

# BACCALAUREAT 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).

**Dés que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.**

Le sujet comporte 10 pages numérotées de 1 à 10 dont les documents réponse pages 8 à 10 sont à rendre avec la copie.

Le sujet est composé de 3 parties indépendantes.

Chaque partie comportant de nombreuses questions indépendantes.

<p><b>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.</b></p>
--

## **PARTIE A : Etude d'un moteur à courant continu à excitation séparée.**

On donne les valeurs nominales de fonctionnement :

Tension aux bornes de l'induit :  $U_N = 240 \text{ V}$

Intensité du courant dans l'induit :  $I_N = 8,0 \text{ A}$

Fréquence de rotation :  $n_N = 1500 \text{ tr.min}^{-1}$

Puissance utile :  $P_{uN} = 1,50 \text{ kW}$

Intensité du courant dans l'inducteur  $I_{excN} = 0,40 \text{ A}$

et celles des résistances :

résistance de l'induit :  $R = 5,0 \Omega$

résistance de l'inducteur :  $R_{exc} = 500 \Omega$

### **1. Modèles électriques équivalents.**

Représenter les modèles électriques de l'inducteur et de l'induit.

### **2. Etude au fonctionnement nominal.**

- 2.1. Calculer la force électromotrice  $E_N$ .
- 2.2. Calculer la puissance  $P_{aN}$  reçue par le moteur.
- 2.3. Calculer le rendement  $\eta$  du moteur.

### **3. Etude de la force électromotrice.**

- 3.1. À courant d'excitation constant, justifier l'écriture  $E = k \cdot n$  ( $E$  force électromotrice en V et  $n$  fréquence de rotation en  $\text{tr.s}^{-1}$ ).
- 3.2. Montrer que  $k = 8,0 \text{ V.tr}^{-1}.\text{s}$ .

### **4. Etude du moment du couple électromagnétique.**

A courant d'excitation constant, montrer que le moment  $T_{em}$  du couple électromagnétique est proportionnel à l'intensité  $I$  du courant dans l'induit.

## **5. Modifications du point de fonctionnement.**

**Le moment du couple de pertes est négligeable.**

**L'intensité du courant d'excitation est maintenue constante à sa valeur nominale.**

5.1.  $T_R$  est le moment du couple résistant imposé par la charge entraînée. Quelle est la relation liant  $T_{em}$  et  $T_R$  ?

5.2. Établir l'expression de  $n$  en fonction de  $I$ ,  $k$ ,  $R$  et  $U$ .

5.3. Justifier le sens de variation de la fréquence de rotation si :

5.3.a. le moment du couple résistant étant constant, la tension d'induit diminue ;

5.3.b. la tension d'induit étant constante, le moment du couple résistant diminue.

5.4. La tension d'induit est constante :  $U = 240 \text{ V}$ .

Partant d'un état de fonctionnement tel que le moment du couple résistant est

$T_R = 10,0 \text{ N.m}$  et l'intensité du courant dans l'induit est  $I = 8,0 \text{ A}$ , on effectue une modification de la charge. Le moment du couple résistant est divisé par 2.

5.4.a. Quelle est la nouvelle valeur  $T'_{em}$  du moment du couple électromagnétique ?

5.4.b. Quelle est la nouvelle valeur  $I'$  de l'intensité du courant dans l'induit ?

5.4.c. Calculer la nouvelle valeur  $E'$  de la force électromotrice ; en déduire la nouvelle valeur  $n'$  (en  $\text{tr.s}^{-1}$ , puis en  $\text{tr.min}^{-1}$ ) de la fréquence de rotation.

5.4.d. Quel devrait alors être le sens de variation de  $I_{exc}$  si l'on voulait ramener la fréquence de rotation de l'ensemble (le moteur et sa charge) à  $n_N$  ?

## **6. Essais sur une machine à courant continu.**

6.1. Sur le document - réponse 1 page 8, sont proposés trois essais réalisés dans des conditions différentes.

Chacun d'eux permet de déterminer une ou deux grandeurs parmi :

la résistance d'induit  $R$ , la puissance reçue  $P_a$ , la puissance utile  $P_u$ , la somme des pertes dites collectives ( $p_{fer} + p_{méca}$ ).

Cocher les cases correspondantes.

6.2. Représenter sur la copie le schéma du montage électrique pour réaliser l'essai n° 3.

On dispose de différents matériels, notamment :

Alimentations : 0 / 230 V – 1,5 A – DC ; 0 / 300 V – 10 A – DC ; 0 / 400 V – 10 A – AC

Ampèremètres : calibres 2 A – 10 A ; AC – DC

Voltmètres : calibres 50 V – 500 V ; AC – DC

Indiquer votre choix, en utilisant les données du début du texte.

## **PARTIE B : Etude d'un moteur asynchrone triphasé.**

On a relevé, sur la plaque signalétique, les indications suivantes :

230 V / 400 V

21,6 A / 12,5 A

950 tr.min<sup>-1</sup> ; 50 Hz

### **1. Couplage et réseau.**

Selon le réseau dont on dispose, le couplage des enroulements du stator s'effectue soit en étoile soit en triangle.

Compléter le tableau du document – réponse 1 page 8 dans le cadre d'un fonctionnement nominal, en précisant, selon la valeur efficace  $U$  de la tension composée du réseau :

- le couplage à réaliser,
- l'intensité efficace  $I$  du courant en ligne,
- l'intensité efficace  $I_{\text{enr}}$  du courant dans un enroulement,
- la tension efficace  $U_{\text{enr}}$  aux bornes d'un enroulement.

**Pour la suite du problème on se place dans le cas d'un réseau triphasé 230V/ 400 V – 50 Hz.**

### **2. Utilisation des autres grandeurs de la plaque signalétique.**

Déterminer :

- 2.1. la fréquence de synchronisme  $n_s$  (en tr.min<sup>-1</sup>),
- 2.2. le nombre de pôles,
- 2.3. le glissement nominal  $g_N$ .

### **3. Étude des puissances.**

La résistance, mesurée à chaud, entre deux bornes du stator couplé est  $R = 1,0 \Omega$ .

3.1. Lors d'un essai à vide, sous  $U_{\text{enrN}}$ , on a relevé l'intensité efficace  $I_0$  du courant en ligne :  $I_0 = 6,0 \text{ A}$  et  $P_{\text{ao}} = 414 \text{ W}$ . Calculer les pertes collectives (pertes autres que par effet Joule).

3.2. Lors de l'essai en charge nominale, on a relevé :

- l'intensité efficace du courant en ligne :  $I_N = 12,5 \text{ A}$ ,
- le facteur de puissance :  $\cos \varphi_N = 0,80$ ,
- la fréquence de rotation  $n_N = 950 \text{ tr.min}^{-1}$ .

On admet que les pertes collectives ont pour valeur 360 W.

3.2.a. Calculer la puissance  $P_a$  absorbée.

3.2.b. Calculer la puissance  $p_{\text{JS}}$  perdue par effet Joule au stator.

3.2.c. Calculer la puissance  $P_{tr}$  transmise au rotor sachant que les pertes magnétiques au stator  $p_{FS}$  valent 200 W.

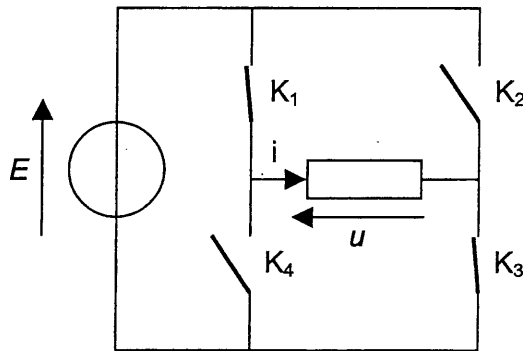
3.2.d. On admet que la puissance perdue par effet Joule au rotor est  $p_{JR} = 325$  W. Montrer que la puissance utile  $P_u$  vaut 6,0 kW.

3.2.e. Calculer le moment  $T_u$  du couple utile.

#### 4. Alimentation par un onduleur autonome.

**Aucune connaissance sur l'onduleur n'est nécessaire pour traiter ce qui suit.**

On donne le schéma de principe d'un onduleur monophasé.



4.1. Représenter la tension  $u(t)$  sur le document – réponse 1 page 8 en respectant la séquence d'ouverture et de fermeture des interrupteurs  $K_i$ .

4.2. Pour le moteur asynchrone considéré, l'onduleur est en réalité triphasé.

Le moteur entraîne une charge dont le moment  $T_R$  du couple résistant est constant et égal à 40 N.m.

L'onduleur délivre un système triphasé de tensions permettant un fonctionnement dit à  $U/f$  constant.

4.2.a. A vide et pour  $f = 50$  Hz, le moteur a une fréquence de rotation voisine de  $1000 \text{ tr.min}^{-1}$ . La partie utile de la caractéristique  $T_u(n)$  est assimilable à un segment de droite. Pour  $f = 50$  Hz, et  $U = 400$  V, ce segment passe par le point :  $(60 \text{ N.m} - 950 \text{ tr.min}^{-1})$ .

Tracer cette caractéristique sur le document – réponse 2 page 9.

4.2.b. On règle la fréquence à  $f' = 30$  Hz.

La partie utile de la caractéristique  $T_u(n)$  se déplace parallèlement à elle-même.

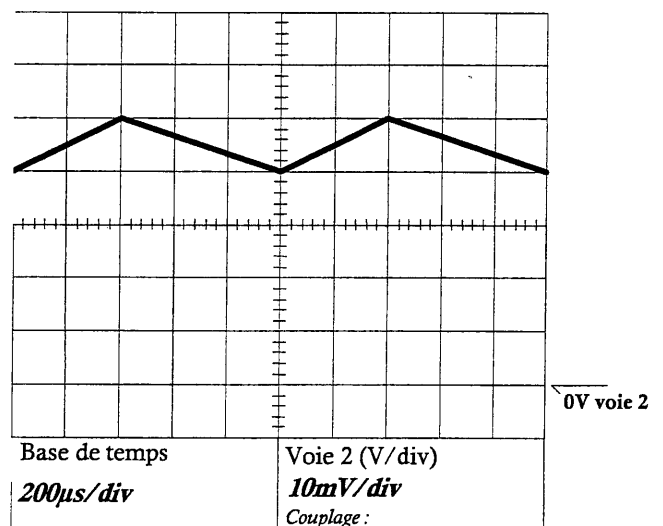
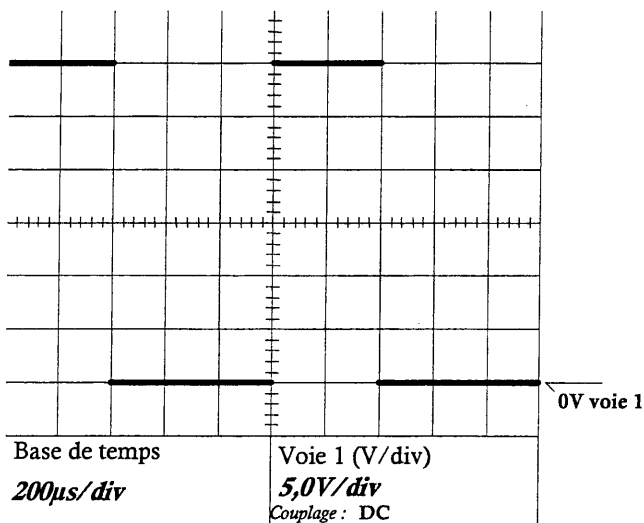
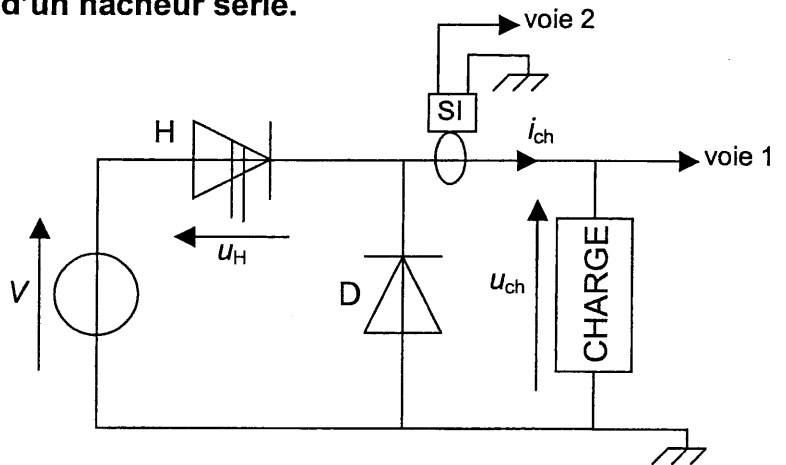
- Tracer la nouvelle caractéristique sur le document – réponse 2 page 9.
- Déterminer la fréquence  $n'$  de rotation de l'ensemble moteur – charge.
- Calculer la nouvelle valeur de  $U'$  nécessaire à ce fonctionnement.

## PARTIE C : Etude expérimentale d'un hacheur série.

On utilise le schéma ci contre.

D et H sont parfaits.

On a relevé les oscillogrammes de  $u_{ch}$  et  $i_{ch}$  à l'aide d'un oscilloscope muni d'une sonde de courant (SI) ;



### 1. Étude de la tension $u_{ch}(t)$ aux bornes de la charge.

- 1.1. Donner la valeur de la fréquence de hachage.
- 1.2. Donner la valeur de  $V$ , tension d'alimentation du hacheur.
- 1.3. Sur une période de fonctionnement, quelle est la durée de fermeture de l'interrupteur H ? quelle est la durée d'ouverture ?
- 1.4. Donner la valeur de  $\alpha$ , rapport cyclique du hacheur.
- 1.5. On dispose d'un voltmètre RMS qui est utilisable sur trois positions :

DC ; AC ; AC+DC

1.5.a. Dans le tableau du document – réponse 3 page 10, indiquer les positions nécessaires pour les mesures de la valeur moyenne et de la valeur efficace de  $u_{ch}(t)$ .

1.5.b. Calculer la valeur moyenne  $\langle u_{ch} \rangle$  de la tension aux bornes de la charge, puis compléter la colonne valeur affichée du document – réponse 3 page 10 sachant que les deux valeurs mesurées sont : 12,0 V et 18,9 V.

## **2. Chronogramme de la tension $u_H(t)$ aux bornes de l'interrupteur H.**

2.1. Compléter le document – réponse 3 page 10, en y représentant le chronogramme de  $u_H(t)$  en concordance de temps avec  $u_{ch}(t)$  (donnée page 6/10); les réglages de l'oscilloscope sont indiqués sur le document – réponse.

2.2. On utilise un oscilloscope dont seule la voie 2 est inversable. Indiquer sur le document – réponse 3 page 10 les branchements et réglages pour visualiser simultanément  $u_{ch}(t)$  et  $u_H(t)$ .

## **3. Étude de l'intensité $i_{ch}(t)$ dans la charge.**

La sonde de courant a pour sensibilité 100 mV / 1 A.

3.1. Quel est le couplage de l'oscilloscope : DC ou AC qui permet d'observer l'intensité  $i_{ch}(t)$  du document de la page 6/10 ? Justifier.

3.2. La charge est-elle résistive ou inductive ? Justifier.

3.3. Donner les valeurs maximale et minimale de  $i_{ch}(t)$ .

3.4. Calculer la valeur moyenne de  $i_{ch}(t)$ .

3.5. On désire visualiser l'ondulation du courant  $i_{ch}(t)$ , toujours par l'intermédiaire de la sonde de courant.

3.5.a. Préciser le couplage DC ou AC à utiliser.

3.5.b. Représenter sur le document – réponse 3 page 10, le chronogramme obtenu.

Les réglages de l'oscilloscope sont indiqués sur le document – réponse.

Document – réponse 1 – A rendre avec la copie

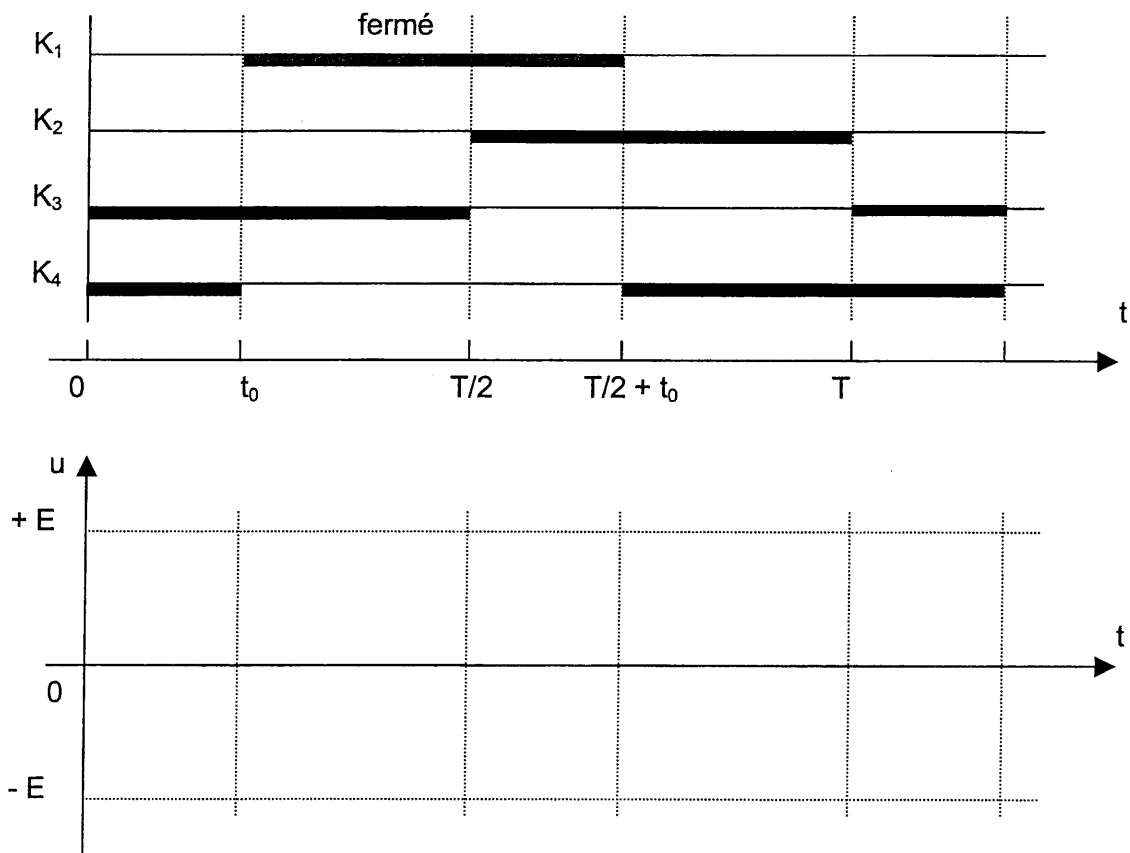
Partie A – question 6.1.

N° essai	Conditions de l'essai	$R$	$P_{aN}$	$P_{uN}$	$p_{fer} + p_{méca}$
1	Essai en moteur à vide à $n_N$ et $I_{excN}$				
2	Essai à $I_N$ , excitation non câblée (rotor bloqué)				
3	Essai en charge à $n_N$ et $I_{excN}$				

Partie B – question 1.

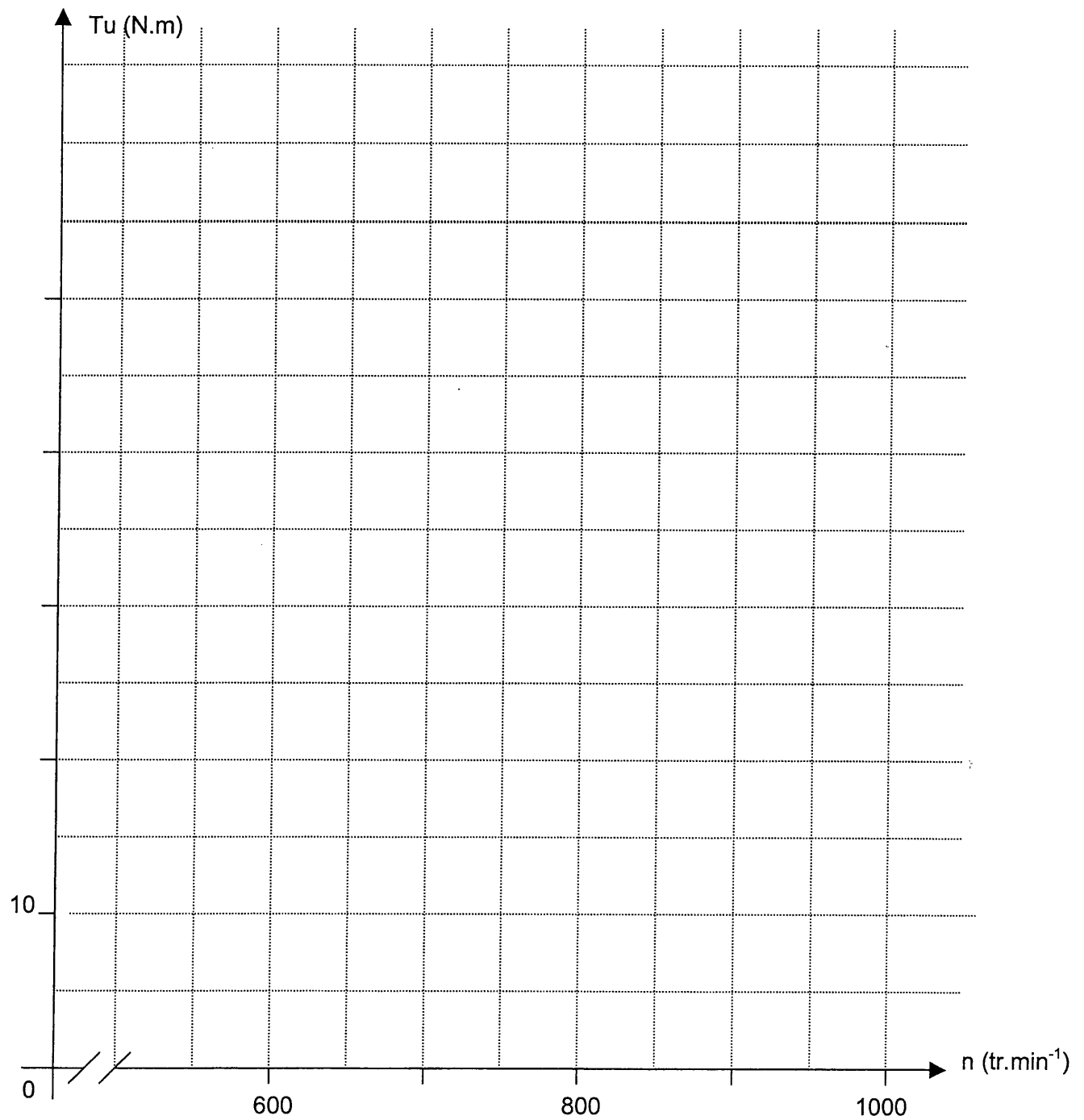
$U$ (V)	Couplage	$I$ (A)	$I_{enr}$ (A)	$U_{enr}$ (V)
230				
400				

Partie B – question 4.1.



Document – réponse 2 - A rendre avec la copie

Partie B – question 4.2.

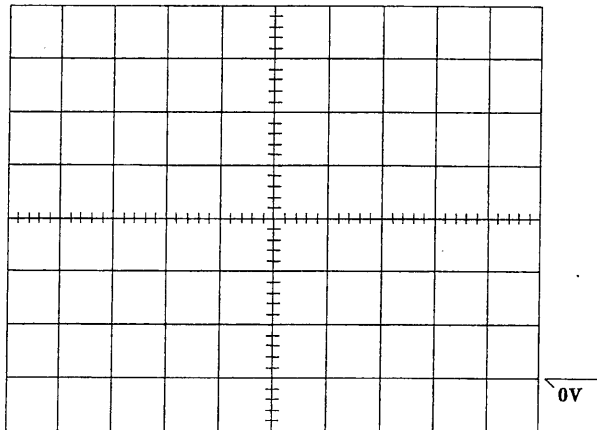


Document – réponse 3 - **A rendre avec la copie**

**Partie C – questions 1.5.a. et 1.5.b.**

Réglage voltmètre	DC	AC	AC + DC	Valeur affichée
Valeur moyenne de $u_{ch}$				
Valeur efficace de $u_{ch}$				

**Partie C – question 2.1.**

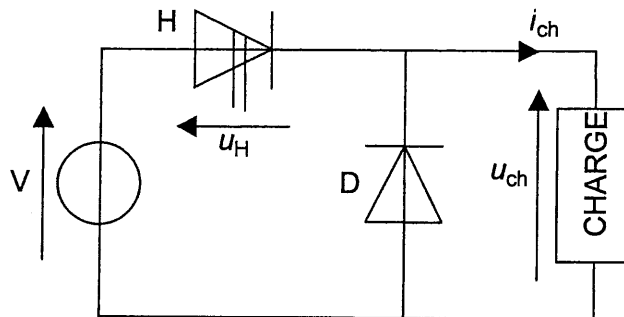


Base de temps : 200  $\mu$ s/div

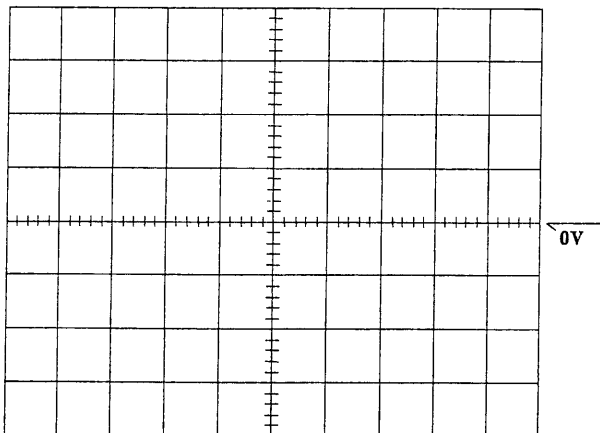
5,0 V/div

couplage DC

**Partie C – question 2.2.**



**Partie C – question 3.5.b.**



Base de temps : 200  $\mu$ s/div

2,0 mV/div

couplage