

# BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

## SYSTEMES ÉLECTRONIQUES

**SESSION 2006**

**EPREUVE : PHYSIQUE APPLIQUÉE**

*Calculatrice à fonctionnement autonome autorisée conformément à la circulaire n°991836 du 16/11/99.  
Tout autre matériel est interdit*

<b>SESSION 2006</b>	<b>CODE : SEE 4 PA</b>	
<b>BT.S. SYSTEMES ÉLECTRONIQUES</b>		
<b><u>EPREUVE</u> : PHYSIQUE APPLIQUÉE</b>		
<b>Durée : 4 heures</b>	<b>Coefficient : 4</b>	<b>Page 1/12</b>

# 1. Mesure de vitesse des disques porteurs des « effets lumineux : gobos »

Le roboscan est un projecteur chargé d'animer des motifs interchangeables appelés gobos tournoyant très rapidement. Il est donc nécessaire de contrôler la vitesse de rotation des roues portant les gobos.

Chaque roue présente une encoche s'adaptant parfaitement à la fente d'un détecteur à fourche optique « OPB610 ». La fourche optique est insérée dans le montage de la *fig. 1* représenté ci-dessous.

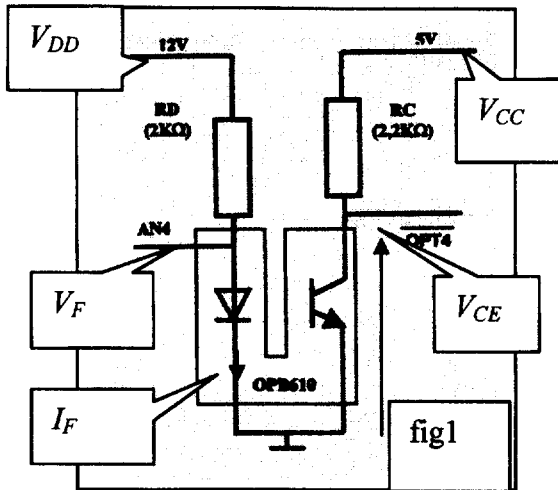


fig.1 : schéma de montage de la Fourche optique

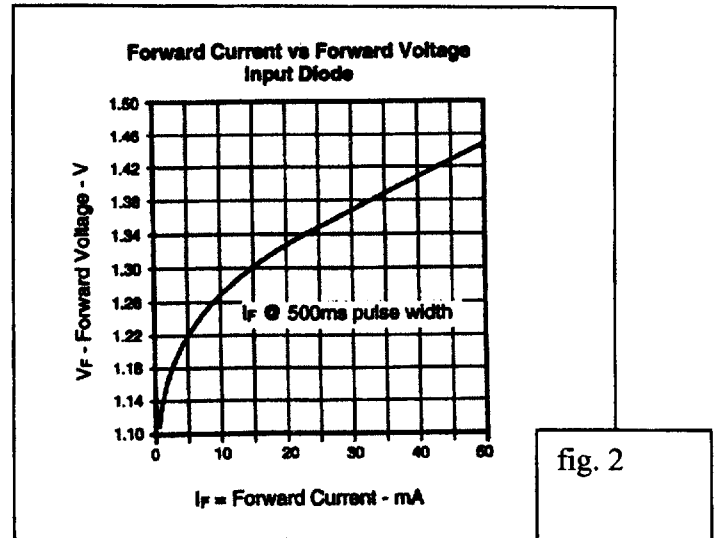


fig2. Caractéristique de la diode émettrice

Cette première partie concerne la diode émettrice infra rouge.

1.1. La caractéristique de la diode du montage donné en *fig. 1* est donnée en *fig2*. Dans le réseau d'entrée *fig. 1*, exprimer la relation liant :  $V_{DD}$ ,  $I_F$ ,  $R_D$  et  $V_F$ .

1.2. En déduire l'équation de la caractéristique de la droite d'attaque  $V_F(I_F)$  sous formes littérale puis numérique (on exprimera alors  $I_F$  en  $mA$ ).

1.3. Tracer cette caractéristique sur la fig.3 en portant les deux points correspondant à  $V_F=1,48V$  et  $V_F=0V$ .

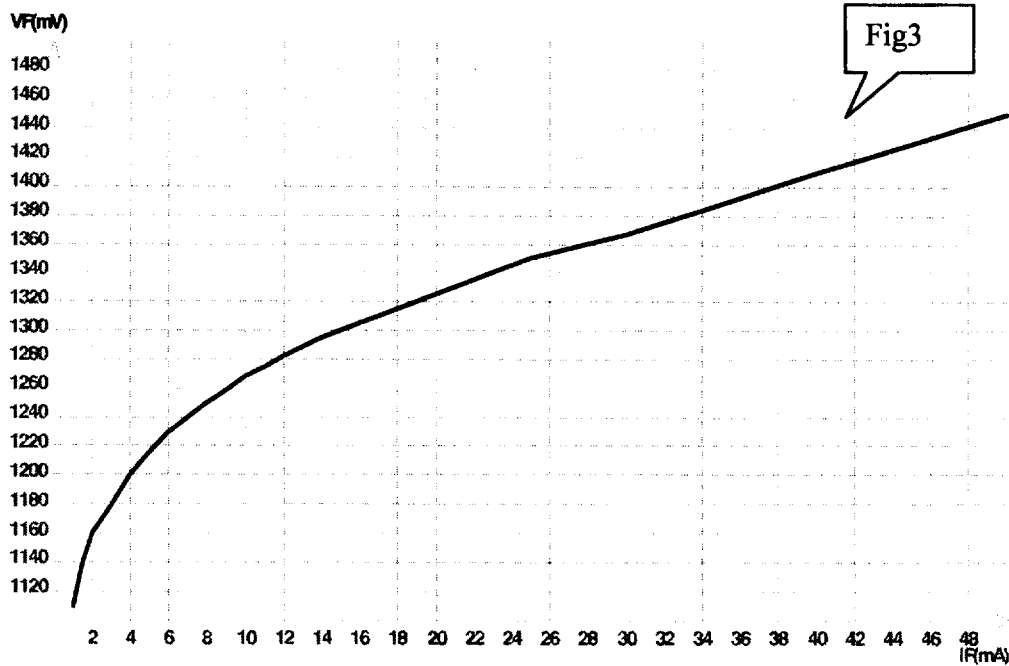


Fig.3 caractéristique de la diode : zoom de la fig.2

1.4. En déduire graphiquement les coordonnées du point de fonctionnement  $\{V_{F0} ; I_{F0}\}$ .

1.5. En linéarisant la caractéristique (fig. 4) de la diode autour du point de fonctionnement entre  $4mA$  et  $6mA$  en déduire le MET  $\{E_T ; R_T\}$  (modèle équivalent Thévenin) équivalent au comportement de la diode à son point de fonctionnement et donner le schéma correspondant. Comment nomme-t-on habituellement  $E_T$  et  $R_T$  pour une diode ? Déterminer graphiquement les valeurs numériques de  $E_T$  et  $R_T$ .

1.6. Calculer les coordonnées du point de fonctionnement  $\{V_{F0} ; I_{F0}\}$ .

1.7. Sachant que, pour une diode électroluminescente (DEL) de tension de seuil  $V_0$ , l'énergie  $W$  nécessaire à l'émission de photons est donnée par :

$$W = e \times V_0 = h \times f$$

où  $e$  est la charge de l'électron et  $h$  la constante de PLANCK, déterminer la fréquence de la radiation lumineuse émise par la diode utilisée sachant que  $V_0$  est la tension de seuil de la diode à son point de fonctionnement ;  
on donne :  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$      $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  .

1.8. On précisera quelles unités représentent les symboles  $C$  et  $J$ , quelle grandeur représente  $W$  et en quelle unité elle s'exprime.

1.9. En utilisant les équations aux dimensions, montrer que l'unité du résultat de  $e \times V_0$  est la même que celle du résultat de  $h \times f$ .

1.10. Déterminer la longueur d'onde de la radiation émise par la diode. On rappelle que la célérité de la lumière  $c$  vaut  $3 \cdot 10^8 \text{ km.s}^{-1}$ .

1.11. En vous aidant des données ci-dessous, déterminer dans quel spectre est émise la radiation. Justifier qualitativement ce choix.

Données : domaine du visible  $0,4 \mu\text{m} < \lambda < 0,7 \mu\text{m}$  ; domaine de l'ultraviolet :  $10 \text{ nm} < \lambda < 400 \text{ nm}$  ;  
domaine des infrarouges :  $0,8 \mu\text{m} < \lambda < 1 \text{ mm}$ .

## 2. Alimentation de la lampe à décharge du ROBOSCAN

### Rappels mathématiques :

- Théorème de la valeur finale :

$$\mathcal{E}(+\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} \mathcal{E}(t) = \lim_{p \rightarrow 0} p\mathcal{E}(p) \quad \text{si elle existe.}$$

où  $\mathcal{E}(p)$  est la transformée de Laplace de la fonction temporelle  $\mathcal{E}(t)$ .

- Numérisation d'une fonction temporelle

Soit  $T_e = \frac{1}{f_e}$  la période d'échantillonnage ;

à une fonction  $x(t)$ , on fait correspondre une fonction échantillonnée  $x(nT_e)$ .

De même, si le signal  $x(t)$  n'a pas une variation trop rapide pendant une période

d'échantillonnage  $T_e$ , on peut remplacer sa dérivée  $\frac{dx(t)}{dt}$  par l'expression approchée

$$\text{suivante : } \frac{dx(t)}{dt} \approx \frac{x(nT_e) - x((n-1)T_e)}{T_e}.$$

- Transformée de Laplace d'un échelon d'amplitude E :  $U(p) = \frac{E}{p}$ .

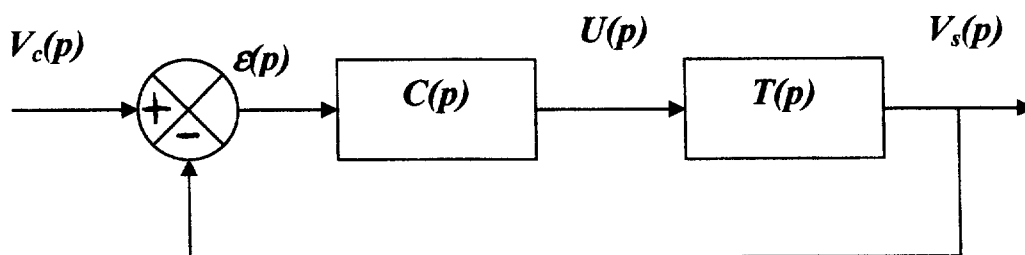
- Transformée en z :

$$Z[x(nT_e)] = X(z)$$

$$Z[x((n-1)T_e)] = z^{-k} X(z)$$

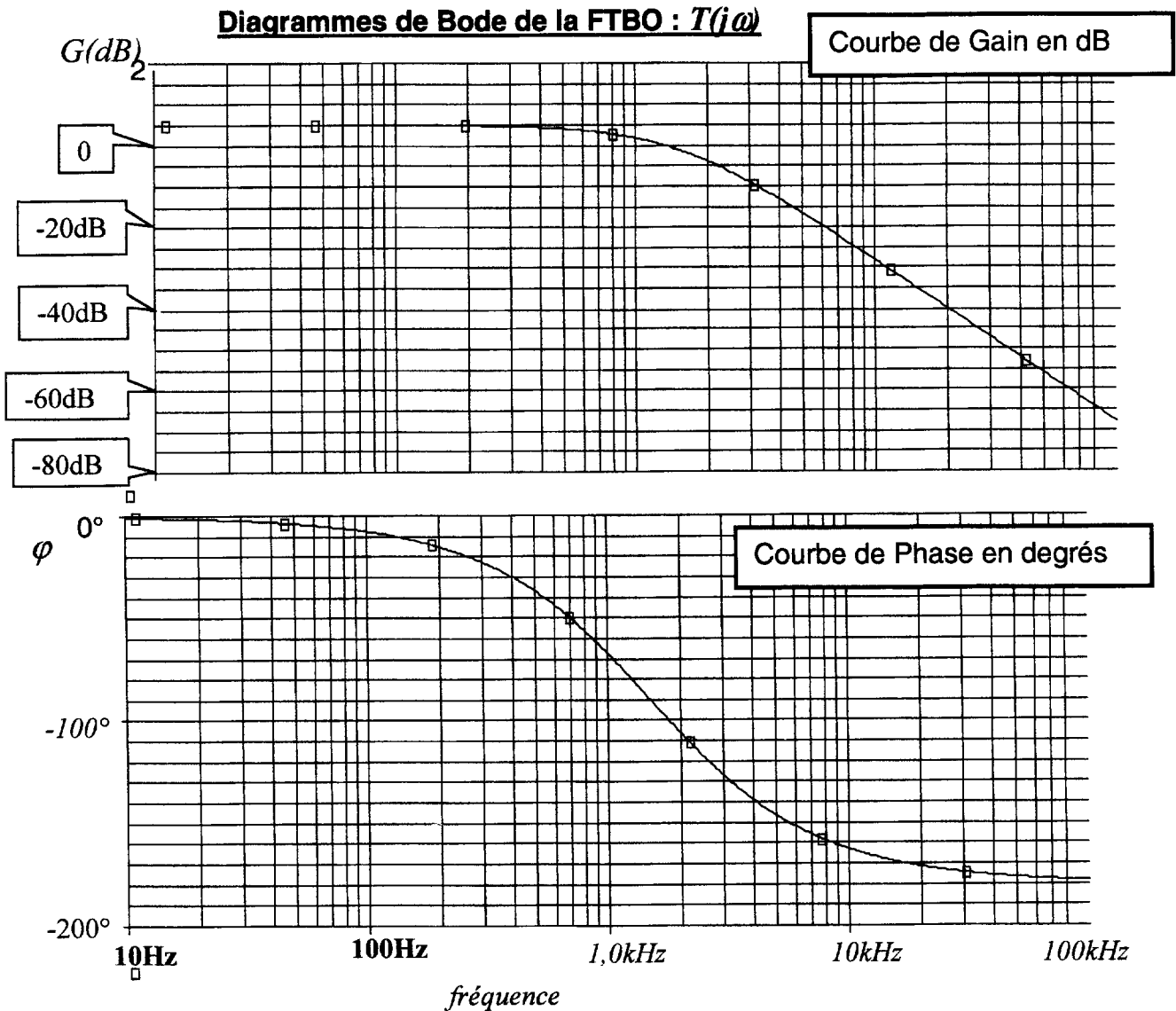
### 2.1. Alimentation de la lampe

La lampe de l'objet technique est alimentée par une alimentation à découpage régulée en tension et en courant. Dans cette étude on se limitera à la régulation de la tension aux bornes de cette lampe. Le schéma bloc de la régulation est représenté sur la figure 8 où  $C(p)$  est la fonction de transfert du correcteur à étudier et  $T(p)$  est la fonction de transfert de l'alimentation à réguler.



**Figure: 8**

La réponse fréquentielle de l'alimentation dans la représentation de Bode avec les courbes de gain et de phase est donnée (figure 9).



**Figure 9**

**FTBO : Fonction de Transfert en Boucle Ouverte**

2.1.1. Tracer, sur la figure 9, les diagrammes asymptotiques de la courbe de gain et de la courbe de phase. En déduire l'ordre de  $T(j\omega)$  en justifiant votre réponse.

2.1.2. La fonction de transfert isochrone peut s'écrire :  $T(j\omega) = \frac{T_0}{1 + 2mj \frac{\omega}{\omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$

2.1.3. Enoncer ce que représentent les termes :

$T_0$  :

$m$  :

$\omega_0$  :

2.1.4. D'après la courbe de gain indiquer, en justifiant votre réponse, si :

$$m \geq 1$$

$$m < 1$$

2.1.5. Déterminer graphiquement la valeur du gain statique  $G_0$  ; en déduire la valeur de  $T_0$ .

2.1.6. Déterminer graphiquement la fréquence  $f_0$ . Calculer numériquement la pulsation  $\omega_0$  correspondante.

2.1.7. Quelle est la valeur du gain pour cette pulsation  $\omega_0$  ?

2.1.8. Montrer que, pour  $\omega = \omega_0$ ,  $G(\omega_0) = 20 \log \left| \frac{T_0}{2jm} \right|$  et en déduire la valeur de  $m$ .

2.1.9. Donner alors l'expression normalisée de la fonction de transfert isomorphe  $T(p)$ , puis son expression calculée (on utilisera une notation scientifique avec deux chiffres après la virgule).

2.1.10. Définir la marge de phase  $M_\varphi$  d'un système.

2.1.11. Déterminer la marge de phase du système étudié en indiquant sur le graphique la méthode utilisée. Discuter la stabilité du système.

## 2.2. Etude en boucle fermée avec un correcteur tel que $C(p) = 1$

2.2.1. Montrer que l'on a :  $\varepsilon(p) = [1 - H(p)] V_c(p)$ , où  $\varepsilon(p)$  représente la transformée de Laplace de l'erreur entre la sortie et la consigne.

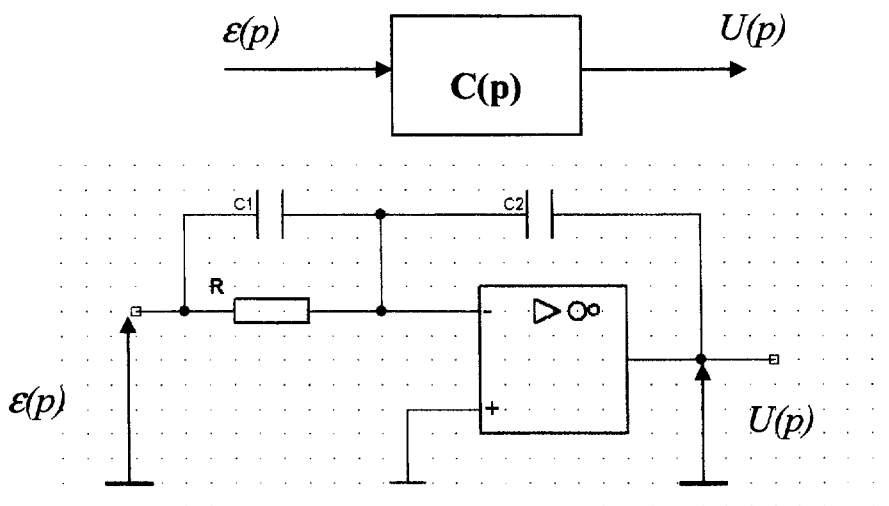
2.2.2. Donner l'expression de la fonction de transfert en boucle fermée  $H(p)$  et la mettre

sous forme canonique : 
$$H(p) = \frac{H_0}{1 + 2m_1 \frac{p}{\omega_1} + \left(\frac{p}{\omega_1}\right)^2}, \text{ en identifiant } H_0, m_1 \text{ et } \omega_1.$$



2.2.3. On applique un échelon de tension  $v_c(t) = 1V$ . Sachant que la transformée de Laplace d'un échelon de hauteur  $E$  est  $V_c(p) = \frac{E}{p}$ , donner l'expression de l'erreur de position, puis, en utilisant le théorème de la valeur finale, calculer sa valeur (exprimée sous forme d'un pourcentage).

2.3. On désire corriger l'erreur de position ; à cet effet, on introduit un correcteur dont les schémas structurel et bloc sont donnés Figure 10.



**Figure 10**

2.3.1. Déterminer la fonction de transfert du correcteur  $C(p) = \frac{U(p)}{\epsilon(p)}$  ; à cet effet, on posera :

$$\tau_1 = RC_1 \text{ et } \tau_2 = RC_2.$$

2.3.2. Mettre  $C(p)$  sous la forme suivante :  $C(p) = k \frac{1 + \tau_1 p}{\tau_1 p}$  en identifiant  $k$ .

2.3.3. De quel type de correcteur s'agit-il ?

2.3.4. Que faut-il faire pour qu'il y ait concordance de signe entre  $k$  et  $T_0$  ?

2.3.5. Reproduisez le schéma structurel du correcteur avec votre solution.

2.4. Calculs d'un correcteur :

Nous admettons que  $T(p) = \frac{T_0}{(1 + \tau p)^2}$  où  $\tau = \frac{1}{\omega_0}$ .

2.4.1. On désire obtenir une marge de phase de  $45^\circ$  ; donner alors la valeur de  $k$  en indiquant la méthode utilisée.

2.4.2. On décide de placer la constante de temps du correcteur en concordance avec celle de  $T(p)$  ; en déduire les valeurs numériques de  $\tau_1$  et  $\tau_2$ .

2.4.3. Donner l'expression de la fonction de transfert  $T_c(p)$  en boucle ouverte corrigée :  
 $T_c(p) = C(p) \cdot T(p)$ .

2.4.4. Quelle est l'erreur de position en boucle fermée ? Justifier votre réponse.

### 2.5. Correcteur numérique :

Dans le système étudié l'alimentation est pilotée par un microcontrôleur qui réalise le correcteur. Dans cette partie, nous allons étudier une méthode de détermination de l'algorithme de calcul susceptible d'être utilisé.

La fonction de transfert souhaitée pour le correcteur est :

$$C(p) = \frac{U(p)}{\varepsilon(p)} = k \left( \frac{1 + \tau p}{\tau p} \right).$$

2.5.1. A partir de cette relation, établir l'équation différentielle qui décrit le correcteur.

2.5.2. En utilisant la technique de numérisation figurant dans les rappels mathématiques de la page 5, montrer que :

$$u(nT_e) = u((n-1)T_e) + a \cdot \varepsilon(nT_e) - b \cdot \varepsilon((n-1)T_e)$$

et donner les expressions de a et b.

2.5.3. Sachant que  $T_e = \frac{\tau}{5}$  montrer que le rapport  $\frac{b}{a}$  est tel que  $0 < \frac{b}{a} < 1$ .

2.5.4. Calculer la fréquence d'échantillonnage. Est elle conforme ? Justifier votre réponse.

2.5.5. A partir de l'algorithme de calcul, déterminer la fonction de transfert en z, que l'on nommera  $C(z)$ , du correcteur.