

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SESSION 2007

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 9 pages numérotées de 1 à 9 dont les documents réponse pages 7, 8 et 9 sont à rendre avec la copie. Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet est composé de 2 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.

PARTIE 1

ASSERVISSEMENT DE VITESSE D'UN MOTEUR À COURANT CONTINU

Le schéma de montage simplifié d'une installation est donné figure 1, page 5.

Elle comporte un moteur à courant continu dont la vitesse est asservie.

Les éléments de cette installation sont étudiés indépendamment les uns des autres : vous pouvez les aborder dans l'ordre de votre choix.

1.1 Étude du moteur (figure 2, page 5).

Le moteur à courant continu, à aimants permanents, porte la plaque signalétique suivante :

$$U_N=180V \quad I_N=5,10A \quad n_N=2000 \text{ tr.min}^{-1} \quad P_{UN}=750W.$$

La détermination expérimentale de la résistance R de l'induit a donné : $R=2,65\Omega$.

1.1.1 Fonctionnement nominal

Pour le fonctionnement nominal, calculer :

- a) le moment du couple utile T_{UN} ;
- b) la valeur de la force électromotrice E_N ;
- c) la puissance électromagnétique P_{EMN} ;
- d) le moment du couple électromagnétique T_{EMN} ;
- e) le moment du couple de pertes T_P , que l'on considèrera constant par la suite.

1.1.2 Charge maximale

L'intensité I_{max} du courant est volontairement limitée à 8A.

- a) Montrer que les moments des couples maxima autorisés sont respectivement $T_{EMmax}=6,35N.m$ et $T_{Umax}=5,88N.m$.
- b) Calculer la valeur U_{max} de la tension d'alimentation nécessaire pour entraîner cette charge à la fréquence de rotation nominale n_N .

1.2 Étude du hacheur série alimentant une charge E_C, L (figure 3, page 5).

L'interrupteur K est fermé sur l'intervalle de temps $[0, \alpha T]$, il est ouvert sur l'intervalle de temps $[\alpha T, T]$ où T est la période. Les interrupteurs utilisés sont considérés comme parfaits.

1.2.1 Choix de l'interrupteur K .

Citer le composant à semi-conducteur, commandé à l'ouverture et à la fermeture, qui peut réaliser l'interrupteur K .

1.2.2 Équation liant les tensions dans la charge E_C, L .

Établir, en apportant les justifications nécessaires, l'équation liant la force électromotrice E_C à la valeur moyenne $\langle v \rangle$ de la tension délivrée par le hacheur.

On rappelle qu'en régime permanent, la valeur moyenne de la dérivée temporelle du courant i dans la charge est nulle : $\left\langle \frac{di}{dt} \right\rangle = 0$.

1.2.3 Étude du fonctionnement périodique du hacheur en régime permanent.

La valeur de l'inductance pure L est supposée suffisamment élevée pour que l'amplitude du courant soit considérée comme constante dans la charge : $i=I$.

Le branchement des voies de l'oscilloscope est indiqué sur la figure 3 page 5.

- a) Indiquer l'instant $\alpha.T$ sur l'oscillogramme du document-réponse 1, page 7, puis remplir le tableau du document-réponse 1, page 7.
- b) Expliquer pourquoi la diode est bloquée quand l'interrupteur K est fermé.

- c) Déterminer, par une étude graphique des oscillogrammes du document-réponse 1, page 7 :
- ✓ la valeur de la fréquence f de $v(t)$;
 - ✓ la valeur du rapport cyclique α ;
 - ✓ la valeur de la tension d'alimentation U_0 ;
 - ✓ la valeur de l'intensité I du courant dans la charge.
- d) Établir l'expression littérale donnant la valeur moyenne $\langle v \rangle$ en fonction de U_0 et de α .
- e) Donner l'expression littérale de la puissance moyenne P_m fournie par le hacheur à la charge, puis calculer sa valeur numérique.

1.3 Étude de l'alimentation du hacheur série.

L'alimentation du hacheur est constituée par l'association d'un transformateur monophasé, d'un redresseur et d'un condensateur, que nous allons étudier séparément.

1.3.1 Étude du transformateur d'après deux essais à puissance réduite (figure 4, page 6).

Le transformateur monophasé choisi est soumis à deux essais.

- Un essai à vide sous tension primaire nominale :
 $U_{10}=U_{1N}=400V$; $U_{20}=200V$; $I_{10}=0,8A$; $P_{1V}=39W$
- Un essai en court-circuit sous tension primaire réduite et courants nominaux :
 $U_{1CC}=19,2V$; $I_{2CC}=I_{2N}=8,0A$; $P_{1CC}=31W$

- a) Calculer le rapport de transformation m .
- b) Déterminer à l'aide de l'essai en court-circuit : R_S , Z_S puis X_S
- c) Dans l'essai à vide, justifier que l'on peut considérer les pertes par effet Joule comme négligeables. En déduire les pertes dans le fer nominales p_{FN} .
- d) Dans l'essai en court-circuit, justifier que l'on peut considérer les pertes fer comme négligeables. En déduire les pertes par effet Joule nominales p_{JN}
- e) Calculer le rendement nominal du transformateur, sachant que la puissance nominale délivrée par le secondaire du transformateur est $P_{2N}=1400W$.

1.3.2 Étude du transformateur alimentant une charge inductive.

- a) En utilisant l'oscillogramme du document-réponse 2, page 7, déterminer graphiquement le déphasage φ_2 du courant $i_2(t)$ par rapport à la tension $u_2(t)$ au secondaire du transformateur.
- b) Le transformateur, alimenté sous tension primaire nominale, débite son courant secondaire nominal, de valeur efficace $I_{2N}=8A$, dans une charge inductive lui imposant un facteur de puissance $\cos\varphi_2=0,9$. Dans ces conditions, calculer, à l'aide de la formule approchée, la chute de tension ΔU_2 au secondaire.
- c) En déduire la valeur efficace de la tension U_2 , puis la puissance P_2 fournie par le secondaire à la charge.

1.3.3 Étude du fonctionnement du redresseur et de la tension redressée (figure 5, page 6)

Le redresseur est un pont monophasé à diodes considérées comme idéales.

- a) Sur le document réponse 3, page 8, dessiner, en concordance avec la tension d'alimentation du pont $u_2(t)$, l'allure de la tension redressée $u_{Red}(t)$ en sortie du redresseur. Préciser la séquence de conduction des diodes du pont en conduction ininterrompue.
- b) En déduire l'amplitude maximale \hat{U}_{Red} de la tension $u_{Red}(t)$. Calculer sa valeur moyenne $\langle u_{Red} \rangle$.

1.3.4 Rôle du condensateur.

Préciser le rôle du condensateur de capacité C rajouté à la sortie du redresseur (voir figure 1, page 5).

1.4 Étude de l'asservissement de la vitesse du moteur

1.4.1 Sur le document-réponse 4, page 8, identifier, en les délimitant, la chaîne directe, la chaîne de retour et l'opérateur de différence.

Comment l'opérateur de différence a-t-il été réalisé pour l'installation (voir figure 1, page 5) ?

Placer, sur le schéma-bloc du document-réponse 4 page 8, les grandeurs suivantes : Ω (vitesse angulaire), u_R (tension de retour), ε (tension d'erreur), α , $\langle v \rangle$.

1.4.2 Si le moment du couple résistant de la charge augmente, le courant I augmente aussi. Compléter alors les évolutions successives des grandeurs du tableau du document-réponse 4, page 8.

PARTIE 2

CONTRÔLE DE LA VITESSE D'UN MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASÉ

2.1 Étude du moteur asynchrone triphasé (figure 6, page 6).

Le moteur asynchrone est alimenté par le réseau triphasé équilibré 400V-50Hz.

Il porte sur sa plaque signalétique les informations suivantes.

Valeur efficace U de la tension nominale: 230V/400V.

Puissance utile nominale P_{UN} : 10 kW.

Moment du couple utile nominal T_{UN} : 100 N.m.

Rendement nominal du moteur η_N : 0,84.

Facteur de puissance nominal $\cos\varphi_N$: 0,83.

2.1.1 Montrer que les enroulements du moteur doivent être couplés en étoile.

2.1.2 Calculer la vitesse angulaire de rotation nominale Ω_N . En déduire la fréquence de rotation nominale n_N en tr.min^{-1} .

2.1.3 Déterminer la fréquence de synchronisme n_s . En déduire le nombre p de paires de pôles du moteur.

2.1.4 Calculer la valeur du glissement nominal g_N .

2.1.5 Calculer la puissance absorbée P_{AN} par le moteur lors du fonctionnement nominal.

2.1.6 En déduire la valeur I_N de l'intensité du courant nominal en ligne.

2.2 Étude de l'onduleur (figure 7, page 6).

L'onduleur alimentant le moteur asynchrone précédent est un onduleur à U/f constant.

On suppose que les oscillogrammes de $u_{CH}(t)$ et $i(t)$ relatifs à une phase sont représentés sur le document-réponse 5, page 9.

2.2.1 Identifier les chronogrammes représentant $u_{CH}(t)$ et l'image de $i(t)$ sur le document-réponse 5, page 9.

2.2.2 Compléter le tableau de ce document-réponse.

2.2.3 Calculer la valeur efficace de la tension $u_{CH}(t)$.

2.3 Variation de la vitesse du moteur asynchrone alimenté par l'onduleur

L'association du moteur et de l'onduleur permet de faire varier la vitesse du moteur.

La caractéristique mécanique de la charge entraînée par le moteur est donnée sur le document-réponse 6, page 9.

2.3.1 Sur le document-réponse 6, page 9, tracer la caractéristique mécanique du moteur asynchrone précédemment étudié.

Afin de limiter la valeur de la fréquence de rotation du groupe (moteur + charge) à 650 tr.min^{-1} , on agit sur le réglage de la fréquence de l'onduleur.

2.3.2 Déterminer graphiquement les coordonnées du nouveau point de fonctionnement.

2.3.3 Tracer la nouvelle caractéristique mécanique du moteur passant par ce point.

2.3.4 Déterminer la nouvelle fréquence électrique f' et la nouvelle valeur efficace U' qui lui sont associées.

STI Génie Électrotechnique – Sciences physiques et physique appliquée-

REPÈRE : 7 PYET PO1

Page : 4/9

figure 1 : schéma simplifié de l'installation

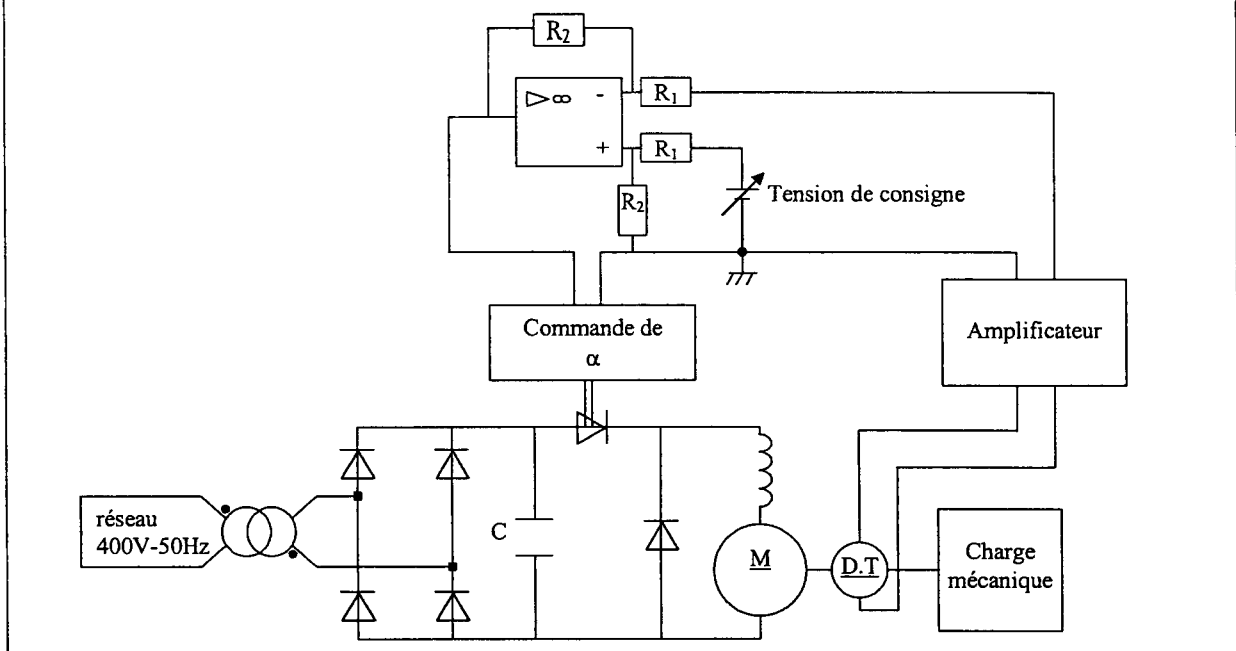


figure 2 : moteur à courant continu

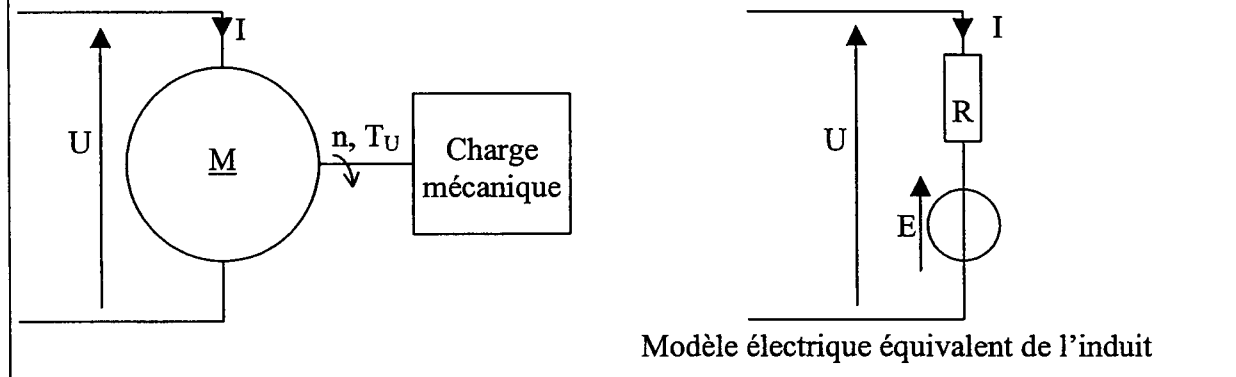


figure 3 : hacheur série

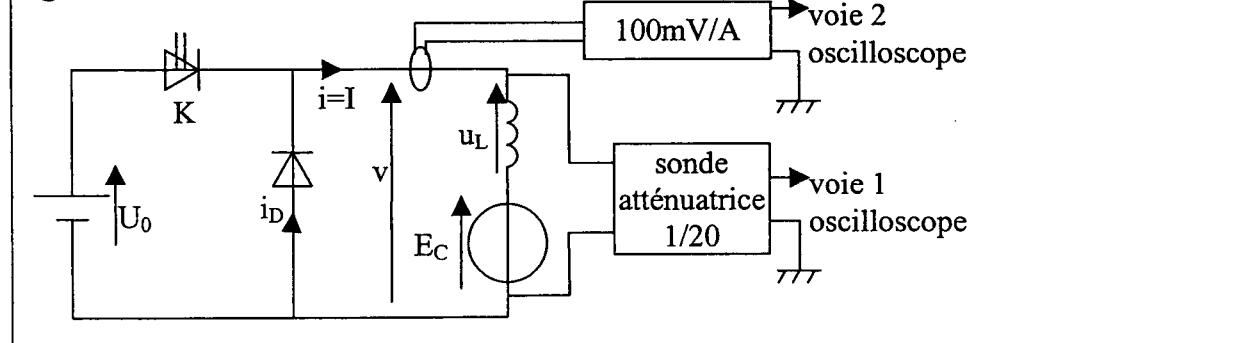
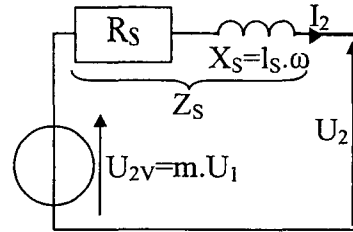
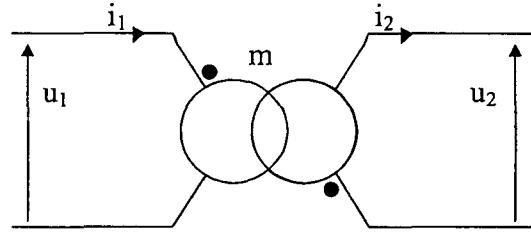


figure 4 : transformateur monophasé



modèle électrique équivalent
vu du secondaire

figure 5 : redresseur

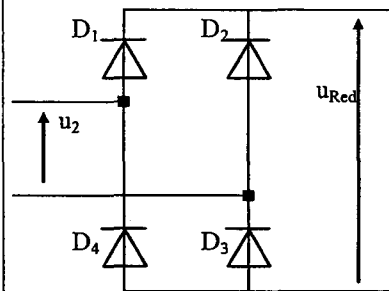


figure 6 : moteur asynchrone

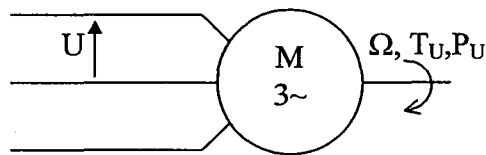
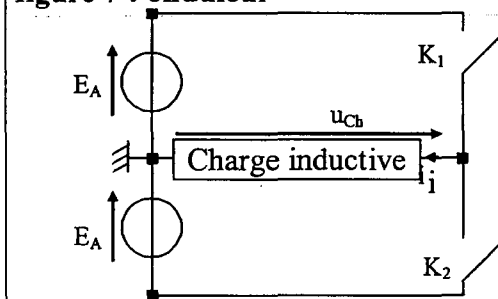
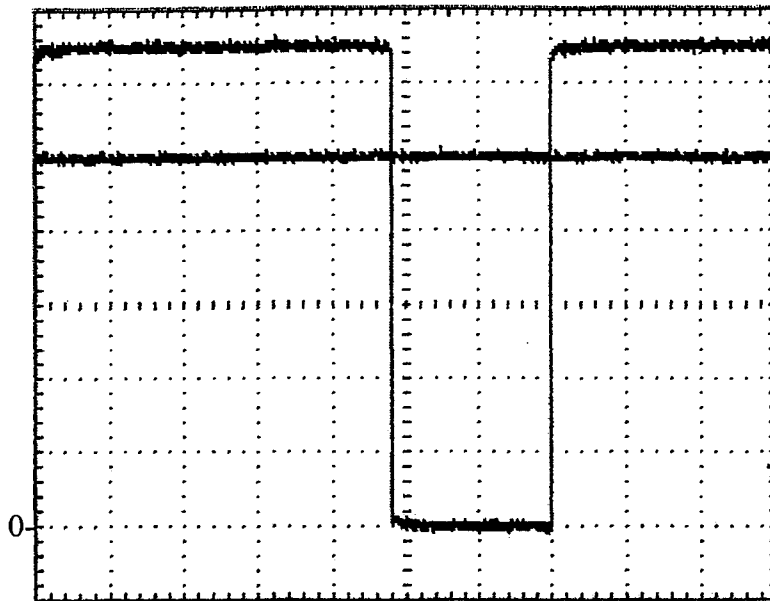


figure 7 : onduleur



DOCUMENT À RENDRE AVEC LA COPIE.
Document-réponse 1 : fonctionnement du hacheur



Calibres :

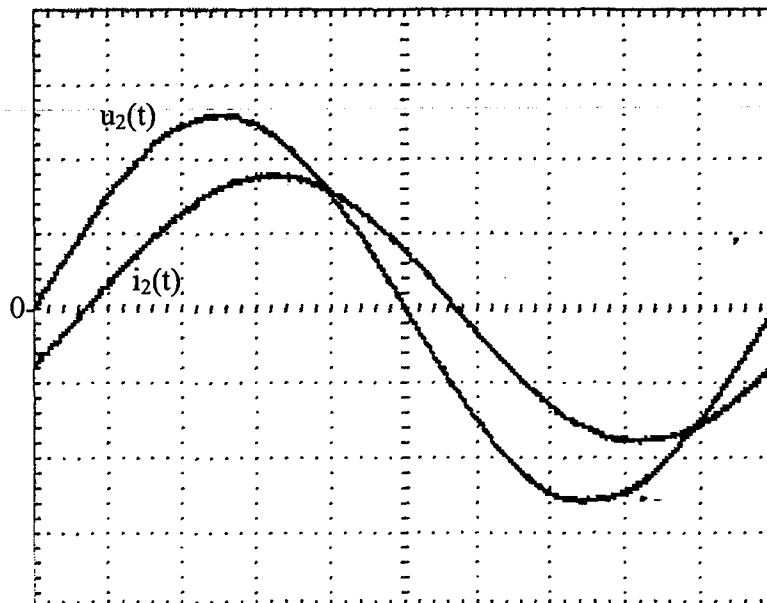
- voie 1 : 2V/div
- voie 2 : 0,1V/div

Base de temps :

- 0,1ms/div

Tableau	état de K :	état de D :	i_D	v	phase
$0 < t < \alpha T :$	fermé		$i_D =$	$v =$	alimentation
$\alpha T < t < T :$	ouvert		$i_D =$	$v =$	

Document-réponse 2 : secondaire du transfo sur charge inductive



Base de temps :

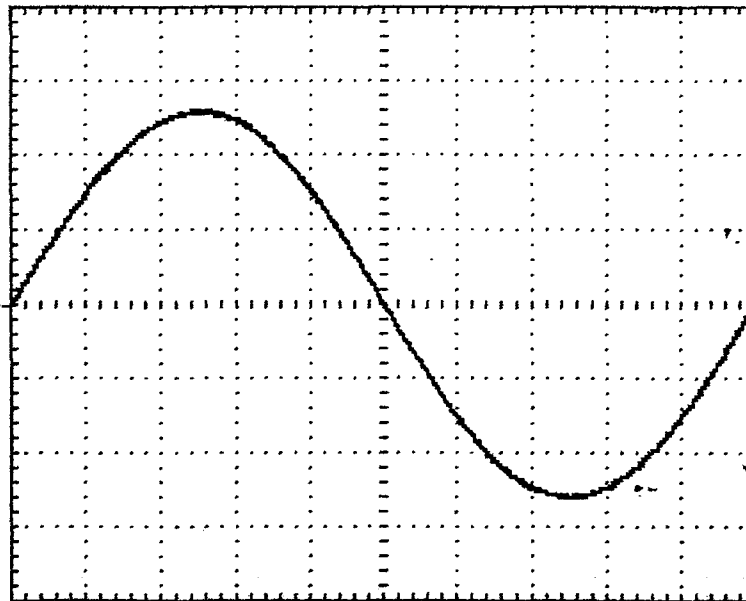
- 2ms/div

DOCUMENT À RENDRE AVEC LA COPIE.
Document-réponse 3 : fonctionnement du redresseur

oscillogramme de $u_2(t)$ relevé à l'aide d'une sonde atténuatrice de rapport $\frac{1}{100}$

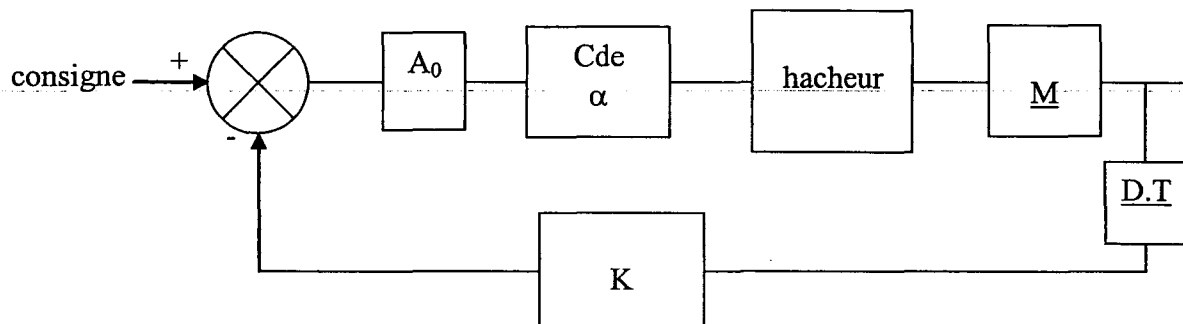
calibre :
 1V/div

base de temps :
 2ms/div



Diodes en conduction		
----------------------	--	--

Document-réponse 4 : asservissement de vitesse



I	E	Ω	u_R	ε	$\alpha = K \cdot \varepsilon + \alpha_0$	$\langle v \rangle$	E	Ω
augmente								

DOCUMENT À RENDRE AVEC LA COPIE.

Document-réponse 5 : oscillogramme de $u_{CH}(t)$ et $i(t)$ délivrés par l'onduleur

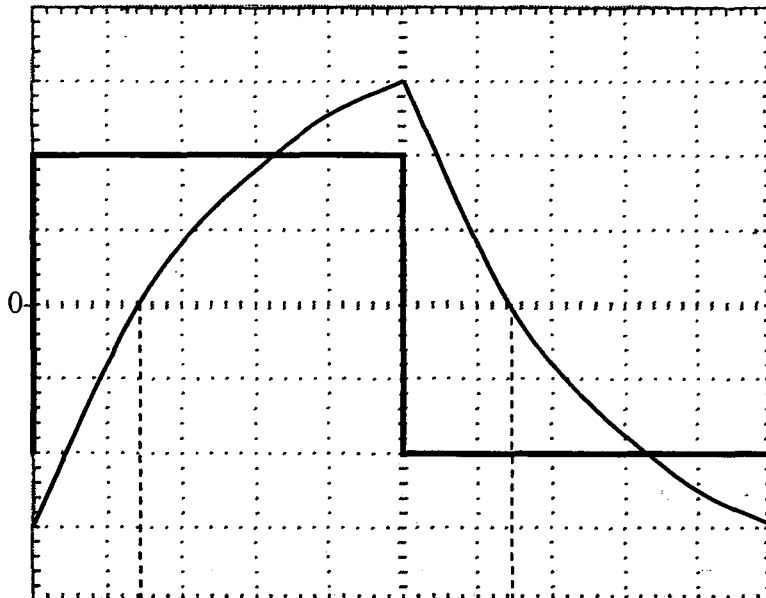
oscillogramme de $u_{CH}(t)$ relevé à l'aide d'une sonde atténuatrice de rapport $\frac{1}{100}$

calibre voie $u_C(t)$:

2V/div

base de temps :

2ms/div



Interrupteurs passants :		
Signe de la puissance $p(t)$: ($p(t)=u_{CH}(t).i(t)$)		
Phase de récupération (R) ou d'alimentation (A) :		

Document-réponse 6 : caractéristiques mécaniques

