

SESSION 2005

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
ASSISTANCE TECHNIQUE D'INGENIEUR
MATHEMATIQUES - PHYSIQUE APPLIQUEE

EPREUVE U32 - SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

A l'exclusion de tout autre matériel, l'usage de la calculatrice est autorisé conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999.

Documents à rendre avec la copie :

- document réponse n°1 page 8/9
- document réponse n°2 page 9/9

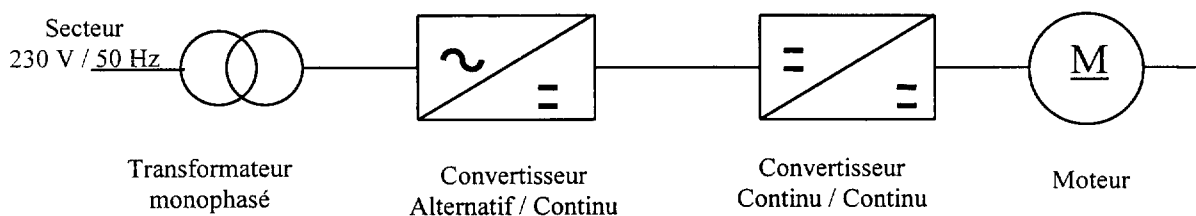
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.

Code sujet : ATPHY

COMMANDE DE VITESSE D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU

- Le dispositif d'ensemble permet de régler la vitesse d'un moteur à courant continu. Il est résumé par le synoptique n°1.

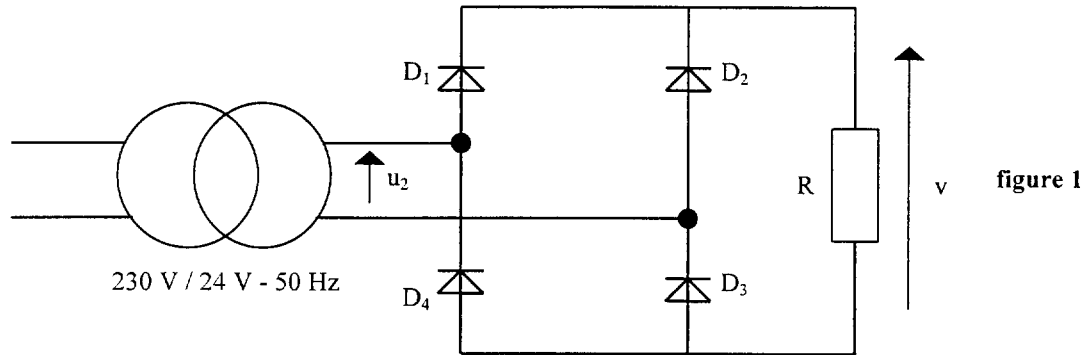
Synoptique n°1



- L'étude portera sur :
 - le convertisseur alternatif / continu, alimentant le convertisseur continu / continu ;
 - le convertisseur continu / continu qui comprend le système de commande du transistor et l'amplification de puissance ;
 - le moteur à courant continu à aimants permanents.

PARTIE I : Etude du convertisseur alternatif-continu (4 points)

- Le dispositif étudié est représenté figure 1, ci-dessous.



- Le transformateur monophasé 230 V / 24 V - 50 Hz alimente un pont redresseur à quatre diodes supposées idéales.
- Le pont redresseur à quatre diodes est alimenté par une tension sinusoïdale u_2 de fréquence f et de valeur efficace U telles que : $f = 50 \text{ Hz}$; $U = 24 \text{ V}$.

I.1) Calculer le rapport de transformation, m , du transformateur.

I.2) Placer sur le schéma de montage, représenté figure 7 du document réponse n°1, page 8/9, les branchements de l'oscilloscope permettant de visualiser la tension $v(t)$ disponible à la sortie du pont redresseur.

I.3) On place à la sortie du pont une résistance R et on visualise la tension $v(t)$ à l'aide d'un oscilloscope.

I.3.1) Représenter, sur la figure 8 du document réponse n°1, page 8/9, la forme de l'oscillogramme obtenu en précisant la valeur maximale et la période de la tension observée.

I.3.2) Calculer la valeur moyenne, notée $\langle v \rangle$, de la tension $v(t)$ aux bornes de la résistance.

I.3.3) Citer un type d'appareil permettant la mesure de la valeur moyenne $\langle v \rangle$ de la tension $v(t)$.

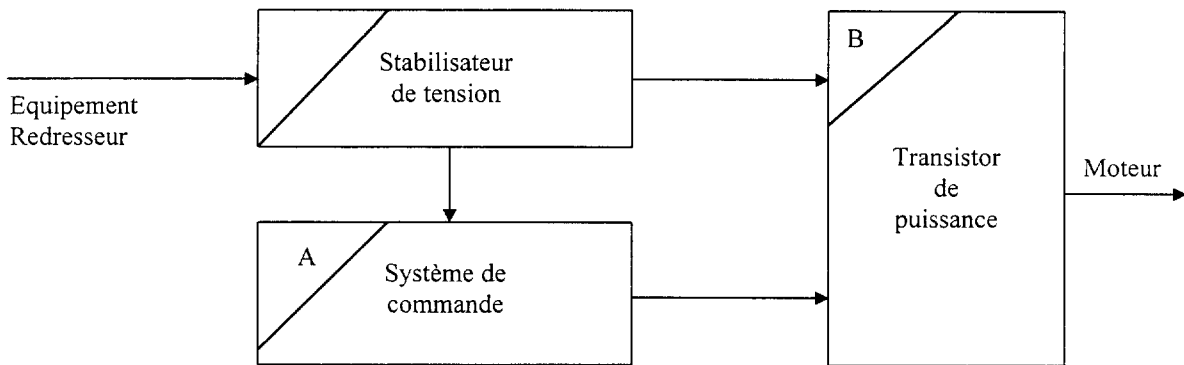
I.3.4) On désire filtrer la tension $v(t)$ disponible à la sortie du pont redresseur pour obtenir la valeur moyenne $\langle v \rangle$. Quel composant doit-on utiliser pour réaliser ce filtrage ? Préciser son branchement.

PARTIE II : Etude du convertisseur continu-continu (11,5 points)

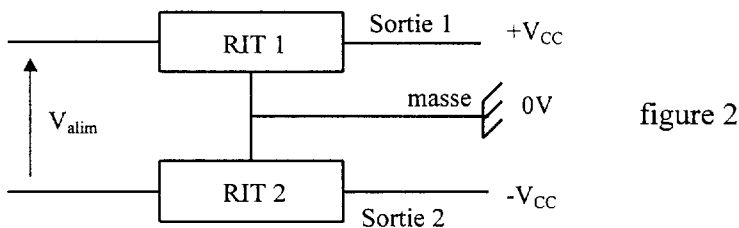
- La tension de sortie du convertisseur alternatif-continu, correctement filtrée, alimente le convertisseur continu-continu, représenté par le synoptique n°2, page 4/9.
- Ce convertisseur est constitué de trois sous-ensembles :
 - stabilisateur de tension
 - système de commande
 - transistor de puissance

- Il fournit au moteur à courant continu, étudié dans la partie III, une tension moyenne réglable et il alimente le système de commande.

Synoptique n°2

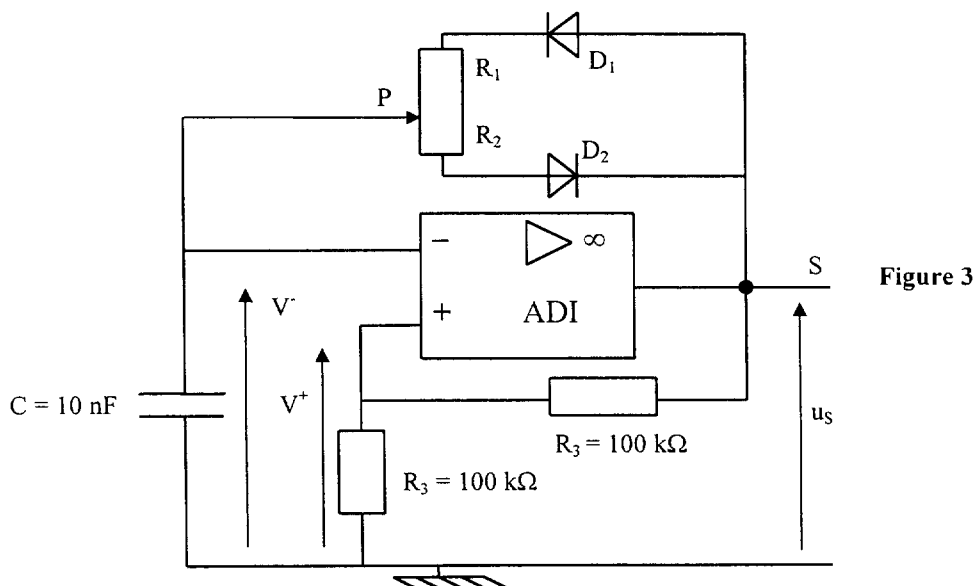


- Le sous-ensemble, stabilisateur de tension, est représenté ci-dessous, figure 2.



Les deux régulateurs intégrés de tension, l'un positif (RIT 1) et l'autre négatif (RIT 2) sont alimentés par une tension constante de valeur V_{alim} telle que : $V_{alim} = 30\text{ V}$

A. Etude du système de commande du transistor (6 points)



- Le montage étudié figure 3 représente un multivibrateur astable réalisé autour d'un amplificateur de différence intégré, appelé aussi amplificateur opérationnel.
- Dans toute cette partie, les courants d'entrée de l'amplificateur de différence intégré sont supposés nuls.

- L'amplificateur de différence intégré est alimenté par un système de deux tensions symétriques $\pm V_{CC}$ telles que : $\pm V_{CC} = \pm 12 \text{ V}$.
- Les tensions de saturation $\pm V_{sat}$ de l'amplificateur de différence intégré sont telles que : $\pm V_{sat} = \pm 12 \text{ V}$.
- Les diodes D_1 et D_2 sont idéales.
- P est un potentiomètre tel que : $P = 470 \text{ k}\Omega$.
- On désigne par R_1 la résistance de la fraction de P reliée à la diode D_1 et par R_2 la résistance de la fraction de P reliée à la diode D_2 .

II.A.1) On laisse le curseur du potentiomètre en position fixe telle que $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$.

On obtient, en superposition, les oscillogrammes représentés figure 4, ci-dessous.

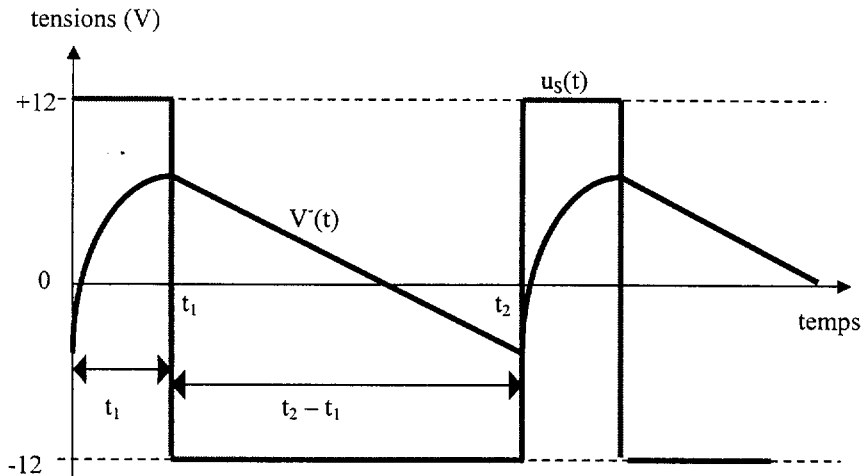


Figure 4

II.A.1.1) Sur l'intervalle de temps $[0, t_1]$, la valeur de la tension u_s est : $u_s = +12 \text{ V}$. Calculer la valeur de la tension V^+ .

II.A.1.2) Représenter le schéma équivalent du circuit de charge du condensateur entre les instants 0 et t_1 , puis entre les instants t_1 et t_2 .

II.A.1.3) Donner les expressions littérales, en fonction de t_1 et de t_2 :

- de la période T de la tension de sortie $u_s(t)$;
- du rapport cyclique α de cette tension défini par le quotient de la durée du niveau haut sur la période.

II.A.1.4) Calculer la valeur numérique du rapport cyclique α en admettant les relations suivantes :

$$t_1 = R_1 C \ln 3 ; \quad t_2 - t_1 = R_2 C \ln 3.$$

II.A.2) On fait varier le curseur du potentiomètre P dans un sens tel que R_1 augmente.

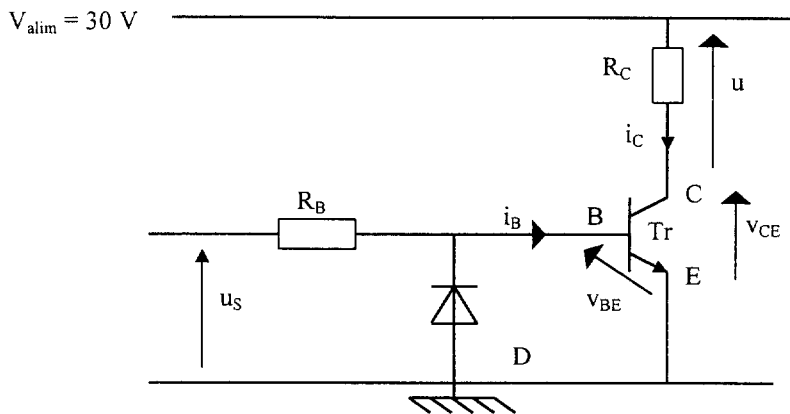
II.A.2.1) Montrer que la période T est constante et que sa valeur est quasiment égale à 5,2 ms.

II.A.2.2) Comment évoluent la durée t_1 et le rapport cyclique α ?

II.A.2.3) Calculer la valeur de t_1 pour $\alpha = 0,4$. Tracer alors sur la figure 9 du document réponse n°1 la tension $u_s(t)$ pour cette valeur de α .

B. Étude du transistor de puissance (5,5 points)

- Le transistor de puissance étudié Tr est représenté sur la figure 5, ci-dessous. Son coefficient d'amplification en courant a pour valeur $\beta = 50$.
- Il est attaqué par le signal de sortie $u_S(t)$ du multivibrateur astable (voir figure 3) et fonctionne en commutation.
- Lorsque le transistor est saturé, on utilisera les valeurs suivantes : $V_{BEsat} = 0,7 \text{ V}$ et $V_{CEsat} = 0 \text{ V}$.



II.B.1) Préciser :

- II.B.1.1) le type et la famille du transistor Tr utilisé ;
- II.B.1.2) les états du transistor et les valeurs de v_{CE} lorsque $u_S = +12 \text{ V}$ et $u_S = -12 \text{ V}$;
- II.B.1.3) le rôle de la diode D (dont la tension de seuil est nulle).

II.B.2) On désire limiter i_C à $0,5 \text{ A}$. Calculer :

- II.B.2.1) la valeur minimale de R_C qui permet de réaliser cette limitation ;
- II.B.2.2) la valeur maximale de R_B qui sature juste le transistor.

II.B.3) On règle le multivibrateur de telle façon que le rapport cyclique α de la tension $u_S(t)$ ait pour valeur : $\alpha = 0,4$. L'allure de la tension $u_S(t)$ observée dans ces conditions est représentée figure 10 sur le document réponse n°2, page 9/9.

- II.B.3.1) En fonction du signe de la tension u_S , indiquer les intervalles de conduction et préciser les états du transistor Tr (saturé ou bloqué), sur le graphe 1 du document réponse n°2.
- II.B.3.2) Tracer, sur les graphes 2, 3 et 4 du document réponse n°2, les variations des tensions v_{BE} , v_{CE} et u sur deux périodes complètes.

II.B.4) On désigne par $\langle u \rangle$ la valeur moyenne de la tension $u(t)$.

- II.B.4.1) Etablir l'expression littérale de $\langle u \rangle$ en fonction de α et V_{alim} .
- II.B.4.2) Calculer numériquement $\langle u \rangle$.

PARTIE III : Etude du moteur à courant continu (4,5 points)

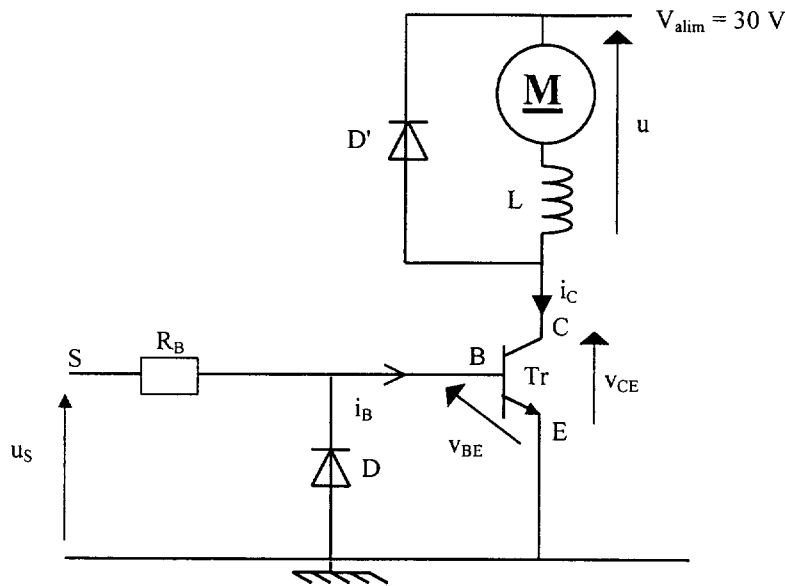


Figure 6

- Dans le sous-ensemble (transistor de puissance) étudié au paragraphe B de la partie II, on remplace la résistance R_C (voir figure 5) par un moteur, une inductance de lissage et une diode suivant le schéma représenté figure 6.
- Dans ces conditions, le moteur peut être considéré comme alimenté par une tension continue de valeur $U = \alpha \cdot V_{alim}$.
- On donne pour valeur $V_{alim} = 30 \text{ V}$ et on désigne par α le rapport cyclique de la commande.

Le moteur utilisé possède les caractéristiques suivantes :

- Inducteur à aimants permanents.
 - Intensité maximale du courant d'induit : 0,5 A.
 - Tension maximale d'induit : 30 V.
 - Résistance de l'induit : $R = 2 \Omega$.
- On rappelle l'expression de la f.é.m induite E (unité : V) en fonction de la vitesse de rotation n (unité : $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$) : $E = K \cdot \Phi \cdot n$.

III.1) Représenter le schéma électrique équivalent de l'induit et flécher la tension U au bornes de l'induit et l'intensité I du courant dans l'induit.

III.1.1) Que représente la grandeur Φ dans l'expression ci-dessus ?

III.1.2) Justifier que pour le moteur utilisé on puisse écrire : $E = k \cdot n$. On admettra que la valeur de k est : $k = 0,115 \text{ V} \cdot \text{tr}^{-1} \cdot \text{min}$

III.1.3) Écrire, en utilisant le schéma, la relation liant U , E et I pour le moteur à courant continu.

III.2) On s'intéresse au démarrage du moteur.

III.2.1) Donner l'expression de la tension minimale U pour que l'arbre moteur se mette à tourner.

III.2.2) α étant initialement réglé à 0, calculer la valeur minimale de α pour que le rotor se mette à tourner sans dépasser l'intensité maximale admise.

III.3) Pour $\alpha = 0,4$ on a relevé : $n = 100 \text{ tr/min}$. Calculer :

III.3.1) La tension aux bornes de l'induit U .

III.3.2) La f.é.m E .

III.3.3) L'intensité du courant d'induit I .

III.3.4) La puissance électromagnétique P_{EM} et le moment du couple électromagnétique T_{EM} .

I.2 Schéma de branchement de l'oscilloscope

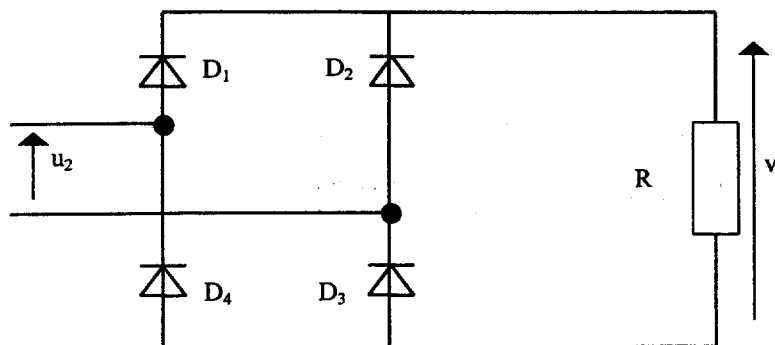


Figure 7

I.3.1 Allure de la tension $v(t)$

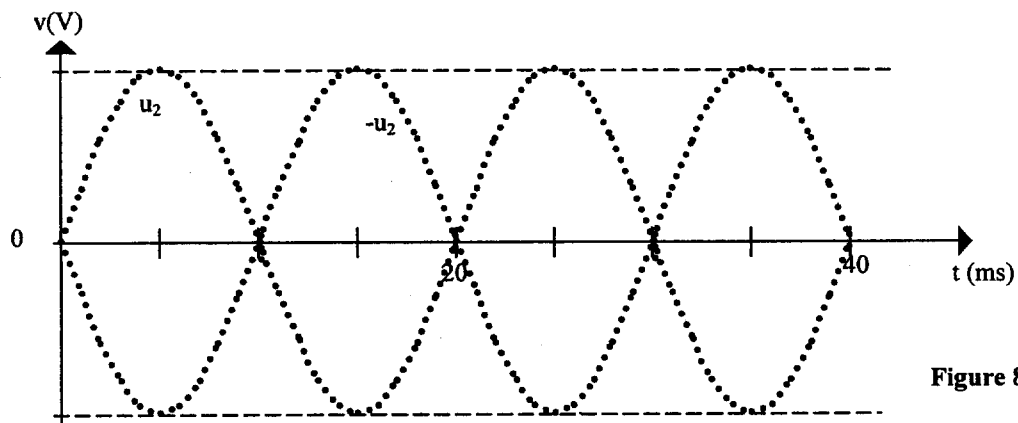


Figure 8

II.A.2.3 Allure de la tension $u_s(t)$ pour $\alpha = 0,4$

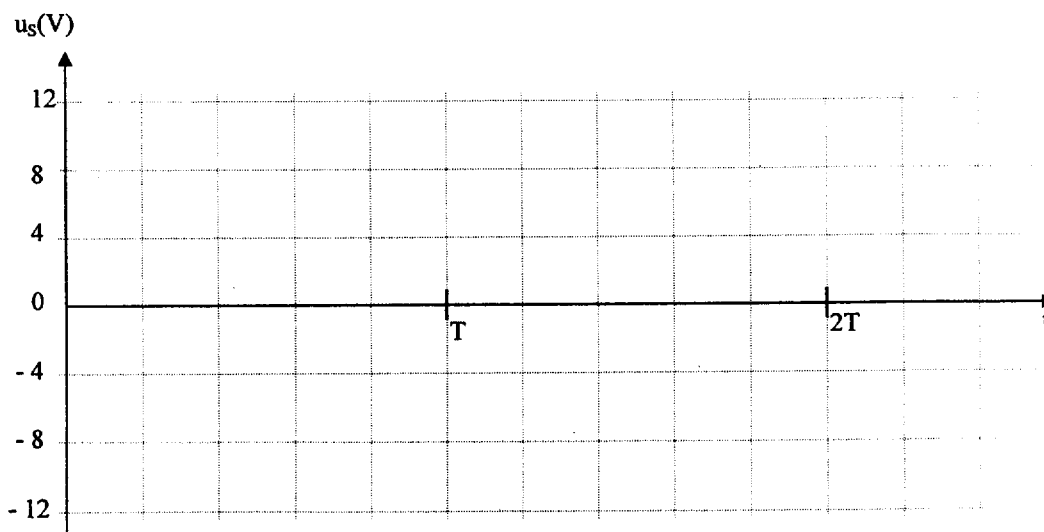


Figure 9

II.B.3

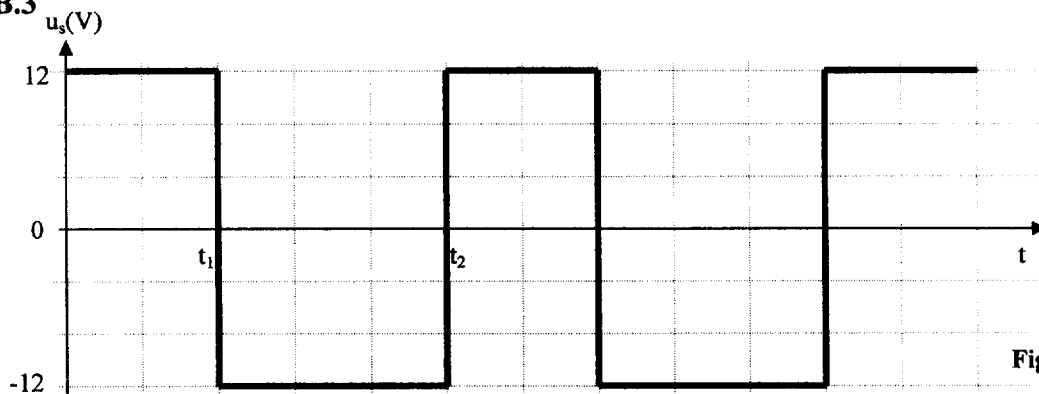
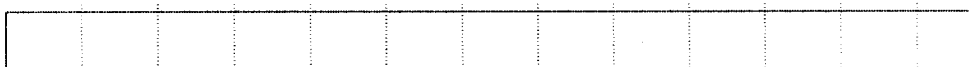
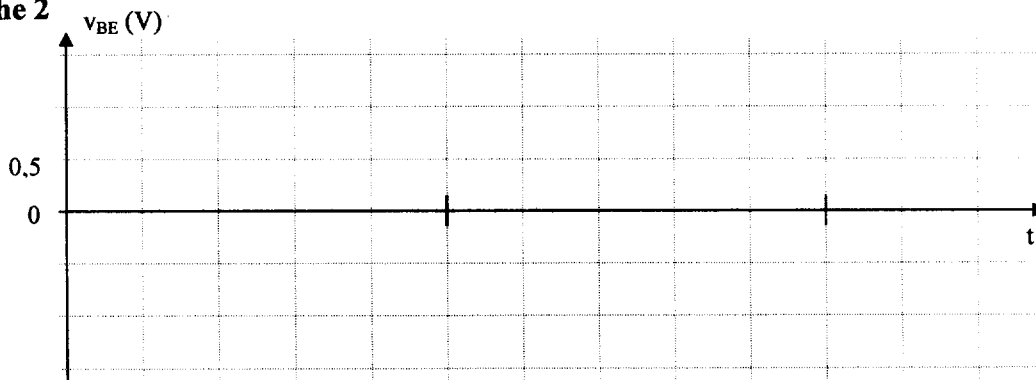


Figure 10

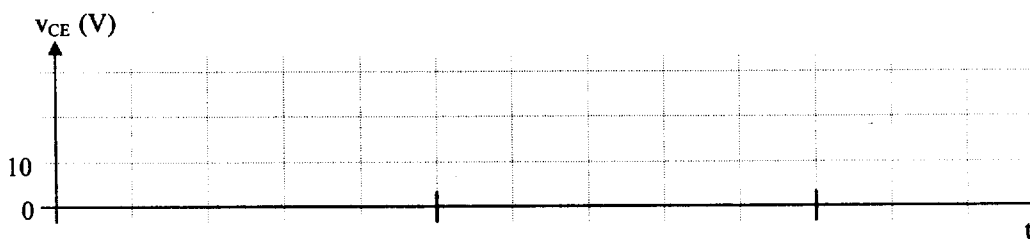
Grphe 1 Intervalles de conduction de Tr



Grphe 2



Grphe 3



Grphe 4

