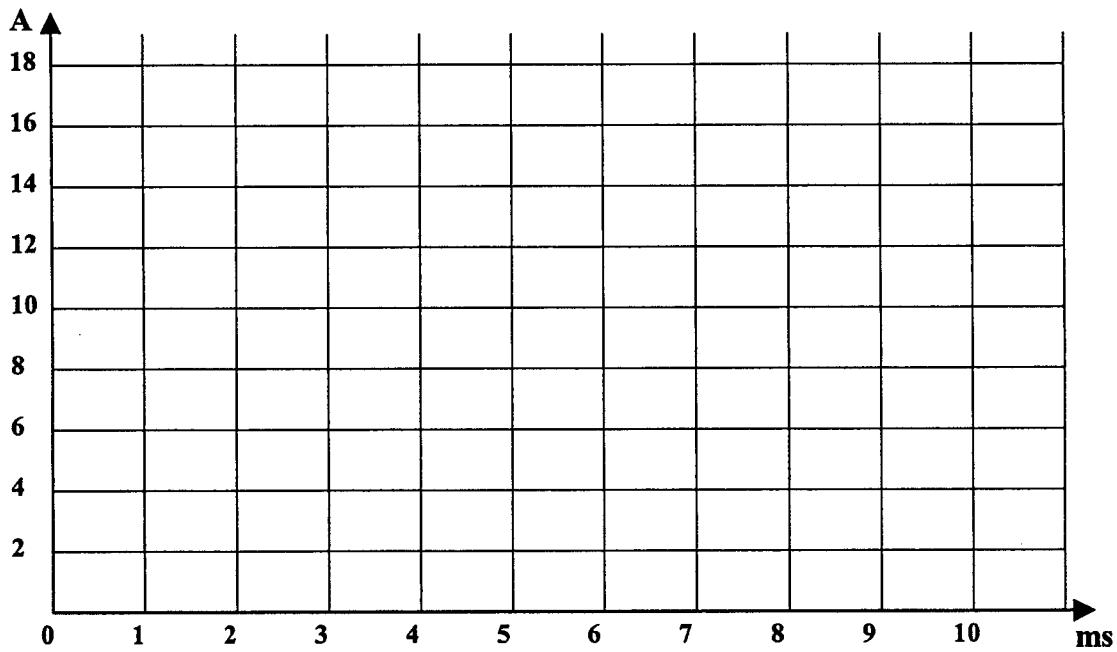
**Document réponse 2 : Caractéristique mécanique de la charge**



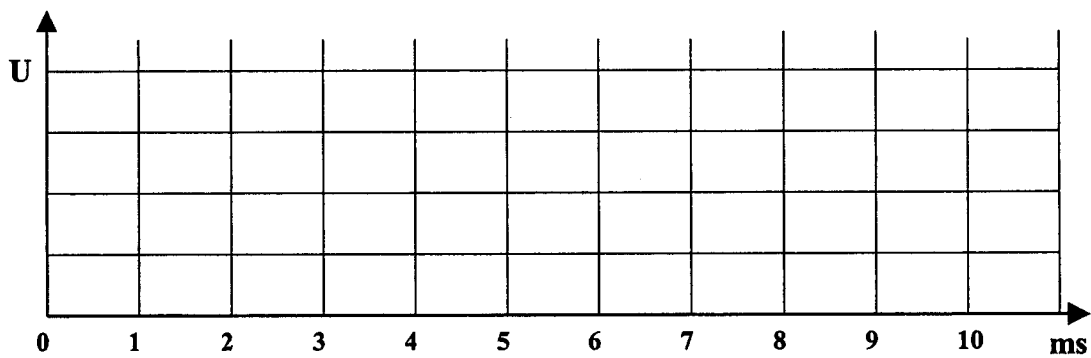
**Document réponse 3 : Hacheur série**



**Courants  $i_H$  et  $i_D$**



**Courant  $i_c$**



**Tension  $u_c$**