

QUALITÉ DE L'AIR : SURVEILLER ET INFORMER

PARTIE 1 : Mesure de la concentration d'ozone

1 – Capteur d'ozone

1.1 valeurs de l'intensité

⇒ concentration $c_0 = 0$

$$I = 100 \cdot (1 - 0 \cdot 10^{-4}) = 100 \mu\text{A}$$

⇒ concentration $c = 360 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$

$$I = 100 \cdot (1 - 360 \cdot 10^{-4}) = 96,4 \mu\text{A}$$

1.2 Sens de variation de l'intensité :

L'intensité augmente lorsque la concentration c en ozone diminue

2 – Mise en forme

2.1 Etage A

2.1.1 Aux bornes de R_1 la tension (loi d'ohm) est $u_1 = R_1 \cdot I = R_1 \cdot I_0 \cdot (1 - c \cdot 10^{-4})$

$$u_1 = R_1 \cdot I_0 - R_1 I_0 c \cdot 10^{-4}$$

$$u_1 = -a \cdot c + u_0$$

avec $a = R_1 I_0 10^{-4}$ en $\text{volt} \cdot \text{m}^3 / \mu\text{g}$ et $u_0 = R_1 I_0$ en volt

2.1.2 valeurs numériques :

$$a = 10^5 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-4} = 10^{-3} \text{ volt} \cdot \text{m}^3 / \mu\text{g}$$

$$u_0 = 10^5 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 10 \text{ V}$$

2.1.3 relation entre u_3 et u_1

équation de la maille : $\varepsilon + u_3 - u_1 = 0$ avec $\varepsilon = 0$ (régime linéaire) d'où $u_3 = u_1$

2.1.4 la fonction réalisée par cet étage est une **conversion courant-tension** (le paramètre à l'entrée est le courant I et en sortie la tension u_3)

2.2 Etage B

2.2.1 l'amplificateur A2 fonctionne en **régime linéaire** comme précisé dans l'énoncé (il existe une réaction négative)

2.2.2 potentiel v^+

Le diviseur de tension permet d'écrire que $v^+ = u_2 \cdot (R_2 / 2R_2) \Rightarrow v^+ = u_2 / 2$

2.2.3 expression du potentiel v^-

Le théorème de superposition donne ici $v^- = u_3 \cdot (R_2 / (2R_2)) + u_4 \cdot (R_2 / 2R_2) = (u_3 + u_4) / 2$

2.2.4 relation entre les tensions

Le régime linéaire permet d'écrire que $v^+ = v^- \Rightarrow u_2 = u_3 + u_4 \Rightarrow u_4 = u_2 - u_3$

2.2.5 fonction mathématique réalisée : **soustraction** (montage soustracteur)

2.2.6 comme $u_3 = u_1$ il vient $u_4 = u_2 - u_1 = u_2 - (-a \cdot c + u_0) = a \cdot c$
puisque $u_2 = u_0 = 10 \text{ V}$. On peut écrire $u_4 = k \cdot c$ avec $k = a$

2.2.7 Valeur de k : $k = a = 10^{-3} \text{ volt} \cdot \text{m}^3 / \mu\text{g}$

2.3 Etage C

2.3.1 expression de la tension u_5

A3 fonctionne en régime linéaire (énoncé) donc $v^+ = v^-$ avec $v^+ = u_4$ et $v^- = u_5 \cdot (R_3 / (R_3 + R_4))$ d'après le théorème de superposition

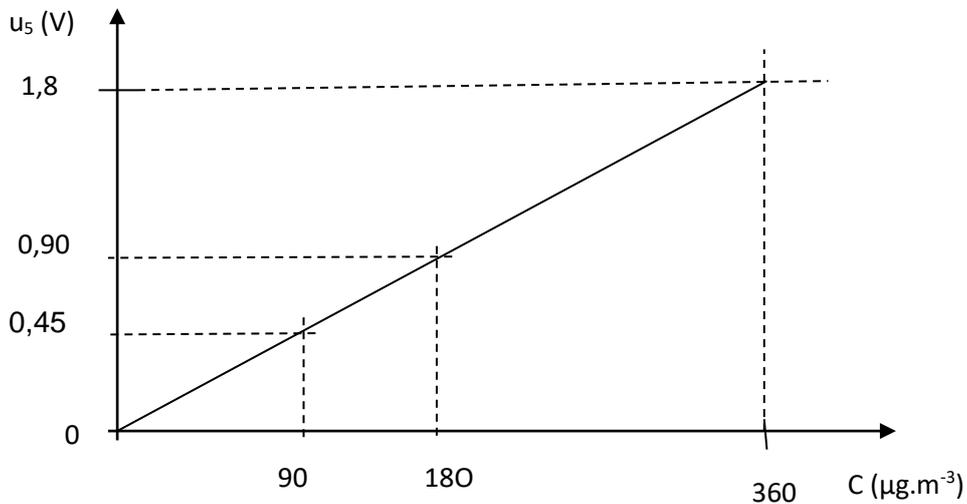
$$u_4 = u_5 \cdot (R_3 / (R_3 + R_4)) \Rightarrow u_5 = u_4 \cdot (1 + R_4 / R_3)$$

2.3.2 calcul de la valeur de R_3

De la relation $u_5 = u_4 \cdot (1 + R_4 / R_3)$ il vient $R_4 = R_3 \cdot (u_5 / u_4 - 1)$ avec $u_4 = k \cdot c$

$$R_4 = 4,7 \cdot (1,8 / (10^{-3} \cdot 360 - 1)) = 18,8 \text{ k}\Omega \text{ (19 k}\Omega \text{ valeur normalis\u00e9e)}$$

2.3.3 allure de la courbe $u_5 = f(c)$



3 – Dispositif de signalisation

3.1 D\u00e9termination des seuils

3.1.1 calcul de la valeur de R_5

Le diviseur de tension permet d'\u00e9crire $u_D = V_{cc} \cdot (R_6 + R_7) / (R_5 + R_6 + R_7)$

$$R_5 = (V_{cc} / u_{D+} - 1) \cdot (2 \cdot R_6) \Rightarrow R_5 = 147 \text{ k}\Omega$$

3.1.2 valeur de la tension U_B

Le diviseur de tension conduit \u00e0 $U_B = u_D / 2 = 0,45 \text{ V}$

3.2 Etage de comparaison

				Etat des diodes		
	$U_{A4} \text{ (V)}$	$U_{A5} \text{ (V)}$	$U_{A6} \text{ (V)}$	Del 1	Del 2	Del 3
$u_5 < U_B$	- 15 V	- 15 V	+ 15 V	bloqu\u00e9e	bloqu\u00e9e	passante
$U_D > u_5 > U_B$	- 15 V	+ 15 V	- 15 V	bloqu\u00e9e	passante	bloqu\u00e9e
$u_5 > U_D$	+ 15 V	+ 15 V	- 15 V	passante	passante	bloqu\u00e9e
Couleur des DEL				rouge	orange	vert

3.3 Signalisation

3.3.1 voir tableau

3.3.2 voir tableau

PARTIE 2 – Mesure de la vitesse des vents

1 Capteur Optique

1.1 fréquence de rotation maximale :

$$v = 3 + 7,308.n \Rightarrow n = (v - 3)/7,308 \Rightarrow n_{\max} = (180 - 3)/7,308 = 24,2 \text{ tr.s}^{-1}$$

1.2 vitesse minimale de vent détectable :

Le signal minimal correspond à 1 trou par seconde soit 0,5 tr/s (puisque deux trous sont percés dans le disque) $\Rightarrow v_{\min} = 3 + 7,308.0,5 = 6,65 \text{ km.h}^{-1}$

2 Détection

2.1 Valeurs de u_c :

Si le transistor T est bloqué il n'y a pas de courant $I_1 \Rightarrow u_c = V_{cc} = +15 \text{ V}$

Si le transistor T est saturé, le point C est à la masse $\Rightarrow u_c = 0 \text{ V}$

2.2 transistor T saturé :

$$I_1 = V_{cc}/R_1 = 15/10 = 1,5 \text{ mA}$$

2.3 puissance dans la résistance :

$$P = R_1 I_1^2 = 10^4 (1,5 \cdot 10^{-3})^2 = 22,5 \text{ mW}$$

3 Mise en forme du signal

3.1 l'amplificateur opérationnel A7 n'est pas branché avec une contre réaction, il fonctionne en régime non linéaire (saturation).

3.2 modèle équivalent de Thévenin vu de v^+ en isolant ces deux résistances :

➤ Expression de la fem : $E_{th} = u_1 \cdot (R_3/(R_2 + R_3)) = V_{cc} \cdot (R_3/(R_2 + R_3))$ (diviseur de tension)

➤ Expression de R_{th} (source V_{cc} éteinte, reliée à la masse)

$R_{th} = R_2 \cdot R_3 / (R_2 + R_3)$ puisque ces résistances sont branchées en parallèle

3.3 A.N. $E_{th} = 15/2 = 7,5 \text{ V}$ et $R_{th} = 10/2 = 5 \text{ k}\Omega$

3.4 expression de u_4 :

$$u_A = E_{th} \cdot (R_4/(R_4 + R_{th})) + u_1 \cdot (R_{th}/(R_{th} + R_4)) \quad (\text{théorème de superposition})$$

3.5 Valeur du seuil haut v_H :

$$V_H = 7,5(10/15) + 15(5/15) = 10 \text{ V}$$

3.6 Valeur du seuil bas v_B :

$$V_B = 7,5(10/15) + 0 = 5 \text{ V}$$

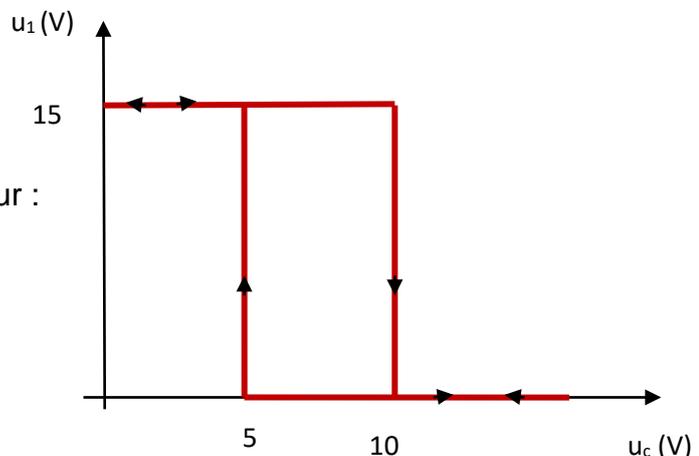
3.7 comparateur à 2 seuils, inverseur :

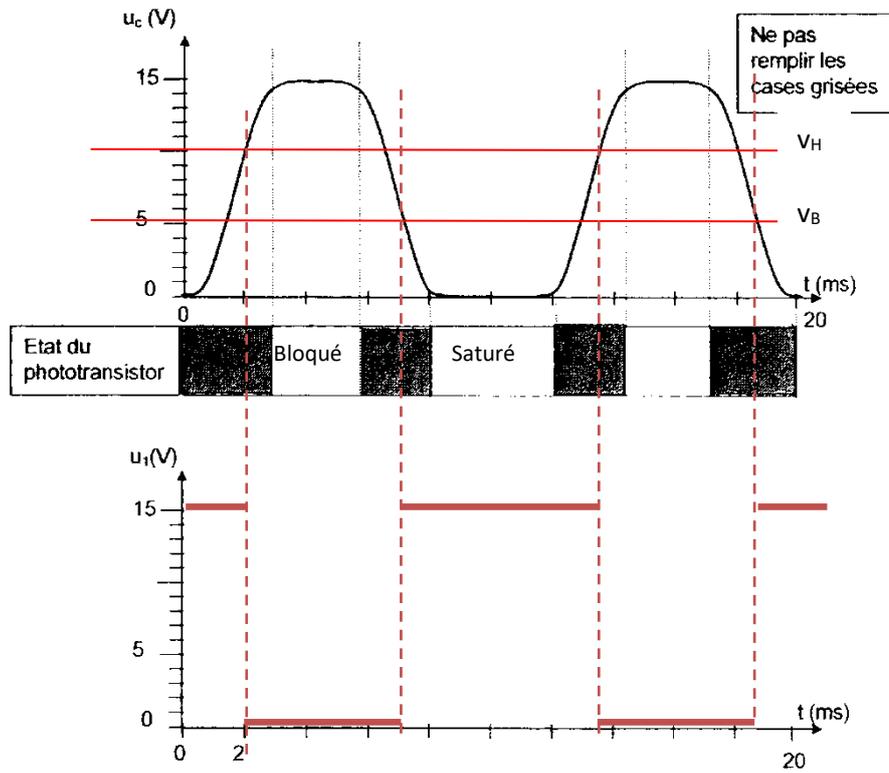
$u_1 = 15 \text{ V}$ tant que $u_c < 10 \text{ V}$ car $v^+ - v^- > 0$

$u_1 = 0 \text{ V}$ tant que $u_c > 5 \text{ V}$ car $v^+ - v^- < 0$

3.8 voir cycle ci-contre

3.9 état du transistor :





4 Générateur d'impulsions calibrées

4.1 Etude du monostable :

4.1.1 calcul de la valeur de la résistance R_6 :

$$T_0 = 0,69 \cdot R_6 \cdot C_2$$

$$R_6 = T_0 / (0,69 \cdot C_2) = 2 \cdot 10^{-3} / 0,69 \cdot 47 \cdot 10^{-9} = 61,6 \text{ k}\Omega$$

4.1.2 valeurs des tensions monostable au repos :

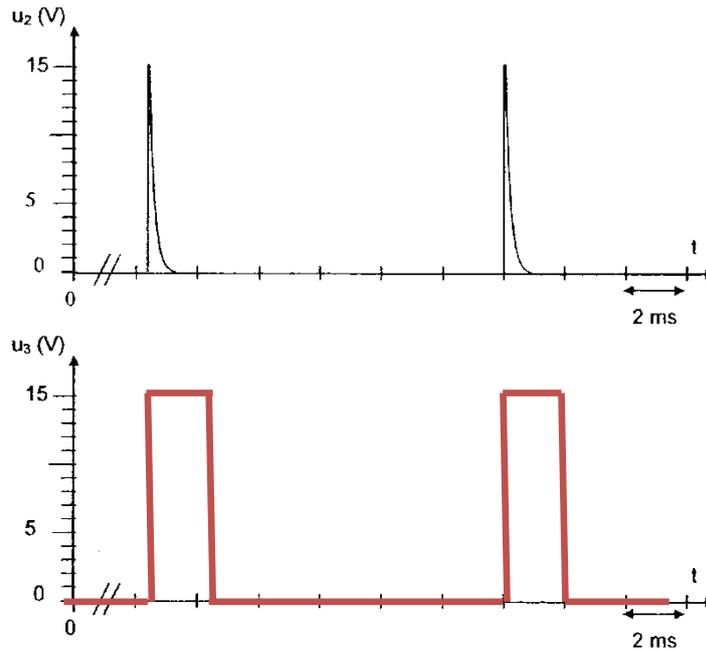
$$u_{s2} = +15 \text{ V} \text{ (pas de courant dans } R_6 \text{ au repos)}$$

$$u_3 = 0 \text{ V} \text{ (entrées à « 1 » et « 0 »)}$$

$$u_{s1} = +15 \text{ V} \text{ (entrées à « 0 » et « 0 »)}$$

$$u_{c2} = u_{s2} - u_{s1} = 0 \text{ V}$$

4.1.3 évolution de la tension u_3 :



4.2 Etude du filtrage :

4.2.1

a)- fonction de transfert :

$$\underline{T} = \underline{Z}_{C3} / (R_8 + \underline{Z}_{C3}) \quad \text{diviseur de tension avec } \underline{Z}_{C3} = 1/jC\omega$$

$$T = 1 / (1 + jR_8C_3\omega)$$

b) – module T :
$$T = \frac{1}{\sqrt{1 + (R_8C_3\omega)^2}}$$

c) - pour $\omega=0$ $T = 1$
 pour $\omega \rightarrow \infty$ $T \rightarrow 1/\infty = 0$

le filtre est un **filtre passe bas** (passif, 1° ordre), les fréquences basses ne sont pas atténuées ($T = 1$).

d) – la fréquence coupure correspond à $T = \frac{1}{\sqrt{2}}$ puisque $T_{\max} = 1$
 il faut que $R_8C_3\omega = 1 \Rightarrow \omega_c = 1 / R_8C_3$ et $f_c = 1/2\pi \cdot R_8 \cdot C_3$

e) - calcul de la valeur du condensateur nécessaire :
 $C_3 = 1/2\pi R_8 f_c \Rightarrow C_3 = 4,8 \mu F$ (valeur normalisée 4,7 μF)

4.2.2

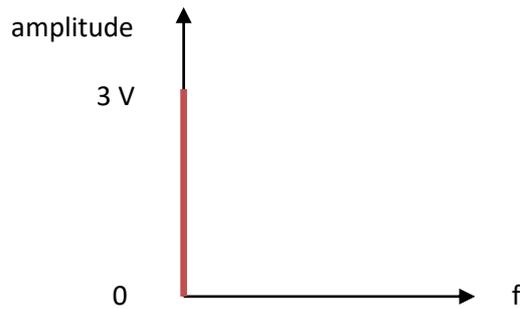
a) – calcul de la composante continue :

$\langle U_3 \rangle = A/T = 15.2/10 = 3 V$ (A = aire comprise entre la courbe et l'axe des temps, sur une période)

b) – fréquence du fondamental = fréquence du signal :

$$f = 1/T = 1/0,01 = 100 \text{ Hz}$$

c) – la fréquence de coupure du filtre passe bas étant de **0,1 Hz**, le fondamental à **100Hz** est arrêté comme les harmoniques (dont les fréquences sont un multiple de celle du fondamental) , seule la composante continue (0 Hz) passe sans être modifiée (T=1)



d) – allure du signal $u_4(t)$ qui est continu :



e) – le filtre élimine toutes les composantes variables et ne conserve que la composante continue qui est la valeur moyenne du signal, c'est un « **moyenneur** »

5 – L'affichage

5.1 expression de la tension u_5 en fonction de v :

$$u_5 = u_4 + 2,46 \cdot 10^{-2} = 8,21 \cdot 10^{-3} \cdot v$$

5.2 expression de la tension u_5 en fonction de N :

v et N sont représentés par le même nombre donc $u_5 = 8,21 \cdot 10^{-3} \cdot N$

5.3 on a $u_5 = q \cdot N$; q étant le quantum ici égal à $8,21 \cdot 10^{-3} \text{ V} = 8,21 \text{ mV}$

5.4 la vitesse maximale étant de 180 km/h, l'affichage doit pouvoir aller jusqu'à 180 qui en binaire s'écrit : 10110100 donc **8 bits** sont nécessaires