

Baccalauréat technologique
Sciences et technologies industrielles (STI)

Génie Electronique

Session 2007

Eléments de correction de l'épreuve de Physique appliquée

Mesure et régulation de niveau dans un bac de conditionnement

A- Etude de la sonde capacitive

A-1- Etude du condensateur de capacité C_1

A-1-1 $L_1 = H$

A-1-2
$$C_1 \text{ (pF)} = 8,85 \cdot 2 \cdot \frac{2\pi H}{\ln\left(\frac{12}{10}\right)} = 610 \cdot H \text{ (m)}$$

A-2- Etude du condensateur de capacité C_2

A-2-1 $L_2 = H_{\text{MAX}} - H$

A-2-2
$$C_2 \text{ (pF)} = 8,85 \cdot 1 \cdot \frac{2\pi(H_{\text{MAX}} - H)}{\ln\left(\frac{2600}{10}\right)} = 10 \cdot (H_{\text{MAX}} - H)$$

H en mètres

A-3- Etude du condensateur équivalent de capacité C

A-3-1 $C = C_1 + C_2 = 600 \cdot H + 20$
C en pF
H en mètres

A-3-2 $C_f = 1200 - 20 = 1180 \text{ pF}$

A-3-3 H = 0 m : C = 1200 pF
H = 2 m : C = 2400 pF

La plage de variation de C va de 1200 pF à 2400 pF.

B- Le générateur de signal

B-1- Le générateur de rampe

B-1-1 L'AO1 est en régime linéaire (présence d'une contre réaction).
 $v_{D1} = 0 \text{ V}$

B-1-2 Loi des branches : $u_1 = -u_C - v_{D1}$
 $\Rightarrow u_1 = -u_C$

B-1-3 $u_C = 0 \text{ V}$
 $\Rightarrow u_1 = 0 \text{ V}$

B-1-4

a) Loi des branches : $E_1 = R_1 i - v_{D1} = R_1 i$
 $\Rightarrow i = \frac{E_1}{R_1}$

b) L'intensité du courant de l'entrée inverseuse est nulle donc : $i_C = i$

$$\Rightarrow i = +C \frac{du_C}{dt}$$

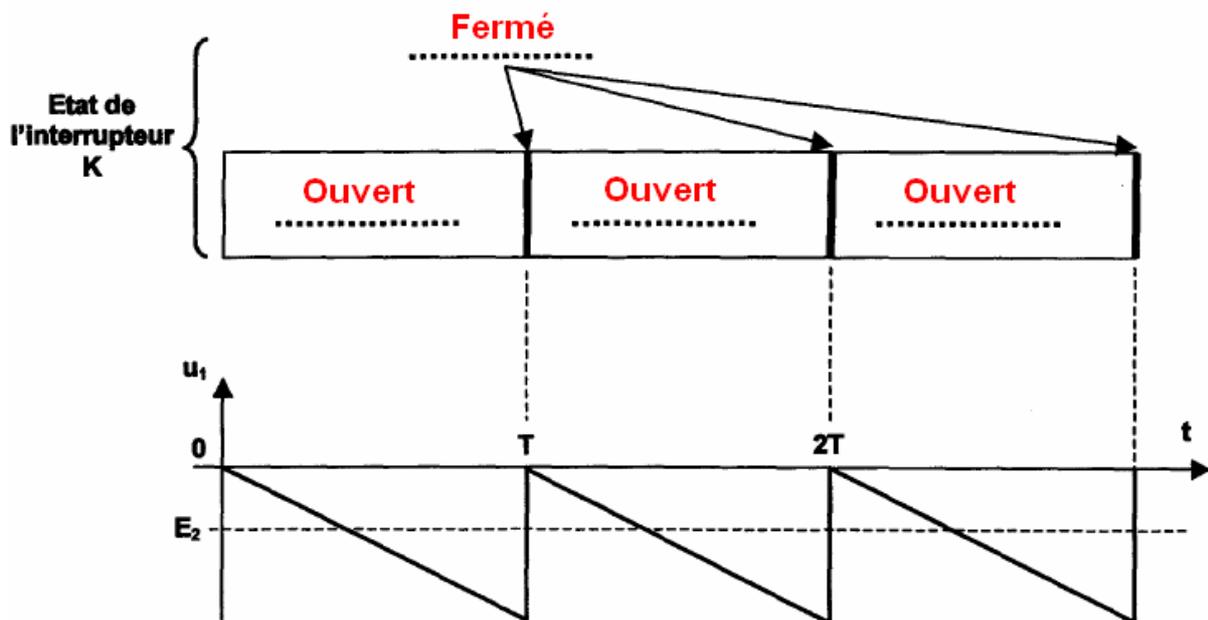
c) $i = -C \frac{du_1}{dt}$

d) $\frac{du_1}{dt} = -\frac{E_1}{R_1 C}$

e) $u_1(t) = -\frac{E_1}{R_1 C} t + u_1(0) = -\frac{E_1}{R_1 C} t$

f) La tension a l'allure d'une rampe.

B-1-5

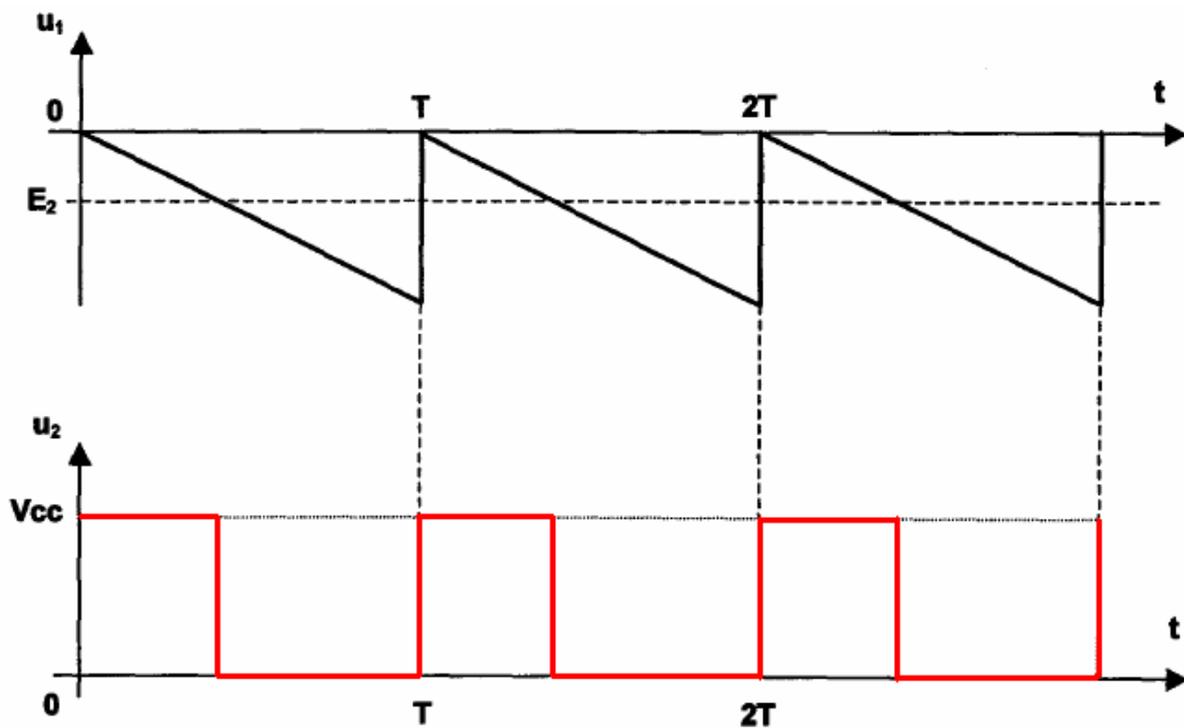


B-2- Le comparateur à un seuil

B-2-1 $u_{S1} = +V_{CC} = +12 \text{ V}$ (car la tension différentielle d'entrée est positive)
La diode est bloquée.
 $\Rightarrow u_2 = +V_{CC} = +12 \text{ V}$

B-2-2 $u_{S1} = -V_{CC} = -12 \text{ V}$ (car la tension différentielle d'entrée est négative)
La diode est conductrice.
 $\Rightarrow u_2 = 0 \text{ V}$ (diode supposée idéale)

B-2-4



B-3- Elaboration de la relation entre $\langle u_2 \rangle$ et C

B-3-1

$$u_1(t_1) = E_2 = -\frac{E_1}{R_1 C} t_1$$

$$\Rightarrow t_1 = -R_1 C \frac{E_2}{E_1}$$

B-3-2 $\langle u_2 \rangle = \frac{t_1}{T} V_{cc}$

B-3-3

$$\langle u_2 \rangle = \frac{-R_1 C \frac{E_2}{E_1}}{T} V_{CC} = -\frac{R_1 E_2 V_{CC}}{T E_1} C$$
$$k = -\frac{R_1 E_2 V_{CC}}{T E_1} = +2,5 \cdot 10^9 \text{ V/F} = +2,5 \cdot 10^{-3} \text{ V/pF}$$

C- Le filtre

C-1 En très basse fréquence, un condensateur se comporte comme un interrupteur ouvert (impédance $\rightarrow \infty$).
En très haute fréquence, un condensateur se comporte comme un interrupteur fermé (impédance $\rightarrow 0$).

C-2 En très basse fréquence ($f \rightarrow 0$) : $u_3 \rightarrow u_2$
En très haute fréquence ($f \rightarrow \infty$) : $u_3 \rightarrow 0 \text{ V}$

Ce filtre laisse passer les basses fréquences : il s'agit bien d'un filtre passe-bas.

C-3 Formule du diviseur de tension :

$$\underline{U}_3 = \frac{\frac{1}{jC_3\omega}}{R_3 + \frac{1}{jC_3\omega}} \underline{U}_2 = \frac{1}{1 + j\omega R_3 C_3} \underline{U}_2$$
$$\Rightarrow \underline{T} = \frac{1}{1 + j\omega R_3 C_3} = \frac{1}{1 + j2\pi f R_3 C_3} = \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_c}}$$

$$\text{avec: } f_c = \frac{1}{2\pi R_3 C_3}$$

C-4 $R_3 = \frac{1}{2\pi f_c C_3} \approx 159 \text{ k}\Omega$

C-5

$$T = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2}}$$
$$T_0 = T(f \rightarrow 0) = 1$$
$$T_\infty = T(f \rightarrow \infty) = 0$$

C-6 Les harmoniques de rang 1 et de rang 3 sont filtrés par le filtre passe-bas :
 $u_3 \approx T_0 \cdot \langle u_2 \rangle = \langle u_2 \rangle$

D- Le circuit de mise en forme

D-1 $v_{D3} = 0 \text{ V}$
 $\Rightarrow v^- = u_3$

D-2 Théorème de Millman :

$$v^- = \frac{\frac{E_3}{R_4} + \frac{u_4}{R_5}}{\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}} = \frac{R_5 E_3 + R_4 u_4}{R_4 + R_5} = u_3$$
$$\Rightarrow u_4 = \frac{R_4 + R_5}{R_4} u_3 - \frac{R_5}{R_4} E_3$$

D-3

$$\frac{R_4 + R_5}{R_4} = 4$$
$$\Rightarrow R_5 = 3R_4 = 3 \text{ k}\Omega$$
$$\frac{R_5}{R_4} E_3 = 12 \text{ V}$$
$$\Rightarrow E_3 = 4 \text{ V}$$

E- Le convertisseur analogique / numérique (CAN) et l'afficheur

E-1 L'afficheur doit indiquer des valeurs de 0,00 à 2,00 mètres avec une résolution de 0,01 mètre.
Cela fait 201 valeurs possibles.
Il faut donc un CAN d'au moins 8 bits ($2^8 = 256$ valeurs possibles).

E-2 $q = 60 \text{ mV}$

E-3 $N = \frac{4,5 \text{ V}}{60 \text{ mV}} = 75$
L'afficheur indique : **0.75**

F- Comparateur à deux seuils

F-1 $V_{DD} / 2 = +6 \text{ V}$

F-2 Théorème de Millman :

$$u_A = \frac{\frac{u_4}{R_6} + \frac{u_B}{R_7}}{\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7}} = \frac{R_7 u_4 + R_6 u_B}{R_7 + R_6}$$

F-3
$$u_4 = \frac{R_7 + R_6}{R_7} u_A - \frac{R_6}{R_7} u_B$$

F-4

$$U_{\text{Haut}} = \frac{R_7 + R_6}{R_7} \frac{V_{\text{DD}}}{2} - \frac{R_6}{R_7} \cdot 0 = \frac{R_7 + R_6}{R_7} \frac{V_{\text{DD}}}{2}$$

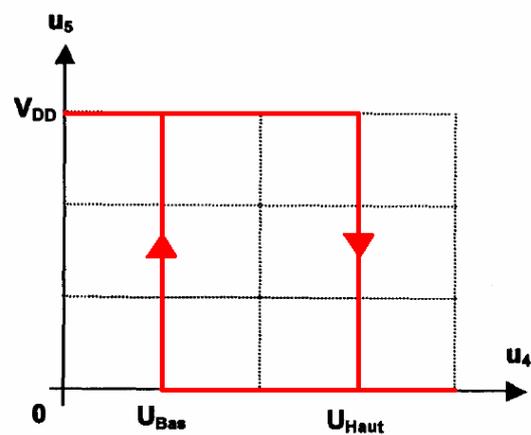
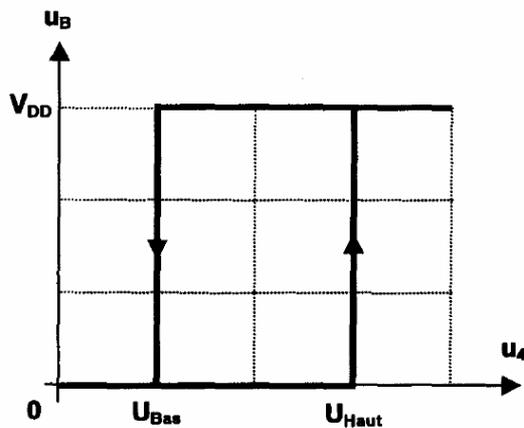
$$U_{\text{Bas}} = \frac{R_7 + R_6}{R_7} \frac{V_{\text{DD}}}{2} - \frac{R_6}{R_7} V_{\text{DD}}$$

F-5

$$U_{\text{Haut}} = \frac{2+1}{2} \cdot \frac{12}{2} = +9 \text{ V}$$

$$U_{\text{Bas}} = \frac{2+1}{2} \cdot \frac{12}{2} - \frac{1}{2} \cdot 12 = +3 \text{ V}$$

F-6



G- La commande de l'électrovanne

G-1-1 $V_{\text{CC}} - V_{\text{CE sat}} = 12 \text{ V}$

G-1-2 La vanne est ouverte.

G-1-3 $i_{\text{C}} = 100 \text{ mA}$

G-1-4
$$i_{\text{B}} = \frac{u_5 - V_{\text{BE}}}{R_8} = \frac{12 - 0,7}{1} = 11,3 \text{ mA}$$

G-1-5
$$\frac{i_{\text{Csat}}}{\beta} = \frac{100 \text{ mA}}{100} = 1 \text{ mA}$$

$$i_{\text{B}} > 1 \text{ mA}$$

Le transistor est donc bien saturé.

G-2-1 Le transistor est bloqué.

G-2-2 L'intensité du courant i_{C} est nulle.

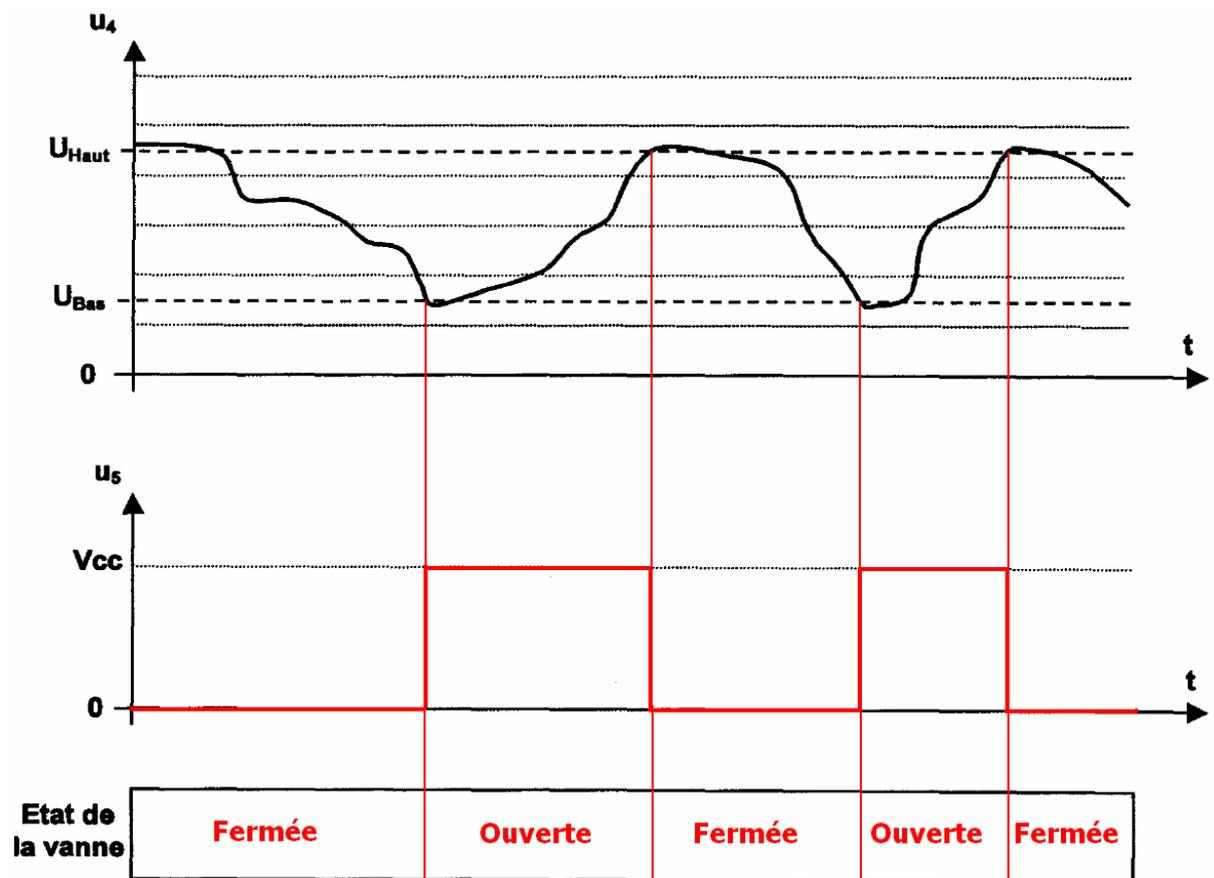
G-2-3 La vanne est fermée.

H- Synthèse

H-1

H (m)	C (pF)	$\langle u_2 \rangle$ (V)	u_4 (V)	N	Affichage
0	1200	3	0	0	0.00
0,5	1500	3,75	3	50	0.50
1,5	2100	5,25	9	150	1.50
2	2400	6	12	200	2.00

H-2 H-3



H-4 $H_1 = 0,5$ m
 $H_2 = 1,5$ m