

Session 2006

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN MICROTECHNIQUES
MATHÉMATIQUES ET SCIENCES PHYSIQUES

ÉPREUVE E3

UNITÉ U 32 – SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUÉES

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 :

1. annexe 1 page 7/9 ;
2. annexe 2 page 8/9 ;
3. annexe 3 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

PRÉSENTATION DU SYSTÈME : CHRONOTACHYGRAPHE

Le chronotachygraphe est un appareil de contrôle embarqué sur les véhicules professionnels (camion, car). Il consigne sur un disque d'enregistrement des informations comme la vitesse du véhicule, la distance parcourue, la durée de conduite du chauffeur...

Seule est étudiée ici la chaîne de mesure simplifiée du capteur de vitesse situé au niveau des roues jusqu'à l'affichage de la valeur numérique de la vitesse instantanée à l'aide d'une aiguille qui se déplace devant un cadran gradué.

Le sujet est composé de 3 parties pouvant être traitées de façon indépendante.

Étude de la chaîne de mesure de la vitesse du véhicule

Le but de cette chaîne de mesure est d'obtenir une tension continue V_E image de la vitesse du véhicule.

L'organisation de la chaîne de mesure est donnée ci-dessous :

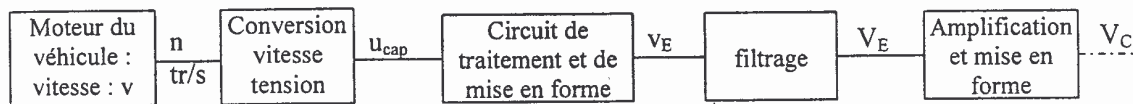


Figure 1

A.1 Transmission du mouvement, capteur de vitesse

Le capteur est composé d'un aimant et d'une bobine dans laquelle plonge un noyau. Il ne réagit que s'il y a rotation de la couronne : lorsque la dent se déplace devant le capteur, il y a variation du champ magnétique et donc génération d'un courant induit dans la bobine.

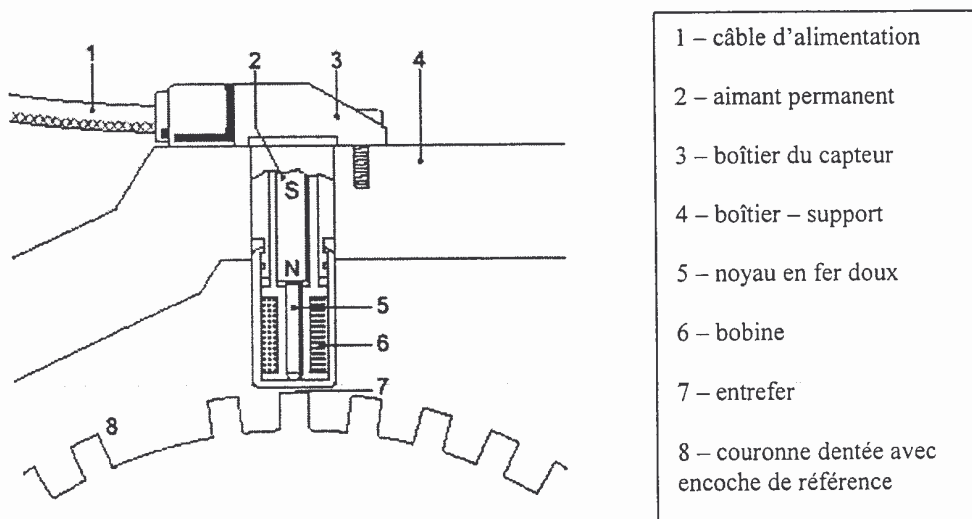
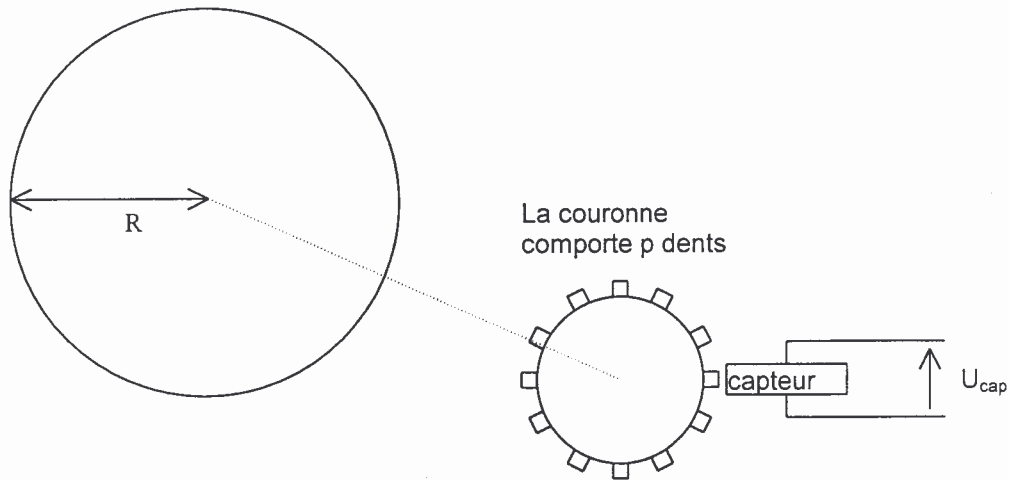


Figure 2

Principe de la conversion vitesse-fréquence :



donnée numérique : rayon de la roue $R = 48$ cm

Figure 3

Lorsque la roue (de rayon R) tourne, elle entraîne un disque métallique (couronne) muni d'un nombre p de dents. Chaque fois qu'une dent passe devant le capteur magnétoélectrique, un signal alternatif est généré (voir caractéristiques de U_{cap} ci-après).

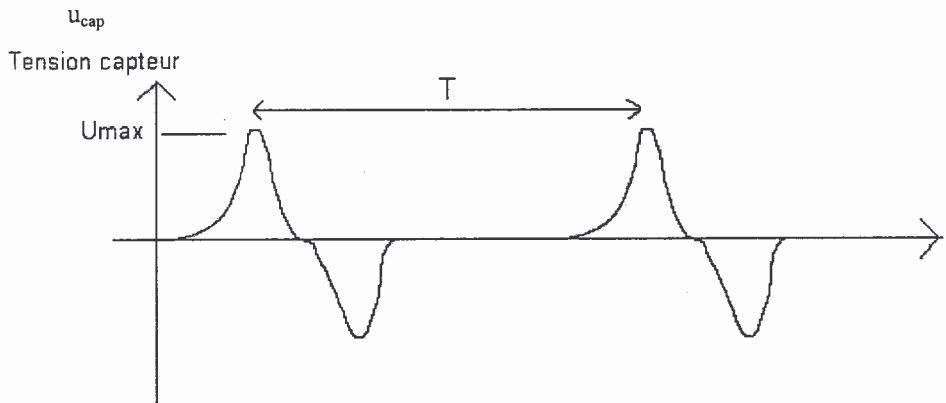


Figure 4

A1.1 Déterminer le nombre N de tours de roue effectués lorsque le véhicule parcourt un kilomètre.

A1.2 Calculer la fréquence n (en tr/s) de rotation de la roue pour une vitesse v du véhicule telle que : $v = 18$ km/h.

A1.3 En déduire la vitesse angulaire Ω de la roue (ou du disque).

A1.4 a) Exprimer la relation entre la période T de u_{cap} et la fréquence de rotation n (exprimée en tr/s) de la roue.

b) En déduire le nombre p de dents pour que, lorsque $v = 18$ km/h, la fréquence f de u_{cap} soit telle que : $f = 40$ Hz.

A.2 Étude du filtre

Le signal issu du capteur après remise en forme est un signal rectangulaire d'amplitude 8V et de fréquence variable en fonction de la vitesse du véhicule.

La durée à l'état haut t_{on} est constante et vaut 2ms.

Ce signal est appliqué à l'entrée du filtre.

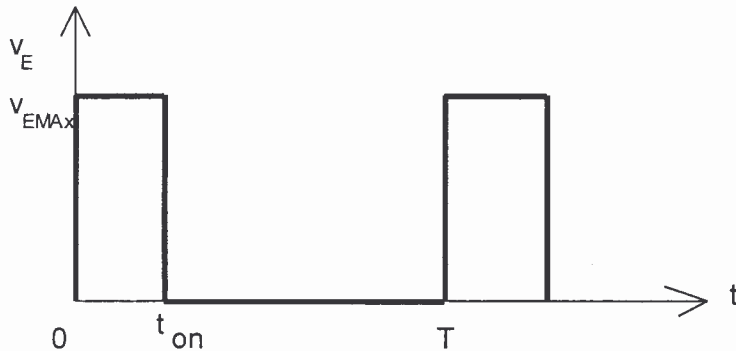


Figure 5

A2.1 Le filtre ayant été étudié expérimentalement, on a obtenu la caractéristique du gain G ($G = 20 \cdot \log_{10}(V_s/V_e)$) en fonction de la fréquence donnée en annexe 1 figure 10.

Quelle est la nature du filtre ?

A2.2 Tracer les asymptotes pour les hautes fréquences et déterminer :

- la pente sur une décade de fréquence (exprimée en dB par décade) ;
- la fréquence de coupure f_c à -6 dB du filtre.

A2.3 On donne le spectre en fréquence du signal v_{E1} (Annexe 1, figure 11).

- Déterminer l'amplitude du fondamental et du premier harmonique.

Que représente le premier trait (pour $f=0$) ?

- Placer la fréquence de coupure f_c déterminée dans la question précédente sur le spectre.
- En déduire le rôle du filtre et dessiner sur votre copie la forme de la tension vs.

A2.4 Exprimer la valeur moyenne de la tension v_E en fonction de V_{EMAX} , f et t_{on} .

A2.5 La valeur moyenne de v_E , notée $\langle v_E \rangle$, est telle que : $\langle v_E \rangle = k \cdot f$. Exprimer k en fonction de t_{on} et V_{EMAX} puis le calculer en précisant son unité.

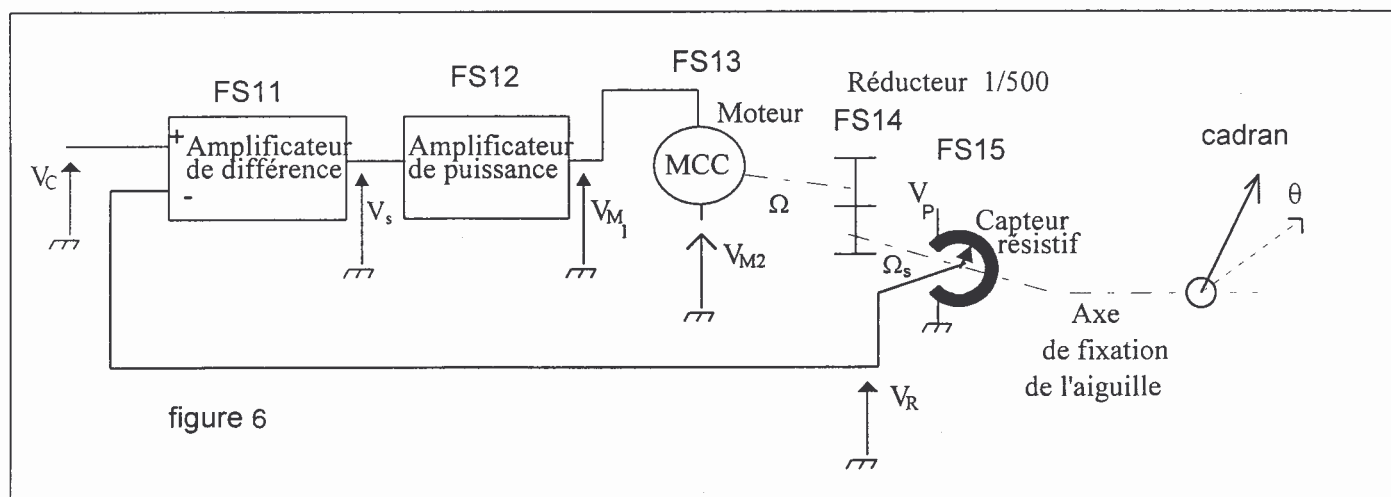
A2.6 Le rapport cyclique α est défini par $\alpha = \frac{t_{on}}{T}$. α étant une fonction linéaire de la

vitesse v du véhicule, on peut écrire : $\alpha = \frac{v}{225}$ avec v en km/h.

- Montrer que $\langle v_E \rangle = k' \cdot v$
- Exprimer numériquement k' sous forme d'une fraction.

B Étude des éléments de la boucle d'asservissement de l'aiguille du chronotachygraphe

Cette boucle est constituée des éléments suivants



B.1 Étude de L'amplification (FS 11 et FS 12). Le schéma est donné en annexe 2 figure 12.

B1.1 Montrer que l'on a $V^- = -\frac{R1}{R1+R2}V_{M1} + \frac{R2}{R1+R2}V_R$

Exprimer la tension V^+ en fonction de R_1 , R_2 et V_C

B1.2 Justifier que l'amplificateur opérationnel fonctionne en régime linéaire.

Quelle relation a-t-on entre V^+ et V^- ?

B1.3 Montrer que $V_{M1} = \frac{R2}{R1}(V_C - V_R)$

Application numérique avec : $R2 = 200k\Omega$, $R1 = 3,9k\Omega$

B1.4 Écrire la relation entre U_{CH} , V_{M1} et V_{M2} .

Application numérique avec $V_{M2} = 3,6V$.

B1.5 Tracer (annexe 2 figure 13) U_{CH} en fonction de V_C (On prendra $V_R = 0$)

B1.6 Quel est l'intérêt d'avoir U_{CH} positif ou négatif ?

B.2 Étude du capteur de position (FS15).

C'est un potentiomètre monotour alimenté par une tension V_p telle que : $V_p = 5V$.

La tension mesurée entre le curseur et la masse évolue linéairement en fonction de l'élongation angulaire θ suivant la relation : $V_R = K.\theta$ où θ est exprimé en radian.

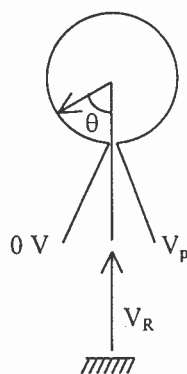


figure 7

qui peut être modélisé

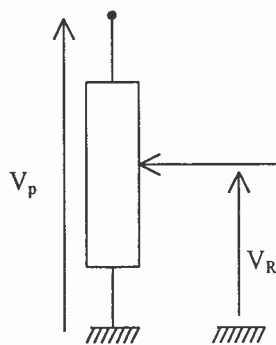


figure 8

V_R varie donc de 0 à V_p quand l'élongation angulaire θ varie de 0 à 2π .

Exprimer et calculer K . Préciser son unité

C Synthèse de la boucle d'asservissement à l'aide de schéma bloc

Le schéma bloc de l'asservissement de position décrit sur la figure 6 page 5/9 est donné ci-dessous :

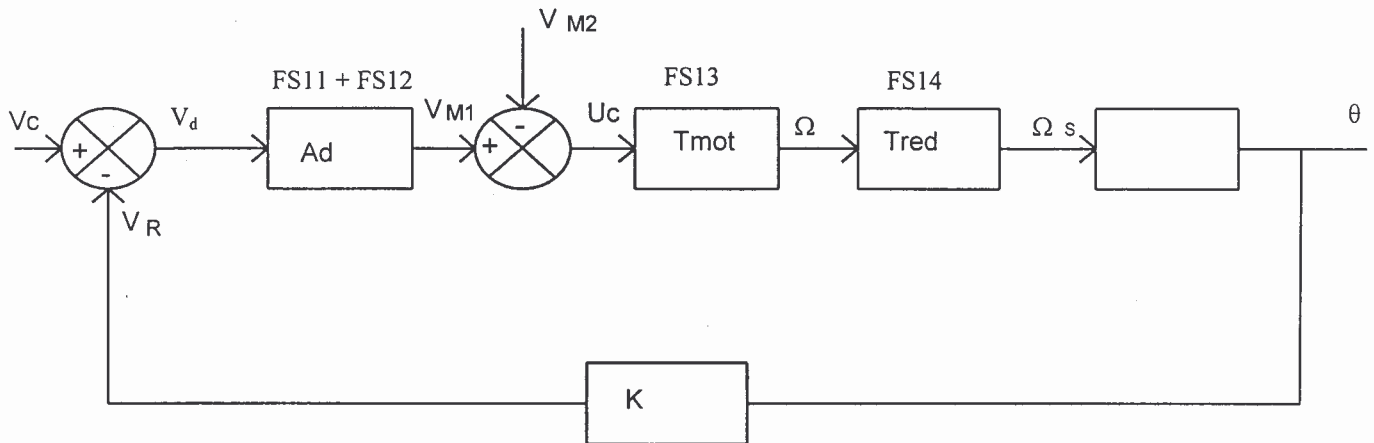


figure 9

C.1 Expliquer qualitativement le fonctionnement du système en boucle fermée, par exemple suite à l'augmentation de la vitesse du véhicule.

C.2 En utilisant les résultats du B, retrouver l'expression et la valeur de Ad .

C.3 Donner la valeur de la transmittance T_{red} du réducteur (FS 14).

C.4 Donner la relation entre la vitesse angulaire Ω_s de rotation en sortie de réducteur et l'angle θ définissant la position de l'aiguille.

C.5 Étude de la réponse de la boucle à un échelon de vitesse assimilé, à l'entrée du système, à un échelon de tension ΔV_c unitaire.

C5.1 La réponse à un échelon de tension unitaire est donnée en annexe 3 figure 14. Déterminer le temps de réponse à 5%.

C5.2 Dans un autre cas de figure, on pourrait avoir une réponse du type de la figure 15 annexe 3. Quel est le principal défaut de ce système ? Comment y remédier ?

ANNEXE 1

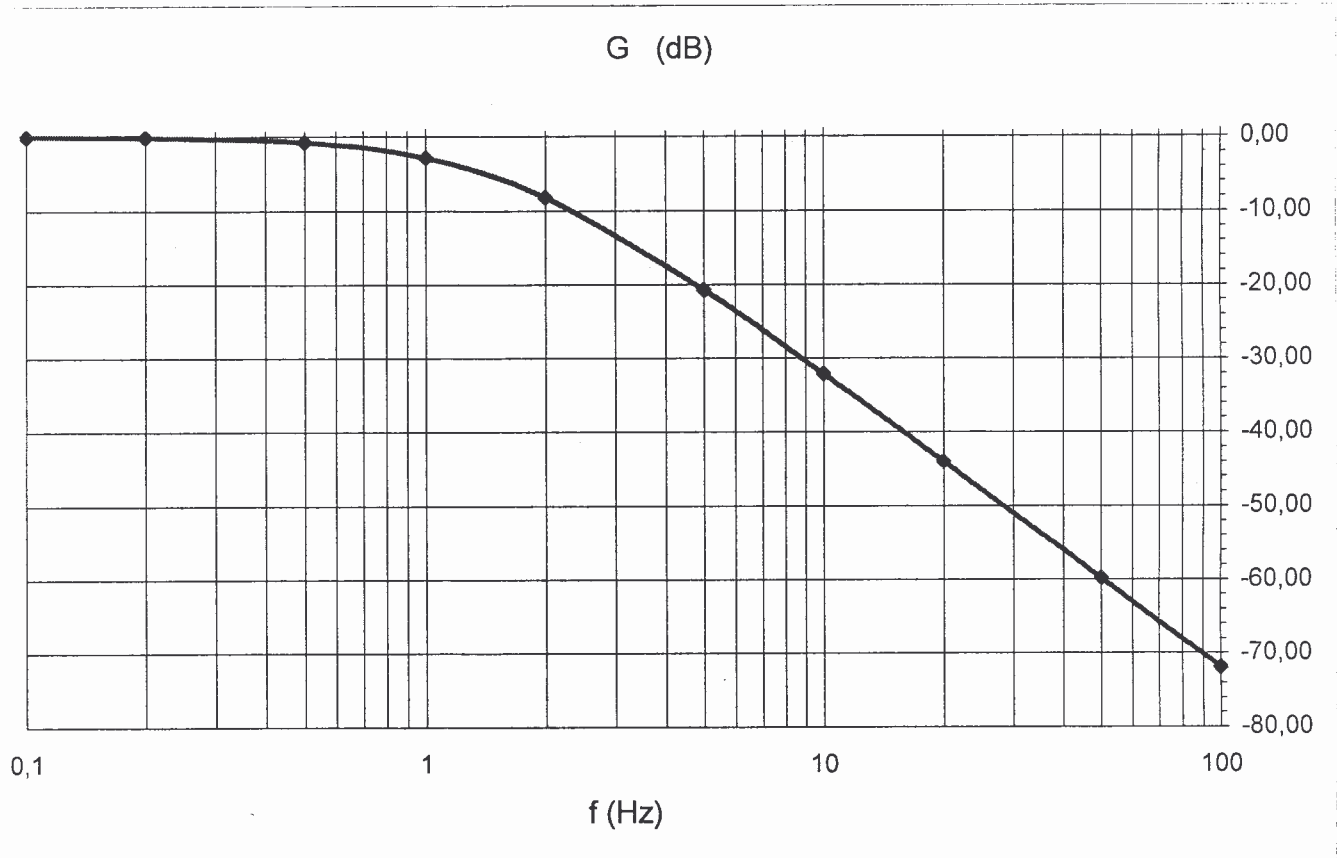


figure 10

Spectre en amplitude de $v(t)$ pour $f_0 = 80\text{Hz}$

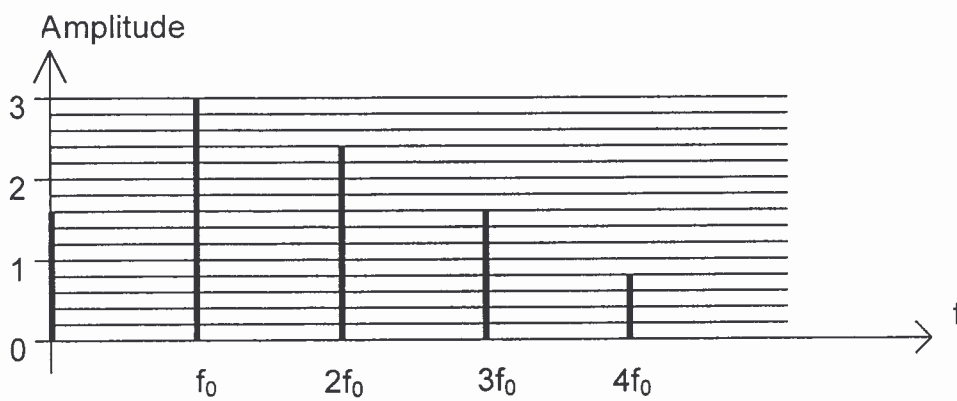


figure 11

ANNEXE 2

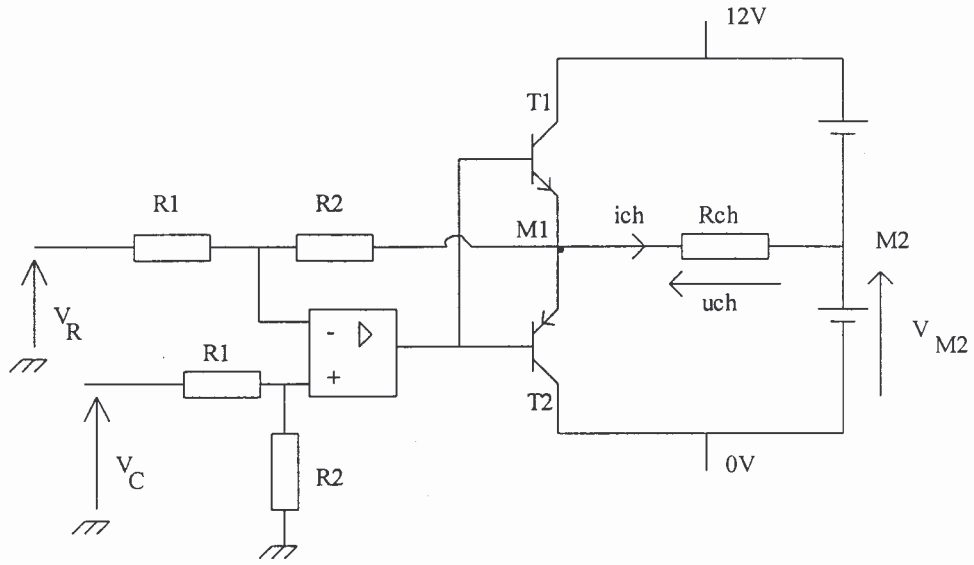


figure 12

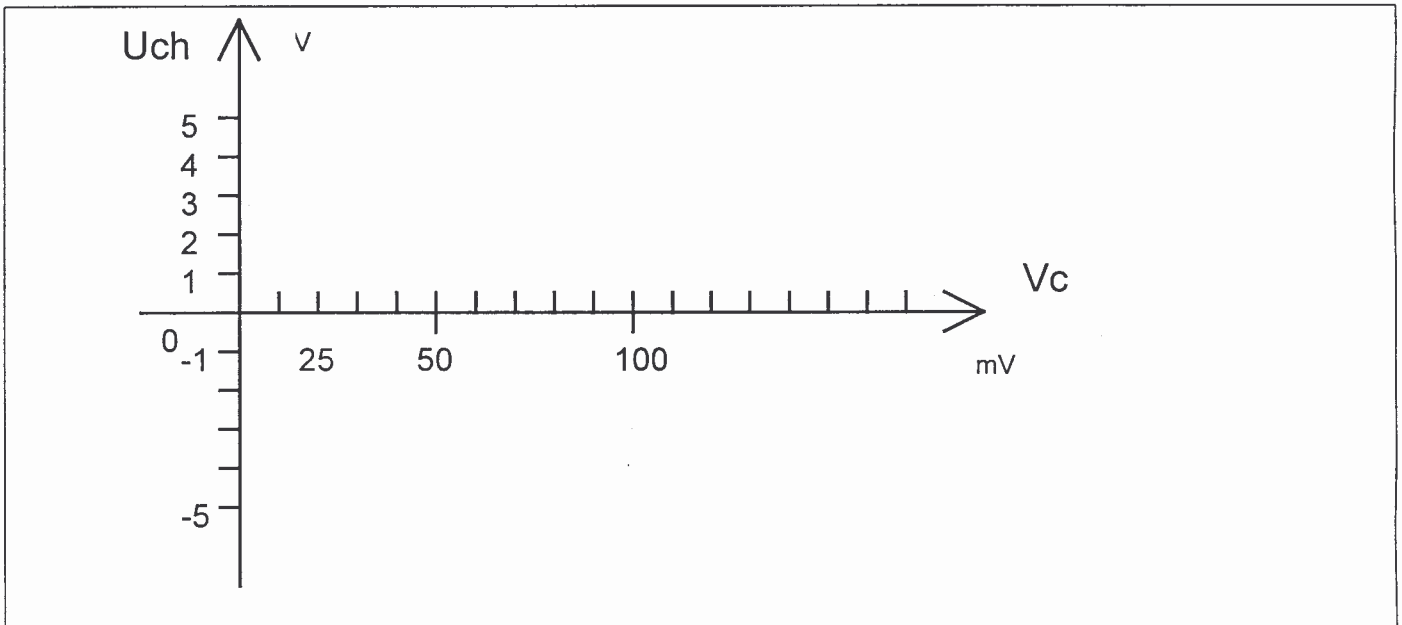


figure 13

ANNEXE 3

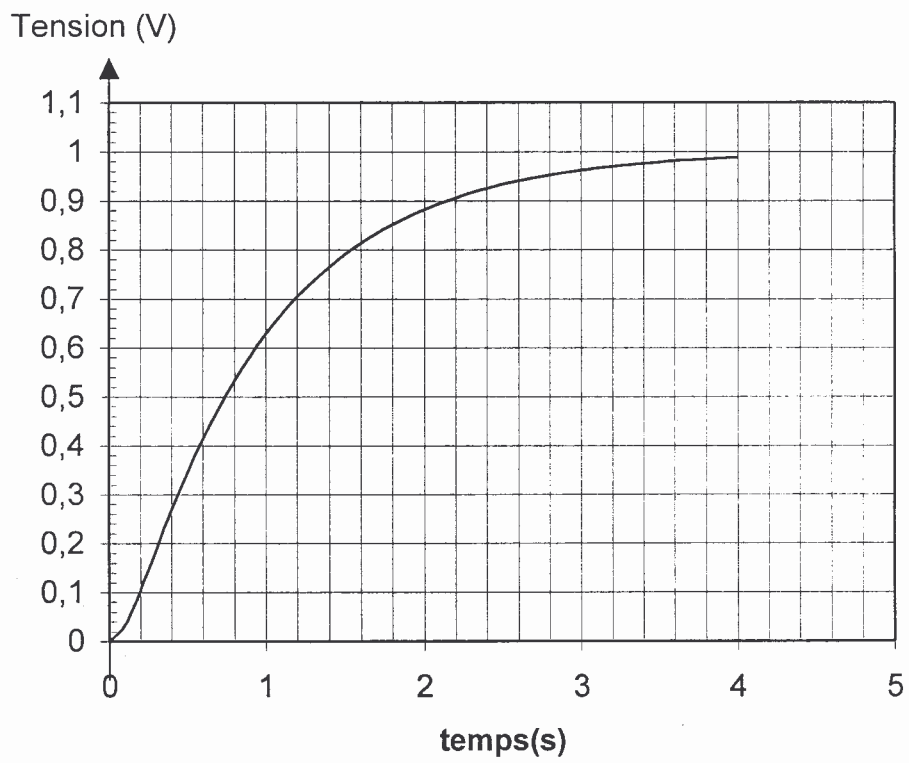


figure 14

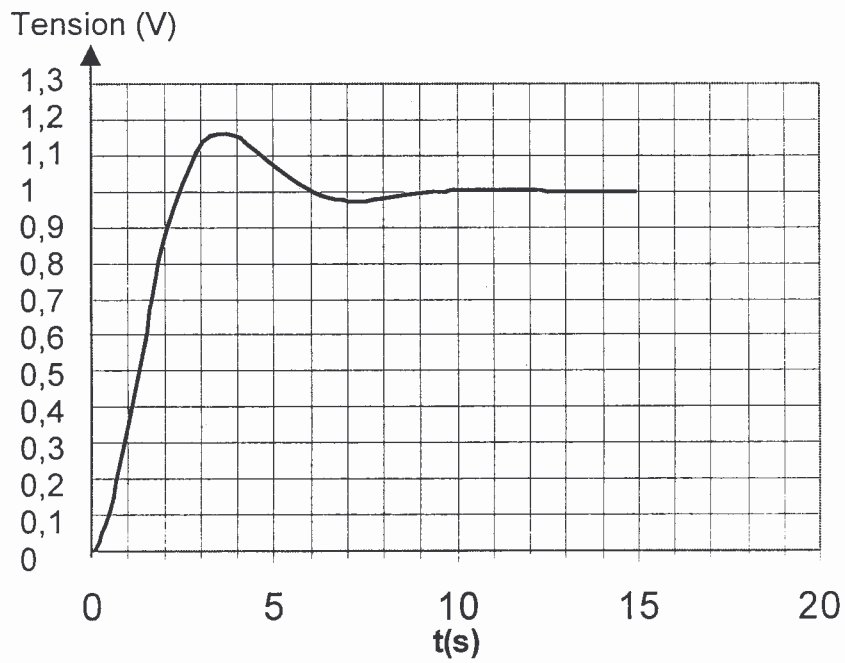


Figure 15