

**Session 2008**

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR  
CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN  
MICROTECHNIQUES**

**MATHÉMATIQUES ET SCIENCES PHYSIQUES**

**ÉPREUVE E3**

**UNITÉ U 32 – SCIENCES PHYSIQUES**

**Durée : 2 heures**

**Coefficient : 1,5**

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 :

1. page 9/9

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

Code sujet : MCE3SC

# Robot suiveur de ligne

Les cinq parties à traiter sont indépendantes.

## Présentation

Les robots sont très fortement utilisés en industrie. Celui-ci permet de se déplacer dans des conduits étroits, en utilisant, éventuellement, un guidage au sol sous forme d'une piste noire sur fond blanc.

## Diagramme de fonctionnement du robot

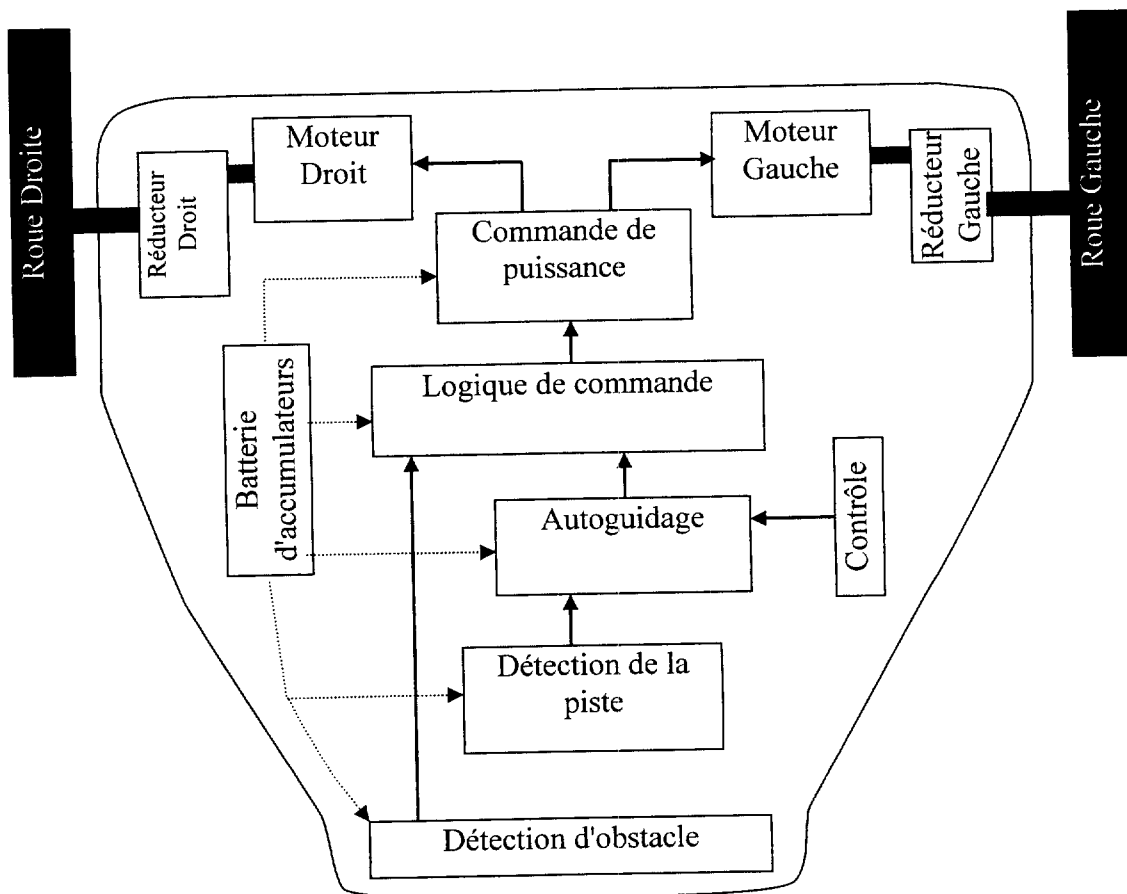


Figure n°1

## 1 - Étude de l'ensemble Moteur-Réducteur-Roue

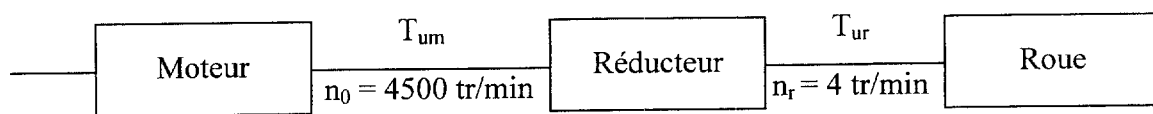
Le moteur à aimants permanents utilisé est alimenté sous 6 V, appelle un courant d'intensité 500 mA, tourne à une vitesse nominale  $n_0 = 4500$  tr/min et délivre un couple moteur de moment 0,6 N.cm.

1.1 - Les deux roues ont un diamètre  $d = 6$  cm et on veut obtenir une vitesse de rotation maximale de  $n_r = 4$  tr/min.

- 1.1.1 - Calculer le rapport de réduction  $R_r$  ;
- 1.1.2 - Calculer la vitesse  $v_R$  de déplacement du robot ;
- 1.1.3 - Calculer la puissance  $P_{am}$  absorbée par le moteur ;
- 1.1.4 - Calculer la puissance utile  $P_{um}$  sur l'axe du moteur ;
- 1.1.5 - En déduire le rendement  $\eta_m$  du moteur.

1.2 - Le rendement du réducteur est de 0,70.

Le transfert de couple peut être schématisé par :



1.2.1 - Calculer le moment  $T_{ur}$  du couple utile sur la roue.

1.2.2 - En déduire le rendement global  $\eta$  de l'ensemble moteur/réducteur.

1.2.3 - Calculer la capacité de la batterie d'accumulateurs qui alimente les deux moteurs si le robot doit fonctionner sans interruption pendant une durée de 10 heures.

## 2 - Étude de la commande de puissance d'une des deux roues (fig. 2)

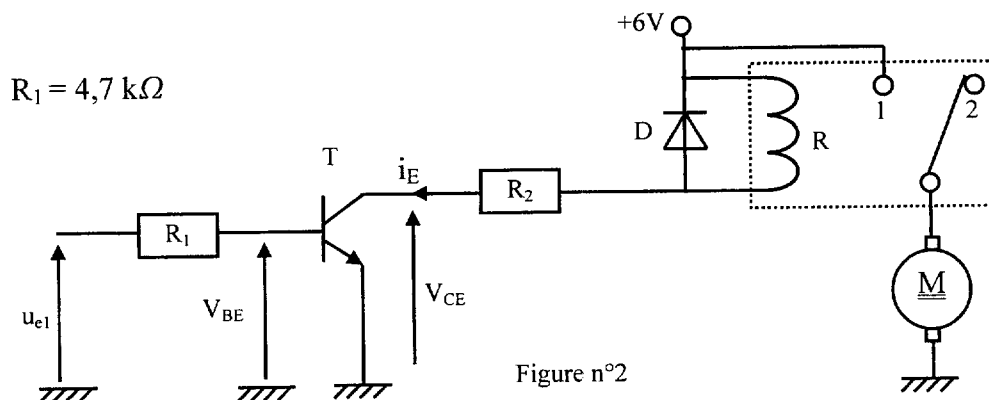


Figure n°2

Le transistor  $T$  fonctionne comme un interrupteur commandé. Il alimente la bobine de résistance 200  $\Omega$  d'un relais  $R$  commandant le moteur à courant continu  $M$ . La tension  $u_{e1}$  ne peut prendre que 2 valeurs : 0 et 12V. La diode  $D$  est supposée idéale.

Le fonctionnement du transistor  $T$  peut être décrit par les deux états ci-dessous :

- si  $V_{BE}$  est positive  $V_{CE} = 0$  V et  $i_E > 0$  A ;
- si  $V_{BE}$  est nulle  $V_{CE} > 0$  et  $i_E = 0$  A.

2.1 - Donner les états du transistor  $T$  en fonction de la tension d'entrée  $u_{e1}$ .

2.2 - Donner les états du relais  $R$  en fonction de ceux du transistor  $T$ .

2.3 - Quel est le rôle de la diode  $D$  ?

2.4 - Calculer la résistance  $R_2$  qui permet d'obtenir un courant d'intensité 20 mA dans le relais.

### 3 - Étude du détecteur de piste (fig. 3 et 4)

Le robot se déplace au dessus d'une piste peinte en noir sur un sol peint en blanc. Les détecteurs  $D_3/T_3$  et  $D_4/T_4$  sont placés de chaque côté de la piste pour permettre sa détection si le robot s'en écarte (voir figure n°3).

$D_3/T_3$ , ainsi que  $D_4/T_4$ , sont séparées d'une distance de 17,3mm et se trouvent à une hauteur de 5mm au dessus de la piste et du sol.

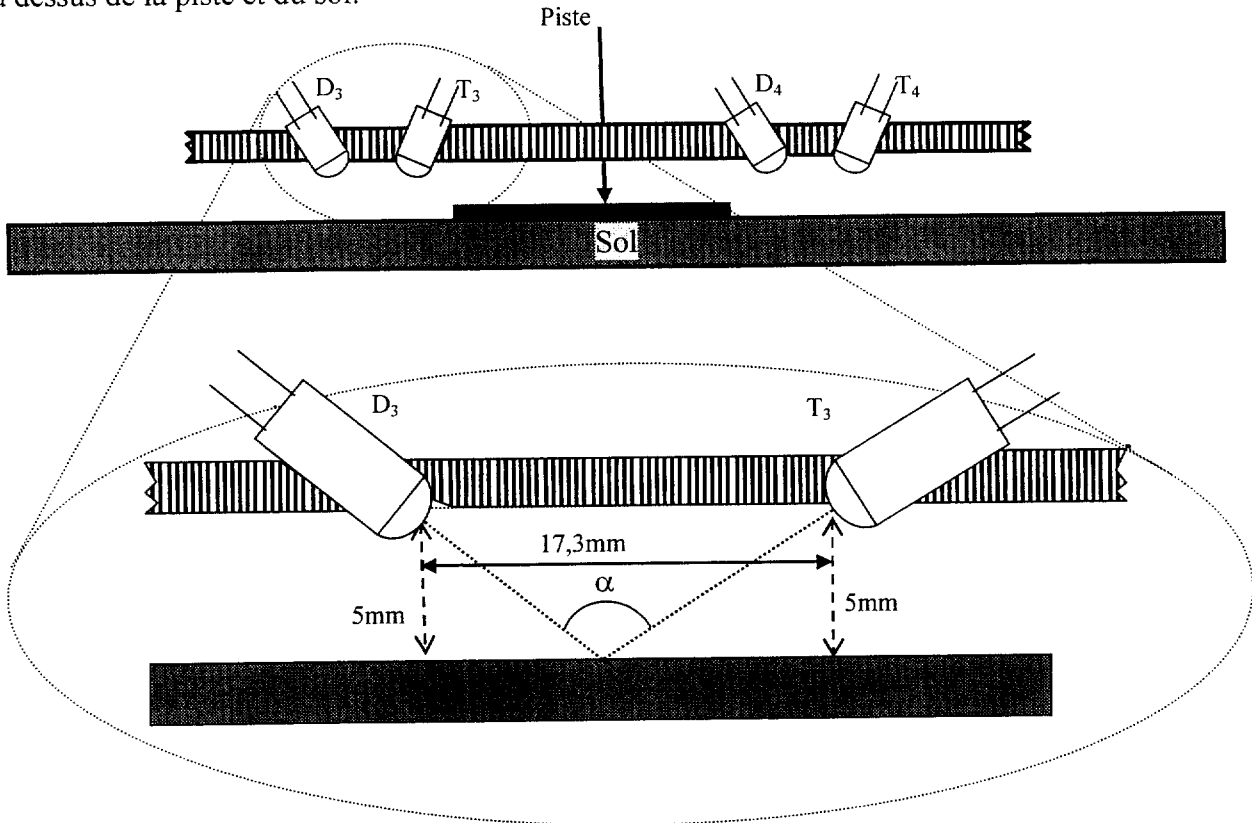


Figure n°3

*Les schémas ne sont pas à l'échelle.*

Le circuit électrique schématisant la situation se trouve ci-dessous :

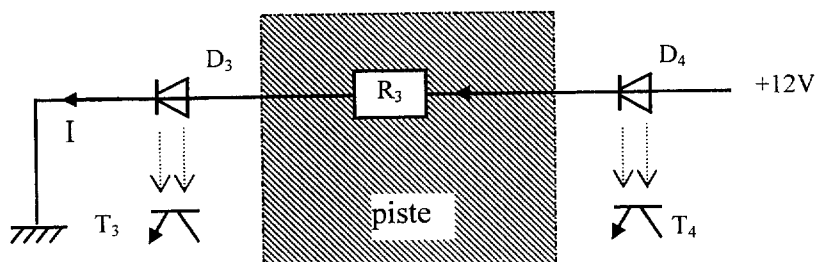


Figure n°4

La détection est assurée par deux couples formés des émetteurs infrarouges  $D_3$  et  $D_4$ , et des phototransistors  $T_3$  et  $T_4$  disposés de chaque côté de la piste.

On suppose que les diodes infrarouges sont idéales.

3.1 - Calculer la résistance  $R_3$  qui permet d'obtenir :  $I = 100\text{mA}$  (voir figure 4).

3.2 - Déterminer l'angle d'inclinaison  $\alpha$  des diodes par rapport aux phototransistors (voir figure 3).

#### 4. Étude de l'autoguidage et du contrôle (fig. 5)

L'autoguidage est un système électronique comportant deux ADI (amplificateur de différence intégré, appelé aussi amplificateur opérationnel) parfaits,  $ADI_1$  et  $ADI_2$ . Ils sont alimentés sous les tensions de +12V et 0V.

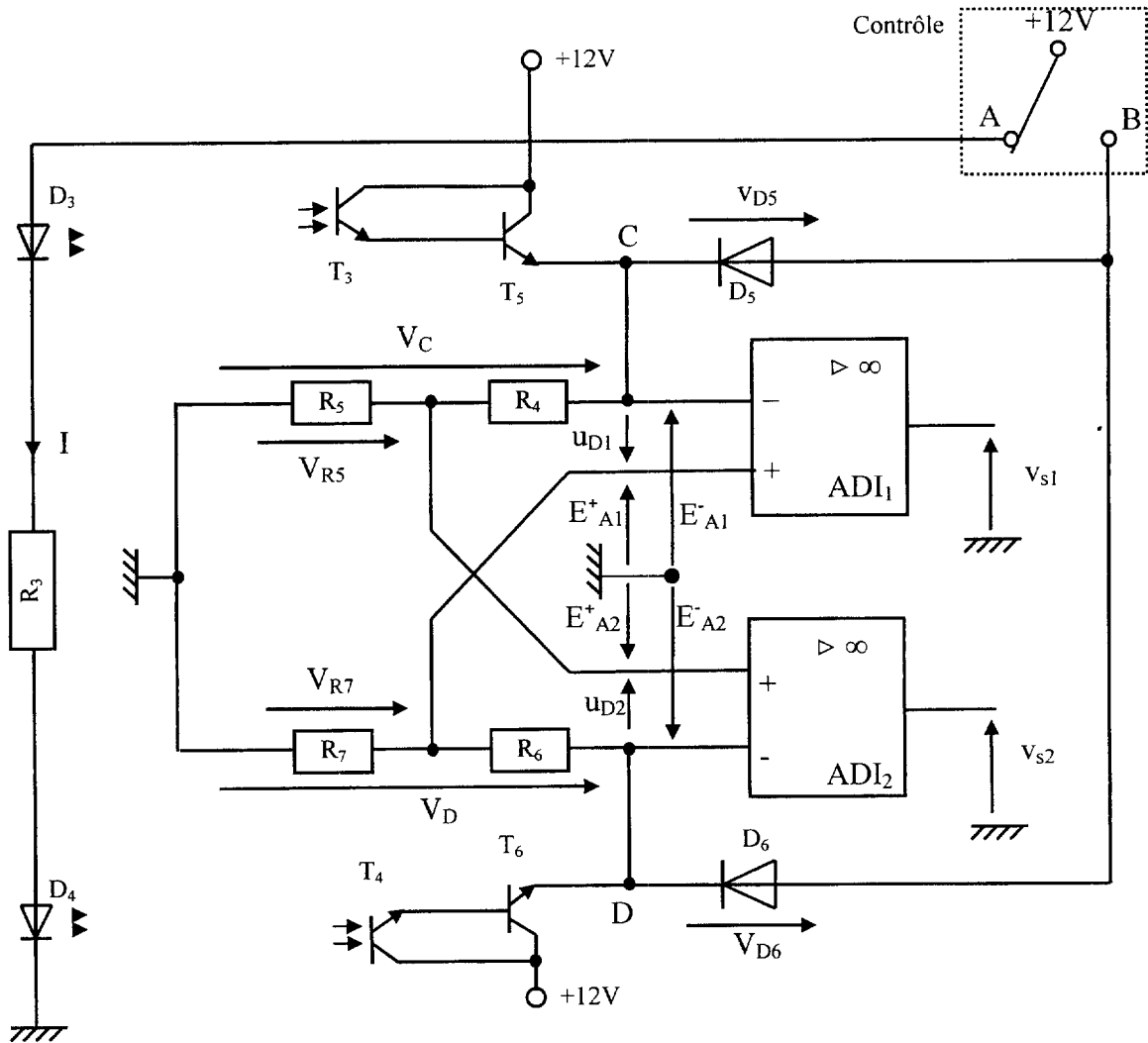


Figure n°5

Données :  $R_5 = R_7 = 82 \text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = R_6 = 22 \text{ k}\Omega$ .

4.1 - Quel est le régime de fonctionnement des ADI  $ADI_1$  et  $ADI_2$  ? Justifier votre réponse.

4.2 - On positionne l'interrupteur de contrôle sur A.  $D_5$  et  $D_6$  sont alors bloquées. Selon la position du robot par rapport à la piste, plusieurs cas sont possibles pour les transistors  $T_3$ ,  $T_5$ ,  $T_4$  et  $T_6$ .

4.2.1 - Cas n°1 :  $T_3$ ,  $T_5$ ,  $T_4$  et  $T_6$  sont passants.

- Quelle est la valeur de  $V_C$  ?
- En déduire  $E_{A1}^-$ .
- Calculer  $V_{R5}$ .

- d) En déduire  $E^+_{A2}$ .
- e) Par symétrie, en déduire  $E^+_{A1}$  et  $E^-_{A2}$ .
- f) Consigner les résultats dans le tableau du document réponse page 9/9.
- g) Compléter le tableau avec les valeurs de  $u_{D1}$  et  $u_{D2}$ , puis  $v_{s1}$  et  $v_{s2}$ .
- 4.2.2 – Cas n°2 :  $T_3$  et  $T_5$  restent passants,  $T_4$  et  $T_6$  sont maintenant bloqués.
- a) Que peut-on dire des valeurs de  $E^-_{A1}$  et  $E^+_{A2}$  ?
- b) Justifier qu'il n'y ait aucun courant dans  $R_6$  et  $R_7$ .
- c) En déduire  $V_D$ ,  $V_{R7}$  puis  $u_{D1}$  et  $u_{D2}$ , enfin  $v_{s1}$  et  $v_{s2}$ . Consigner les résultats dans le tableau du document réponse page 9/9.

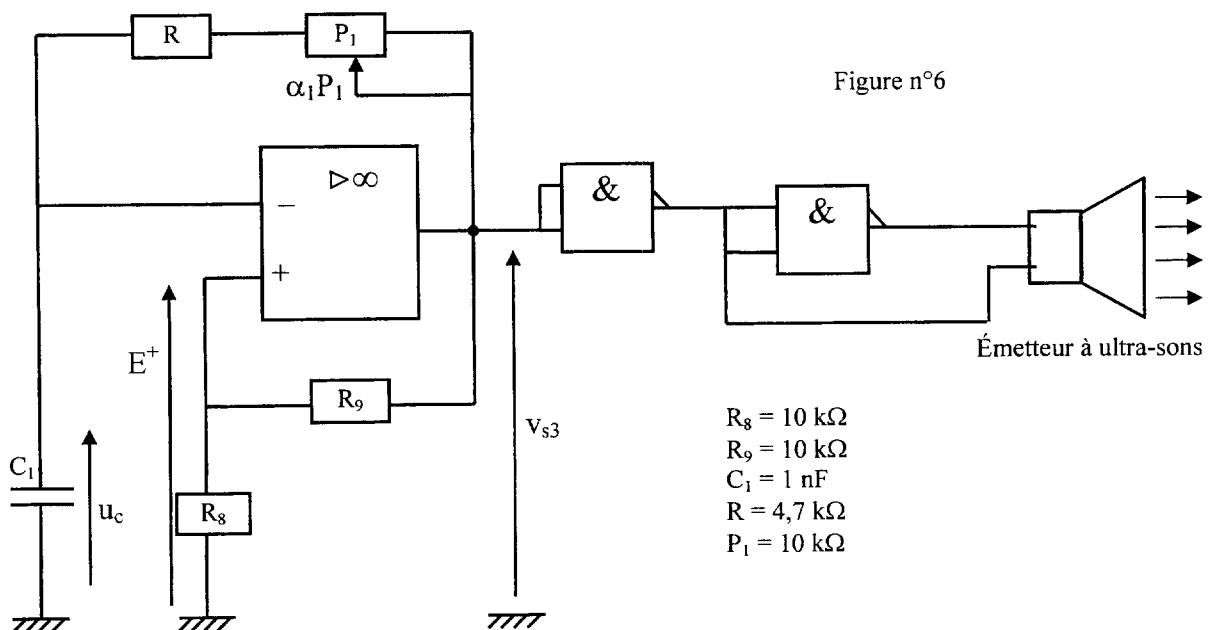
## 5 - Étude du détecteur d'obstacle.

Le détecteur d'obstacle est composé d'un émetteur (figure 6) et d'un récepteur (figure 7) ultrasonores (US) fonctionnant à la fréquence de 40 kHz. Les trains d'ondes se propagent dans l'air à la vitesse de 340 m/s et, lors d'une rencontre avec un obstacle, une partie de l'énergie émise est absorbée et une autre partie est renvoyée sous forme d'écho vers le récepteur.

La mesure de la durée du trajet de l'onde permet de déterminer la distance entre le chariot et l'obstacle. Nous n'allons pas déterminer précisément cette distance, mais simplement détecter la présence d'un objet situé à une **petite distance** de l'émetteur.

### 5.1 - Étude de l'émetteur à ultrasons.

L'amplificateur de différence intégré est parfait. Il est alimenté sous une tension symétrique de +12 V et -12 V.



- 5.1.1 - Donner l'expression de  $E^+$  en fonction de  $R_8$ ,  $R_9$  et  $v_{s3}$ .
- 5.1.2 - Application numérique : Calculer  $E^+$  pour les deux valeurs possibles de  $v_{s3}$ .
- 5.1.3 - Donner l'expression de la constante de temps  $\tau$  caractéristique des évolutions dans le temps du courant dans le condensateur  $C_1$ .
- 5.1.4 - On rappelle que, dans les conditions de fonctionnement de ce montage, la période  $T$  est obtenue par la formule suivante :  $T = 2\tau \ln 3$ . Calculer la valeur de  $\alpha_1 P_1$  pour que la fréquence d'émission de l'émetteur ultrasonore soit de 40 kHz. En déduire  $\alpha_1$ .

## 5.2 - Étude du récepteur ultra-sonore.

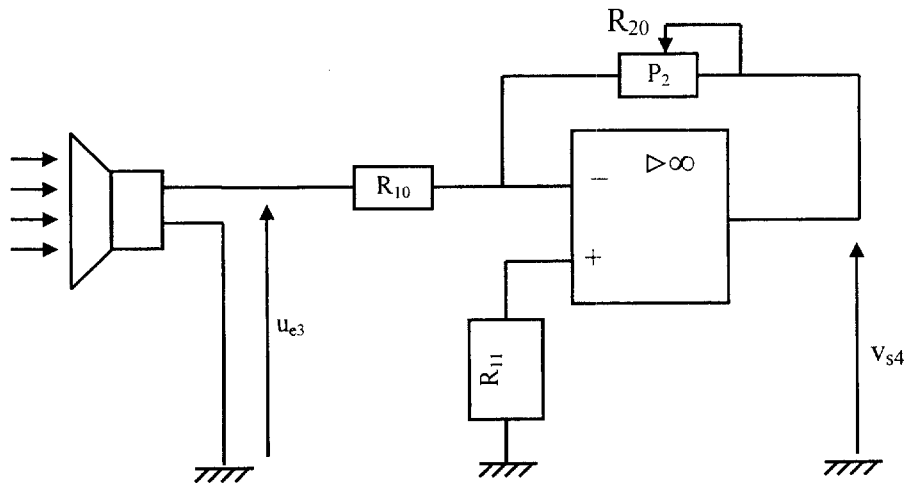


Figure n°7

L'amplificateur de différence intégré est parfait. Il est alimenté sous deux tensions de +12 V et 0 V. Un obstacle doit être détecté quand le robot s'en approche à une distance de 3 cm. Données :  $R_{10} = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{11} = 2,2 \text{ k}\Omega$  et  $P_2 = 300 \text{ k}\Omega$ .

- 5.2.1 - Exprimer  $v_{s4}$  en fonction de  $R_{20}$  et  $u_{e3}$ . *maximiser v\_s4, R20 =*
- 5.2.2 - Déterminer la valeur de  $U_{e3\text{max}}$  lors de la détection d'un obstacle, en vous servant de l'annexe page 8/9.
- 5.2.3 - Calculer  $R_{20}$  pour avoir  $V_{s4\text{max}} = 10 \text{ V}$

## 5.3 - Étude du filtre

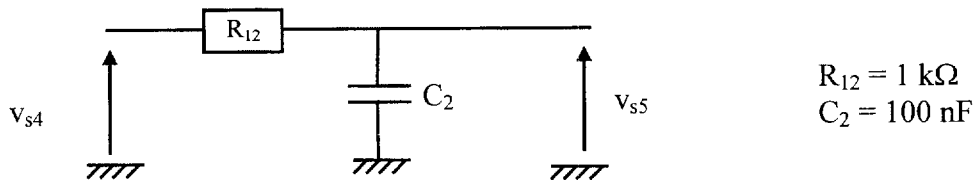
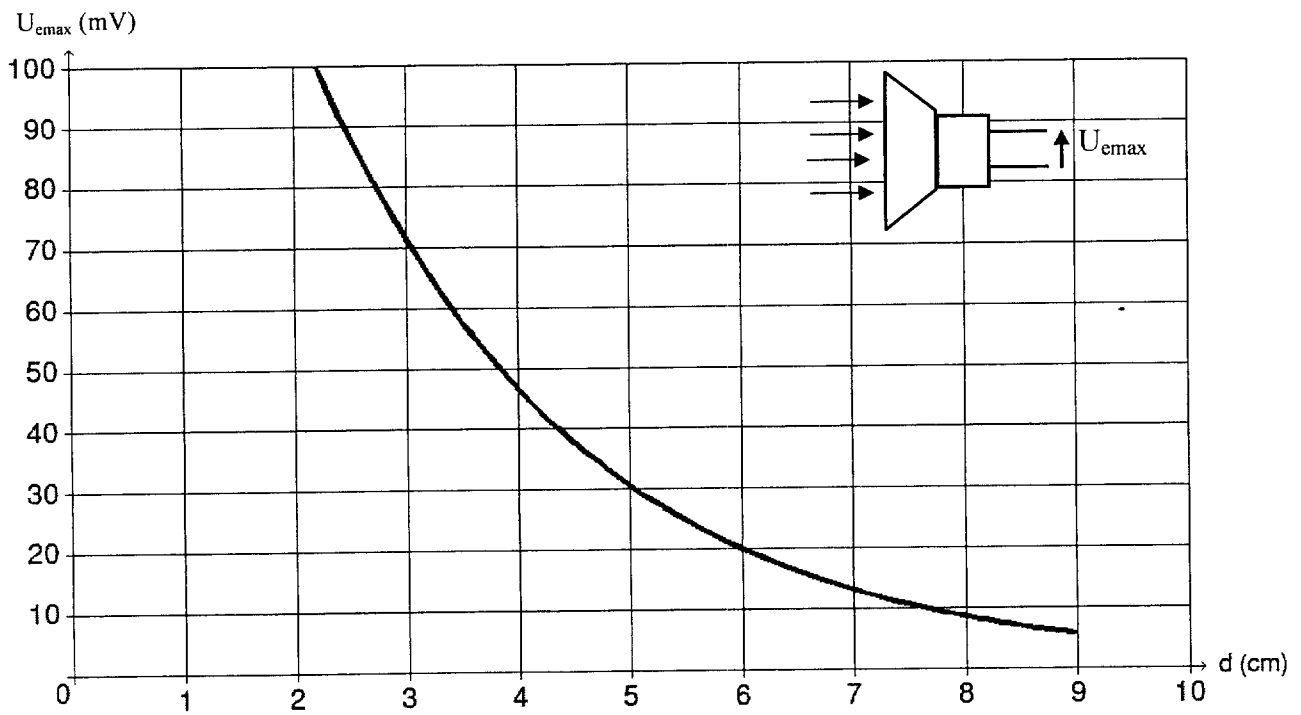


Figure n°8

- 5.3.1 - Montrer qualitativement, en supposant que la fréquence de  $v_{s4}$  est soit très basse, soit très élevée, la nature de ce filtre.
- 5.3.2 - Exprimer la fonction de transfert  $\underline{T} = \frac{\underline{V}_{s5}}{\underline{V}_{s4}}$  en fonction de  $R_{12}$ ,  $C_2$  et  $\omega$ .
- 5.3.3 - Exprimer alors la fréquence de coupure à -3dB.

## Annexe : caractéristique du récepteur ultrasonore





**DOCUMENT RÉPONSE (à rendre avec la copie)**

		T <sub>3</sub> et T <sub>5</sub> passants							
		E <sup>+</sup> <sub>A1</sub> (V)	E <sup>-</sup> <sub>A1</sub> (V)	u <sub>D1</sub> (V)	v <sub>s1</sub> (V)	E <sup>+</sup> <sub>A2</sub> (V)	E <sup>-</sup> <sub>A2</sub> (V)	u <sub>D2</sub> (V)	v <sub>s2</sub> (V)
T <sub>6</sub> et T <sub>4</sub> passants									
T <sub>6</sub> et T <sub>4</sub> bloqués									