

**PARTIE ÉLECTRICITÉ (durée conseillée 1 h 30)**

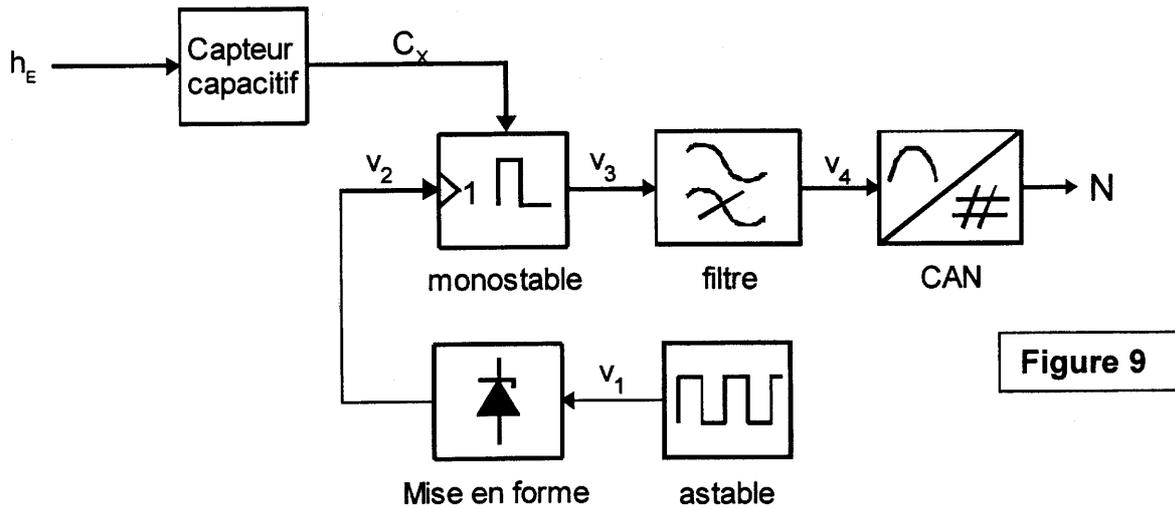
**MESURE DU NIVEAU D'EAU DANS UNE CITERNE**

Cet exercice est constitué de 5 parties indépendantes.

Il est conseillé au candidat de les traiter dans l'ordre.

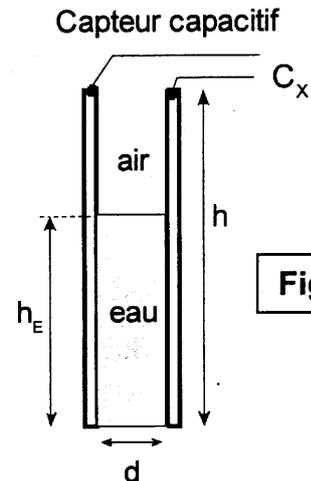
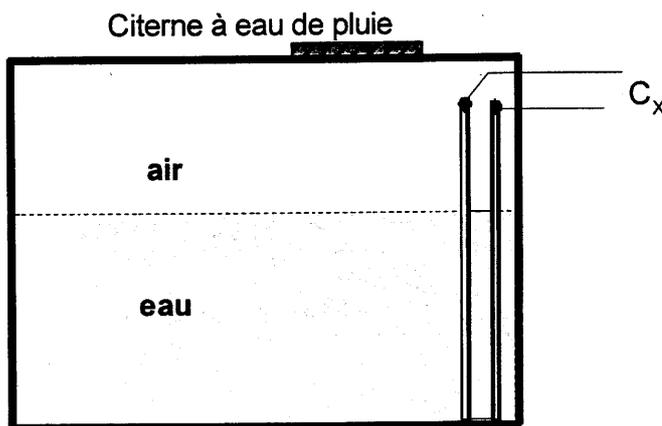
Le document réponse 3 (même vierge) doit être joint impérativement à la copie.

On mesure la hauteur d'eau  $h_E$  d'une citerne à eau de pluie à l'aide d'un capteur capacitif. Ce dernier est inséré dans la chaîne de mesure décrite par le synoptique ci-dessous. Le but de l'étude est de montrer que la tension  $v_4$  en sortie du filtre est proportionnelle à  $h_E$ .



**Partie 1 : Étude du capteur capacitif**

Le capteur capacitif peut être considéré comme un condensateur plan de capacité  $C_x$  qui comporte deux armatures rectangulaires en cuivre de largeur  $L$  et de hauteur  $h$ . Ces armatures sont distantes entre elles de  $d$ . Le diélectrique est constitué par l'eau de pluie sur une hauteur  $h_E$ , et pour le reste par l'air, la hauteur totale étant  $h$  (figure 10).



On rappelle l'expression de la capacité  $C$  d'un condensateur plan, rempli d'un diélectrique de permittivité relative  $\epsilon_R$  :

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_R \cdot \frac{S}{d}$$

où  $S$  est la surface d'une armature.

$d$ : 2,54 mm
$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$ : permittivité du vide
$\epsilon_{\text{Rair}} = 1$ pour l'air
$\epsilon_{\text{Reau}} = 80$ pour l'eau de pluie
$L = 4,31 \text{ cm}$
$h = 1,00 \text{ m}$

- 1.1 - Déterminer l'expression de la capacité  $C_X$  en fonction de  $h_E$ ,  $h$ ,  $L$ ,  $d$ ,  $\epsilon_{\text{Rair}}$ ,  $\epsilon_{\text{Reau}}$  et  $\epsilon_0$ .
- 1.2 - Montrer alors que  $C_X$  peut s'écrire comme :  $C_X = 150 \cdot (1 + 79 \cdot h_E)$  (où  $C_X$  est exprimée en pF et  $h_E$  en m).
- 1.3 - Calculer les valeurs  $C_{\text{MIN}}$  et  $C_{\text{MAX}}$  de  $C_X$  lorsque la cuve est respectivement vide et pleine.

**Partie 2 : Mise en forme du signal**

Le signal  $v_1$  est fourni par un montage astable qui ne sera pas étudié. Son allure en fonction du temps est donnée en **figure 11** ainsi que sur le document réponse (graphe 1).

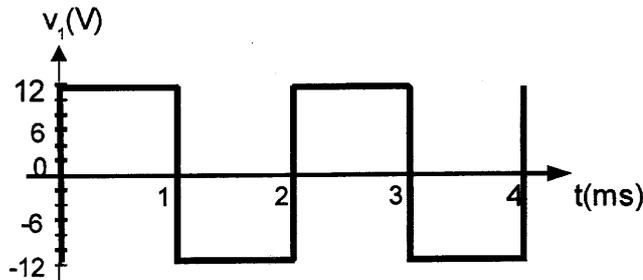


Figure 11

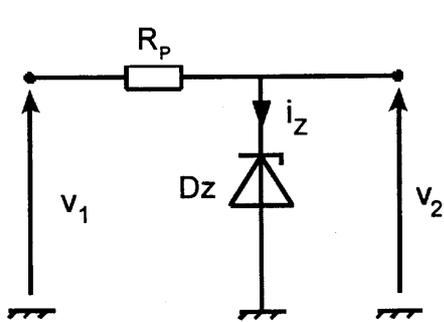


Figure 12a

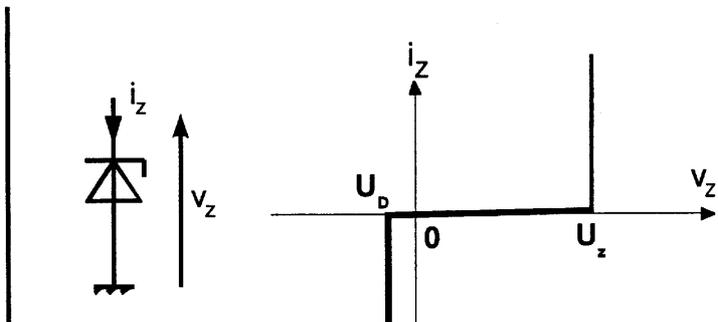


Figure 12b

Le signal  $v_1$  est appliqué à l'entrée du montage de mise en forme (**figure 12a**). On précise sur la **figure 12b** la caractéristique de la diode Dz avec :  $U_D = - 0,5 \text{ V}$  et  $U_Z = 5,1 \text{ V}$

- 2.1 - Représenter l'allure en fonction du temps de la tension  $v_2$  sur le graphe 2 du **document réponse 3** (à rendre avec la copie).
- 2.2 - Calculer la valeur minimale de  $R_p$  limitant l'intensité du courant  $i_z$  à 10 mA lorsque  $v_1 = - 12 \text{ V}$ . Cette valeur est-elle toujours correcte lorsque  $v_1 = + 12 \text{ V}$  ? Justifier votre réponse.
- 2.3 - Le monostable utilisé en aval du montage est de technologie TTL. Justifier alors la mise en forme de la tension  $v_1$ .

**Partie 3 : Étude du monostable**

Le monostable est alimenté sous  $V_{DD} = 5 \text{ V}$ . Sa tension de sortie est nulle lorsqu'il est au repos (état stable). Il n'est pas redéclenchable.

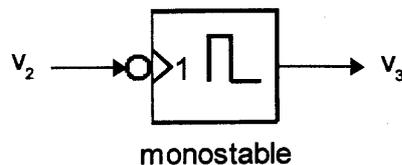


Figure 13

Le monostable utilise la capacité  $C_X$  du capteur et une résistance ajustable  $R_X$  permettant de faire varier la durée  $\theta$  de l'état (instable) haut :  $\theta = R_X \cdot C_X$ . On rappelle que la période du monostable est  $T = 2 \text{ ms}$ . La documentation constructeur spécifie que cette durée ne peut être inférieure à  $10 \mu\text{s}$  et qu'il est déclenché sur front descendant.

On rappelle que la capacité  $C_X$  a pour expression :  $C_X = 150 \cdot (1 + 79 \cdot h_E)$  (où  $C_X$  est exprimée en pF et  $h_E$  en m).

- 3.1 - Lorsque la cuve est vide ( $h_E = 0$  m), calculer la valeur minimale de  $R_X$  permettant un fonctionnement correct du monostable.
- 3.2 - Lorsque la cuve est pleine ( $h_E = 1$  m), calculer la valeur maximale de  $R_X$  pour que  $\theta$  reste inférieure à la période de  $v_1$ .
- 3.3 - On choisit  $R_X = 82,3$  k $\Omega$ , représenter sur le graphe 3 du **document réponse 3** (à rendre avec la copie), la tension  $v_3$  pour une hauteur d'eau  $h_E = 50$  cm.
- 3.4 - Déterminer l'expression de la valeur moyenne  $V_{3MOY}$  de  $v_3$  en fonction de  $\theta$ ,  $f$  et  $V_{DD}$  (on rappelle que  $f$  est la fréquence de la tension  $v_1$ ).
- 3.5 - Montrer que  $V_{3MOY}$  ne dépend que de la hauteur d'eau  $h_E$ . Préciser la plage de variation de  $V_{3MOY}$ .

### Partie 4 : Étude du filtre

On désire obtenir à l'aide du filtre de la **figure 14**, la composante continue de la tension  $v_3$  issue du monostable. L'étude de cette partie se fera en régime sinusoïdal à la pulsation  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ .

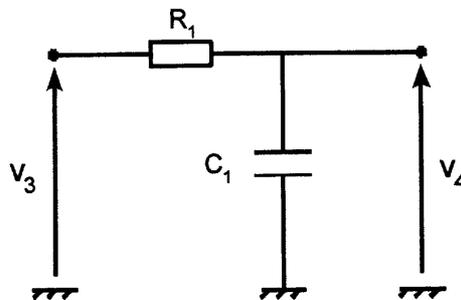


Figure 14

- 4.1 - Établir la fonction de transfert complexe  $\underline{A}_V = \frac{V_4}{V_3}$  en fonction de  $R_1$ ,  $C_1$ , et  $\omega$ . La mettre sous la

forme :  $\underline{A}_V = \frac{1}{1 + j \cdot \frac{\omega}{\omega_c}}$  et préciser l'expression de  $\omega_c$  en fonction de  $R_1$  et  $C_1$ .

- 4.2 - Quels sont la nature et l'ordre du filtre ainsi réalisé ?

- 4.3 - Que devient l'expression de  $\underline{A}_V$  en régime continu ?

- 4.4 - Donner l'expression du module  $A_V$  de  $\underline{A}_V$  et celle du gain  $G_{dB}$ .

La tension  $v_3$  issue du monostable est maintenant appliquée à l'entrée du filtre. La décomposition en série de Fourier de la tension  $v_3$  s'écrit :

$$v_3 = V_{3MOY} + V_{31} \cdot \sin(\omega t + \varphi_{31}) + V_{32} \cdot \sin(2\omega t + \varphi_{32}) + \dots + V_{3n} \cdot \sin(n\omega t + \varphi_{3n}) + \dots$$

$$\text{avec } f = 500 \text{ Hz et } V_{31} = \frac{V_{DD}}{\pi} \cdot \sqrt{2} \quad \text{pour } \theta = 0,5 \text{ ms.}$$

On se limite au premier harmonique de la tension  $v_4$  que l'on note :  $v_{41} = V_{41} \cdot \sin(\omega t + \varphi_{41})$ .

- 4.5 - On donne  $R_1 = 220$  k $\Omega$ , calculer la valeur de  $C_1$  permettant d'obtenir une fréquence de coupure  $f_c = 0,5$  Hz.
- 4.6 - On néglige les tensions dont l'amplitude est inférieure à 3 mV. Vérifier que la composante  $v_{41}$  de  $v_4$  peut être négligée.
- 4.7 - En déduire l'expression de la tension  $v_4$ .

**Partie 5 : Étude du CAN**

Pour l'acquisition de la valeur de  $v_4$ , on utilise un CAN 8 bits. On appelle N le mot binaire fourni en sortie du CAN dont la tension de référence est :  $V_{REF} = 2,560 \text{ V}$ .

On admettra que la tension à l'entrée du CAN a pour expression :  $v_4 = 0,031 + 2,438 \cdot h_E$  (où  $v_4$  est exprimée en volt et  $h_E$  en m).

- 5.1** - Quelle est la résolution  $q$  du CAN ? En déduire la plus petite variation de hauteur d'eau mesurable par celui-ci. Préciser les valeurs minimale et maximale que pourra prendre N.
- 5.2** - On admet que l'incertitude globale  $\Delta h_E$  sur toute la chaîne de mesure est équivalente à 2,5 fois la valeur de la résolution  $q$  du CAN. Calculer  $\Delta h_E$ .
- 5.3** - Pour une hauteur d'eau mesurée  $h_E$  de 50 cm, écrire la valeur correspondante de N et son incertitude  $\Delta N$ .

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_  
Examen ou Concours \_\_\_\_\_ Série\* : \_\_\_\_\_  
Spécialité/option\* : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_  
Épreuve/sous-épreuve : \_\_\_\_\_  
NOM : \_\_\_\_\_  
*(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)*  
Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat   
Né(e) le : \_\_\_\_\_  
(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

\* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

Repère : TPSP

Session : 2010

Durée : 4 H

Page : 13/13

Coefficient : 4

**DOCUMENT RÉPONSE 3**  
**À RENDRE AVEC LA COPIE**

