

# **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 12 pages numérotées de 1 à 12 dont les documents réponse 1 à 4 sont à rendre avec la copie.

Le sujet est composé de 4 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.**

## Etude d'une alimentation de secours et de sa régulation

Un groupe électrogène de secours comprend :

- un moteur thermique tournant à vitesse constante,
- un alternateur triphasé autonome 230/400 V – 50 Hz – 100kVA.

Le synoptique de l'ensemble est donné en annexe, page 7.

Remarque sur les notations :

- $v_c(t)$  ou  $v_c$  représentent la valeur instantanée (lettre en minuscule)
- $V_c$  représente la valeur efficace (lettre en majuscule)
- $\langle v_c(t) \rangle$  représente la valeur moyenne.

### **PARTIE A : Etude de l'alternateur**

L'alternateur, dont l'induit est couplé en étoile, tourne à sa fréquence nominale  $n = 1000 \text{ tr.min}^{-1}$ . La fréquence  $f$  des tensions produites est de 50Hz.

Les caractéristiques de l'inducteur de l'alternateur sont :

résistance  $R_{ex} = 1,50 \Omega$  : inductance  $L_{ex} = 375 \text{ mH}$ .

Pour déterminer les caractéristiques de l'induit de l'alternateur, on a réalisé les essais suivants.

**A vide** : on a relevé, à vitesse nominale, la caractéristique  $E_v = f(I_{ex})$  assimilée à une droite passant par l'origine et le point (5A ;140V).  $I_{ex}$  est le courant inducteur.  $E_v$  est la valeur efficace de la tension à vide aux bornes d'un enroulement.  $E_v = E_s$  ( $E_s$  : f.e.m. synchrone de l'alternateur).

**En court-circuit** : on a relevé, à vitesse nominale, la caractéristique  $I_{cc} = f(I_{ex})$  qui est une droite passant par l'origine et le point (5A ;130A).  $I_{cc}$  est la valeur efficace de l'intensité du courant de court-circuit.

**En continu** : Par une méthode voltampèremétrique, on a relevé aux bornes d'un enroulement de l'induit une tension  $V_i = 4,50\text{V}$  lorsque qu'un courant d'intensité  $I_i = 150\text{A}$  y circule.

Dans toute la partie A, on notera  $V$  la valeur efficace de la tension simple en sortie de l'alternateur et  $I$  la valeur efficace de l'intensité du courant en ligne débité par l'induit de l'alternateur.

Le modèle électrique équivalent simplifié d'une phase de l'induit est donné ci-dessous sur la figure 1. Pour établir ce modèle, on a négligé la résistance interne de l'induit.

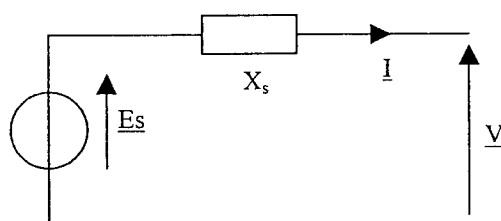


Figure 1

A-1) Donnez la relation liant  $\underline{E}_s$ ,  $\underline{V}$ ,  $\underline{I}$  et  $X_s$ .

A-2) Calculez la réactance synchrone  $X_s$  de l'induit.

A-3) L'alternateur alimente, sous une tension simple  $V$  de 230V, une installation inductive triphasée, de facteur de puissance 0,80, qui absorbe un courant  $I$  de 150A.

A-3-1) En construisant le diagramme vectoriel de Fresnel, déterminez la valeur de la f.e.m. synchrone  $E_s$ . On prendra  $X_s = 1,08 \Omega$ .

On prendra pour échelle 1 cm pour 20 V.

A-3-2) En déduire la valeur du courant d'excitation  $I_{ex}$  nécessaire pour avoir le fonctionnement désiré.

A-3-3) Quelle est la puissance  $P$  reçue par la charge ?

A-3-4) Quel essai permet de déterminer la valeur de la résistance d'un enroulement de l'induit ? Calculer la valeur  $R_i$  de cette résistance. En déduire les pertes joules  $P_{ji}$  dans l'induit.

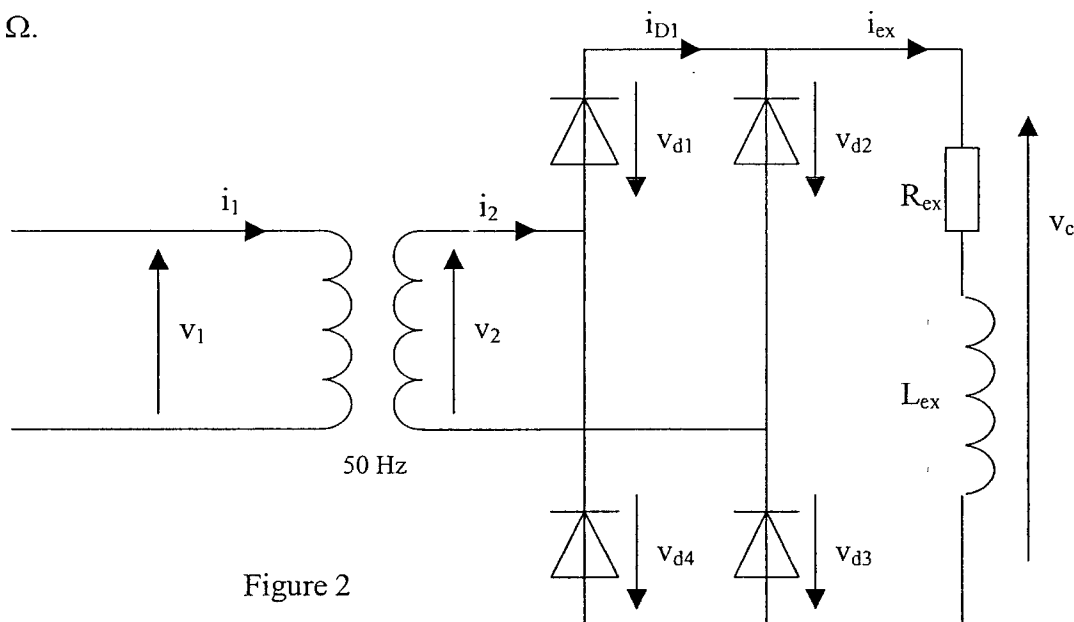
A-3-5) Quelle est la puissance  $P_a$  absorbée par l'alternateur en considérant les pertes constantes  $P_c$  égales à 1kW ? En déduire le rendement  $\eta$  de l'alternateur.

A-3-6) Que vaut le moment du couple exercé par le moteur thermique ?

## PARTIE B : Etude du redressement et du transformateur

Dans cette partie, on suppose que l'inducteur de l'alternateur est directement alimenté par le redresseur (annexe 2).

On suppose dans cette partie que la valeur de l'intensité du courant d'excitation  $I_{ex}$  est maximale, constante et égale à  $i_{ex}(t) = I_{exm} = 16A$ . La tension  $V_1$  est égale à 230 V.  $R_{ex}$  vaut  $1,5 \Omega$ .



B-1) Donnez la relation liant  $v_c(t)$ ,  $i_{ex}(t)$ ,  $L_{ex}$  et  $R_{ex}$ .

B-2) En déduire la relation liant  $\langle v_c(t) \rangle$  à  $I_{ex}$  et  $R_{ex}$ . Calculez la valeur de  $\langle v_c(t) \rangle$ . Avec quel appareil (type et position), peut-on mesurer cette valeur ?

B-3) Représentez  $v_c(t)$  et  $v_{D1}(t)$  sur le document réponse 1.

**Rq** : les courbes en pointillés représentent  $v_2(t)$  et  $-v_2(t)$ .

B-4) Pour  $\langle v_c(t) \rangle = 24V$ , calculez la valeur efficace  $V_2$  de la tension à l'entrée du pont. On rappelle que  $\langle v_c \rangle = \frac{2V_{MAX}}{\pi}$

B-5) Représentez  $i_2(t)$  et  $i_{D1}(t)$  sur le document réponse 2.  $i_{D1}(t)$  et  $i_2(t)$  sont-ils des signaux alternatifs ? Justifiez votre réponse.

### PARTIE C : Etude du hacheur

Pour faire varier le courant d'excitation, on insère un convertisseur continu-continu qui permet de faire varier la tension moyenne aux bornes de l'inducteur (Annexe 1 page 8).

La tension  $V_f = 24 V$  est obtenue par filtrage de la tension  $v_c$  étudiée dans la partie B.

L'interrupteur du hacheur est commandé par la tension  $v_b$  qui permet la régulation (voir figure 3 ci-dessous).

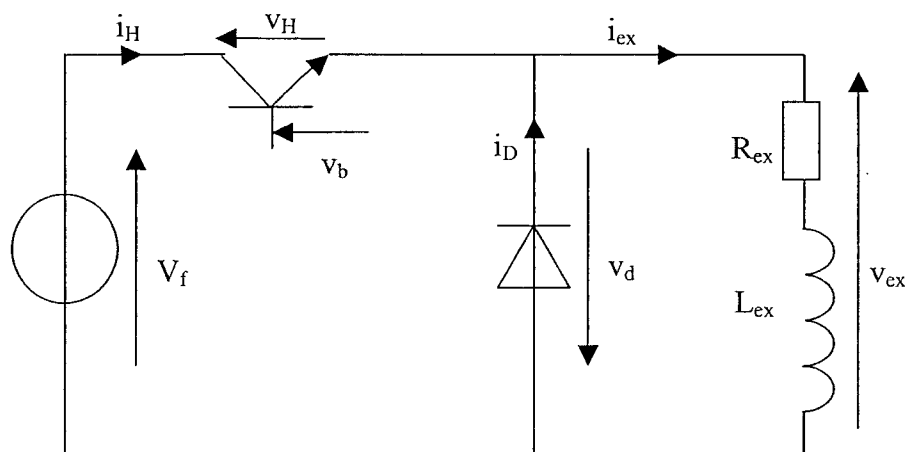


Figure 3

**La diode et le transistor sont supposés parfaits.**

**Rq** : Le courant d'excitation,  $i_{ex}(t)$ , non constant, est représenté sur le document réponse 3.

C-1) Quelle est la valeur T de la période. En déduire la fréquence f.

C-2) Le transistor est passant de 0 à 2 ms. Déterminer le rapport cyclique  $\alpha$ .

C-3) Donnez la relation liant  $i_{ex}(t)$ ,  $i_H(t)$  et  $i_D(t)$ . Tracer  $i_H(t)$  et  $i_D(t)$  sur le document réponse 3.

C-4) On visualise sur un oscilloscope, à l'aide d'une sonde ampèremétrique de sensibilité **100 mV/A**, une tension image du courant  $i_{ex}(t)$ , notée  $V_a(t)$ . On souhaite observer la variation autour de la valeur moyenne.

Quelle position DC ou AC doit-on choisir sur l'oscilloscope ? Justifiez votre réponse.

Représenter sur le document réponse 3 le signal  $V_a(t)$  ainsi obtenu. On choisira pour l'oscilloscope une sensibilité verticale de 10mV par carreau.

Quelle est la valeur moyenne du signal représenté ?

C-5) On rappelle que l'ondulation de  $i_{ex}(t)$  est donnée par :

$$\Delta i_{ex} = \frac{i_{ex\max} - i_{ex\min}}{2} = \frac{\alpha(1-\alpha)V_F}{2L_{ex}f}$$

Déterminez la valeur de l'inductance  $L_{ex}$  de l'inducteur.

### PARTIE D : Etude de la commande du hacheur

On souhaite obtenir une tension,  $V = 230\text{ V}$ , en sortie de l'alternateur, la plus stable possible quel que soit le courant débité dans la charge. Pour cela, on modifie automatiquement le courant d'excitation  $i_{ex}(t)$ , en agissant sur la tension  $v_b$ , donc sur le rapport cyclique  $\alpha$ . Cette commande est donnée figure 5, voir ci-dessous.

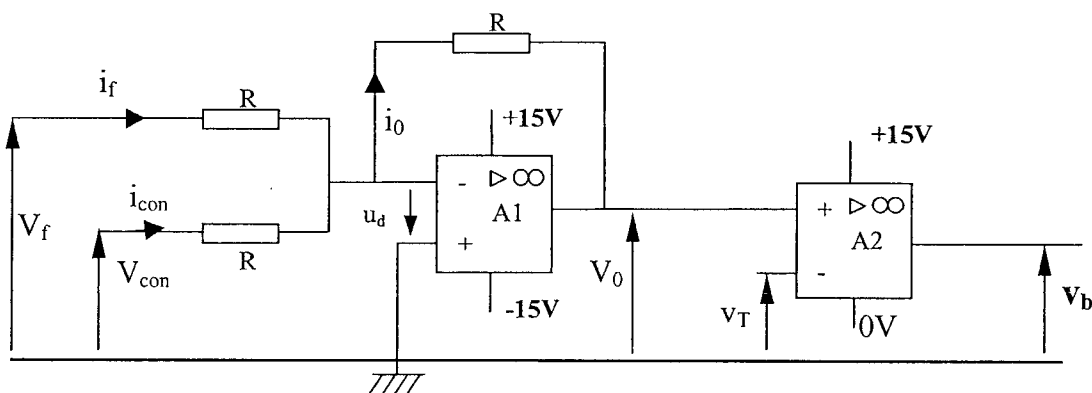


Figure 5

$V_{con}$  est une tension de consigne pré réglée.

$V_f$  est la tension continue à l'entrée du hacheur qui dépend de la tension de sortie de l'alternateur.

$v_b$  est la tension de commande de l'interrupteur du hacheur. Elle permet de faire varier le rapport cyclique de ce dernier.

$v_T$  est un signal triangulaire, en dents de scie, non étudié.

**Les Aop sont supposés parfaits.**  $+V_{sat}$  et  $-V_{sat}$  correspondent, respectivement, aux tensions d'alimentation positive et négative des Aop.

Remarque : l'amplificateur A2 est alimenté en  $+15V$  ;  $0V$ .

D-1) Etude de A1.

D-1-1) Quel est le régime de fonctionnement de A1 ? En déduire la tension à l'entrée inverseuse de A1, que l'on notera  $V_-$ .

D-1-2) Exprimez  $v_0$  en fonction de  $V_f$ ,  $V_{con}$ .

D-2) Etude de A2.

D-2-1) Quel est le régime de fonctionnement de A2 ?

D-2-2) Exprimez la tension différentielle  $u_d$  en fonction de  $V_0$  et de  $v_T$ .

D-2-3) Pour  $u_d > 0$ , quelle est la valeur de  $v_b$  ?

D-2-4) Pour  $u_d < 0$ , quelle est la valeur de  $v_b$  ?

Le tracé de  $v_T(t)$  est donné sur le document réponse 5.

D-2-5) Pour  $v_0 = 4 V$ , tracer l'allure de  $v_b(t)$  sur le document réponse 4.

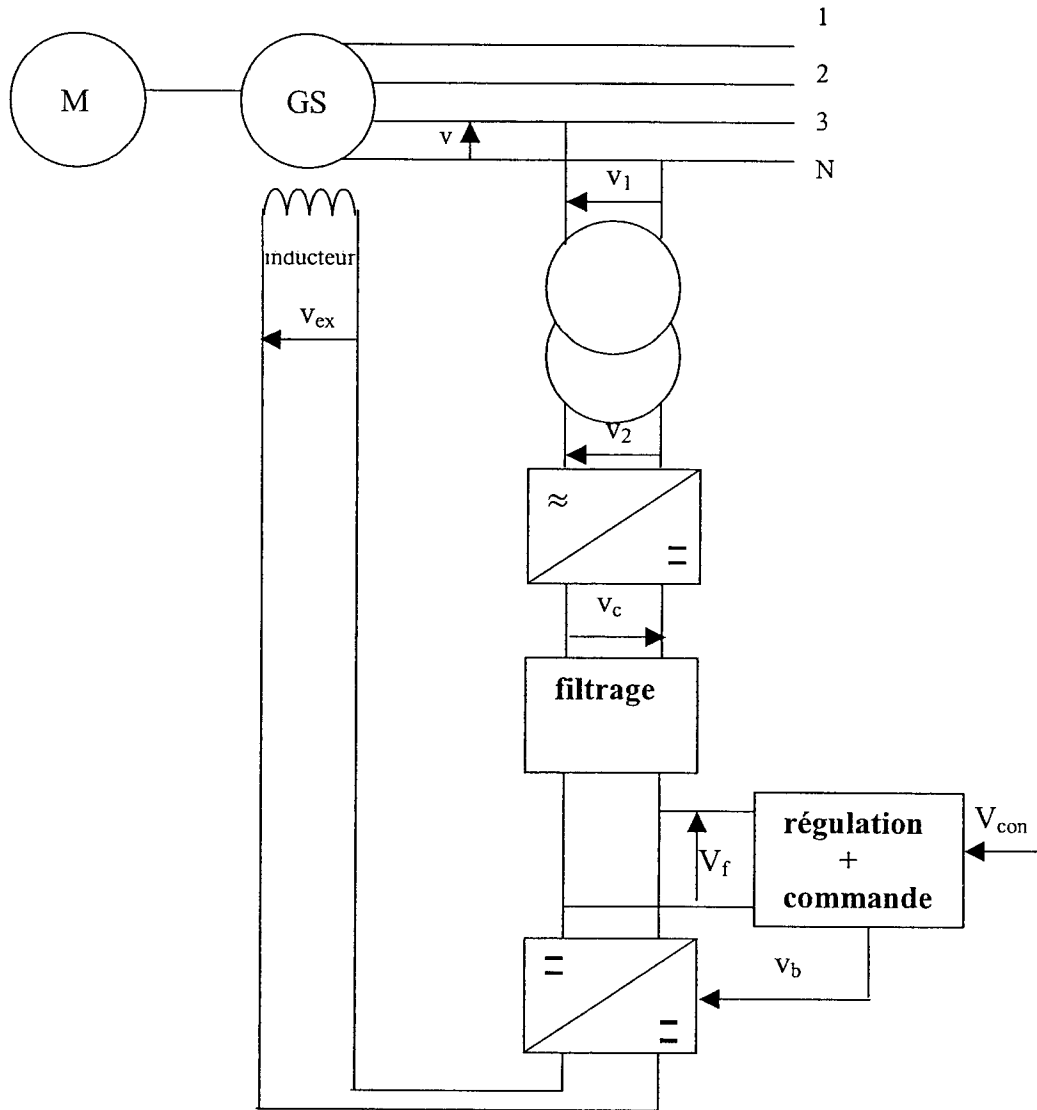
D-3) Le fonctionnement désiré est tel que pour  $V_F = 24 V$ . On obtient un courant inducteur de  $12,5A$ . Dans ces conditions  $V_0$  est égale à  $5,6 V$ .

D-3-1) Déterminez le rapport cyclique  $\alpha$  sachant que celui-ci est donné par la relation suivante, où  $V_{Tmax}$  représente la valeur maximale de  $v_T(t)$  :

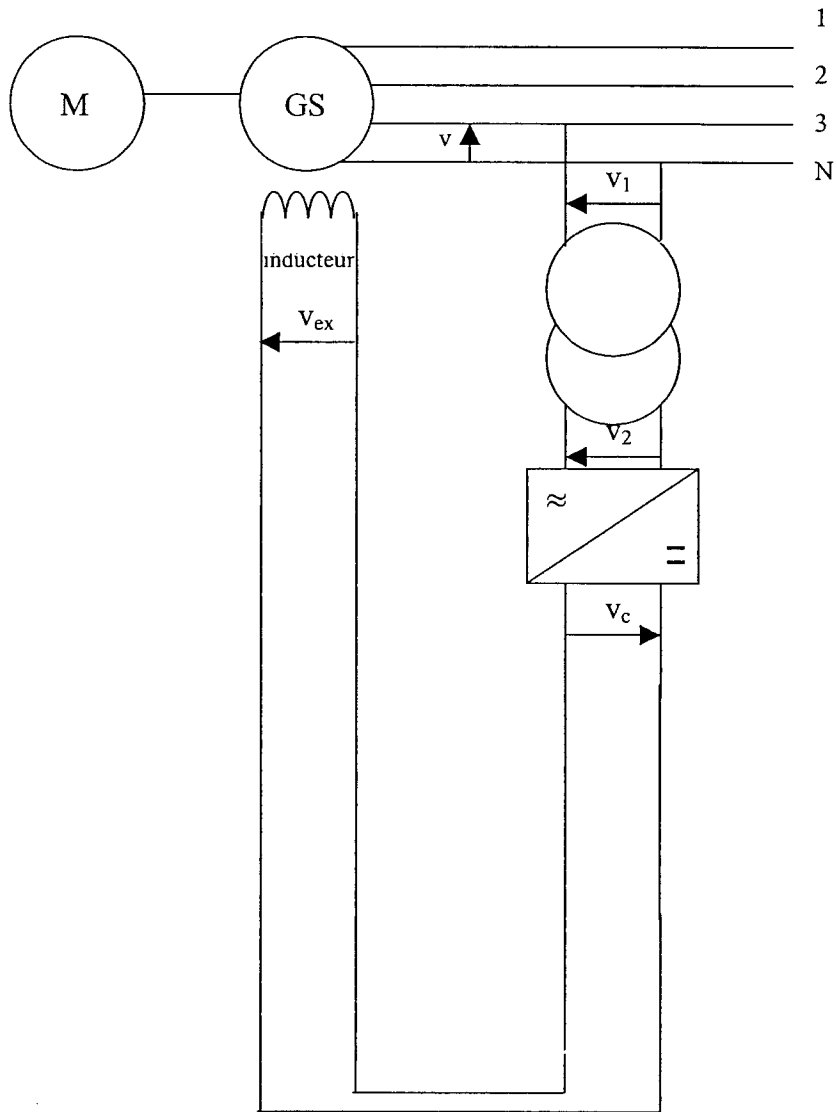
$$\alpha = 0,5.(V_0/V_{Tmax}) + 0,5$$

D-3-2) Déterminez la valeur de la tension de consigne  $V_{con}$ .

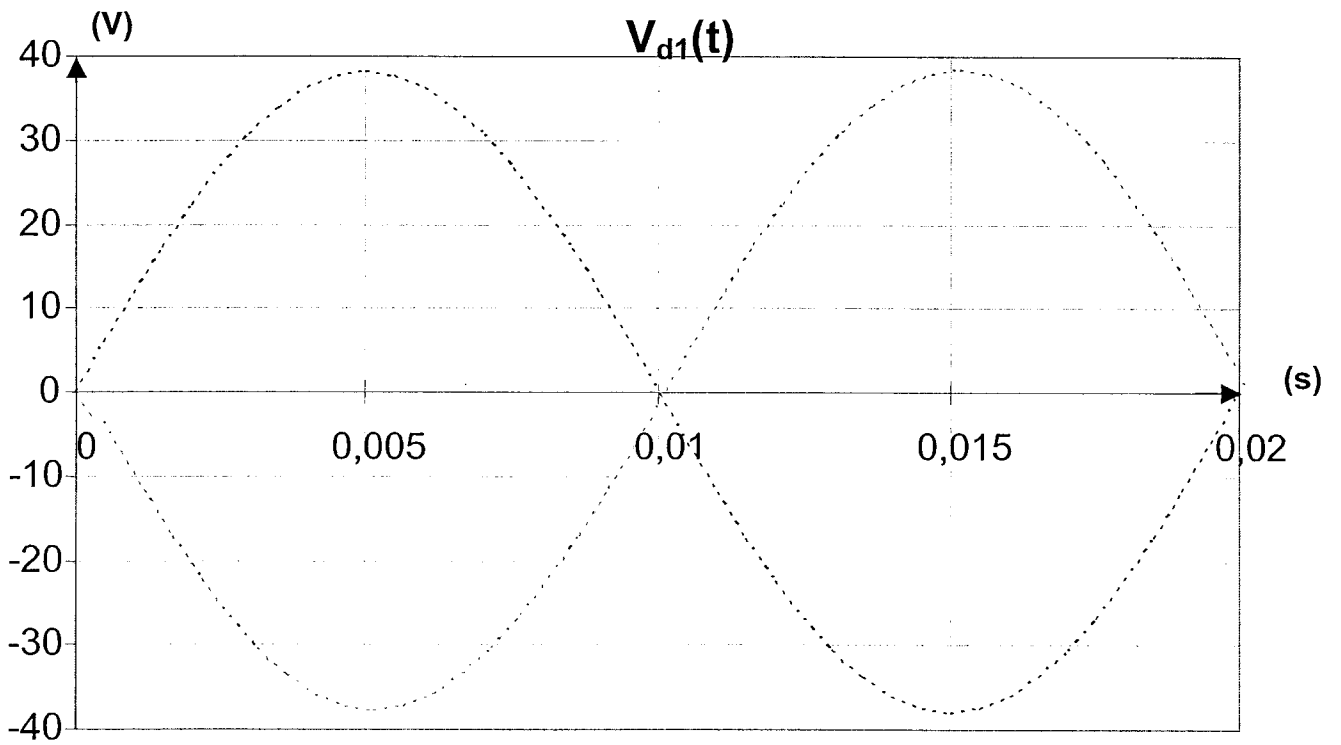
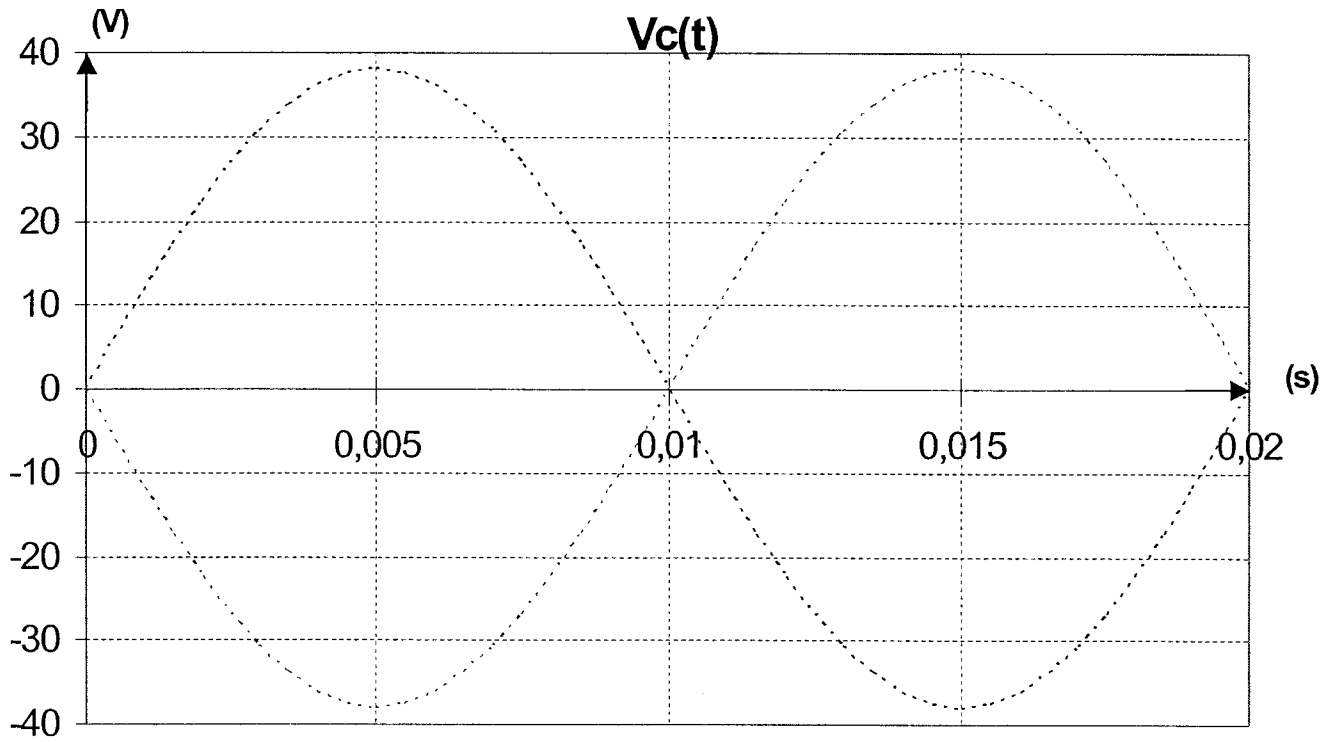
# ANNEXE 1



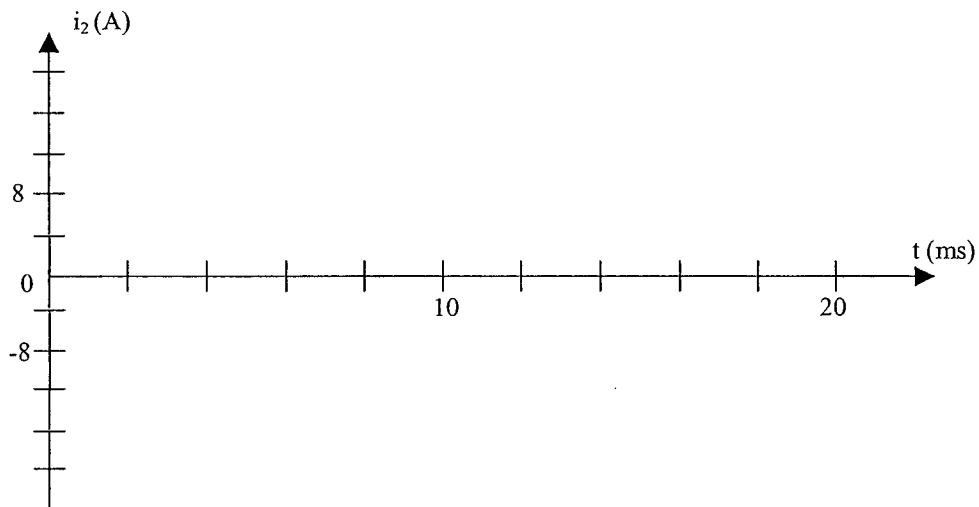
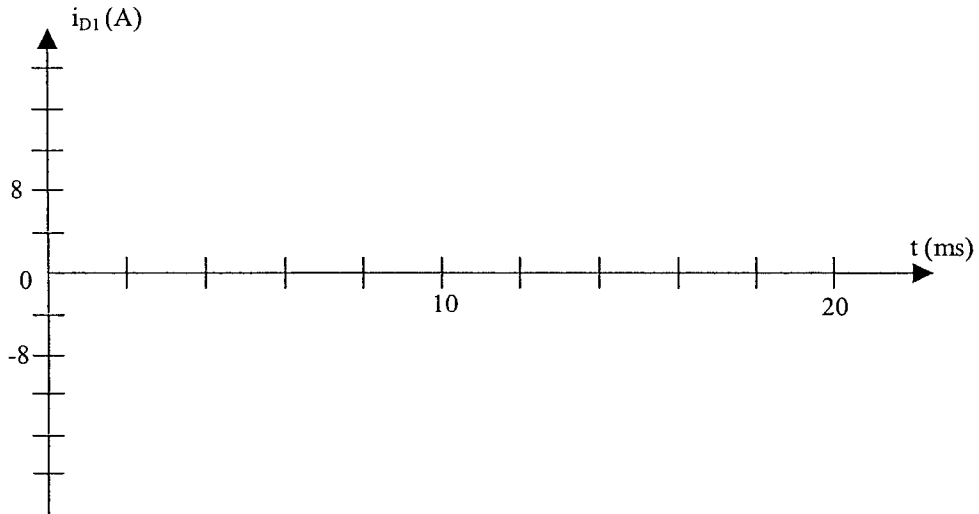
## ANNEXE 2



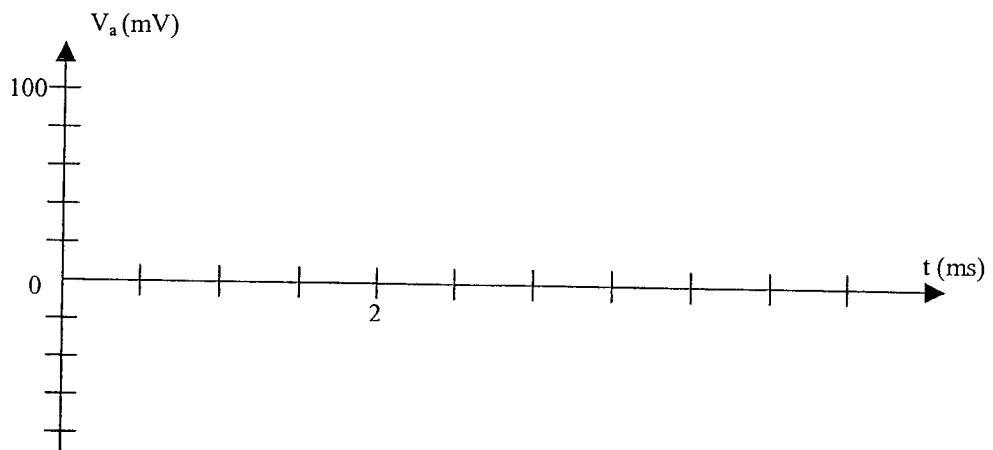
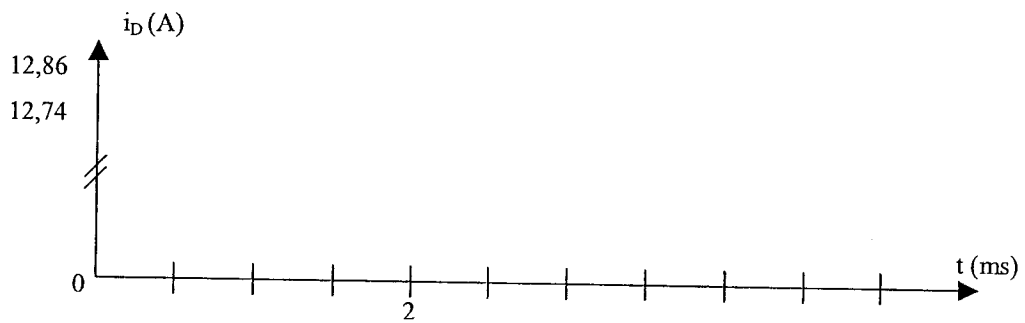
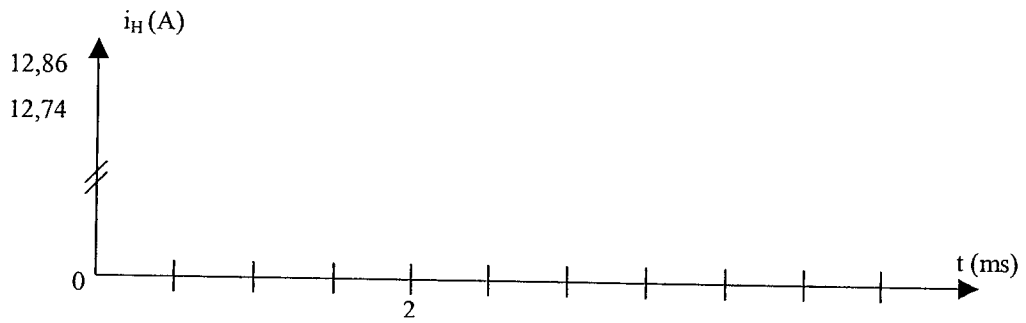
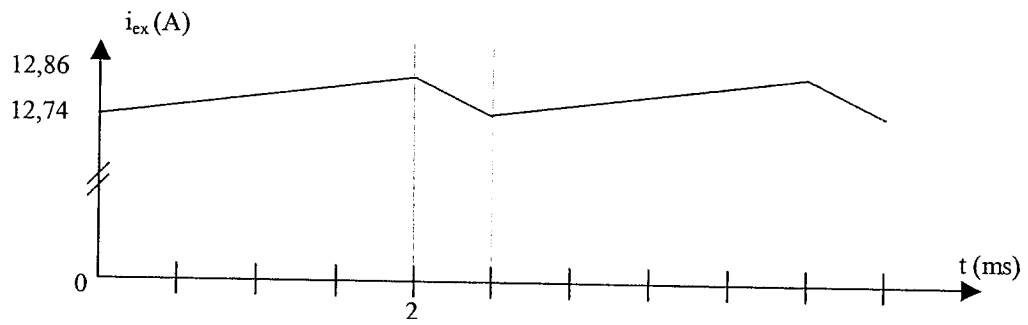
**PARTIE B (DOCUMENT REPONSE 1)**



**PARTIE B (DOCUMENT REPONSE 2)**



**PARTIE C (DOCUMENT REPONSE 3)**



**PARTIE D (DOCUMENT REponse 4)**

